



**MVM PAKS II. GESCHLOSSENE AG**

**ERRICHTUNG NEUER  
KERNKRAFTWERKBLÖCKE AM STANDORT  
PAKS**

***UMWELTVERTRÄGLICHKEITS-  
STUDIE***

**ALLGEMEINVERSTÄNDLICHE  
ZUSAMMENFASSUNG**

**MVM Paks II. geschlossene AG Vertragsnummer: 4000018343**

**MVM ERBE geschlossene AG Vertragsnummer: 13A380069000**

## DATEN DES ANTRAGSTELLERS

Benennung des Antragstellers:	MVM Paks II. Kernkraftwerk Entwicklungs AG nach ungarischen Recht mit geschlossenem Aktionärskreis
Offizielle Abkürzung des Antragstellers:	MVM Paks II. geschlossene AG.
Firmensitz des Antragstellers:	7030 Paks, Gagarin Str. 1-3. 302/B
Firmenregisternummer des Antragstellers:	17-10-001282
Steuerkennzeichen des Antragstellers:	24086954-2-17
Statistisches Kennzeichen des Antragstellers:	24086954-4222-114-17
Leiter des Antragstellers:	Sándor Nagy - Generaldirektor
Kontaktperson des Antragstellers:	László Puskás - Abteilungsleiter der Abteilung für Genehmigungen und nukleare Sicherheit
Erreichbarkeit der Kontaktperson des Antragstellers:	+36 75 503 730

## DATEN DER GEPLANTEN TÄTIGKEIT

Bezeichnung des geplanten Kernkraftwerkes:	Paks II. Kernkraftwerk
Abgekürzter Name des geplanten Kernkraftwerkes:	Paks II.
Die geplante Tätigkeit:	Errichtung und Betrieb von zwei Druckwasser-Kernkraftblöcken der III.+ Generation
Ziel der geplanten Tätigkeit:	Erzeugung gemeinnütziger elektrischer Energie
Brutto elektrische Leistung des geplanten Kernkraftwerkes:	pro Block höchstens 1 200 MW <sub>e</sub>
Brutto thermische Leistung des geplanten Kernkraftwerkes:	pro Block höchstens 3 200 MW <sub>th</sub>
Errichtungsort des geplanten Kernkraftwerkes:	Standort des Kernkraftwerks von Paks
Geplanter Beginn des Handelsbetriebes der neuen Blöcke:	2025 - Paks II. Kernkraftwerk Block 1, 2030 - Paks II. Kernkraftwerk Block 2
Geplante Lebensdauer der neuen Blöcke:	mindestens 60 Jahre

## DATEN DES GEPLANTEN ERRICHTUNGORTES

Parzellenzahl des geplanten Errichtungsortes:	Paks 8803/15
Eigentümer des geplanten Errichtungsortes:	MVM Kernkraftwerk Paks geschlossene AG.

## DATEN DER ERSTELLER (PLANER) DER UMWELTVERTRÄGLICHKEITSSTUDIE

Die Umweltverträglichkeitsstudie der geplanten Kernkraftwerkblöcke ist von der MVM ERBE geschlossene AG. zusammengestellt worden.

Benennung des Planers: MVM ERBE ENERGETIKA AG nach ungarischem Recht mit geschlossenem Aktionärskreis  
Offizielle Abkürzung des Planers: MVM ERBE GESCHLOSSENE AG.  
Firmensitz des Planers: 1117 Budapest Budafoki Str. 95.  
Firmenregisternummer des Planers: 01-10-045821  
Leiter des Planers: Farkas Dohán - Generaldirektor

Das technische Voraussetzungssystem der Umweltverträglichkeitsprüfung und des Genehmigungsverfahrens der geplanten Kernkraftwerkblöcke ergibt sich aus technischen Grunddaten und technischen Lösungen, welche auf der Grundlage der Werte der die größte Umweltbelastung verursachenden maximalen Umweltausstöße erarbeitet worden sind, welche technischen Daten und Lösungen auf den vorausgehenden Datendienstleistungen des Lieferanten der Blöcke, auf den publizierten Daten bereits sich in Bau befindenden Kraftwerke, bzw. auf den öffentlichen Datenbanken und Präsentationen, und den Referenzdaten schon realisierter ähnlicher Blöcke basieren. Auf der Errichtungslagezeichnung ist die Anordnung der Gebäude und Bauten anhand technologischer Überlegungen, unter Berücksichtigung der technologischen Einheiten mit dem größten Platzbedarf durchgeführt worden. Die technischen Grunddaten sind von der MVM ERBE GESCHLOSSENE AG (ERBE) erarbeitet worden.

Eine Umweltverträglichkeitsprüfung eines Kernkraftwerkes betrifft zahlreiche Fachbereiche, und ist eine äußerst komplexe Aufgabe, zu deren Durchführung eine breite fachliche Kooperation notwendig ist.

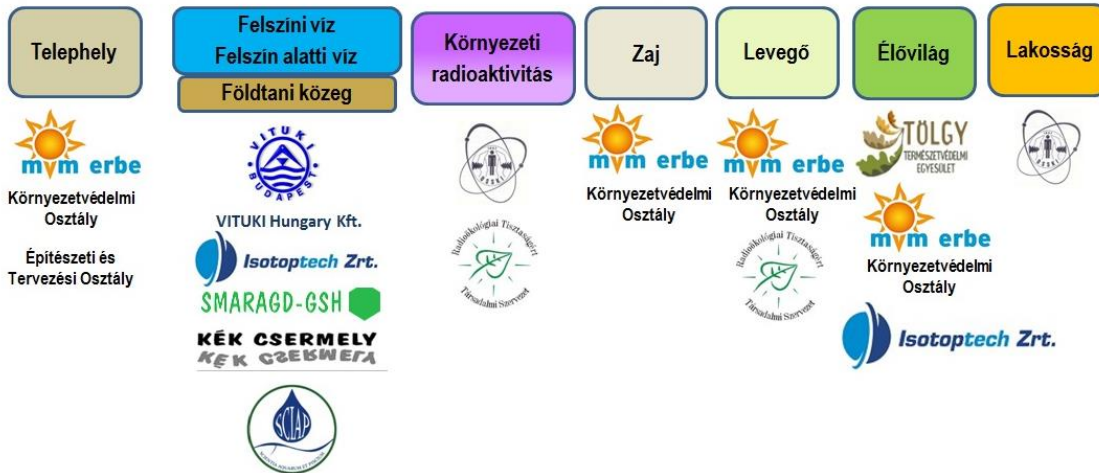
Im Sinne dessen hat die ERBE fachlich anerkannte, über geeignete Referenzen verfügende, qualifizierte Subunternehmer in die Erhebung des Ist-Zustandes des Standortes Paks einbezogen, weiterhin in die darauf folgende Ausarbeitung des Programmes der Umweltverträglichkeitsprüfung und in die Zusammenstellung der Umweltverträglichkeitsstudie.

Das System der nach Fachbereichen zusammenarbeitender fachlicher Organisationen hat sich wie folgt zusammengestellt.

  
**PROJEKTVEZETÉS**



- Tervezési és beruházás előkészítési Főosztály
- Gépészettechnológiai és Tervezési Osztály
  - Építészeti és Tervezési Osztály
  - Villamos Irányítástechnikai és Tervezési Osztály
- Környezetvédelmi Osztály



- Projektvezetés - Projektleitung  
 Technológia – Technologie  
 Műszaki Igazgatóság - Technische Direktion  
 Tervezési és beruházás előkészítési Főosztály - Hauptabteilung für Planungs- und Investitionsvorbereitung  
 Gépészettechnológiai és Tervezési Osztály - Abteilung für Maschinentechnologie und Planung  
 Építészeti és Tervezési Osztály - Abteilung für Architektur und Planung  
 Villamos Irányítástechnikai és Tervezési Osztály - Abteilung für elektrische Steuerungstechnik und Planung  
 Környezetvédelmi Osztály - Abteilung für Umweltschutz  
 Telephely – Standort  
 Felszíni víz - Oberflächengewässer  
 Felszín alatti víz - Unterirdische Gewässer  
 Környezeti radioaktivitás - Radioaktivität der Umwelt  
 Zaj - Lärm  
 Levegő - Luft  
 Élővilág - Vegetation  
 Lakosság - Bevölkerung/Geologisches Gestein



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>GRUNDINFORMATIONEN DER GEPLANTEN ENTWICKLUNG</b> .....	<b>17</b>
1.1	<b>Vorbereitungsarbeiten der geplanten Investition</b> .....	<b>17</b>
1.1.1	Teller Projekt .....	17
1.1.2	Lévai Projekt.....	17
1.1.3	MVM PAKS II. Atomkraft Entwickelnde AG nach ungarischem Recht mit geschlossenem Aktionärskreis - Projektgesellschaft.....	18
1.1.4	Unterstützungen durch die Regulation .....	18
1.1.5	Auswahl der zu errichtenden Blöcke .....	18
1.2	<b>Allgemeine Vorstellung des Genehmigungsverfahrens von neuen Kernkraftwerkblöcken</b> .....	<b>19</b>
1.3	<b>Situation des Umweltschutz Genehmigungsverfahrens der geplanten neuen Blöcke</b> .....	<b>22</b>
1.3.1	Vorangehende Konsultationsdokumentation (VKD) bezüglich der 5 potentiellen Blockarten .....	22
1.3.2	Kernkraftwerk Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) Paks II.....	26
1.3.3	Informative Tätigkeiten der MVM Paks II. geschlossenen AG.....	31
<b>2</b>	<b>PROGNOSE DER ELEKTRISCHEN ENERGIEENTWICKLUNG IN UNGARN</b> .....	<b>32</b>
2.1	Prognose des Bedarfs nach elektrischer Energie in Ungarn bis 2030 .....	32
<b>3</b>	<b>ALLGEMEINE VORSTELLUNG DER NUKLEARENERGETIK</b> .....	<b>33</b>
3.1	Erzeugung von nuklearer elektrischer Energie weltweit.....	33
3.2	<b>Allgemeine Vorstellung der mit Druckwasserreaktoren (PWR) betriebenen Blöcke</b> .....	<b>34</b>
3.2.1	Prozess der Energieerzeugung bei mit PWR Reaktoren betriebenen Blöcken .....	34
3.2.2	Charakteristische Anlagen des PWR Blocktyps .....	35
<b>4</b>	<b>NUKLEARE SICHERHEIT</b> .....	<b>37</b>
4.1	Grundprinzipien der nuklearen Sicherheit .....	37
4.2	Anforderungen der Nuklearen Sicherheit.....	44
4.3	Internationale nukleare Ereignisskala .....	46
<b>5</b>	<b>CHARAKTERISIERUNG DES GEPLANTEN ERRICHTUNGORTES</b> .....	<b>50</b>
5.1	Errichtungsort von Paks II innerhalb des Standortes des Kernkraftwerks von Paks .....	51
5.2	Infrastrukturelle Verbindungen des Errichtungsortes .....	52
5.3	<b>Das Kernkraftwerk von Paks und seine angeschlossenen Anlagen</b> .....	<b>53</b>
5.3.1	Kernkraftwerk von Paks.....	54
5.3.2	400 KV Umspannwerk .....	56
5.3.3	Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente (ZLAB).....	56
5.4	<b>Monitoringsysteme in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks</b> .....	<b>57</b>
5.4.1	Kontrolle der konventionellen Umweltzustandsparameter.....	57
5.5	Betriebliches Kontrollsystem für den Strahlenschutz der Umwelt (BKSU) (BKSER).....	58
5.6	Amtliches Kontrollsystem für den Strahlenschutz der Umwelt (AKSU) (HKSER).....	64
5.7	Nationales Kontrollsystem für den Strahlenschutz der Umwelt (NKSU) (OKSER).....	66
5.8	Zusammenfassung der Gegebenheiten, Merkmale des Standortes Paks.....	68
<b>6</b>	<b>MÖGLICHE KONDENSATOREN-KÜHLMETHODEN DER NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKE</b> .....	<b>69</b>
6.1	Kühlbedarf, -Möglichkeiten der zur Erzeugung elektrischer Energie dienender Kondensationskraftwerke.....	69
6.2	Gesetzliche Rahmen, Grenzwerte bezüglich der Wärmebelastung der Umweltgewässer.....	70

6.2.1	Allgemeine Regelung bezüglich der Wärmebelastung der Wassenumgebung .....	70
6.2.2	Regelungen bezüglich der Wärmebelastung von Kernkraftwerken .....	71
<b>6.3</b>	<b>Mögliche Kühlmethoden am Standort Paks .....</b>	<b>72</b>
6.3.1	Kühlung mit Frischwasser.....	72
6.3.2	Kühlturm-Kühlsystem.....	75
6.3.3	Kosten-Nutzen Analyse der Frischwasser und Kühlturm-Kühlmethoden .....	78
<b>7</b>	<b>MERKMALE, GRUNDDATEN DES GEPLANTEN PAKS II. KERNKRAFTWERKS AM STANDORT PAKS.....</b>	<b>79</b>
<b>7.1</b>	<b>Entwicklung der russischen VVER Blöcke.....</b>	<b>79</b>
<b>7.2</b>	<b>Merkmale der für den Standort Paks geplanten russischen Blöcke.....</b>	<b>80</b>
7.2.1	Technische Hauptparameter .....	80
7.2.2	Sicherheitsziele und Planungslösungen .....	80
<b>7.3</b>	<b>Brennstoff.....</b>	<b>81</b>
<b>7.4</b>	<b>Primärkreislauf.....</b>	<b>82</b>
<b>7.5</b>	<b>Sekundärkreislauf.....</b>	<b>82</b>
<b>7.6</b>	<b>Kühlsysteme .....</b>	<b>82</b>
7.6.1	Donau-Wasser Entnahme .....	83
7.6.2	Kondensator Kühlwasser System.....	83
7.6.3	Technologisches (sekundärkreislauf) Kühlwassersystem .....	84
7.6.4	Sicherheitskühlwasser-System.....	84
7.6.5	Wasseranlagen der Kühlwassersysteme.....	86
<b>7.7</b>	<b>Behelfsysteme, Hilfsanlagen .....</b>	<b>89</b>
7.7.1	Salzfreies Wasser.....	89
7.7.2	Technologisches Abfallwasser .....	90
7.7.3	Abfallwasser der Sicherheitskühltürme.....	91
7.7.4	Trinkwasser - kommunales Abwasser .....	92
7.7.5	Niederschlagswasser.....	92
7.7.6	Löschwasser.....	92
7.7.7	Chemikalienentwicklung und ihre Lagerung .....	93
7.7.8	Diesgeneratoren .....	93
7.7.9	Hilfskessel .....	94
7.7.10	Gebäudetechnik .....	94
7.7.11	Druckluftsystem.....	94
7.7.12	Fernwärmesystem .....	94
<b>7.8</b>	<b>Steuerungstechnik .....</b>	<b>94</b>
<b>7.9</b>	<b>Elektrische Systeme.....</b>	<b>95</b>
<b>7.10</b>	<b>Architektur.....</b>	<b>95</b>
7.10.1	Ebenen der Tiefgründungsarbeiten der geplanten Blöcke.....	95
7.10.2	Erzeugungslageplan des Kernkraftwerks von Paks II.....	96
7.10.3	Merkmale der Gebäude, Bauten von Paks II.....	97
7.10.4	Ansichtspläne von Paks II.....	98
<b>7.11</b>	<b>Abnahmekriterien bezüglich der einzelnen Betriebszustände .....</b>	<b>100</b>
7.11.1	Normalbetrieb .....	100
7.11.2	Zum Auslegungsstörfall gehörende Ereignisse .....	100
7.11.3	Geltende internationale und ungarische Vorschriften bezüglich die den Auslegungsstörfall übersteigender Ereignisse .....	101
7.11.4	Maßgebende Ereignisse.....	102
<b>7.12</b>	<b>Merkmale der Errichtung von Paks II.....</b>	<b>102</b>
7.12.1	Errichtungsgebiete von Paks II und seiner angeschlossenen Anlagen .....	102

7.12.2	Geplanten Phasen der Errichtung von Paks II.....	103
7.12.3	Geplanter Zeitplan der Errichtung von Paks II.....	104
7.12.4	Human Ressourcen Bedarf im Errichtungszeitraum.....	104
<b>7.13</b>	<b>Merkmale des Betriebs von Paks II.....</b>	<b>104</b>
7.13.1	Geplanter Zeitplan des Betriebs von Paks II.....	104
7.13.2	Human Ressourcen Bedarf des Betriebs der neuen Kernkraftwerkblöcke.....	105
7.13.3	Betriebsführungsmerkmale der neuen Kernkraftwerkblöcke.....	105
7.13.4	Jährliche Material- und Energiebilanz der neuen Kernkraftwerkblöcke.....	106
<b>7.14</b>	<b>Einstellen des betriebs der neuen Kernkraftwerkblöcke.....</b>	<b>107</b>
7.14.1	Bei der Stilllegung der neuen Kernkraftwerkblöcke zu verfolgende Abbaustrategie.....	107
7.14.2	Finanzierung, Kosten der Abbauarbeiten.....	107
<b>8</b>	<b>NETZANSCHLUSS ZUM UNGARISCHEM ELEKTRISCHEN ENERGIESYSTEM.....</b>	<b>107</b>
<b>8.1</b>	<b>Anpassungsmöglichkeiten der neuen Blöcke zum ungarischem elektrischen Energiesystem.....</b>	<b>108</b>
<b>8.2</b>	<b>Errichtungsort des neuen 400 / 120 kV Umspannwerkes von Paks II.....</b>	<b>108</b>
<b>8.3</b>	<b>Die 400 kV Blockleitung und die 120 kV Fernleitung.....</b>	<b>109</b>
8.3.1	400 kV Blockleitungen.....	109
8.3.2	120 kV Fernleitung.....	112
8.3.3	Gemeinsame Sicherheitszone.....	112
8.3.4	Bau der Fernleitung.....	112
<b>9</b>	<b>POTENTIELLE WIRKUNGSFAKTOREN, AUSWIRKUNGSTRÄGER DES KERNKRAFTWERKS PAKS II..</b>	<b>114</b>
<b>9.1</b>	<b>Potentielle Wirkungsfaktoren.....</b>	<b>114</b>
<b>9.2</b>	<b>Auswirkungsträger.....</b>	<b>115</b>
<b>9.3</b>	<b>Potentielle Wirkungsmatrix.....</b>	<b>115</b>
<b>10</b>	<b>GESELLSCHAFTLICHE-WIRTSCHAFTLICHE WIRKUNGEN DER ENTWICKLUNG IN PAKS.....</b>	<b>118</b>
<b>10.1</b>	<b>Wirtschaftliche Wirkungen, Voraussetzungen.....</b>	<b>118</b>
<b>10.2</b>	<b>Gesellschaftliche Zusammenhänge, Voraussetzungssystem.....</b>	<b>119</b>
<b>11</b>	<b>AKTUELLES UND ZU ERWARTENDES WETTER IN DER UMGEBUNG VON PAKS IN EINEM KREIS MIT EINEM RADIUS VON 30 KM.....</b>	<b>122</b>
<b>11.1</b>	<b>Klimabeschreibung der Umgebung von Paks in einem Kreis mit einem Radius von 30 km.....</b>	<b>122</b>
<b>11.2</b>	<b>Klimaveränderung im 21. Jh. in der Umgebung von Paks anhand von Klimamodellen.....</b>	<b>123</b>
11.2.1	Die zur Verfügung stehenden Modelle.....	124
11.2.2	Aufarbeitung der zur Verfügung stehenden Modelle bezüglich der durchschnittlichen Verhältnisse in der 30 km Umgebung von Paks.....	126
<b>12</b>	<b>ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNG DER GEPLANTEN ENTWICKLUNG UND DER UMWELTGEGEBENHEITEN AUF DIE WASSERTEMPERATUR DER DONAU, AUF DIE HOCHWASSERBETROFFENHEIT, AUF DIE SICHERHEIT DER KÜHLWASSERENTNAHME UND AUF DIE FLUSSBETTVERÄNDERUNG.....</b>	<b>128</b>
<b>12.1</b>	<b>Auswirkungen der Errichtung von Paks II auf die Donau.....</b>	<b>128</b>
12.1.1	Auswirkungen der Errichtung von Paks II auf das Strömungsgebiet der Donau und auf die Prozesse der Flussbettveränderung.....	128
12.1.2	Emission von geklärtem kommunalen Abwasser im Errichtungszeitraum.....	130
<b>12.2</b>	<b>Auswirkungen des Betriebs von Paks II auf die Donau.....</b>	<b>132</b>
12.2.1	Maßgebende Betriebszustände.....	132
12.2.2	Beschreibung der zu erwartenden Veränderungen anhand der Analyse des Strömungsgeschwindigkeitsfeldes der Donau.....	132

12.2.3	Untersuchung der zu erwartenden Folgen der geplanten Entwicklung auf die Flussbettveränderungen der Donau .....	140
12.2.4	Einführung des Aufgewärmten Kühlwassers in die Donau .....	148
12.2.5	Ausstoß von geklärtem kommunalem Abwasser im Betriebszeitraum .....	155
12.2.6	Untersuchung der Auswirkungen von extremen Donau Umwelt- und künstlichen Umstände auf die Hochwasserbetroffenheit des Standortes und auf die Sicherheit der Kühlwasserentnahme .....	155
12.3	<b>Zu erwartenden Auswirkungen auf die Donau bei der Stilllegung von Paks II.....</b>	<b>160</b>
13	<b>UNTERSUCHUNG DER WASSERQUALITÄT DER DONAU UND ANDERER OBERFLÄCHENGEWÄSSER ANHAND DER WASSER RAHMENRICHTLINIE.....</b>	<b>160</b>
13.1	<b>Untersuchungen des Ist-Zustandes.....</b>	<b>162</b>
13.1.1	Bewertung der Daten des Nationalen Archivs bezüglich der untersuchten Donau-Strecke .....	163
13.1.2	Ist-Zustand der untersuchten Donau-Strecke (1560.6 fkm-1481.5 fkm).....	168
13.2	<b>Auswirkungen der Paks II Investition auf die Biosphäre der Donau .....</b>	<b>177</b>
13.3	<b>Bewertung der Paks II Investition im Spiegel Bewirtschaftungsplanes des Wassereinzugsgebietes.....</b>	<b>183</b>
14	<b>GEOLOGISCHES GESTEIN UND UNTERIRDISCHES WASSER AM STANDORT UND IN DER DIREKTEN UMGEBUNG.....</b>	<b>184</b>
14.1	<b>Herrschende Prozesse der Strömung der sich in der Umgebung des Standortes befindenden unterirdischen Gewässer.....</b>	<b>186</b>
14.2	<b>Auswirkungen der Errichtung und des Betriebs von Paks II auf das geologische Gestein, bzw. auf die unterirdischen Gewässer .....</b>	<b>188</b>
14.3	<b>Betriebsstörungen, Havarien.....</b>	<b>190</b>
15	<b>GEOLOGISCHES GESTEIN, UNTERIRDISCHES WASSER IM DONAU-TAL .....</b>	<b>191</b>
16	<b>LÄRM UND VIBRATION.....</b>	<b>195</b>
16.1	<b>Lärm- und Vibrationsbelastungsmessungen des Ist-Zustandes .....</b>	<b>195</b>
16.2	<b>Auswirkungen der Errichtung von Paks II auf das Auswirkungsgebiet.....</b>	<b>195</b>
16.3	<b>Auswirkungen des Betriebs von Paks II auf das Auswirkungsgebiet.....</b>	<b>197</b>
16.4	<b>Das gesamte Auswirkungsgebiet des Betriebs von Paks II.....</b>	<b>198</b>
16.4.1	Auswirkung und Auswirkungsgebiet des gemeinsamen Betriebs von Paks II und dem Kernkraftwerk von Paks.....	199
16.4.2	Auswirkung von Havarien auf das Auswirkungsgebiet .....	200
16.5	<b>Auswirkungen der Stilllegungsarbeiten auf das Auswirkungsgebiet.....</b>	<b>201</b>
17	<b>LUFT.....</b>	<b>202</b>
17.1	<b>Untersuchungen des Ist-Zustandes.....</b>	<b>202</b>
17.2	<b>Direkte Auswirkungen und Auswirkungsgebiete der Errichtung und des Betriebs von Paks II.....</b>	<b>204</b>
17.3	<b>Direkte Auswirkungen und Auswirkungsgebiete der Errichtung.....</b>	<b>204</b>
17.4	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>207</b>
18	<b>BIOSPHERE-ÖKOSYSTEM.....</b>	<b>207</b>
18.1	<b>Vegetation und floristische Merkmale der Umgebung des Kraftwerks .....</b>	<b>207</b>
18.2	<b>Natura 2000 Gebiete in einem Umkreis von 10 km des Kraftwerks .....</b>	<b>211</b>
18.3	<b>Auswirkungen von Paks II auf die Pflanzenwelt.....</b>	<b>212</b>
18.3.1	Auswirkung und Auswirkungsgebiet der Errichtung .....	212
18.3.2	Auswirkung und Auswirkungsgebiet des Betriebs .....	214
18.3.3	Auswirkung und Auswirkungsgebiet der Stilllegungsarbeiten .....	214

<b>18.4</b>	<b>Auswirkung von Paks II auf die Tierwelt</b> .....	<b>214</b>
18.4.1	Auswirkung und Auswirkungsgebiet der Errichtung .....	214
18.4.2	Auswirkung und Auswirkungsgebiet des Betriebs .....	219
18.4.3	Auswirkung und Auswirkungsgebiet der Stilllegung .....	222
<b>19</b>	<b>NICHT-RADIOKATIVER ABFALL</b> .....	<b>222</b>
<b>19.1</b>	<b>Abfallarten und Mengen</b> .....	<b>222</b>
<b>19.2</b>	<b>Sammeln, Lagern, Nutzen, Unschädlichmachung des Abfalls</b> .....	<b>223</b>
<b>19.3</b>	<b>Auswirkungen und Auswirkungsgebiete</b> .....	<b>224</b>
19.3.1	Direkte Auswirkungen .....	224
19.3.2	Indirekte Auswirkungen .....	224
19.3.3	Grenzüberschreitende Auswirkungen .....	225
<b>20</b>	<b>HANDHABUNG UND UNTERBRINGUNG VON RADIOKATIVEM ABFALL UND ABGEBRANNTEN BRENNELEMENTEN</b> .....	<b>225</b>
<b>20.1</b>	<b>Bestimmung von radioaktivem Abfall</b> .....	<b>225</b>
<b>20.2</b>	<b>Merkmale der abgebrannten Brennelemente</b> .....	<b>226</b>
<b>20.3</b>	<b>Allgemeine Vorschriften des radioaktiven Abfalls</b> .....	<b>227</b>
20.3.1	Fester radioaktiver Abfall mit geringer und mittlerer Aktivität .....	227
20.3.2	Fester radioaktiver hochaktiver Abfall .....	227
20.3.3	Flüssiger radioaktiver Abfall .....	227
<b>20.4</b>	<b>Allgemeine Vorschriften bezüglich der Brennelement-kassetten</b> .....	<b>228</b>
<b>20.5</b>	<b>Zu erwartende Auswirkungen der Errichtung</b> .....	<b>228</b>
<b>20.6</b>	<b>Zu erwartende Auswirkungen des Betriebs</b> .....	<b>229</b>
20.6.1	Radioaktiver Abfall .....	229
20.6.2	Abgebrannte Brennelemente .....	230
20.6.3	Zu erwartende Auswirkungen und Auswirkungsgebiet des Betriebs .....	231
20.6.4	Auswirkungen und Auswirkungsgebiet des gemeinsamen Betriebs von Paks II und dem Kernkraftwerk von Paks .....	232
20.6.5	Auswirkungen der Ereignisse im Auslegungsstörfall .....	233
<b>20.7</b>	<b>Zu erwartende Auswirkungen der Stilllegung</b> .....	<b>233</b>
<b>21</b>	<b>UMWELT RADIOAKTIVITÄT - STRAHLENBELASTUNG DER IN DER UMGEBUNG DES STANDORTES LEBENDEN BEVÖLKERUNG</b> .....	<b>233</b>
<b>21.1</b>	<b>Umweltradioaktivität im 30 km Radius des Kernkraftwerks</b> .....	<b>233</b>
<b>21.2</b>	<b>Gesundheitszustand der im untersuchten 30 km Umgebung lebenden Bevölkerung</b> .....	<b>240</b>
<b>21.3</b>	<b>Aktuelle Strahlenbelastung im 30 km Umgebung des Standortes</b> .....	<b>242</b>
<b>21.4</b>	<b>Auswirkung der Errichtung von Paks II auf die Strahlenbelastung der in der Umgebung des Standortes lebenden Bevölkerung</b> .....	<b>246</b>
<b>21.5</b>	<b>Auswirkung des Betriebs von Paks II auf die Strahlenbelastung der in der Umgebung des Standortes lebenden Bevölkerung</b> .....	<b>246</b>
<b>22</b>	<b>STRAHLENBELASTUNG DER BIOSPHÄRE</b> .....	<b>259</b>
<b>23</b>	<b>MAßNAHMEN ZUR VORBÄUGUNG VON UNFÄLLEN MIT UMWELTEINFLUSS, UND BEIM VORFALL SOLCHER, MAßNAHMEN ZUR VERRINGERUNG DER UMWELTEINFLÜSSE</b> .....	<b>264</b>
<b>24</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>266</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>272</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Genehmigungsprozess eines Kernkraftwerkes .....	21
Abbildung 2.: Untersuchungsgebiete in der VKD (10 km, 30 km) [1] .....	23
Abbildung 3: Im UVP untersuchte unterschiedliche Bereiche [2], [3] .....	31
Abbildung 4: Zu erwartender Verlauf des elektrischen Energieverbrauch bis 2030 [2-1].....	32
Abbildung 5: Geographische Lage der Kernkraftwerke weltweit [4] .....	33
Abbildung 6: Geographische Lage der Kernkraftwerke in Europa [5] .....	33
Abbildung 7: Allgemeiner, skizzierter Aufbau des PWR Reaktors [6].....	35
Abbildung 8: Ingenieurdämme bei Kernkraftwerkblöcken [7] .....	39
Abbildung 9: Querschnitt eines Containmentes mit Doppewand [7].....	39
Abbildung 10: Das äußere Containment bietet Schutz gegen externe Einwirkungen [7] .....	40
Abbildung 11: Hierarchie der Schutzdämme, der Tiefenschutzebenen und der Eingriffe [8] .....	42
Abbildung 12: Internationale Nukleare und Radiologische Ereignisskala (INES).....	46
Abbildung 13: Übersichtskarte des Standortes Paks [13] .....	50
Abbildung 14: Der Standort Paks mit der Angabe des Geländes des geplanten neuen Kernkraftwerkes .....	51
Abbildung 15: Gelände der geplanten Blöcke [14] .....	52
Abbildung 16: Ansichtsbild der Zwillingenblöcke des Kernkraftwerks von Paks [13].....	53
Abbildung 17: Das Kernkraftwerk von Paks und seine angeschlossenen Anlagen am Standort Paks [15].....	53
Abbildung 18: O-W Richtung Querschnitt des Kernkraftwerks von Paks [16] .....	54
Abbildung 19: Sicherheitszone des Kernkraftwerks von Paks [15].....	55
Abbildung 20: Querschnitt des ZLAB [15].....	56
Abbildung 21: Sicherheitszone des ZLAB [15] .....	57
Abbildung 22: Geographische Verteilung des Strahlungsemissionschutz- und Umweltkontrollmonitoringsystems des Kernkraftwerks von Paks [17] .....	59
Abbildung 23: Aufbau des Strahlungsemissionschutz- und Umweltkontrollmonitoringsystems des Kernkraftwerks von Paks [18].....	60
Abbildung 24: Typ "A" und "G" Fernmessstationen in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks zur Kontrolle des Umweltzustandes [19] .....	62
Abbildung 25: Amtliche Messpunkte in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks mit einem Radius von 30 km [20] .....	65
Abbildung 26: Veränderung des landesweiten Durchschnitts, der maximalen und der minimalen Werte der gamma Dosisleistung im Jahr 2012 [22].....	67
Abbildung 27: In den Umweltkontrollstationen des Kernkraftwerks von Paks gemessene tägliche Dosisleistungen im Jahr 2012.....	68
Abbildung 28: Feuchter Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit einer begrenzten Höhe von 100 m - Ansichtsplan (Vogelsicht und Seitenansicht).....	77
Abbildung 29: Feuchter Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit Ventilatorenunterstützung - Ansichtsplan (Vogelsicht und Seitenansicht).....	77
Abbildung 30: Hybrider Kühlturm mit Ventilatorenunterstützung - Ansichtsplan (Vogelsicht und Seitenansicht).....	78
Abbildung 31: Derzeit gebaute und geplante russische VVER Blöcke [7].....	79
Abbildung 32: Lagezeichnung des vorhandenen energiebrechenden Bauwerks und des zweiten, neuen Einführungspunktes .....	88
Abbildung 33: Ort des Wasserwerkes von Csámpa [33] .....	92
Abbildung 34: Lagezeichnung der Errichtung von Paks II - Übersichtskarte.....	96
Abbildung 35: Unterbringung der Gebäude, Bauten von Paks II auf der Errichtungslagezeichnung .....	97
Abbildung 36: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus der Vogelsicht - aus der Richtung SW .....	98
Abbildung 37: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus Augenhöhe - aus der Richtung SW .....	99
Abbildung 38: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus der Vogelsicht - aus der Richtung NW.....	99
Abbildung 39: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus Augenhöhe - aus der Richtung NW .....	100
Abbildung 40: Bei den Berechnungen berücksichtigtes Arbeitskraftbelastungsdiagramm am Standort [33], [37], [38] .....	104
Abbildung 41: Trasse der Blockleitungen zwischen dem Kernkraftwerk von Paks II und dem Umspannwerk Paks II (2. Standort).....	109
Abbildung 42: Zeichenerklärung zur Blockleitung-Trassenzeichnung mit der Zeichennummer V-01195 ERBE.....	109
Abbildung 43: Martonvásár-Győr 400 kV Freileitung mit FENYŐ (Tanne) Typ Mäßen .....	110
Abbildung 44: Pécs-Landesgrenze 400 kV Freileitung mit FENYŐ (Tanne) Typ Masten, Leitungsflur.....	111
Abbildung 45: Martonvásár-Győr 400 kV Freileitung, Mastaufbau .....	113
Abbildung 46: Das ALADIN-Climate Modell 25 (vollständiges Panell) und seine 10 km (blauer Rechteck) Bereiche .....	124

Abbildung 47: Das REMO Modell, mit 25 km Auflösung abgedeckte Bereiche .....	125
Abbildung 48: Gitterpunkte der ALADIN-Climate (schwarz) und REMO (rot) Modelle in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks (grün) .....	126
Abbildung 49: Jahresverlauf der monatlichen Durchschnittstemperaturen (°C) anhand der Beobachtungen von 1961–1990 (graue Linie), bzw. der anhand der beiden Modelle zu erwartende Jahresverlauf (°C); der durch ihnen eingegrenzte Unsicherheitsintervall ist mit bunten Streifen markiert) in der Region Paks .....	127
Abbildung 50: Jahresverlauf der monatlichen Niederschlagsmengen (°C) anhand der Beobachtungen von 1961–1990 (graue Linie), bzw. der anhand der beiden Modelle zu erwartende Jahresverlauf (°C; der durch ihnen eingegrenzte Unsicherheitsintervall ist mit bunten Streifen markiert) in der Region Paks .....	127
Abbildung 51: Berechnetes Geschwindigkeitsfeld in der Umgebung der Mündungen von Kalt- und Warmwasserkanälen, im Fall von mehrjähriger durchschnittlicher 2 300 m³/s Donau-Wasserführung und 100 m³/s Kühlwasserentnahme – Kernkraftwerk von Paks alleine .....	129
Abbildung 52: Berechnetes Geschwindigkeitsfeld in der Umgebung der Mündungen von Kalt- und Warmwasserkanälen, im Fall von mehrjähriger durchschnittlichen 2 300 m³/s Donau-Wasserführung und 100 m³/s Kühlwasserentnahme (Kernkraftwerk von Paks – Zustand während des Baus von Paks II) .....	129
Abbildung 53: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donautrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] – Kernkraftwerk von Paks, extremes Hochwasser ( $Q_{20\ 000\text{Jahr}} = 14\ 799\ \text{m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme 100 m³/s) – Kernkraftwerk von Paks alleine – mit EOVS Koordinaten .....	134
Abbildung 54: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donautrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] – maßgebender Normalbetrieb, exteremes Hochwasser ( $Q_{20\ 000\text{Jahr}} = 14\ 799\ \text{m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme 232 m³/s) – Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen – mit EOVS Koordinaten .....	135
Abbildung 55: Statisches Überflutungsbild der Donau bei 96,90 mBf .....	136
Abbildung 56: Statisches Überflutungsbild der Donau bei 96,30 mBf .....	137
Abbildung 57: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donautrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] – Kernkraftwerk von Paks alleine, extremes Niedrigwasser ( $Q_{20\ 000\text{Jahr}} = 579\ \text{m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme 100 m³/s) – mit EOVS Koordinaten .....	138
Abbildung 58: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donautrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] – maßgebender Betriebszustand, extremes Niedrigwasser ( $Q_{20\ 000\text{Jahr}} = 579\ \text{m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme 232 m³/s) – Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen – mit EOVS Koordinaten .....	139
Abbildung 59: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien im Fall einer Donau-Wasserführung von 2 300 m³/s (durchschnittliches hydrologisches Jahr), in drei Betriebszeitpunkten: Kernkraftwerk von Paks alleine, Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen, Paks II alleine .....	142
Abbildung 60: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien im Fall einer Donau-Wasserführung von 3 000 m³/s (feuchtes hydrologisches Jahr), in drei Betriebszeitpunkten: Kernkraftwerk von Paks alleine, Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen, Paks II alleine .....	143
Abbildung 61: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien nach 5 Jahren Betrieb, im Fall einer Donau-Wasserführung von 2 300 m³/s (durchschnittliches hydrologisches Jahr) und 100 m³/s Kühlwasserentnahme, Kernkraftwerk von Paks alleine (2014-2025) .....	144
Abbildung 62: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien nach 5 Jahren Betrieb, im Fall einer Donau-Wasserführung von 2 300 m³/s (durchschnittliches hydrologisches Jahr) und 100 m³/s Kühlwasserentnahme (Zustand zwischen 2030-2032), Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen (2030-2032) .....	146
Abbildung 63: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien nach 5 Jahren Betrieb, im Fall einer Donau-Wasserführung von 2 300 m³/s (durchschnittliches hydrologisches Jahr) und 100 m³/s Kühlwasserentnahme (Zustand zwischen 2037-2085), Paks II alleine (2037-2085) .....	147
Abbildung 64: Auswirkungskreis des Wärmeschweifes über 30 °C – aktueller Zustand ( $T_{\text{Duna,max}}=25,61\ \text{°C}$ , $Q_{\text{Duna}}= 1500\ \text{m}^3/\text{s}$ , Warmertrag: 100 m³/s) .....	150
Abbildung 65: Auswirkungskreis des Wärmeschweifes über 30 °C – Zustand 2032 ( $T_{\text{Duna,max}}=26,38\ \text{°C}$ , $Q_{\text{Duna}}= 1500\ \text{m}^3/\text{s}$ , Warmertrag: 100 m³/s + 132 m³/s) .....	151
Abbildung 66: Berechneter Auswirkungskreis des Wärmeschweifes über 30 °C - maßgebender Zustand 2085 ( $T_{\text{Duna,max}}=28,64\ \text{°C}$ , $Q_{\text{Duna}}= 1\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$ , Warmertrag: 132 m³/s) – Paks II alleine .....	152
Abbildung 67: Auswirkung des mit Alternativen gekennzeichneten Wasserrückhaltes des Damms in Dunacsúny / Bős im alle 20000 Jahre vorkommenden Niedrigwasserzeitraum auf die Sicherheit der Wasserentnahme des Kernkraftwerks von Paks (Donau, 1526,5 fkm) .....	158
Abbildung 68: Übersichtslagezeichnung der in den Jahren 2012 und 2013 untersuchten Donauabschnitte .....	161
Abbildung 69: Flussregiem der Donau (Paks-Dombori-Baja) zwischen 2006-2013 .....	168
Abbildung 70: Flussregiem der Donau (Paks-Dombori-Baja) zwischen 2012-2013 .....	169
Abbildung 71: Veränderung der Wasserführung und der Wassertemperatur der Donau (Paks-Dombori-Baja) in 2012-2013 .....	169
Abbildung 72: Zeitliche Untersuchung der jährlichen durchschnittlichen Veränderung der Wassertemperatur der Donau (Paks) zwischen 1970-2013 .....	170

Abbildung 73: Untersuchung der täglichen Wassertemperatur der Donau (Paks) innerhalb des Jahrws, zwischen 1970-2013 .....	170
Abbildung 74: Beziehung der betroffenen Wasserkörper und des untersuchten Gebietes .....	191
Abbildung 75: NW-SO hydrologischer Abschnitt durch das untersuchte Gebietl .....	192
Abbildung 76: Potentieller Abschnitt durch das Kernkraftwerk von Paks .....	193
Abbildung 77: Summierter Auswirkungskreis des Betriebsbaugesbietes .....	196
Abbildung 78: Summiertes Auswirkungskreis des Fernleitungsbaus .....	196
Abbildung 79: Auswirkungskreis des Betriebes .....	197
Abbildung 80: Auswirkungskreis des betriebes der Fernleitung .....	198
Abbildung 81: Gesamter Auswirkungskreis des Betriebes .....	199
Abbildung 82: Gemeinsamer Auswirkungskreis des Kernkraftwerks von Paks und Paks II .....	200
Abbildung 83: Auswirkungskreis einer Betriebsstörung in Paks II .....	201
Abbildung 84: Anordnung der Luftverschmutzungsmesspunkte .....	203
Abbildung 85: Degradierter Rasen mit Steinplatten auf dem durch die Errichtung betroffenem Gebiet .....	207
Abbildung 86: Vegetationskarte in der 3 km Umgebung des Kernkraftwerks von Paks .....	209
Abbildung 87: Weidenbaum-Pappel Wald im Überschwemmungsgebiet auf der Insel zwischen den Kanälen .....	211
Abbildung 88: Rasen mit Spartgras auf dem Innengebiet des Atomkraftewerkes paks .....	212
Abbildung 89: Spätnelken ( <i>Dianthus serotinus</i> ) .....	213
Abbildung 90: Gestreifter Bärenschmetterling ( <i>Euplagia quadripunctaria</i> ) .....	216
Abbildung 91: Futternder Steinschmetzer ( <i>Oenanthe oenanthe</i> ) auf dem Entwicklungsgebiet .....	216
Abbildung 92: Muschel- und Schneckenschalen am Donauufer in Paks .....	218
Abbildung 93: Reiche Vogelwelt in der Umgebung des Kraftwerks .....	219
Abbildung 94: Gelbe Libelle ( <i>Gomphus flavipes</i> ) .....	220
Abbildung 95: Grüne Eidechse ( <i>Lacerta viridis</i> ) verträgt die antropogene Störung gut .....	220
Abbildung 96: Trockene, Containerlagerung, in vertikaler Anordnung [42] .....	230
Abbildung 97: Auffüllen des trockenen, horizontalen Lagers [43] .....	230
Abbildung 98: Charakteristische Anordnung im Fall von trockener Containerlagerung [44] .....	231
Abbildung 99: Aufteilung der Sektorengruppen in 30 km Umgebung des Kraftwerks .....	234
Abbildung 100: Statelitenbild der im Programm bestimmten Probeentnahmestellen .....	239
Abbildung 101: Veränderung der Jahresdosis der Kinder von Csámpa (kritische Gruppe) aus dem Schornsteinausstoß des Kraftwerkes .....	244
Abbildung 102: Strahlungsbelastun aus dem Flüssigausstoß des Kernkraftwerks von Paks bezüglich der Kinder (1-2 Jahre) und der Erwachsenen Altersgruppen .....	245
Abbildung 103: Auswirkungskreis des Normalbetriebs von Paks II: ein Kreis mit einem Radius von 500 m in der 500 m Sicherheitszone .....	256
Abbildung 104: Prinzipieller Aufbau des empfohlenen Paks II Strahlenschutz Monitoringsystems .....	258
Abbildung 105: Summierter Auswirkungskreis der Errichtung von Paks II .....	268
Abbildung 106: Summierter Auswirkungskreis der Errichtung von Paks II mit Verwaltungsgrenzen .....	269
Abbildung 107: Summierter Auswirkungskreis des Betriebs von Paks II .....	270
Abbildung 108: Summierter Auswirkungskreis des Betriebs von Paks II mit Verwaltungsgrenzen .....	271

## TABELLENVERZEICNIS

Tabelle 1: Zu der VKD eine Anmerkung abgebende Verwaltungsorgane .....	24
Tabelle 2: Im internationalen Verfahren aufgesuchte Länder .....	25
Tabelle 3: Themengebiete im internationalem Verfahren gestellter Fragen .....	26
Tabelle 4: Fünf, aufeinander bauende Stufen des Tiefenschutzes .....	37
Tabelle 5: Bezeichnung der einzelnen Betriebszustände, ihre Einordnung bezüglich ihrer Häufigkeit in den neuen Blöcken .....	45
Tabelle 6: Allgemeine Kriterien der Bewertung von nuklearen Ereignissen [12] .....	48
Tabelle 7: Illustrationsbeispiele der zur Bewertung der Ereignissen von nuklearen Anlagen verwendeter INES Kriterien [12] .....	49
Tabelle 8: Ausnutzung der Dosisbeschränkung bezüglich des Standortes des Kernkraftwerkes von Paks – 2013 [19] .....	64
Tabelle 9: Wasserverschmutzungsgrenzwerte der Fischgewässer .....	71
Tabelle 10: Technische Daten der feuchten Kühlturm-Kühlsysteme .....	76
Tabelle 11: Wichtige technische Merkmale des VVER-1200 Blocktyps [13], [30], [31] .....	80
Tabelle 12: Die zum Erreichen des Ziels angewendete Planungslösungen oder folgeverringende Verfahren [13], [30] .....	80



Tabelle 13: Aus der Donau entnommene Wassermengen im Fall eines Betriebs des Sicherheitskühlwassersystems mit Flusswasserkühlung .....	83
Tabelle 14: Kondensatoren Kühlwassermengen .....	83
Tabelle 15: Technologische Kühlwassermengen [32] .....	84
Tabelle 16: Sicherheitskühlwassermengen .....	85
Tabelle 17: Sicherheitskühlwasser Ersatzwassermengen, im Fall von Sicherheitskühltürmen .....	85
Tabelle 18: Sicherheitskühlwassermengen im Fall von Frischwasserkühlung .....	86
Tabelle 19: Normale Betriebswasserbilanz zur Vorbereitung von Ersatzwasser .....	89
Tabelle 20: Menge des flüssigen radioaktiven Abfalls im Primärkreis [32] .....	90
Tabelle 21: Menge des flüssigen Abfalls im Turbinenmaschinenhaus .....	91
Tabelle 22: Maximale Abfallwassermenge der Kühltürme aus dem Abschlämmen .....	91
Tabelle 23: Chemikalienlagerung im Betriebszeitraum .....	93
Tabelle 24: Abnahmekriterien - Normalbetrieb [30] .....	100
Tabelle 25: Abnahmekriterien - Zur Auslegungstörfall gehörende Ereignisse [30] .....	100
Tabelle 26: Geltende internationale und ungarische Vorschriften bezüglich den Auslegungstörfall übersreitender Ereignisse .....	102
Tabelle 27: Errichtungszeitplan des Blöcke von Paks II .....	104
Tabelle 28: Energetische Jahresdaten .....	105
Tabelle 29: Material- und Energiebilanz des Betriebs von Paks II .....	106
Tabelle 30: Erlaubte Werte der Elektrizitätsfeldstärke und der Magnetinduktion .....	111
Tabelle 31: Gemessene Werte der Elektrizitätsfeldstärke und der Magnetinduktion .....	111
Tabelle 32: Zusammenfassene Wirkungsmatrix, Identifizierung der Art der Wirkungsfaktoren und der Auswirkungsträger .....	116
Tabelle 33: Zusammenfassende Wirkungsmatrix, Identifizierung der herkömmlichen und der radiologischen Auswirkungen .....	117
Tabelle 34: Merkmale der mit den ALADIN-Climate und REMO regionalen Klimamodellen durchgeführten Experimente .....	125
Tabelle 35: Die mit den ALADIN-Climate und REMO Modellen geplante Experimente .....	125
Tabelle 36: Bestimmung des morfyodynamischen und Strömungsauswirkungskreises im Vergleich zum aktuellem Zustand .....	148
Tabelle 37: Verlauf des Warmwasserausstoßes ( $Q \text{ m}^3/\text{s}$ ) im Fall der Verwirklichung der geplanten Entwicklung, mit der höchsten zu erwartenden Wassertemperatur der Donau ( $T_{\text{Duna}}$ , °C) in den maßgebenden Betriebszeitpunkten .....	149
Tabelle 38: Dauer, Dauerhaftigkeit der Überschreitung der Grenzwerte (2032.) – Kernkraftwerk von Paks + Paks II. ....	153
Tabelle 39: Dauer, Dauerhaftigkeit der Überschreitung der Grenzwerte (2085) – Paks II. alleine .....	154
Tabelle 40: Größte Temperaturveränderung im südlichen Landesgrenzenabschnitt der Donau, $T_{\text{Warmwasser}} = 33 \text{ °C}$ (maßgebender Zustand in den Jahren 2014, 2032 und 2085) .....	154
Tabelle 41: Ausmaß der größten Temperaturveränderung im südlichen Landesgrenzenabschnitt der Donau, $\Delta T_{\text{Spreizung}} = 8 \text{ °C}$ (maßgebender Zustand in den Jahren 2014, 2032 und 2085) .....	155
Tabelle 42: Zu erwartende Dauer der Überschreitung einiger bedeutenderer Schutzstufen, im Fall einer Überflutung der ungünstigsten Stufe der Umgebung des Kraftwerkes (96,30 mBf) .....	156
Tabelle 43: Auflistung der physischen und chemischen Elemente bezüglich der Donau, mit VKI Wasserqualitätsgruppen .....	162
Tabelle 44: Untersuchte Donau-Abschnitte und ihre sonstigen Merkmale .....	163
Tabelle 45: Durchschnittswerte der Stammnetzuntersuchungen zwischen 2007 und 2011, mit einer Bewertung entsprechend der VKI Gesichtspunkten .....	165
Tabelle 46: Bewertung des VKI Zustandes des Wasserkörpers HURWAEP444 der Donau zwischen Szob-Baja (Typ 24) .....	166
Tabelle 47: Oberwasser Donauabschnitt anhand physischer-chemischer Parameter (1560.6-1533.5 fkm) VKI Bewertung .....	171
Tabelle 48: VKI Bewertung des direkten Unterwasser Donau-Abschnittes anhand physischer-chemischer Parameter (1526-1516 fkm) .....	172
Tabelle 49: VKI Bewertung des entfernten Unterwasser Donau-Abschnittes (1506.8-1481.5 fkm) anhand physischer-chemischer Parameter .....	174
Tabelle 50: VKI Bewertung der untersuchten Donau-Strecke .....	176
Tabelle 51: Potentielle Wirkung ausübende Faktoren im Laufe der Paks II Investition .....	177
Tabelle 52: Zusammenfassende Bewertung des Ausgangszustandes von 2012 .....	203
Tabelle 53: Auswirkungen des Probetriebs der Dieselgeneratoren .....	206
Tabelle 54: Direkte Auswirkung des gemeinsamen Betriebs von Paks II und des Kernkraftwerkes Paks auf die Luftqualität .....	206
Tabelle 55: Geschätzte Menge der bei der Errichtung von Paks II aus dem Errichtungsgebiet entnommener Erde .....	222
Tabelle 56: Geschätzte Menge des in Paks II betriebsmäßig entstehenden Abfalls .....	223
Tabelle 57: Geschätzte Menge des beim gemeinsamen Betrieb von Paks II und des Kernkraftwerkes von Paks entstehenden Abfalls .....	223
Tabelle 58: Während der gesamten Betriebsdauer entstehende Menge des abgebrannten Brennstoffs, pro Block .....	226
Tabelle 59: Geschätzte Jahresmenge des entstehenden radioaktiven, festen Abfalls, pro Block [40] .....	229
Tabelle 60: Hauptwechselbeziehungen zwischen dem natürlichen Lebensraum und den Anbaugebieten .....	235

Tabelle 61: Summierte Daten der Aktivitätskonzentration des Bodens.....	236
Tabelle 62: Summierte Daten der Aktivitätskonzentration der Kuhmilch.....	236
Tabelle 63: Durchschnittswerte der Dosisleistungen.....	237
Tabelle 64: Normaler Betriebsausstoß für beide Blöcke (Bq/Jahr).....	247
Tabelle 65: Geographische Aufteilung der Ausstoßberechnungen.....	248
Tabelle 66: Anhand der meteorologischen Daten aus 2009 in den einzelnen Gebieten bezüglich Kleinkinder von 1-2 Jahren entstehende Dosis, anhand des Einstrahlungsweges (I+II, Sv).....	249
Tabelle 67: Anhand der meteorologischen Daten aus 2009 in den einzelnen Gebieten bezüglich Erwachsenen entstehende Dosis, anhand des Einstrahlungsweges (I+II, Sv).....	250
Tabelle 68: Frühzeitige Emissionen (Bq).....	251
Tabelle 69: Späte Emissionen (Bq).....	252
Tabelle 70: Summierte Gesamtdosis einer geplanten Betriebsstörung (Sv).....	252
Tabelle 71: Geplanter flüssiger Emission des russischen VVER 1200 MW Typ Blocks (Bq/Jahr) [30].....	253
Tabelle 72: Dosis der erwachsenen und 1-2 Jahre alten Kinderbevölkerung von Gerjen aus der jährlichen flüssigen Emission pro Block der russischen VVER 1200 MW Blöcke (nSv/Jahr).....	254
Tabelle 73: Gesamtdosis von Paks II, dem Kernkraftwerk von Paks und dem ZLAB aus dem maximalen Jahr, bezüglich 1-2 Jahre alten Kinder, Sv.....	256
Tabelle 74: Gesamtdosis von Paks II, dem Kernkraftwerk von Paks und dem ZLAB aus dem maximalen Jahr, bezüglich Erwachsenen, Sv.....	257
Tabelle 75: Höchste gemeinsame Wirkung der flüssigen Emissiones in Gerjen auf jährlicher Ebene.....	257
Tabelle 76: Beitrag von Paks II und den vorhandenen künstlichen Quellen zur Strahlenbelastung der Lebewesen im Donauwasser im Jahr 2025.....	261
Tabelle 77: Oberflächen- und oberflächennahe Aktivitätskonzentrationen in Abhängigkeit der Entfernung aus 10 Tagesemissionen.....	263
Tabelle 78: Oberflächen- und oberflächennahe Aktivitätskonzentrationen in Abhängigkeit der Entfernung aus 30 Tagesemissionen.....	264

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Vollständiger Name
ÁNTSz OTH	Staatlicher Volksgesundheits- und Amtsärztlicher Dienst, Nationales Amt des Oberamtsarztes (Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatal)
ÁVIT	Umfassender Notfall Handhabungs- und Maßnahmenplan (Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv)
DBC	Design Basis Conditions (Auslegungsstörplan)
DdKTF	Süd-Transdanubische Aufsichtsbehörde für Umweltschutz und Naturschutz (Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi Felügyelőség)
DdKTVF	Süd-Transdanubische Aufsichtsbehörde für Umweltschutz, Naturschutz und Gewässerwesen (Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség)
DDNPI	Donau-Drauf Nationalparkdirektion (Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság)
DEC	Design Extension Conditions (Auslegungüberschreitende Betriebsereignisse)
EKD	Vorgehendes Konsultationsdokument (VKD) (Előzetes konzultációs dokumentum)
ENSZ	Vereinte Nationen (United Nations - UN)
ERBE	MVM ERBE ENERGETIKA Ingenieurbüro AG nach ungarischen Recht mit geschlossenem Aktionärskreis(MVM ERBE ENERGETIKA Mérnökiroda Zártkörűen Működő Részvénytársaság; MVM ERBE GESCHLOSSENE AG.)
EUR	European Utility Requirements (Europäische Betreibervorschriften)
Euratom	European Atomic Energy Community (Europäische Atomenergiegemeinschaft)
EüM	Gesundheitsministerium (Egészségügyi Minisztérium)
fkm	Flusskilometer (folyamkilométer)
FKSZ	Hauptströmungspumpe (Fő keringető szivattyú)
GCR	Gas-Cooled, Graphite-Moderated Reactor (Gas-gekühlter, graphitmoderierter Reaktor)
GM	Wirtschaftsministerium (Gazdasági Minisztérium)
ICRP	International Commission on Radiological Protection - Internationale Strahlenschutzkommission
IM	Industrieministerium (Ipari Minisztérium)
INES	International Nuclear Event Scale (Internationale Nukleare Ereignisskala)
IRG	Inert radioaktives Wasser (Inert radioaktív gáz)
IRM	Ministerium für Justiz und Polizeiwesen (Igazságügyi és Rendészeti Minisztérium)
KHEM	Minister für Verkehrswesen, Nachrichtenwesen und Energiewesen (Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Miniszter)
KHV - KHT	Umweltverträglichkeitsprüfung - Umweltverträglichkeitsstudie (Környezeti hatásvizsgálat - Környezeti hatástanulmány)
KHVM	Ministerium für Verkehrswesen, Nachrichtenwesen und Energiewesen (Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium)
KKÁT	Zwischenlager abgebrannter Brennelemente (ZLAB) (Kiegett Kazetták Átmeneti Tárolója)
KöM	Ministerium für Umweltschutz (Környezetvédelmi Minisztérium)
KPM	Ministerium für Verkehrswesen und Postwesen (Közlekedési és Postaügyi Minisztérium)
KSH NKI	Volkswissenschaftliches Forschungsinstitut des Zentralen Statistikamtes (Központi Statisztikai Hivatal Népeségstudományi Kutató Intézet)
KvVM	Ministerium für Umweltschutz und Gewässerwesen (Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium)
LKV	Niedrigstes Wasserniveau (Legkisebb vízszint)
LOCA	Loss of Coolant Accident (Unfall mit vollständigem Kühlmittelverlust)
LWGR	Light-Water-Cooled, Graphite-Moderated Reactor (graphitmoderierter Reaktor, mit Kühlung mit leichtem Wasser)
MAVIR	Ungarische elektrische Energie-Industrie Übertragungs- Systemsteuerung geschlossene AG (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság)
MBFH	Ungarisches Amt für Bergbau und Geologie (Magyar Bányászati és Földtani Hivatal)
MEKH	Ungarisches Amt für Energetik und Regulation der öffentlichen Versorger (Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal)
MIR	Modernised International Reactor (modernisierter internationaler Reaktor)
MKEH	Ungarisches Amt für Handelsgenehmigungen (Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal)
MKM	Ministerium für Kultur und öffentliche Bildung (Művelődési és Közoktatási Minisztérium)
MVM GESCHLOSSENE AG.	MVM Ungarische Elektrizitätswerke AG nach ungarischen Recht mit geschlossenem Aktionärskreis(MVM Magyar Villamos Művek Zártkörűen Működő Részvénytársaság)
MVM Paks II. GESCHLOSSENE AG.	MVM Paks II Kernkraftwerk Entwicklungs AG nach ungarischen Recht mit geschlossenem Aktionärskreis(MVM Paks II. Atomerőmű fejlesztő Zártkörűen Működő Részvénytársaság)
NAU	Internationale Atomenergie Agentur (International Atomic Energy Agency - IAEA)
NBEIT	Abwehr und Maßnahmenplan für nukleare Unfälle (Nukleárisbaleset-elhárítási és Intézkedési Terv)
NBSz	Nukleare Sicherheitsregelwerk (Nukleáris Biztonsági Szabályzatok)
OAH NBI	Nukleare Sicherheitsdirektion des Nationalen Atomenergieamtes (Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatóság)
OGy	Parlament (Országgyűlés)
OMSz	Nationaler Meteorologie Dienst (Országos Meteorológiai Szolgálat)

Paksi Atomerőmű	MVM Kernkraftwerk von Paks AG nach ungarischen Recht mit geschlossenem Aktionärskreis(MVM Paksi Atomerőmű Zártkörűen Működő Részvénytársaság; MVM Paksi Atomerőmű GESCHLOSSENE AG. )
Paks II.	Paks II Kernkraftwerk - am Standort Paks geplante Kernkraftwerkblöcke
PHWR	Pressurized Heavy-Water-Moderated and Cooled Reactor - Mit schwerem Wasser gekühlter und moderierter Reaktor mit Druckwasser
PSA	Probabilistic safety assessment - Wahrscheinlichkeits-Sicherheitsbericht
PWR	Pressurized Light-Water-Moderated and Cooled Reactor - Mit leichtem Wasser gekühlter und moderierter Reaktor mit Druckwasser
TRU	Transuranes Element (Ordnungszahl höher als 92) (höher als die Ordnungszahl von Uran))
VBJ	Endgültiger Sicherheitsbericht (Végleges Biztonsági Jelentés)
VER	Ungarisches System für elektrische Energie (Magyar Villamosenergia-rendszer)
VVER	Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reactor - Mit Wasser gekühlter und moderierter energetischer Reaktor
WANO	World Association of Nuclear Operators - Weltorganisation der Nuklearen Operateure
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association - Verband West-Europäischer Regulatoren
ZÜHR	Zonen Betriebsstörungskühlsysteme (zóna üzemzavari hűtőrendszerek)

# 1 GRUNDINFORMATIONEN DER GEPLANTEN ENTWICKLUNG

Das Alter der sich im einheimischen elektrischen Energiesystem befindenden großen Kraftwerke nähert sich dem Ende ihrer geplanten Lebensdauer, hat diese fallweise sogar schon überschritten. Zur teilweisen Behandlung des zu erwartenden Kapazitätenmangels, und unter Berücksichtigung der geplanten Lebensdauer der vorhandenen Atomkraftblöcke ist mit der Vorbereitung der Errichtung neuer Kernkraftwerkblöcke begonnen worden.

Ziel der sich in der Vorbereitung befindenden Investition ist, dass zum Zwecke der Erzeugung gemeinnütziger elektrischer Energie zwei, einzeln jeweils 1 200 MW<sub>e</sub> elektrische Leistung besitzende moderne Kernkraftwerkblöcke der III+ Generation mit Druckwasser und einer erwarteten Lebensdauer von mindestens 60 Jahren neben dem Kernkraftwerk von Paks, entsprechend des **Zeitplans aus der Nationalen Energiestrategie** errichtet werden, mit einem geplanten Handelsbeginn in den Jahren 2025 und 2030, wodurch der Anteil der Atomenergie - etwa 40 % - in der elektrischen Energieerzeugung langfristig aufrecht erhalten bleiben kann.

Die geplante Investition besteht aus folgenden Hauptelementen:

- der Kraftwerktechnologie,
- dem Kraftwerk Kühlwassersystem,
- dem Anschluss zum ungarischen elektrischen Energiesystem.

## 1.1 VORBEREITUNGSARBEITEN DER GEPLANTEN INVESTITION

### 1.1.1 TELLER PROJEKT

Laut Absatz (2) § 7 des CXVI Gesetzes aus dem Jahr 1996 über die Atomenergie ist zum Beginn einer Vorbereitungsarbeit der Errichtung einer neuen Nuklearanlage die vorherige, prinzipielle Zustimmung des Parlamentes notwendig. Punkt 12.f des Nr. 40/2008. (IV. 17.) Parlamentsbeschlusses über die Energiepolitik zwischen 2008-2020 hat die Regierung aufgefordert, dass "sie die Vorbereitungsarbeiten bezüglich der neuen Atomkraftwerkkapazitäten beginnt. Die Regierung nach einer fachlichen, Umweltschutz- und gesellschaftlichen Fundierung ihre Empfehlungen bezüglich der Notwendigkeit der Investition, ihrer Voraussetzungen, dem Typ des Kraftwerkes und der Errichtung rechtzeitig dem Parlament einreicht."

Das durch die MVM geschlossene AG gegründete Teller Projekt hat durch die Analyse technischer, wirtschaftlicher, Handels-, rechtlicher und gesellschaftlicher Aspekte Expertenuntersuchungen durchgeführt. Die Untersuchung der Möglichkeiten der Realisierung ist auch erfolgt, eine vorläufige Umweltbewertung ist durchgeführt worden, wie auch die Untersuchung der Lagerung der abgebrannten Brennelemente und des radioaktiven Abfalls. Die Ergebnisse dieser Aufgaben sind in drei entscheidungsvorbereitenden Dokumenten zusammengefasst worden, welche besagen, dass die sinnvollste Wahl ein solches modernes Kernkraftwerk mit Druckwasser am Standort Paks wäre, welches kein Prototyp ist, irgendwo bereits über Genehmigungen verfügt und seine Lebensdauer mindestens 60 Jahre beträgt.

Auf die fachlichen Analysen aufbauend hat das Parlament am 30. März 2009 mit einer Unterstützung von 95,4 % der Einleitung der Vorbereitungsarbeiten bezüglich der Errichtung neuer Kernkraftwerkblöcke am Standort Paks zugestimmt.

### 1.1.2 LÉVAI PROJEKT

Zur Durchführung der Vorbereitungstätigkeiten entsprechend des Parlamentsbeschlusses hat die MVM geschlossene AG in Juni 2009 das Lévai Projekt gegründet. Die im Rahmen des Lévai Projektes durchgeführte Tätigkeiten sind folgende gewesen:

- Erstellen lassen von strategischen Analysen, Untersuchungen bezüglich der Finanzierungsmöglichkeiten;
- Erstellen lassen der ersten Version der Lieferanten Tenderdokumentation;
- Untersuchung der Anpassungsmöglichkeiten der neuen Blöcke in das elektrische Energiesystem;
- Untersuchung der Methoden der Kühlwasserversorgung;

- Einleiten der Zusammenstellung einer vorangehenden Konsultationsdokumentation;
- Einleiten der zur Zusammenstellung der Umweltverträglichkeitsprüfung notwendiger Untersuchungen;
- Vorbereitung der Zusammenstellung des Standort-Genehmigungsantrages;
- Untersuchung des Arbeitskräftebedarfes;
- Untersuchung der potentiellen inländischen Zulieferanten und Unternehmen aus der Region.

### 1.1.3 MVM PAKS II. ATOMKRAFT ENTWICKELNDE AG NACH UNGARISCHEM RECHT MIT GESCHLOSSENEM AKTIONÄRSKREIS - PROJEKTGESELLSCHAFT

Zur Vorbereitung der Errichtung der neuen Kernkraftwerkblöcke hat die MVM Gruppe am 26. Juli 2012 die neue MVM Paks II Atomkraft entwickelnde AG nach ungarischen Recht mit geschlossenem Aktionärskreis gegründet (MVM Paks II geschlossene AG.).

Zu den wichtigsten Aufgabe der Projektgesellschaft gehört die Bestimmung der Rahmen der zukünftigen Realisierung, die Ausarbeitung der Details der Finanzierung, und die Erfassung der notwendigen technischen Voraussetzungen (Kühlmöglichkeiten, Umwelteinflüsse). Einen wichtigen Teil der Projektarbeit bildet die Beschaffung der Umweltschutz-, Standort-, Gewässerrecht- und Errichtungsgenehmigungen. Die Projektgesellschaft beschäftigt sich mit auch mit Rechtsharmonisierungsfragen und der Untersuchung der regionalen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen. Weiterhin ist eine besonders wichtige Aufgabe, dass während der Errichtung der neuen Kernkraftwerkblöcke Ungarn im größtem möglichem Ausmaß die Nationalwirtschaft belebenden Auswirkungen des Projektes ausnützt.

### 1.1.4 UNTERSTÜTZUNGEN DURCH DIE REGULATION

Als Ergebnis der oben aufgeführten Vorbereitungstätigkeiten sind im einheimischen Regulationssystem mehrere, die Errichtung der neuen Kernkraftwerkblöcke unterstützende Elemente erschienen.

Das Parlament hat am 3. Oktober 2011 die Entwicklungs- und Betriebsrichtungen der nächsten zwei Jahrzehnte bestimmende, bis 2050 vorausschauende **Nationale Energiestrategie** angenommen, in deren Sinn der Staat - zur Unterstützung seiner langfristigen, wirtschaftlichen und Umweltschutzziele - auf lange Sicht den Anteil der Atomenergie von etwa 40 % in der einheimischen elektrischen Energieerzeugung beibehalten will.

Die Regierung hat zur Sicherstellung einer ausgeglichenen Entwicklung der ungarischen Atomenergetik in den folgenden dreißig Jahren mit der Regierungsverordnung Nr. 1195/2012. (VI. 18.) die **Regierungskommission für Nuklearenergie** gegründet, welche sich mit der einheimischen Anwendung der Nuklearenergie und der Untersuchung der strategischen Fragen ihrer Entwicklung beschäftigt, und deren Vorsitzender der Ministerpräsident ist.

Die Regierung hat - unter Berücksichtigung der strategischen Rolle der Nuklearenergie in der einheimischen Energieversorgung und der Garantierung der Versorgungssicherheit, und des Inhaltes der durch das Parlament bewilligter Nationalen Energiestrategie - die Realisierung der neuen Kernkraftwerkblöcke am Standort des Kernkraftwerks von Paks mit der Regierungsverordnung Nr. 1196/2012. (VI. 18.) als eine Investition erklärt, welche **aus Sicht der Nationalwirtschaft hervorgehoben** ist und aus Sicht der **Sicherheit der Energieversorgung grundlegend notwendig** ist.

### 1.1.5 AUSWAHL DER ZU ERRICHTENDEN BLÖCKE

#### **REGIERUNGSABKOMMEN ZWISCHEN UNGARN UND RUSSLAND**

Am 14. Januar 2014 hat die Regierung von Ungarn mit der Regierung der Russischen Föderation die Erneuerung des zwischen beiden Ländern vor Jahrzehnten abgeschlossenen nuklearen Kooperationsvertrages vereinbart. Anhand dieser Vereinbarung werden am Standort des Kernkraftwerks von Paks durch das Zuständige Russische Amt als Hauptunternehmer weitere zwei neue, Blöcke mit einer Nennleistung von 1 200 MW gebaut, wozu die Regierung von Ungarn einen zwischenstaatlichen Kredit von Russland bekommt.

## II. GESETZ AUS DEM JAHR 2014

Das Parlament hat das Abkommen beider Regierungen an seinem Sitzungstag am 6. Februar 2014 in dem **II. Gesetz aus dem Jahr 2014**, über die Veröffentlichung des Abkommens bezüglich der Kooperation zwischen der Regierung von Ungarn und der Regierung der Russischen Föderation im Bereich der friedlichen Nutzung der Nuklearenergie angenommen.

### **Artikel 1 - Gegenstand der Kooperation I**

Die Parteien arbeiten bezüglich der Aufrechterhaltung und der Entwicklung der Leistung des sich auf dem Gebiet von Ungarn befindenden Kernkraftwerks von Paks, darunter verstanden auch die Planung, die Errichtung, die Inbetriebsetzung und die Stilllegung der beiden neuen Blöcke zusammen, welche neuen Blöcke einen VVER (Wasserkühlung Wassermoderation) Reaktor haben werden, bezüglich beider Blöcke eine Mindestkapazität von 1 000 MW eingebaut wird, wie darüber das vorliegende Abkommen im späterem Verlauf bestimmt, zur Auslösung der Leistung der in der Zukunft abzustellenden Blöcke 1-4.

## **1.2 ALLGEMEINE VORSTELLUNG DES GENEHMIGUNGSVERFAHRENS VON NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKEN**

Das Genehmigungsverfahren des Kernkraftwerks von Paks II kann die Beschaffung mehrerer Tausend Genehmigungen bedeuten. Darunter haben wir nur die wichtigsten Genehmigungen hervorgehoben, und die genehmigende Behörde auch aufgeführt.

**Strahlenschutz** - Staatlicher Volksgesundheits- und Amtsärztlicher Dienst (ÁNTSZ) Nationales Amt des Oberamtsarztes (OTH)

Dosis-Begrenzungsgenehmigung

**Umweltschutz** – Süd-Transdanubische Aufsichtsbehörde für Umweltschutz und Naturschutz (DdKTF)

Umweltschutzgenehmigung

**Gewässerrecht** – Komitat Fejér Katastrophenschutzdirektion

Prinzipielle gewässerrechtliche Genehmigung

Gewässerrechtliche Errichtungsgenehmigung

Gewässerrechtliche Betriebsgenehmigung

**Nuklearsicherheit**– Nationales Atomenergieamt

Standort Untersuchungs- und Bewertungsgenehmigung

Standortgenehmigung

Errichtungsgenehmigung

Baugenehmigung

Inbetriebnahmegenehmigung der Gebäude, Gebäudekonstruktionen

Genehmigungen auf Systemebene

- Produktionsgenehmigung
- Beschaffungsgenehmigung
- Montagegenehmigung
- Typgenehmigung

Genehmigung der Inbetriebsetzung

Betriebsgenehmigung

### **Energetik**

**Kraftwerk** - Ungarisches Amt für Energetik und Regulation der öffentlichen Versorger

Prinzipielle Genehmigung des den Betrieb des elektrischen Energiesystems bedeutend beeinflussenden Kraftwerks

Errichtungsgenehmigung des Ungarischen Amtes für Energetik und Regulation der öffentlichen Versorger (MEKH)

MEKH Betriebsgenehmigung bezüglich der elektrischen Energieerzeugung des Kraftwerks

**Netzanschluss** (Fernleitung) - Regierungsamt Komitat Baranya, Behörde von Pécs für Messwesen und Technik

Genehmigungen der Vorarbeiten

Leitungsrechtgenehmigung

Betriebsgenehmigung

**Technische Aufsicht** - Ungarisches Amt für Handelsgenehmigungen (MKEH)

Baugenehmigungen, welche in die Zuständigkeit des Ungarischen Amtes für Handelsgenehmigungen gehören  
Während des Errichtungszykluses zu beschaffende MKEH Genehmigungen (z.B. für Druckhalteanlagen, Fernwärmeleitungen, Lagerbehälter für gefährliche Materialien)

Inbetriebsnahmegenehmigung, welche in die Zuständigkeit MKEH gehören

**Architektur** - Lokale kommunale Selbstverwaltung

Baugenehmigungen, welche in die Zuständigkeit der lokalen kommunalen Selbstverwaltung gehören

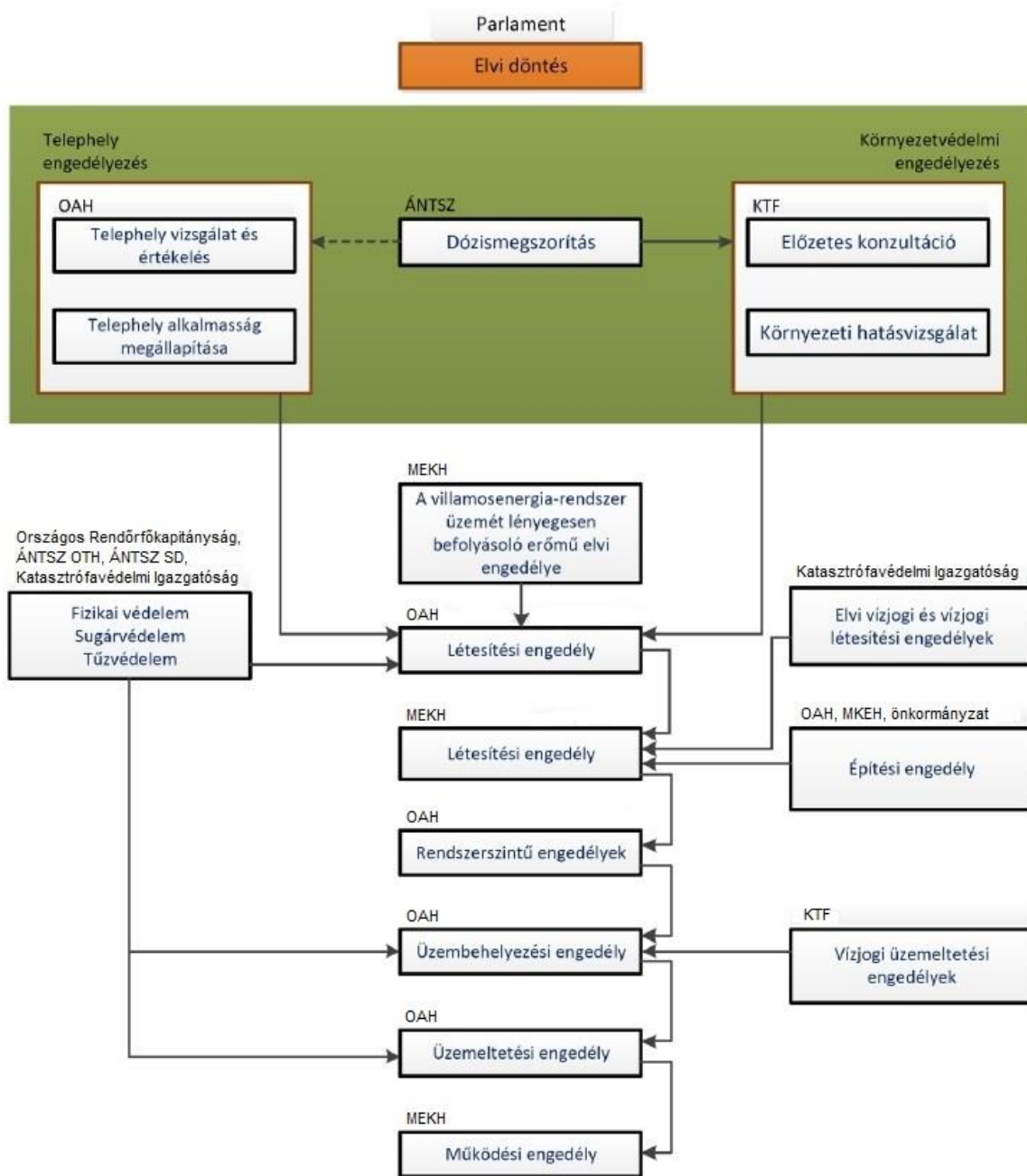
**Weitere Genehmigungsverfahren**

Physischer Schutz

Verfahren laut Artikel 37 des EURATOM

Verfahren laut Artikel 41 des EURATOM





Elvi döntés– Prinzipielle Entscheidung  
 Telephely engedélyezés– Standortgenehmigung  
 Környezetvédelmi engedélyezés– Umweltschutzgenehmigung  
 Telephely vizsgálat és értékelés– Standortuntersuchung und Bewertung  
 Dózismegszorítás– Dosisbegrenzung  
 KTF Előzetes konzultáció– KTF Vorangehende Konsultation  
 Telephely alkalmasság megállapítása– Feststellung der Eignung des Standortes  
 Környezeti hatásvizsgálat– Umweltverträglichkeitsprüfung  
 Országos Rendőrfőkapitányság– Landes Polizeipräsidium  
 Katasztrófavédelmi Igazgatóság– Katastrophenschutz Direktion  
 MEKH Villamosenergia-rendszer üzemét lényegesen befolyásoló erőmű elvi engedélye–MEKH Prinzipielle Genehmigung eines, den Betrieb des elektrischen Energiesystems bedeutend beeinflussenden Kraftwerks

Elvi vízjogi és vízjogi létesítési engedélyek– Prinzipielle Wasserrecht- und Wasserrecht Errichtungsgenehmigungen  
 Fizikai védelem, sugárvédelem, tűzvédelem– Physischer Schutz, Strahlenschutz, Feuerschutz  
 OAH Létesítési engedély–OAH Errichtungsgenehmigung  
 MEKH Létesítési engedély–MEKH Errichtungsgenehmigung  
 önkormányzat– kommunale Selbstverwaltung  
 Építési engedély– Baugenehmigung  
 OAH Rendszerszintű engedélyek–OAH Genehmigungen auf Systemebene  
 OAH üzembehelyezési engedély–OAH Inbetriebsetzungs-genehmigung  
 KTF vízjogi üzemeltetési engedélyek–KTF Wasserrechtliche Betriebsgenehmigungen  
 OAH üzemeltetési engedély– OAH Betriebsgenehmigung  
 MEKH működési engedély– Arbeitssgenehmigung

Abbildung 1: Genehmigungsprozess eines Kernkraftwerkes

### **1.3 SITUATION DES UMWELTSCHUTZ GENEHMIGUNGSVERFAHRENS DER GEPLANTEN NEUEN BLÖCKE**

Laut Absatz (1) § 66 des LIII. Gesetzes aus dem Jahr 1995 über die allgemeinen Regeln des Schutzes der Umwelt kann eine Tätigkeit, bezüglich welcher eine Umweltverträglichkeitsprüfung zwingend vorgeschrieben ist, nur im Besitz einer von der territorial zuständigen Aufsicht für Umweltschutz ausgegebenen, und einer Rechtskraft erlangter Umweltschutzgenehmigung begonnen werden.

Die mit einer zwingend vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsprüfung verbundenen Tätigkeiten werden detailliert in der Anlage 1 des 314/2005. (XII. 25.) Regierungsbeschlusses über Umweltverträglichkeitsprüfungen und über das einheitliche Umweltnutzungsgenehmigungsverfahren beschrieben, in dem sich unter Punkt 31 das Kernkraftwerk ohne Maßbegrenzung befindet.

Die Voraussetzungen der Errichtung der zu realisierenden beiden, einzeln jeweils 1 200 MW<sub>e</sub> elektrische Gesamtleistung besitzenden Kernkraftwerkblöcke sind also die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung entsprechend der 314/2005. (XII.25.) Regierungsverordnung, die Zusammenfassung der Ergebnisse in einer Umweltverträglichkeitsstudie, anhand dessen, die Durchführung des Umweltschutzgenehmigungsverfahrens, und als Ergebnis diesen Prozesses die Beschaffung der Umweltschutzgenehmigung.

Während dem Genehmigungsverfahren der für den Standort Paks geplanter neuer Kernkraftwerkblöcke ist die genehmigende Behörde, als für das Gebiet des Kernkraftwerks von Paks zuständige Behörde, die Süd-Transdanubische Aufsicht für Umweltschutz und Naturschutz (im Weiterem: DdKTF).

#### **1.3.1 VORANGEHENDE KONSULTATIONSDOKUMENTATION (VKD) BEZÜGLICH DER 5 POTENTIELLEN BLOCKARTEN**

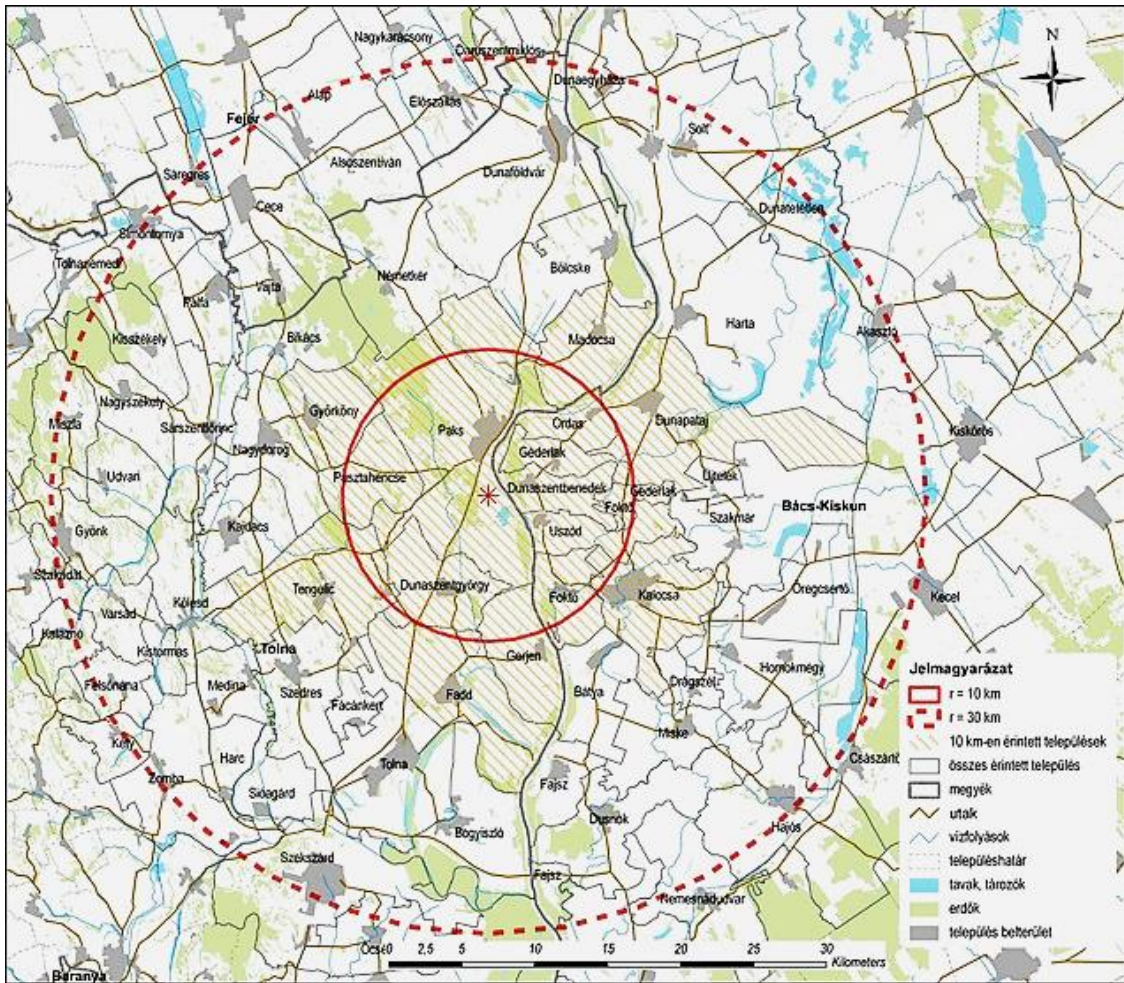
Das Genehmigungsverfahren der geplanten neuen Blöcke ist am 10. November 2012 durch das Einreichen der durch die PÖYRY ERŐTERV Energetikai Tervező és Vállalkozó GESCHLOSSENE AG. (PÖYRY ERŐTERV Energetische Planung und Unternehmung AG nach ungarischem Recht mit geschlossenem Aktionärskreis) zusammengestellten Vorangehenden Konsultationsdokumentation [1]<sup>1</sup> mit dem Titel "MVM Ungarische Elektrizitätswerke geschlossene AG Errichtung neuer Atomkraftblöcke", unter der Arbeitsnummer 6F111121 begonnen worden.

Die VKD für den Standort Paks ist anhand der 5 potentiell zu errichtenden Blocktypen erstellt worden.

In der VKD sind Gebiete mit einem Radius von 10 km und 30 km untersucht worden.

---

<sup>1</sup> Die VKD kann von der Home-Page von MVM Paks II. GAG heruntergeladen werden:  
<http://www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-HUN.pdf>  
<http://www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-ENG.pdf>



- Jelmagyarázat - Zeichenerklärung  
 10 km-en érintett települések - innerhalb von 10 km betroffene Ortschaften  
 összes érintett település - alle betroffenen Ortschaften  
 megyék - Landeskomitate  
 utak - Straßen  
 vízfolyás - Wasserflüsse  
 településhatár - Grenzen von Ortschaften  
 tavak, tározók - See, Speicher  
 erdők - Wälder  
 település belterület - Innengebiet einer Ortschaft

Abbildung 2.: Untersuchungsgebiete in der VKD (10 km, 30 km) [1]

Im Laufe des durch die Süd-Transdanubische Aufsicht für Umweltschutz, Naturschutz und Gewässerwesen (DdKTVF) durchgeführten Verfahrens haben folgende Verwaltungsorgane ihre Anmerkungen abgegeben:

Verwaltungsorgan	Aktenzeichen
Fachdirektionsorgan für Volksgesundheitswesen der Regierungsbehörde des Komitates Tolna	XVII-R-084/01550-2/2012
Behördenhauptabteilung der Regierungsbehörde des Komitates Tolna , Abteilung für Erbschutz Szekszárd	II-P-18/184-2/2012
Pflanzen- und Bodenschutzdirektion der Regierungsbehörde des Komitates Tolna	26.2/1271-2/2012
Forstdirektion der Regierungsbehörde des Komitates Baranya	II-G-033/8061/1/2012
Staatlicher Hauptarchitekt des Amtes für Bauwesen der Regierungsbehörde des Komitates Baranya	II-D-15/157-2/2012
Bergwerkdirektion Pécs	PBK/3519-2/2012
Kreisnotar von Pusztahencse - Györköny	629/2012
Kreisnotar von Dunaszentgyörgy - Németskér - Gerjen	625-5/2012
Notar von der Gemeinde Bölcse	1985-2/2012
Kreisnotariat der Gemeinden Zomba, Harc und Medina Außenstelle Medina	819-2/2012
Notar der Stadt Kalocsa	8350-1/2012/H

Tabelle 1: Zu der VKD eine Anmerkung abgebende Verwaltungsorgane

Bis zur Ausgabe des Gutachtens haben folgende Verwaltungsorgane ihre Anmerkungen nicht abgegeben:

Katasteramt Kreis Paks der Regierungsbehörde des Komitates Tolna  
Nationales Atomenergieamt  
Ehrenamtlicher Notar der Stadt Paks  
Kreisnotar der Gemeinden Nagydorog, Bikács, Sárszentlőrinc  
Kreisnotar der Gemeinden Kölesd, Kistormás, Kajdacs  
Kreisnotariat der Gemeinden Foktő und Dunaszentbenedek  
Kreisnotariat der Gemeinden Géderlak, Ordas und Uszód  
Kreisnotariat der Gemeinden Harta und Dunatetőtlen  
Kreisnotariat der Gemeinden Homokmégy und Öregcsertő  
Kreisnotariat der Gemeinden Szakmár und Újtelek  
Kreisnotariat der Gemeinden Miske und Drágszél  
Kreisnotariat der Gemeinden Sióagárd und Fácánkert  
Notar der Gemeinden Bogyiszló, Tengelic, Szedres, Fadd, Pálfa, Madocsa, Dusnok, Dunapataj, Bátya, Fajsz, Vajta, Tolna, Cece, Dunaföldvár, Előszállás

Die DdKTVF hat sich mit einem Rechtshilfeersuchen an das Amt für Straßenwesen, Eisenbahn und Schifffahrt der Nationalen Verkehrsbehörde wegen Betroffenheit in ihrem Wirkungskreis, an die Mittel-Transdanubische Aufsicht für Umweltschutz, Naturschutz und Gewässerwesen wegen Betroffenheit in ihrem Zuständigkeitskreis, zum Zwecke der Einholung ihrer Meinung und an die Direktion des Donau-Drau Nationalparks, zum Zwecke der Erklärungsabgabe gewendet. Die betroffenen Organe haben bis zur Ausgabe des Gutachtens keine Anmerkungen, Erklärungen abgegeben.

## Öffentlichkeit

Im Laufe des Verfahrens haben das Fachpolitische Institut Energieclub und der Verein Methodologisches Zentrum um die Anerkennung ihres Rechtsstandes als Kunden gebeten, und anhand dessen haben sie nach die Möglichkeit der Einsicht und der Meinungsabgabe in die VKD verlangt. Anhand des Inhaltes der Satzung des Vereins hat die DdKTVF den Rechtsstand als Kunden akzeptiert, und hat die elektronische Version des Konsultationsantrages dem Verein zur Verfügung gestellt. Bis zur Ausgabe des Gutachtens hat der Energieclub keine Meinung bezüglich der VKD abgegeben.

Im Laufe des Verfahrens ist bezüglich der vorangehenden Konsultation eine Anmerkung seitens der Öffentlichkeit weder bei der DdKTVF, noch bei den Notaren der betroffenen Ortschaften eingegangen.

Unter Berücksichtigung dessen hat die DdKTVF ihr Gutachten mit dem Aktenzeichen 8588-32/2012 am 12. Dezember 2012 herausgegeben, in dem folgendes erfasst wird:

- Die Errichtung des geplanten Kernkraftwerks ist eine Tätigkeit bezüglich der eine Umweltverträglichkeitsprüfung zwingend vorgeschrieben ist.
- Anhand der im Laufe der vorangehenden Konsultation zur Verfügung stehenden Daten ist im Zusammenhang mit der geplanten Investition - seitens der DdKTVF - kein Grund aufgetaucht, welcher die Vergabe der Umweltschutzgenehmigung ausschließen würde.

- Die Umweltverträglichkeitsstudie muss entsprechend der Analgen Nr. 6 und Nr. 7 der 314/2005. (XII.) Regierungsverordnung, und den durch die DdKTVF detailliert angegebenen inhaltlichen Anforderungen durchgeführt werden.
- Die Expertenabschnitte der Umweltverträglichkeitsstudie können nur über eine Expertenberechtigung verfügende Fachleute erstellen.

Die DdKTVF hat die betont, dass der Inhalt des Gutachtens ihren eigenen Standpunkt beinhaltet, wovon die Anmerkungen der in das Verfahren eibezogener Verwaltungsorgane abweichen können.

### Internationales Verfahren

Die Errichtung eines Kernkraftwerks gehört unter die Gültigkeit der 148/1999. (X. 13.) über die Veröffentlichung des in Espoo (Finnland) am 26. Februar 1991 unterzeichneten Abkommens über die Untersuchung der Landesgrenzen überschreitenden Umwelteinflüsse, bzw. unter die Gültigkeit der mit den 97/11/EK, 2003/35/EK und 2009/31/EK Ratsrichtlinien der Europäischen Gemeinschaft modifizierten Richtlinie Nr. 85/337/EWG über die Untersuchung der Auswirkungen der einzelnen öffentlichen und Privatprojekte auf die Umwelt.

Zur Einleitung des internationalen - Espoo - Verfahrens hat die DdKTVF die VKD und ihre fremdsprachigen Versionen an die Abteilung für Bewahrung der Umwelt des Ministeriums für Regionale Entwicklung (Vidékfejlesztési Minisztérium (VM) geschickt, welche 30 Länder über das Verfahren informiert hat. Folgende Tabelle fasst die aufgesuchten Länder und ihren Standpunkt bezüglich des Verfahrens zusammen:

Benachrichtigte potentielle beteiligte Partei	Teilnahme	Erklärung über Teilnahmewillen	Anmerkung
<b>Österreich</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
Belgien	n/a		
Bulgarien	n/a		
Zypern	Nein	Möchte nicht teilnehmen	
<b>Tschechische Republik</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
Dänemark	n/a		
Estland	Nein	Möchte nicht teilnehmen	
Finnland	n/a		
Frankreich	n/a		
<b>Griechenland</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
Holland	n/a		
<b>Kroatien</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
Irland	n/a		
Polen	Nein	Möchte nicht teilnehmen	
Lettland	n/a		
Litauen	n/a		
Luxemburg	n/a		
<b>Malta</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
<b>Deutschland</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
Italien	n/a		
Portugal	n/a		
<b>Rumänien</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
Spanien	Nein	Möchte nicht teilnehmen	
Schweiz	n/a		
Schweden	n/a		
Serbien	n/a		
<b>Slowakei</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat Anmerkungen geschickt
<b>Slowenien</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat keine Anmerkungen geschickt
Vereinigtes Königreich	n/a		
<b>Ukraine</b>	Ja	<b>Möchte teilnehmen</b>	Hat keine Anmerkungen geschickt

Tabelle 2: Im internationalen Verfahren aufgesuchte Länder

Von den Ländern sind insgesamt annähernd 15 Tausend Briefe gekommen, und die darin gestellten Fragen und Anmerkungen haben sich um 10 Hauptthemenbereiche gruppiert:

Themenbereiche	
1	Anmerkungen bezüglich der Energiestrategie
2	Anmerkungen bezüglich schwerer Unfälle, Betriebsstörungen
3	Fragen bezüglich der nuklearen Sicherheit
4	Anmerkungen bezüglich der Verantwortung der Atomverantwortlichkeit
5	Vorstellung der Umwelteinflüsse des gesamten Brennstoffzyklus
6	Anmerkungen bezüglich der Handhabung vom radioaktiven Abfall
7	Die gemeinsamen Auswirkungen von zwei Kernkraftwerken, bzw. die Auswirkungen des neu zu errichtenden Kraftwerks auf das alte Kraftwerk
8	Anmerkungen bezüglich des Inhaltes der Umweltverträglichkeitsstudie
9	Wirtschaftliche Überlegungen
10	Anmerkungen zu anderen Themenbereichen

Tabelle 3: Themengebiete im internationalem Verfahren gestellter Fragen

Die Antworten auf die einzelnen Fragengruppen befinden sich im Internationalen Kapitel.

### 1.3.2 KERNKRAFTWERK UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG (UVP) PAKS II.

Ziel der vor der Errichtung des am Standort Paks zu erbauenden Paks II Kernkraftwerks durchzuführenden Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist, in Abhängigkeit des Ausgangszustandes des Planungsgebietes und seiner Belastbarkeit, die Identifizierung und die Bewertung der durch die geplante Kernkraftwerktechnologie auf die einzelnen Elemente der Umwelt wirkenden Auswirkungen.

Wenn in, der in diesem Voraussetzungssystem durchgeführten Verträglichkeitsstudie bezüglich keines der Umweltelemente, bzw. der Systeme eine anhand des gesetzlichen Umfeldes, und der fachlichen Standpunkte unakzeptable Inanspruchnahme, bzw. Belastung festgestellt werden kann, dann kann die Errichtung und der Betrieb der geplanten Blöcke, mit einer Leistung von 2 x 1 200 MW - aus Umweltschutzsicht - durchgeführt werden.

#### 1.3.2.1 Untersuchungen des Ist-Zustandes

Zur Fundierung der Umweltverträglichkeitsprüfung ist ab dem 1. März 2012 mit der Erhebung des Ist-Zustandes der Umgebung begonnen worden, anhand dessen ist der Ist-Zustand am Errichtungsort der geplanten Kernkraftwerkblöcke zum Zwecke der Bewertung charakterisiert worden, und anhand der vorangehend geschätzten Auswirkungsgebiete sind in folgenden Themenbereichen Untersuchungen und Analysen durchgeführt worden:

- I. Charakterisierung des Standortes
- II. Wettermerkmale
  - a) Meteorologie
  - b) Mikro- und Mesoklima in der Nähe des Standortes
- III. Charakterisierung des geologischen Gesteins, der unterirdischen und der oberirdischen Gewässerumgebung
  - a) Vorstellung und Charakterisierung des geologischen Gesteins
  - b) Vorstellung und Charakterisierung der unterirdischen und der oberirdischen Gewässerumgebung
  - c) Hydrologische Charakterisierung des Standortes
  - d) Zustand der Donau und anderer Oberflächengewässer
  - e) Zustand des Flussbettes und der Flusswände der Donau
- IV. Allgemeine Charakterisierung der Umweltradioaktivität
- V. Erhebung der Lärm- und Vibrationsbelastung
- VI. Erhebung der Luftqualität
- VII. Charakterisierung des Zustandes der Vegetation
  - a) Charakterisierung der Strahlenbelastung der Vegetation (außer die Humanstrahlenbelastung)
  - b) Durchführung von Probe Biomonitoring-Untersuchungen



### VIII. Charakterisierung des Zustandes der Bevölkerung

- a) Bestimmung der Strahlenbelastung der Bevölkerung
- b) Bestimmung des Gesundheitszustandes der Bewohner der Umgebung des Standortes

Die Ist-Zustandsmessungen, Untersuchungen, Analysen zur Fundierung der Umweltverträglichkeitsprüfungen sind 2012 beendet worden, somit ist ihr Abschlussdatum einheitlich 2012. Davon weicht das Abschlussdatum der für die meteorologischen Analysen genutzter Daten ab, was 2010 lautet.

Das Jahr 2012 ist äußerst trocken gewesen. Die Ergebnisse der Biomonitoring Untersuchungen haben auch die extreme Dürre dieses Jahres widerspiegelt. Damit der Grundzustand der Biosphäre nicht nur neben solchen außerordentlich trockenen Bedingungen erfasst wird, ist es zweckmäßig gewesen die Biomonitoring Untersuchungen auch im Jahr 2013 durchzuführen. Aus diesem Grund erfolgten die Großwassermessungen der Donau auch im Jahr 2013.

In all den Fällen, wo es danach, auch 2013 vor Ort Untersuchungen gab, oder die Analysen später erstellt worden sind (die Großwassermessungen an der Donau, die Analyse der Daten der Beobachtungsbrunnen des Grundwassers) ist das Abschlussdatum der Daten bei den einzelnen Fachbereichen aufgeführt worden.

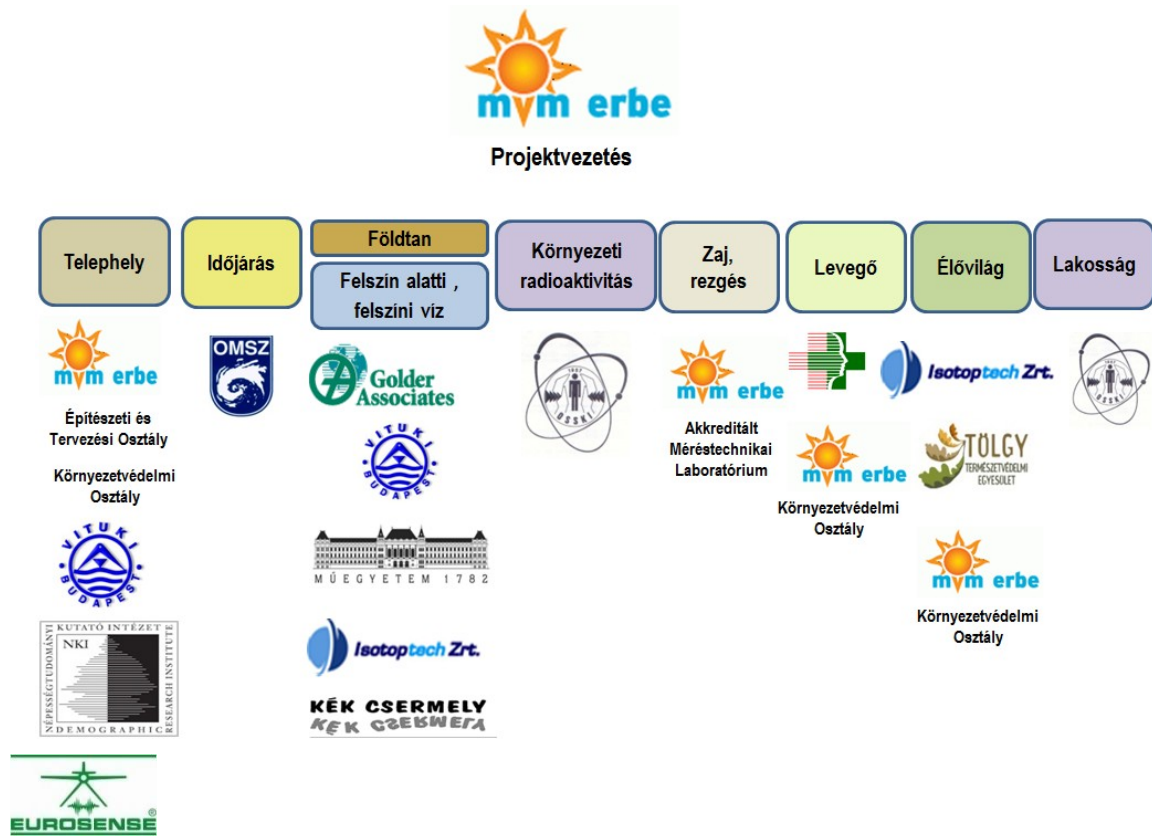
### **Untersuchungsgebiete**

Als allgemeines Untersuchungsgebiet der 2012-2013 durchgeführten Ist-Zustand-Untersuchungen haben wir vom Mittelpunkt, des als Errichtungsort der neuen Blöcke bestimmten Gebietes aus gerechnetem Kreis mit einen Radius von 30 km genommen. Der Großteil der einzelnen Fachbereichsuntersuchungen erfolgte innerhalb dieses Gebietes. Davon sind grundlegend nur die untersuchten Bereiche der Donau abgewichen, die einzelnen Themenbereiche waren in unterschiedlichem Maß abweichend, in einzelnen Fällen ist die gesamte Strecke der Donau innerhalb von Ungarn untersucht worden.

Der angenommene Auswirkungskreis ist innerhalb eines Kreises mit einem Radius von 10 km zu erwarten, so sind auch die detaillierteren Untersuchungen innerhalb diesem Gebiet durchgeführt worden. Anhand dieser Überlegung haben auch die Untersuchung der Natura 2000 Gebiete, außer bei der Donau, auch in diesem Gebiet stattgefunden.

Im angenommenen direkten Auswirkungskreis, in einem Kreis mit einem Radius von 3 km, haben wir die detaillierten Biomonitoring-Untersuchungen und die Kartierung der Vegetation durchgeführt. Die ein Jahr dauernde Erhebung des Ist-Zustandes der Luftverschmutzung fand auch in diesem direkten Auswirkungskreis, angepasst an die Anordnung der zu schützenden Punkte statt. Die Lärm- und Vibrationsmessungen erfolgten auch hier. Die Terrain-Untersuchungen zur Bestimmung der Merkmale des Gebietes, die Charakterisierung des geologischen Gesteins und der unterirdischen Gewässer sind auch am geplanten Errichtungsort und in seiner direkten Umgebung durchgeführt worden.

*An der Ausarbeitung und der Durchführung der die Umweltverträglichkeitsprüfung fundierenden Fachbereichsuntersuchungen und Bewertungsprogrammen waren folgende Fachorganisationen beteiligt.*



## PROJEKTLEITUNG

- Projektvezetés - Projektleitung
- Telephely - Standort
- Időjárás- Wetter
- Földtan - Geologisches Gestein
- Környezeti radioaktivitás -Radioaktivität der Umwelt
- Zaj, rezgés - Lärm, Vibration
- Levegő - Luft
- Élővilág - Flora und Fauna
- Lakosság - Bevölkerung
- Felszín alatti, felszíni víz - Unterirdische Gewässer, Oberflächengewässer
- Környezetvédelmi Osztály - Abteilung für Umweltschutz
- Építészeti és Tervezési Osztály - Abteilung für Architektur und Planung
- Akkreditált Méréstechnikai Laboratórium -Akkreditiertes Labor für Messtechnik

### 1.3.2.2 Technisches Voraussetzungssystem und Errichtungslagezeichnung der Umweltverträglichkeitsprüfung

Das die Feststellung der Umwelteinflüsse des Kernkraftwerks von Paks II ermöglichende, sich an die aktuelle Planungsphase anpassende, detaillierte technische Voraussetzungssystem und die Errichtungslagezeichnung hat die MVM ERBE geschlossene AG anhand der vorausgehenden Datendienstleistungen des Lieferanten der Blöcke, der publizierten Daten bereits sich in Bau befindender Kraftwerke, bzw. der öffentlichen Datenbanken und Präsentationen, und der Referenzdaten schon realisierter ähnlicher Blöcke, auf Grundlage der Werte der die größte Umweltbelastung verursachenden maximalen Umweltausstöße und unter Berücksichtigung der Daten des bereits betriebenen Kernkraftwerks von Paks erarbeitet, bzw. geplant.

Auf der Errichtungslagezeichnung ist die Anordnung der Gebäude und Bauten anhand technologischer Überlegungen, unter Berücksichtigung der technologischen Einheiten mit dem größten Platzbedarf durchgeführt worden. Die Beschreibung der Merkmale der Gebäude erfolgte auch aus der Nutzung der sich im Lieferantendatendienstleistung befindlichen Daten, und von den vorhandenen Konstruktionen des Kernkraftwerks ausgehend.



Identisch, wie in der VKD vorgestellt, ist als Kühlmethode die Anwendung von Frischwasserkühlung detailliert analysiert worden. Im Vergleich zum Inhalt der VKD hat sich die Wasserentnahmestelle an der Donau verändert, wie auch der Ort und die Art des Einlassens des aufgewärmten Kühlwassers in die Donau.

Die Ausgangsdaten der Bestimmung der angenommenen Tiefründungstechnologie haben die Schichtzeilen der in den vergangenen Jahren durchgeführten Umweltschutzbohrungen bedeutet, die Schätzung der zu erwartenden Tiefründungstiefen erfolgte unter Berücksichtigung dieser Daten. Im späterem Verlauf müssen alle am Bauort angebrachten Gebäude und Bauten aus Sicht der Feuerschutz- und Erdbebenbeständigkeit bemessen werden, darüber hinausgehend müssen bei den einzelnen Gebäuden auch sonstige, spezielle Bemessungsaspekte berücksichtigt werden, so wie die Wirkungen eines Flugzeugabsturzes minimalisierende Bemessungen, Strahlenschutz-, Lärm- und Vibrationsschutzbemessungen, Errichtung von Havarie-Bauten für das geologische Gestein und der unterirdischen Gewässer.

In Kenntnis der im Laufe des geologischen Forschungsprogrammes durchgeführten Bohrungen, bzw. der Ergebnisse unterschiedlicher geologischer Untersuchungen, und der konkreten bodenmechanischen Analysen wird die Baugenehmigungsdokumentation zusammengestellt werden, in der auch die statische und architektonische Planung erfolgen wird.

Anhand der oben aufgeführten Punkte sind in den späteren Arbeitsphasen bezüglich der Anordnung und der Maße aus funktionellen, gebäudephysischen, gebäudestrukturellen, Erdbebenbeschtändigkeits-, Feuerschutzüberlegungen, und wegen sonstiger, zur Zeit eventuell noch nicht bekannter Überlegungen des Lieferanten der Blöcke Veränderungen möglich.

Das notwendige Liefervolumen haben wir anhand der technischen Lösungen und der Grunddaten, und anhand der für die Durchführung der UVP erstellten Errichtungslagezeichnung definiert. Die Richtung der Zulieferungen ist derzeit noch nicht bekannt, der konkrete Organisationsplan wird während der Ausführungsplanung erstellt werden, die Richtungen der Zulieferungen, ihre Größe, die Merkmale der Bewegungen innerhalb des Gebietes werden in dieser Planungsphase konkretisiert. Während der UVP haben wir die Berechnungen bezüglich des gesetzlich vorgeschriebenen Kreises mit einem Radius von 25 km für jede erdenkliche Richtung durchgeführt.

Momentan können der Prozess und die Umstände des Einstellens des Betriebs, der Aufgabe und der Abmontage von Paks II - unter Berücksichtigung der geplanten Lebensdauer der Blöcke von mindestens 60 Jahren - nicht bestimmt werden.

### 1.3.2.3 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) - Umweltverträglichkeitsstudie (UVS)

*Der mehrere Monate dauernde Prozess der Umweltverträglichkeitsprüfung des Kernkraftwerks von Paks II erfolgte anhand dem technischen Voraussetzungssystem vom März 2014 und anhand der Errichtungslagezeichnung.*

Die, die Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung von Paks II vorstellende und zusammenfassende Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) hat von den in der Vorangehenden Konsultationsdokumentation (VKD) in Rechnung genommener Versionen eine, die für die Verwirklichung ausgewählte russische Atomkrafttechnologie, ihre Hauptbeziehungen, die Kühlwasserentnahme und die Zufügung des aufgewärmten Warmwassers in die Donau, weiterhin die Auslieferung der im Kraftwerk erzeugten elektrischen Energie sichernden Blockleitungen aus Sicht der Bewertbarkeit der bedeutenden Umwelteinflüsse, und unter Berücksichtigung des, bezüglich des Inhaltes des anhand der VKD ausgegebenen Gutachtens analysiert.

Die Umweltverträglichkeitsstudie hat die wirtschaftlichen oder finanziellen Fragen bezüglich der Errichtung der geplanten Blöcke nicht untersucht.

Die Umweltverträglichkeitsstudie von Paks II untersucht aus Sicht der einzelnen Umweltelemente, bzw. Systeme welche Auswirkungsprozesse, Auswirkungen, die in den unterschiedlichen Phasen der Investition erscheinenden Wirkungsfaktoren auf die einzelnen Umweltelemente und Systeme verursachen, wie ihre geographische Verteilung, also ihr Auswirkungskreis ist.

Die Grundlage des inhaltlichen Aufbaus der Umweltverträglichkeitsprüfung bieten die allgemeine Beschreibung der Anlagen Nr. 6 und 7 der Regierungsverordnung 314/2005. (XII. 25.) über das einheitliche Umweltnutzungsgenehmigungsverfahren.

Nr. 6 - Allgemeine inhaltliche Anforderungen einer Umweltverträglichkeitsstudie

Nr. 7 - Bestimmung der Auswirkungskreise bei der Erstellung der Umweltverträglichkeitsstudie

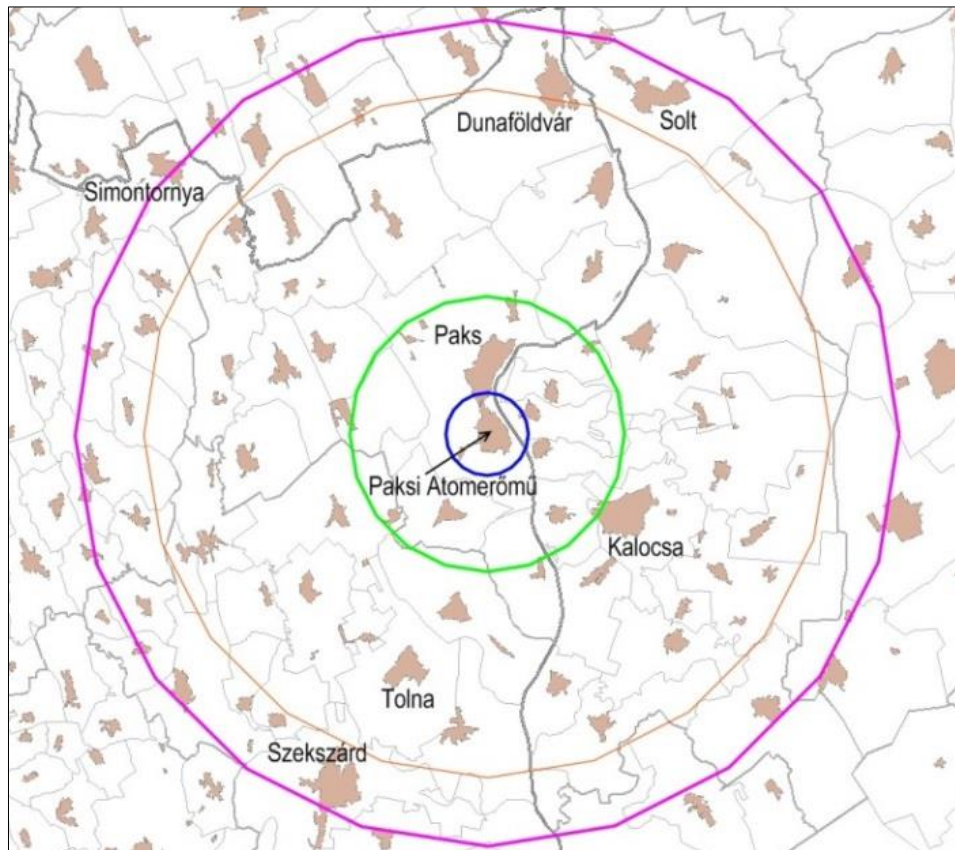
Die Durchführung der UVP und die Zusammenstellung der UVS anhand ihrer Ergebnisse erfolgte bezüglich der einzelnen Umweltelemente, bzw. Systeme bezogen auf die größte Umweltbelastung verursachenden Parameter - unter Berücksichtigung des gegebenen Ist-Zustandes des Standortes Paks.

Die Umweltverträglichkeitsstudie von Paks II untersucht, bzw. stellt folgende Themenkreise vor:

- ❖ Detaillierte Vorstellung der geplanten Kernkraftentwicklung, Darstellung der technologischen Grunddaten,
- ❖ Vorstellung des ausgewählten Errichtungsstandortes, seiner direkten und weiteren Umgebung, Vorstellung des Ortes der Tätigkeit und seines Platzbedarfes, und der Errichtungslagezeichnung,
- ❖ Vorstellung der früher untersuchten, in Rechnung genommener Versionen
- ❖ Angabe, Berechnung der durch die Kernkrafttechnologie auf die einzelnen Umweltelemente, Systeme wirkender Umwelteinflüsse,
- ❖ Abgrenzung der Auswirkungskreise der geplanten Investition,
- ❖ Vorstellung der Landesgrenzen überschreitenden Wirkungen.

Anhand dessen ist der Aufbau der Umweltverträglichkeitsstudie von Paks II in folgende Kapitel aufgeteilt:

- 1 *Grundinformationen der geplanten Entwicklung*
- 2 *Prognosen und Strategien bezüglich der geplanten Entwicklung*
- 3 *Allgemeine Vorstellung der Nuklearenergie*
- 4 *Vorstellung des geplanten Errichtungsortes*
- 5 *Mögliche Kondensatoren-Kühlmethoden der neuen Kernkraftwerkblöcke*
- 6 *Merkmale, Grunddaten des für den Standort Paks geplanten Paks II Kernkraftwerks*
- 7 *Netzanschluss an das ungarische elektrische Energiesystem*
- 8 *Potentielle Wirkungsfaktoren und potentielle Wirkungsmatrix von Paks II*
- 9 *Gesellschaftliche-wirtschaftliche Wirkungen*
- 10 *Charakterisierung des Klimas in der 30 km Umgebung von Paks*
- 11 *Modellierung der Flussbettmorphologie und der Temperatur der Donau*
- 12 *Untersuchung der Wasserqualität der Donau und anderer Oberflächengewässer anhand der Gewässerrichtlinie (Víz Keretirányelv VKI)*
- 13 *Geologisches Gestein und unterirdische Gewässer am Standort und in seiner direkten Umgebung*
- 14 *Geologisches Gestein und unterirdische Gewässer im Donau-Tal unter Paks*
- 15 *Lärm und Vibration*
- 16 *Umweltluft*
- 17 *Nicht-radioaktiver Abfall*
- 18 *Vegetation, Ökosystem*
- 19 *Radioaktiver Abfall und abgebrannte Kassetten*
- 20 *Umweltradioaktivität - Strahlenbelastung der in der Umgebung des Standortes lebenden Bevölkerung*
- 21 *Strahlenbelastung der Vegetation in der Umgebung des Standortes*
- 22 *Zusammenfassende Wirkungsmatrix und summierte Auswirkungskreise*



Blauer Kreis: geschätztes Gebiet der direkten Auswirkungen,  
Grüner Kreis: geschätztes Gebiet der indirekten Auswirkungen,  
Purpur farbiger Kreis: Untersuchungsgebiet der allgemeinen Charakterisierung,  
Orangener Kreis: Untersuchungsgebiet der Auswirkungen der Zulieferungen im Kreis mit einem Radius von 25 km

Abbildung 3: Im UVP untersuchte unterschiedliche Bereiche [2], [3]

### 1.3.3 INFORMATIVE TÄTIGKEITEN DER MVM PAKS II. GESCHLOSSENEN AG

Die MVM Paks II. Kernkraftwerk Entwicklungs geschlossene AG. hat eine Programmreihe für Zulieferanten unter dem Titel "Das Unternehmen unserer Zukunft - Informationsprogramm für Unternehmer" gestartet, mit der Zielsetzung, dass sie die ungarischen klein- und mittelständischen Unternehmen, und die Großunternehmen über die Investition, die Sicherheitserwartungen der nuklearen Industrie, der speziellen technischen Herausforderungen, den empfohlenen Vorbereitungsprozess, die notwendigen Genehmigungen und Qualifizierungen informiert.

Für die Bürgermeister der betroffenen Ortschaften der Umgebung sind Informationsveranstaltungen organisiert worden, für die Information der Bevölkerung ist ein interaktiver Informations-LKW betrieben worden, dessen Aufgabe es ist als Besucherzentrale der Bevölkerung von Ungarn die Atomenergie, ihre Bedeutung, ihre sichere und umweltschonende Nutzung, die Bedeutung ihrer Rolle in der einheimischen Energieerzeugung vorzustellen. Die Informationsdokumente zur Information der Bevölkerung bezüglich der Details der Investition, der Genehmigungs-, und Standortauswahlaufgaben sind in der Vorbereitungsphase des Projektes fertiggestellt worden, und sind in alle Haushalte der Umgebung verteilt worden. Die Erstellung solcher Informationsmaterialien ist auch für die weiteren Phasen der Errichtung geplant.

Im Rahmen der Veranstaltung an der Budapester Technischen und Wirtschaftswissenschaftlichen Universität, unter dem Titel "Wie wird Paks II errichtet? - Forum über die Aufrechterhaltung der Kernkraftkapazitäten" wurde die geplante Investition den Interessierten detailliert vorgestellt, und die Aktualitäten der Investition sind bei zahlreichen sonstigen Veranstaltungen, wissenschaftlichen Foren bekanntgegeben worden.

An den internationalen Foren geben wir regelmäßige Informationen über den Verlauf der Arbeiten, eine der wichtigsten solche Veranstaltungen ist das jährlich organisierte bilaterale österreichisch-ungarische Abstimmforum der Nuklearbehörden.

## 2 PROGNOSE DER ELEKTRISCHEN ENERGIEENTZUGUNG IN UNGARN

Eine wichtige festgelegte Aufgabe des Systemsteuerers - Steuerung des Übertragungssystems der ungarischen elektrischen Energieindustrie AG nach ungarischem Recht mit geschlossenem Aktionärskreis (MAVIR geschlossene AG) – ist in Ungarn die langfristige Prognostizierung der Veränderung des elektrischen Energiesystems. Er muss den in der Zukunft zu erwartenden Verbrauch der elektrischen Energie ermessen, daneben ist er verpflichtet die Veränderungen der Energiebilanz auf Systemebene, die Leistungsfähigkeit der Kraftwerke, des gemeinnützigen Elektrizitätsnetzes und des Verbrauches zu beobachten.

### 2.1 PROGNOSE DES BEDARFS NACH ELEKTRISCHER ENERGIE IN UNGARN BIS 2030

Die Prognostizierung der Verbrauchernachfrage und die Vorstellung der mittel- und langfristigen Kapazitätenentwicklungen des einheimischen elektrischen Energiesystems ist seit 2012 eine eigenständige Studie, welche auf der Untersuchung des elektrischen Energieverbrauches der vergangenen Jahre und den Daten der Systembelastung, und der Prognose der Wirtschaftsforschungsinstitute bezüglich des Wirtschaftswachstums basiert. Die kurzfristige, sich bis 2018 erstreckende Prognose basiert auf den mittel- und langfristigen Prognosen der MAVIR, und der Zeitraum bis 2030 auf den Prognosen des Nationalen Energiestrategie Dokumentes.

Die von der MAVIR 2013 erstellte, sich bis 2030 erstreckende Untersuchung der Prognose der Verbrauchernachfrage beinhalten drei Szenarien, welche von der folgenden Abbildung dargestellt werden.

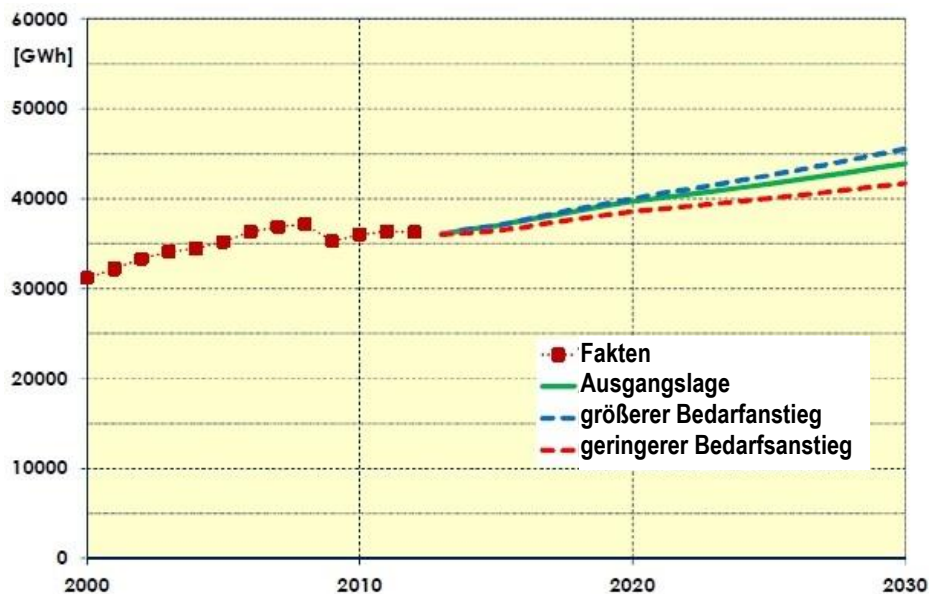


Abbildung 4: Zu erwartender Verlauf des elektrischen Energieverbrauch bis 2030 [2-1]

Die mit den strategischen Zielen im Einklang stehende Grundversion (auf der Abbildung mit Grün dargestellt) rechnet für den Zeitraum nach 2014 mit einem durchschnittlichen Wachstum des elektrischen Energieverbrauches von 1,5 % / Jahr, und nach 2020 verringert sich dies um ein wenig. Neben der Grundversion ist als Alternative auch eine Version eines höheren Nachfrageanstiegs ausgearbeitet worden (mit Blau dargestellt), welche für die Jahre von 2014 bis 2020 einen Nachfrageanstieg von 1,4-1,7 % / Jahr prognostiziert, was bis 2030 auf 1,4 % / Jahr zurückgeht. Die im Vergleich zu der Grundversion einen geringeren Nachfrageanstieg prognostizierende Version (mit Rot markiert) berücksichtigt für die Jahre zwischen 2014 und 2020 einen Nachfrageanstieg von 1 % / Jahr, und bis 2030 einen stufenweisen Rückgang auf 0,8 % / Jahr.

Der für 2020 erwartete Wert des netto elektrischen Energieverbrauches liegt (laut der Grundversion) bei etwa 40 TW<sub>h</sub>, und für 2030 kann er etwa 44 TW<sub>h</sub> erreichen.

Die Gesamtnutzung der elektrischen Energie (inklusive den Eigenverbrauch der einheimischen Kraftwerke und den Netzverlust) kann im Jahr 2020 47,6 TW<sub>h</sub>, erreichen, und im Jahr 2030 - laut der Grundversion - 54,7 TW<sub>h</sub>.



### 3 ALLGEMEINE VORSTELLUNG DER NUKLEARENERGETIK

#### 3.1 ERZEUGUNG VON NUKLEARER ELEKTRISCHER ENERGIE WELTWEIT

Die elektrische Energieerzeugung weltweit betrug 2012 insgesamt 22 668 TWh, wovon nuklear erzeugt 2 461 TWh gewesen sind, somit stammten also 10,9 % der weltweit erzeugten elektrischen Energie aus Kernkraftwerken (Quelle: IEA: Key World Energy Statistics 2014). Die Kernkraftwerke haben meistens in den höher entwickelten Ländern eine bedeutendere Rolle im elektrischen Energiesystem, sie kommen also in Europa, Nord-Amerika und Japan konzentrierter vor.

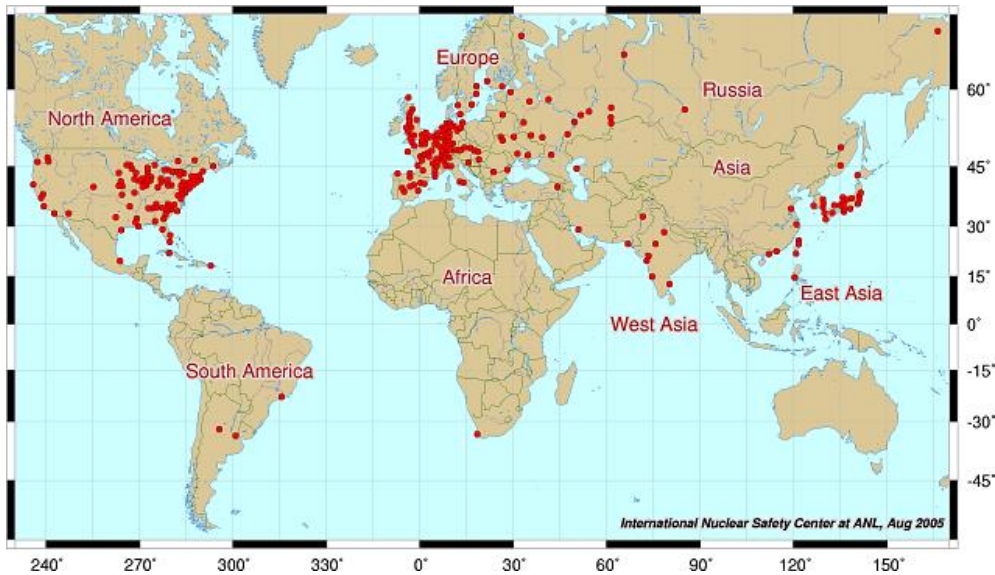


Abbildung 5: Geographische Lage der Kernkraftwerke weltweit [4]

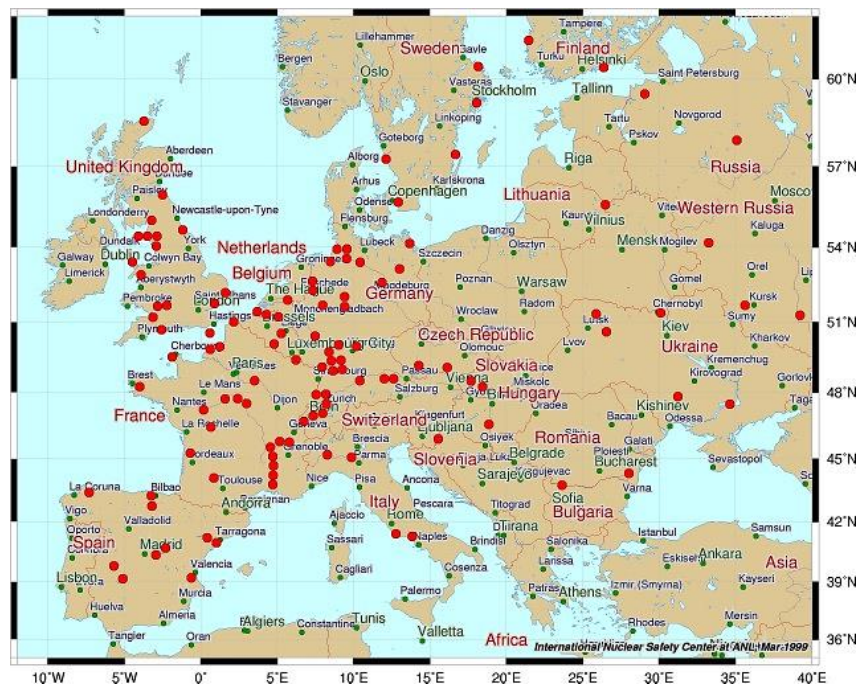


Abbildung 6: Geographische Lage der Kernkraftwerke in Europa [5]

Die Mehrheit (62,2 %) der derzeit betriebenen 434 Stück Kernkraftwerkblöcke gehört zu den Kernkraftwerken mit Druckwasser (PWR). Bezüglich der sich im Bau befindenden Kernkraftwerke kann auch die Dominanz der Druckwasserreaktoren beobachtet werden (82,6 %).

## 3.2 ALLGEMEINE VORSTELLUNG DER MIT DRUCKWASSERREAKTOREN (PWR) BETRIEBENEN BLÖCKE

### 3.2.1 PROZESS DER ENERGIEERZEUGUNG BEI MIT PWR REAKTOREN BETRIEBENEN BLÖCKEN

Die Grundlage der Energieerzeugung in einem Kernkraftwerk ist eine auf die Spaltung der Atomkerne basierende, geregelte und sich selbst Aufrecht erhaltende Kettenreaktion. Die frei werdende Energie ist sehr groß: die frei werdende Energie von nur einem Gramm  $^{235}\text{U}$  im Spaltungsprozess entspricht in etwa der Menge von der Energie, die man durch die Verbrennung von etwa 3 Tonnen Kohle guter Qualität erreicht. Diese entstehende Energie folgt mit ständigem Charakter der Temperatur der Brennstoffpastillen, so muss für eine langfristige und nachhaltige Energieerzeugung diese Wärme abgeleitet werden. Zur Ableitung der Wärme dient das Kühlmittel, was im Falle von PWR Reaktoren leichtes Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ist. Die abgeleitete Wärmeenergie wird zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt.

Die Druckwasserreaktoren bestehen aus zwei geschlossenen Kreisläufen, dem Primärkreislauf und dem Sekundärkreislauf.

Teil des **Primärkreislaufes** ist der Druckwasser-, mit leichtem Wasser gekühlter und moderierter Atomkernreaktor, die Kreiselschleife (Haupt Wasserkreislauf), die Hauptkreiselumpen, die wärmeüberleitenden Rohre der Dampferzeuger, und der Volumenkompensator. Der Reaktortank mit einem Halbkreis förmigen Zylinderboden und einem Druckhaltebehälter mit einem abmontierbarem, Halbkreis förmigen Deckel, welcher die aktive Zone beinhaltet. Außerdem gehören zur nuklearen Dampferzeugeranlage, also zum Reaktor zahlreiche technologische Behelfsysteme, welche Sicherheitsaufgaben versehen, den Wirkungsgrad des Kraftwerks verbessern, und die Wasserkreisläufe ständig reinigen. Der Hauptwasserkreislauf nimmt die in der aktiven Zone des Reaktors frei werdende Wärme auf, transportiert diese weiter, und übergibt sie in dem Dampferzeuger dem Sekundärkreislauf. Die Hauptfunktion des Dampferzeugers ist, dass durch die Nutzung der im Reaktor erzeugten, durch den Wärmeübermittler des Primärkreises weitergeleiteten Wärme zur Betreibung der Turbinen geeignete Parameter besitzender Dampf erzeugt wird. Diese Anlage ist der im hermetischen Raum untergebrachter zylindrischer, horizontal oder vertikal angeordneter Tank mit Wärmeaustauschrohren und eingebautem Dampfseparator.

Teile des **Sekundärkreislaufes** sind grundlegend die Teile der Dampferzeuger seitens des Speisewassers, das Dampfhauptsystem, die Hoch- und Niederdruckelemente der Turbine, der Kondensator und die Elemente des Speisewassersystems. Aufgabe des Sekundärkreislaufes ist die Umwandlung der Energie des im Dampferzeuger erzeugten Dampfes in Kreisbewegungen, was den Antrieb des Generators sicherstellt. Der "verbrauchte", seine Arbeit schon erfüllte Dampf wird im Kondensator durch die Anwendung des endgültigen Wärmeschluckers wieder zu Wasser umgewandelt (er wird kondensiert), was in Abhängigkeit der Gegebenheiten des Standortes Meereswasser, Flusswasser, oder bei Kühlung mit einem Kühlturm die Luft ist.

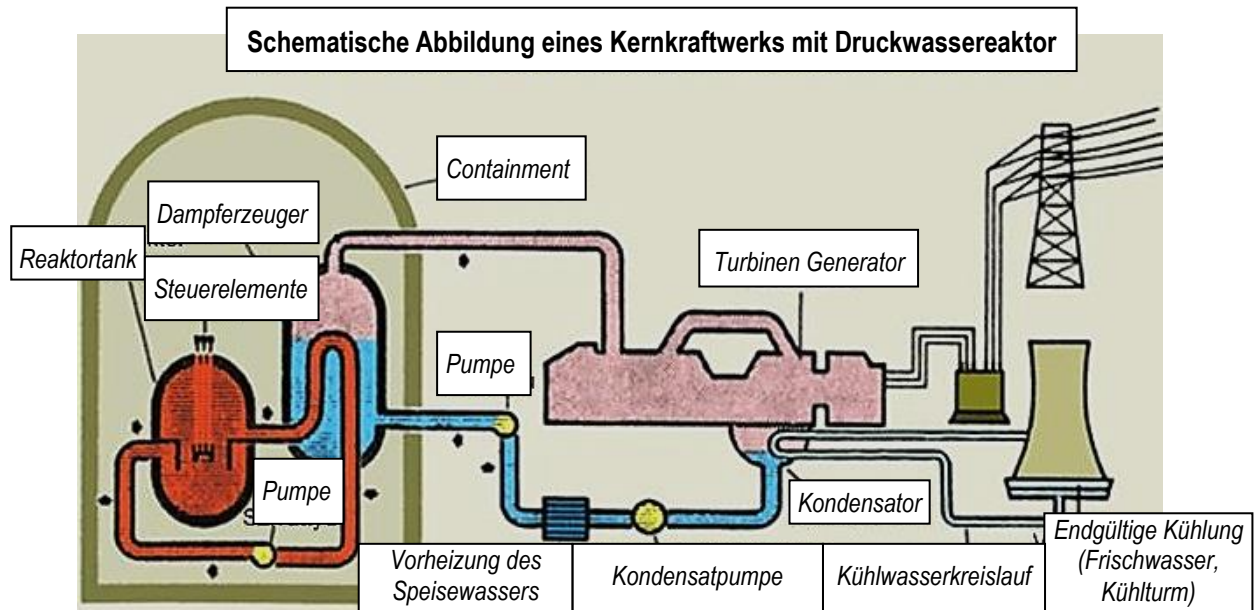


Abbildung 7: Allgemeiner, skizzierter Aufbau des PWR Reaktors [6]

### 3.2.1.1 Brennstoff

Der nukleare Brennstoff ist in der sog. aktiven Zone untergebracht.

Das in der Natur vorkommende Uran besteht charakteristischer Weise aus zwei Isotopen, dem (sog. thermischen) in Folge von Neutronen sich spaltendem  $^{235}\text{U}$  Isotop mit niedriger Energie (im natürlichem Uran kommt dieses Isotop in 0,72 % vor), und dem (sog. schnellem) in Folge von Neutronen sich spaltendem  $^{238}\text{U}$  Isotop mit hoher Energie (im natürlichem Uran kommt dieses Isotop in 99,275 % vor). Die sich selbst Aufrecht erhaltende Kettenreaktion kann in einem Reaktor mit ausschließlich  $^{238}\text{U}$ -Brennstoff nicht erreicht werden.

Die PWR Blöcke nutzen grundlegend einen Brennstoff mit angereichertem Uran ( $\text{UO}_2$ ), was der im Kernkraftwerk von Paks auch derzeit genutzte Typ ist. Seine Herstellung erfolgt mit der Bearbeitung und Anreicherung des rohen Urans.

## 3.2.2 CHARAKTERISTISCHE ANLAGEN DES PWR BLOCKTYP

### 3.2.2.1 Anlagen im Hauptgebäude

#### NUKLEARE INSEL

**Containment:** Für einen sicheren Betrieb sind die Systeme des Primärkreislaufes meistens (z.B. bei den EPR-1600 und VVER-1200 Typen) in einem Containment mit doppelter Wand untergebracht. Aufgabe des inneren Containments ist die bei der Planung der möglichen Betriebsstörungen frei werdenden radioaktiven Stoffe zurückzuhalten, und die frei werdende Wärme abzuleiten.

Das innere Containment wird von einem äußeren dämmendem Gebäude aus Stahlbeton umgeben, was gegenüber externen Einwirkungen (z.B. großes Erdbeben, Flugzeugabsturz, Hochwasser) einen erhöhten Schutz bietet.

**Gebäude der Sicherheitssysteme:** wegen der mehrfachen Redundanz gibt es in den Kernkraftwerken mehrere Sicherheitssysteme (z.B. Zonenkühler für Betriebsstörungen), von denen eine geeignete Funktion nur eines Systems schon ausreichend ist um eine Betriebsstörung zu behandeln. Wegen der entsprechenden räumlichen Abgrenzung befinden sich diese meistens in separaten Gebäuden, Gebäudeteilen.

**Hilfsgebäude:** hier befinden sich die Behelfssysteme des Primärkreislaufes.

**Nukleare Instandhaltungseinrichtung:** Zur Durchführung der mit dem Primärkreislauf verbundenen Instandhaltungsarbeiten, und der Dekontaminierung dienende Anlage.

**Gebäude für Abfallmanagement:** hier erfolgt die Behandlung des während des Betriebs des Blocks entstehendem flüssigem und festem radioaktiven Abfalls.

**Gebäude für Brennstoff:** dient zur Behandlung und Lagerung des frischen und des abgebrannten Brennstoffs.

#### TURBINENINSEL

**Turbinen Maschinenhaus:** Im Turbinenmaschinenhaus befinden sich die Anlagen des Sekundärkreislaufes, die aus dem Primärkreislauf durch den Dampferzeuger übergebene Wärme in mechanische, und danach in elektrische Energie umwandeln, bzw. die aus der Turbine austretenden Dampf kondensieren und in den Dampferzeuger zurückleiten.

**Betrieb für Wassermanagement:** dient zur Herstellung des vom Primär- und Sekundärkreislauf beanspruchten Ersatzwassers in geeigneter Qualität und Menge.

**Elektrischer Schaltraum:** Gebäude zur Unterbringung von elektrischen Schaltanlagen, steuerungstechnischen Anlagen, Nachrichtenübermittlungsanlagen.

**Transformatorplatz:** Dient zur Unterbringung von Block-Transformatoren und sonstigen Kraftwerktransformatoren im Freiem.

#### 3.2.2.2 Angeschlossene Anlagen

- ✓ *Zwischenlager abgebrannter Brennelemente:* dient zur Übergangslagerung der während des Betriebs des Kernkraftwerks entstehenden abgebrannten Brennstoffs (vor der endgültigen Lagerung mit oder ohne einer weiteren Aufarbeitung).
- ✓ *Dieselgeneratoren:* Dieselgeneratoren zur Sicherstellung der Wechselstromspeisung bei Betriebsstörungen (wegen der entsprechenden physischen Trennung befinden sie sich in getrennten Gebäuden).
- ✓ *Medizinische Anlage:* Anlage, welche die Medizinische Zentrale, das Eintrittssystem des Primärkreislaufes, und die für die Arbeitsdruchführung im Primärkreislauf notwendigen Büros beinhaltet.
- ✓ *Wasserentnahmewerk:* stellt das für das Kraftwerk notwendige Industrierwasser zur Verfügung. Den größten Anteil des aus der Donau entnommenen Wassers ergibt das Kondensatorenkühlwasser.
- ✓ *Chemikalienlager:* Gebäude zur Lagerung der für den Betrieb notwendigen Chemikalien.
- ✓ *Lagergebäude für Industriegase:* Gebäude zur Lagerung der für den Betrieb notwendiger Gase.
- ✓ *Instandhaltungsanlage:* Anlagen zur Durchführung der mit dem Sekundärkreislauf verbundener Instandhaltungen.
- ✓ *Feuerschutzanlage:* beinhaltet das sich auf dem Gelände des Kraftwerks befindliche Feuerwehrgebäude, und das Löschwasser und Feuerschutzsystem.
- ✓ *Elektrisches-Umspannwerk:* stellt die Übergabe der durch die Generatoren erzeugter elektrischer Energie in das nationale Grundnetz sicher.
- ✓ *Abfallalger:* dient zur Lagerung des im Kernkraftwerk entstehendem Abfalls.
- ✓ *Atom bunker:* versieht in außerordentlichen Fällen den Schutz des Betreiber-, und des an der Gefahrenabwehr teilnehmenden Personals.
- ✓ *Geschützter Leitungspunkt (mit Ersatz):* seine Aufgabe ist es, dass hier im Notfall die Arbeitsbedingungen der die Auflösung durchführende Personen, und die Sicherheit des an der Unfallabwehr teilnehmenden Personals sichergestellt werden.
- ✓ *Umwelt-Monitoringsysteme:* beinhaltet das Probeentnahme- und Maßsystem für Umweltproben.
- ✓ *Infrastrukturen:* hierzu gehören die zum Kraftwerk führenden Zufahrtsstraßen, Eisenbahnschienen, Leitungen für das Trinkwasser und das Abwasser usw.
- ✓ *Systeme des physischen Schutzes:* Pfortengebäude, Eintrittssysteme, Zaun usw.



## 4 NUKLEARE SICHERHEIT

**Bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb neuer Kernkraftwerkblöcke ist der primäre, alles überragende Aspekt die Sicherstellung der nuklearen Sicherheit.**

### 4.1 GRUNDPRINZIPIEN DER NUKLEAREN SICHERHEIT

Die nukleare Sicherheit ist die Schlüsselfrage der Bewertung der Atomenergetik.

Kernkraftreaktoren müssen drei grundlegende Sicherheitsbedingungen erfüllen:

- I. Es muss unter allen Bedingungen sichergestellt werden, dass die sich im Reaktor abspielende nukleare Kettenreaktion im Fall einer Unregelmäßigkeit abgebrochen wird.
- II. Im Falle einer abgebrochenen Kettenreaktion muss die langfristige und sichere Kühlung der Brennelemente sichergestellt sein.
- III. Es muss verhindert werden, dass radioaktive Stoffe in einer, das erlaubte Maß übersteigenden Menge in die Umwelt gelangen.

Der Schaffung der Sicherheit eines Kernkraftwerks dient die Anwendung des Prinzips des Tiefenschutzes, welches die Betonung auf die Vermeidung von Betriebsstörungen setzt.

Die Grundprinzipien und die fünf Stufen des Tiefenschutzes hat die Internationale Atomenergieagentur ausgearbeitet. Die nationalen nuklearen Sicherheitsbehörden versuchen diese Prinzipien in ihren eigenen Gesetzen die höchstmögliche Geltung zu verschaffen. Die Anwendung des Tiefenschutzes erfolgt in jeder Anlage unter Berücksichtigung ihrer Eigenheiten.

Die grundlegenden Ziele des Tiefenschutzes sind:

- ❖ die Vorbeugung von Unfällen durch konservativer Planung,
- ❖ die Vorbeugung einer Abweichung vom Normalbetrieb mit Hilfe von ständigem Monitoring,
- ❖ im Falle einer Abweichung vom Normalbetrieb, Vermeidung einer Verschlechterung, Linderung der Folgen,
- ❖ beim Vorkommen der den Auslegungsstörfall überschreitender Ereignisse muss es geeignete Mittel und im Voraus bestimmte Maßnahmen zur Minderung der Folgen geben.

*Die Sicherheit eines Kraftwerks wird durch Planungslösungen und einem komplexen System von Betreibervorschriften garantiert.*

Der Tiefenschutz ordnet die einen Sicherheitsbezug besitzenden Ereignisse, Anlagen und Verfahren in fünf, aufeinander aufbauenden Stufen. Die Hauptzielsetzung der Anwendung jeder Stufe ist die Vermeidung des Erreichens der nächsten Stufe.

Stufe	Ziel	Realisierung
Stufe I	Verhinderung einer Abweichung vom Normalbetrieb	Konservative Planung in guter Qualität
Stufe II	Wahrnehmung des nicht-normalen Zustandes und Verhinderung eines regelverletzenden Betriebs	Geeignete Funktion der Kontroll- und Regelungssysteme
Stufe III	Handhabung der die Grundlage der Planung bietenden Betriebsstörungen	Sicherheitssysteme und Verfahren
Stufe IV	Handhabung schwerwiegender Unfälle, Linderung der Schwere des Unfalls und der möglichen Folgen	Ergänzende Mittel, Messungen, Maßnahmen, Unfallvorschriften
Stufe V	Linderung der Folgen von radioaktiven Emissionen außerhalb der Anlage	Maßnahmenpläne zur Unfallvermeidung

Tabelle 4: Fünf, aufeinander bauende Stufen des Tiefenschutzes

- Stufe I bezieht sich auf die Planung, Kraftwerke müssen konservativ, mit Betriebs- und Sicherheitsreserven geplant werden, solche Lösungen müssen angewendet werden, welche die Möglichkeit eines menschlichen Versagens auf das niedrigste Niveau senken (automatisierter, übersichtlicher Betrieb). Man muss all jene externe Ereignisse definieren, neben denen das Kernkraftwerk funktionsfähig bleibt (Erdbeben, extremes Wetter usw.).
- Charakteristisch für Stufe II ist, dass jene Mittel und Verfahren vorhanden sein müssen, mit denen das Kraftwerk innerhalb der geplanten Funktionsgrenzen gehalten werden kann, damit die Sicherheitsgrenzen nicht überschritten werden. Hierzu gehören ständige Messungen (Druck, Temperatur, Umsatz usw.), temporäre Tests und Proben, Instandhaltungen und Zustandskontrollen.
- Zur Stufe III gehören jene Systeme und Maßnahmen, welche im Fall von während der Planung angenommener Betriebsstörungen (Auslegungsereignisse) die Erfüllung der Sicherheitsfunktionen garantieren. Im Fall der fürsorglichsten Planung, Ausführung und Betrieb kann man die Möglichkeit von Schäden (z.B. innere Materialfehler, Naturkatastrophen) auch nicht ausschließen. Dies bedeutet den automatischen Abbruch der Kettenreaktion, die Sicherstellung der Kühlung der Brennelemente, und das Halten der Emissionen der radioaktiven Stoffe unter dem erlaubtem Niveau, und die Sicherheitssysteme müssen auf diese Aufgaben vorbereitet sein.
- Stufe IV nimmt so ein Ereignis an, dessen Wahrscheinlichkeit äußerst gering ist, welches auslegungüberschreitende Störfälle bedeutet. Bei diesem Ereignis können die Sicherheitssysteme ihre Aufgaben nicht mehr vollständig erfüllen, und es kann zu Zonenverschmelzungen oder radioaktive Materialausstößen kommen. Trotz der geringen Wahrscheinlichkeit begründen die schwerwiegenden Folgen, dass das Kraftwerk über solche Mittel verfügt, welche den Verlauf solcher Unfälle verzögern, ihre Folgen senken, und Zeit für sonstige Maßnahmen gewährleisten (z.B. Ersatzmittellieferungen, Verschluss oder Evakuierung der Bevölkerung).
- Stufe V tritt dann in Kraft, wenn die vorangehenden vier Stufen schon überschritten worden sind. Dies bedeutet den Austritt einer bedeutenden Menge radioaktiven Materials, was schon die Anwendung von, für diesen Zweck ausgearbeiteter entsprechenden behördlicher Notfallpläne nach sich zieht.

## **GRUNDPRINZIPIEN DER PLANUNG**

- ❖ Gesichtspunkte der Standortauswahl
  - ❖ Ermessung der potentiellen Gefahren des Betriebs
  - ❖ Bestimmung des Auslegungsstörfalls, Analyse seiner Ereignisse
- Grundsätzliche Anforderungen:
- *Sie müssen in einen subkritischen Zustand gebracht werden können*
  - *Absonderung der remanenten Wärme*
  - *Halten der radioaktiven Emissionen unter den erlaubten Grenzwerten*
- ❖ Die Wahrscheinlichkeit der auslegungüberschreitenden Störfälle muss gering sein
  - ❖ Die Strahlenbelastung soll das auf, das auf sinnvolle Weise erreichbare niedrigste Niveau gehalten werden

## SYSTEM DER INGENIEURDÄMME

Zur Blockierung des Austritts der radioaktiven Verschmutzungen in die Umwelt, bzw. zu ihrer Senkung dient das **System der Ingenieurdämme**. Die aufeinander folgenden Dämme dienen der Verhinderung des Weiterkommens der die vorangehenden Dämme eventuell überschrittener radioaktiver Stoffe. Die vier physischen Dämme sind:

1. die Brennstoffmatrix ( $UO_2$ ),
2. die Brennstoffverkleidung (die luftdichte Verschlussverkleidung der Brennelemente),
3. die Druckgrenze des Primärkreislaufes (der Reaktortank und andere Systeme des Primärkreislaufes),
4. die Sicherheitsschutzhülle, das sog. Containment (hermetisch abgeschlossen, hat meistens zwei Wände).

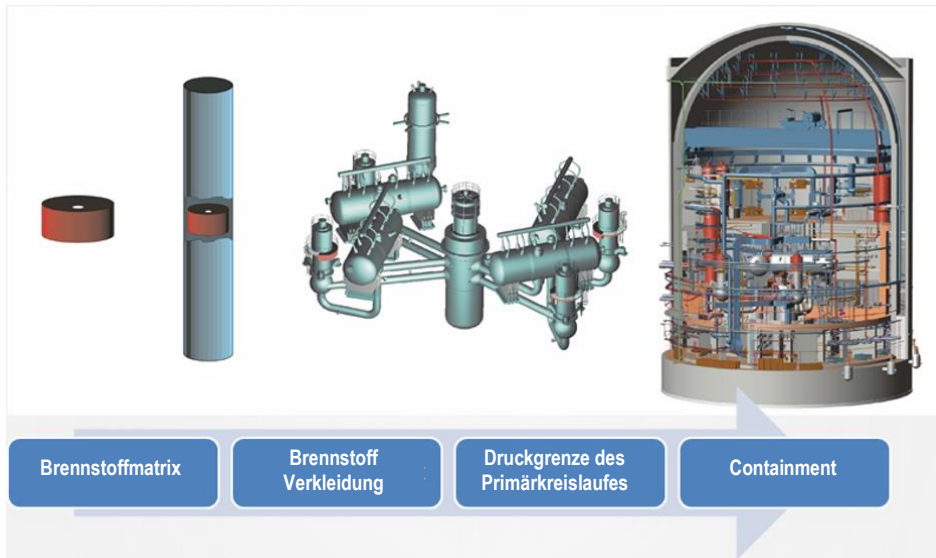


Abbildung 8: Ingenieurdämme bei Kernkraftwerkblöcken [7]

## DOPPELWANDIGER CONTAINMENT

Einen hervorgehoben wichtigen Teil des Tiefenschutzes hat der Containment, da dies der letzte Damm zwischen den radioaktiven Stoffen im inneren Bereich des Kernkraftwerkes und der Umwelt ist.

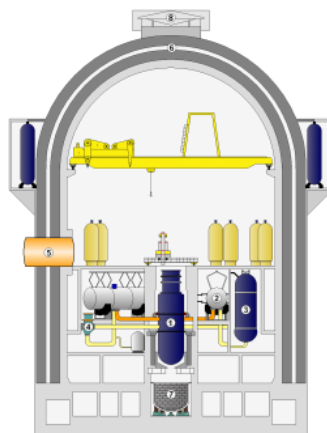


Abbildung 9: Querschnitt eines Containmentmentes mit Doppelwand [7]

Die dauerhafte und sichere Kühlung des sich im Reaktor befindlichen Brennstoffes muss unter allen Umständen sichergestellt werden. Im Falle eines eventuellen Wasserrohrbruches sorgt das Betriebsstörungskühlsystem auf aktive oder passive Art für die Kühlung. Bei einem Druckabfall leitet ein passives Kühlsystem Wasser in den Reaktor, welches bis zum Einschalten der Pumpen die Kühlung sicherstellt. Das aktive Betriebsstörungskühlsystem besteht aus einem

Hochdruckteil und einem Teil mit geringem Druck, zum Ersetzen des Wassers wird in zahlreichen großen Tanks Ersatzkühlwasser gelagert.

Für die Funktion der meisten Sicherheitssysteme ist elektrische Energie notwendig. Diese Systeme müssen auch bei einem Stromausfall funktionsfähig bleiben. Dafür sorgen die Dieselgeneratoren für Betriebsstörungen, welche bei Bedarf automatisch gestartet werden, und welche für die aus Sicht der Kernkraftwerksicherheit wichtiger Verbraucher eine ständige Stromversorgung sicherstellen.

Zur Handhabung von bei schweren Unfällen eventuell geschmolzenen Zonen ist eine der verbreiteten Konstruktionen die Anwendung "Falle für Zonenschmelz", also hierbei wird das Schmelzen des sich unter dem Reaktortank befindlichen Betons so vermieden, dass am Boden des Schachtes die Verteilung der Schmelze unterstützende Räume ausgebaut werden, oder unter dem Tank solche Materialien platziert werden, durch welche die Zonenschmelze nicht durchdringen kann.

Die Verstärkung des Containments, die langfristige Aufrechterhaltung der Konstruktionsintegrität hat eine hervorgehobene Bedeutung. Die Unversehrtheit des Containments schützen auch die zur Handhabung der im Fall von schwerwiegenden Unfällen entstehenden - mit der Luft des Containments vermischt beim Erreichen einer bestimmten Konzentration explosiven - Wasserstoffgases angewendeten Verfahren. Im passiven Verfahren wird der in den Luftraum gelangende Wasserstoff mit katalytischen Rekombinatoren ständig zu Wasserdampf umgewandelt, und im aktiven Verfahren werden "Wasserstoffanzünder" verwendet, welche den sich im Containment aufgestauten Wasserstoffgas noch weit vor der Erreichung der gefährlichen Konzentration absichtlich anzünden, und dadurch sicherstellen, dass dieser nirgendwo die explosionsgefährliche Konzentration erreicht.

Die derzeitigen Vorschriften schreiben in den meisten Ländern vor, dass das Containment auch dem Aufprall eines großen Passagierflugzeuges widerstehen muss.

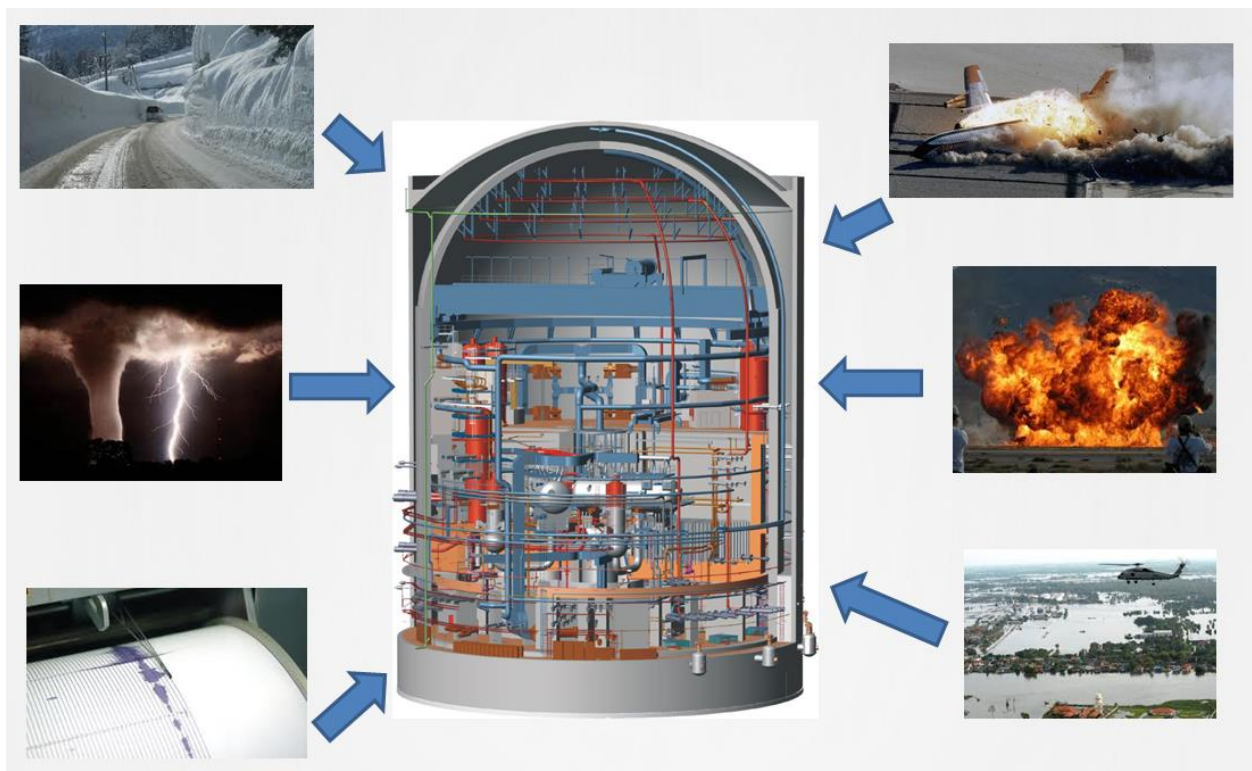


Abbildung 10: Das äußere Containment bietet Schutz gegen externe Einwirkungen [7]

Die wichtigste Garantie der Sicherheit eines Kernkraftwerkes ist die sog. **innere Sicherheit**. Im Reaktor funktionieren bei bestimmten Unfallsituationen solche inneren physischen, wärmetechnischen Prozesse und Dämme, welche die ungünstigen Veränderungen bremsen und letztendlich diese aufhalten. Diese innere Sicherheit **besteht unabhängig von der Betriebsfähigkeit der Sicherheits- und Schutzmittel immer**. Diese Eigenschaft des Reaktors ist typcharakteristisch. Zu diesem Typen gehören die derzeit weltweit am meisten verbreiteten Druckwasserreaktoren. Zu diesem Typ gehören auch die Reaktoren des Kernkraftwerks Paks mit der Typbezeichnung VVER-440. (Der in der ehemaligen Sowjetunion entwickelte und gebaute andere Typ, der RBMK Typ erfüllt nicht alle Bedingungen der inneren

(inhärenten) Sicherheit. Zu diesem Typen gehören auch die Reaktoren des Kernkraftwerks von Tschernobyl, wo es am 26. April 1986 zu einem Unfall gekommen ist. Es ist bewiesen worden, dass ein grundlegender Grund dieses Unfalls der Mangel der inneren (inhärenten) Sicherheit gewesen ist. Daher kann man behaupten, dass man aus der Katastrophe des Kernkraftwerks von Tschernobyl nicht Schlussfolgerungen auf den Mangel der inneren Sicherheit der anderen Reaktortypen ziehen kann. Wegen dem Mangel der inhärenten Sicherheit ist der Betrieb der ähnlichen Reaktoren, wie denen von Tschernobyl weltweit fast überall beendet worden.)

Eine andere wichtige Garantie der Sicherheit eines Kernkraftwerks gegen Unfälle ist die Anwendung sogenannter **externer Sicherheitsmittel**, welche neben der inneren Sicherheit gegen die Entstehung, bzw. die Weiterentwicklung unterschiedlicher Unfallsituationen Schutz bieten. Innerhalb dieser externen Sicherheitsmittel erlangen die sog. **passiven Schutzsysteme**, welche unabhängig von äußerer Energieeinspeisung funktionieren, eine immer größere Bedeutung.

Das Ergebnis der oben aufgeführten Beschreibungen ist, dass derzeit schon solche Kernkraftwerke gebaut werden können, in denen die Wahrscheinlichkeit von schwerwiegenden Unfällen mit Auswirkungen auf die Umwelt geringer ist als  $10^{-6}$  /Reaktorjahr<sup>2</sup>.

Die Wahrscheinlichkeit der Realisierung der potentiellen Gefahr muss so niedrig gehalten werden, wie es nur möglich ist, und anhand des ALARA (As Low as Reasonably Achievable) Prinzips muss eine sinnvoll realisierbare Sicherheit garantiert werden.

Das grundlegende Ziel des Tiefenschutzes ist, dass die Integrität der physischen Dämme mit automatisch oder manuell betriebenen Sicherheits- und Schutzsystemen beim Eintritt ihre Unversehrtheit gefährdender Ereignisse aufrecht erhalten wird.

### **HIERARCHIE DER SICHERHEITS- UND SCHUTZSYSTEME**

Die unten aufgeführte Abbildung illustriert das Verhältnis der für die neuen Blöcke geltenden fünf Stufen des Tiefenschutzes, der vier physischen Dämme, weiterhin der automatischen und manuellen Eingriffe.

---

<sup>2</sup> Der Betrieb eines (Stück) Reaktors ein Jahr lang entspricht einem Reaktorjahr, also der gleichzeitige Betrieb der derzeit betriebenen etwa 440 Stück Reaktoren ergibt innerhalb eines Kalenderjahres 440 Reaktorjahre.

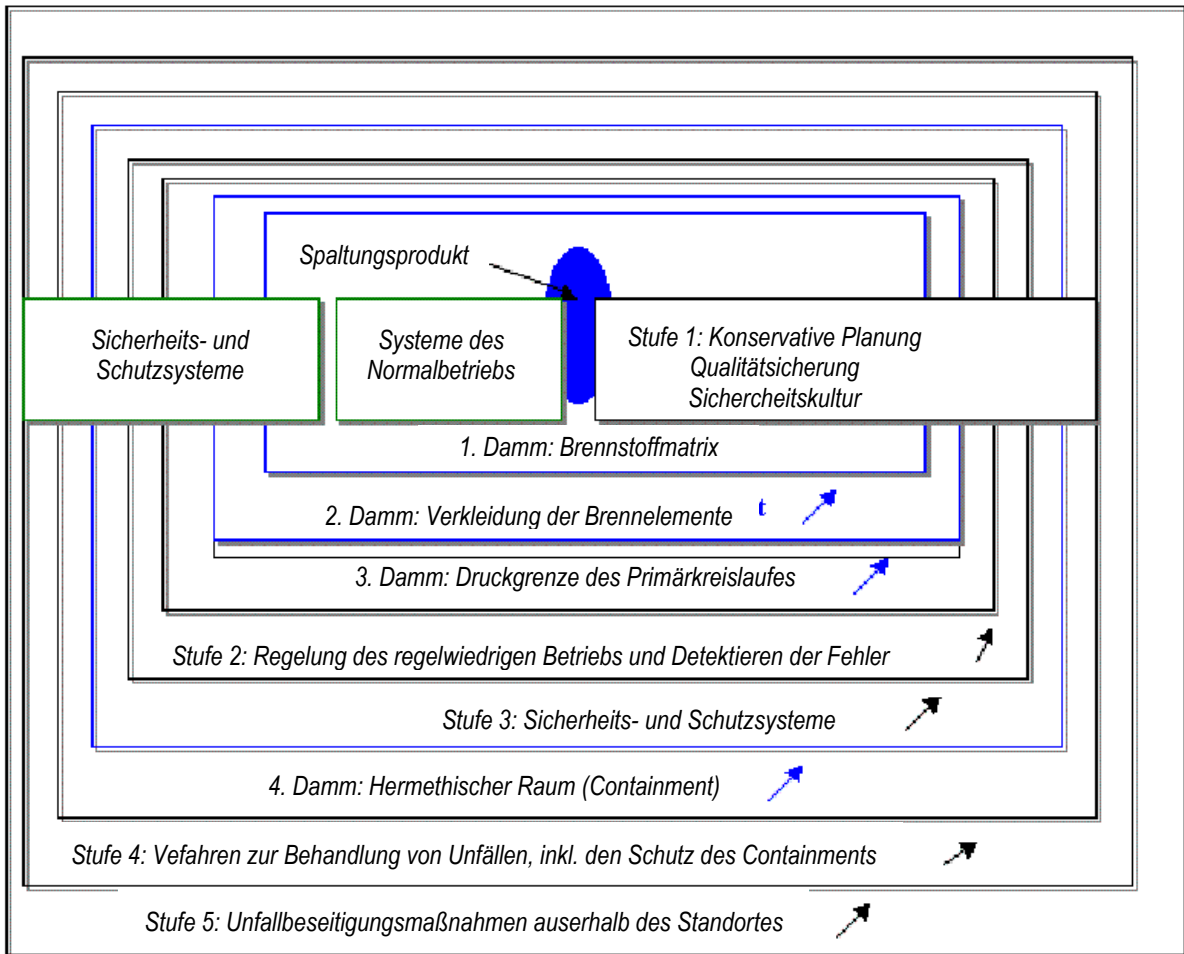


Abbildung 11: Hierarchie der Schutzdämme, der Tiefenschutzebenen und der Eingriffe [8]

Bei den neuen Blöcken werden schon als Teil des Auslegungsstörfalls solche Betriebsstörungen betrachtet, die bei den heutigen Reaktoren noch in die Kategorie der "auslegungüberschreitenden Störfälle" gezählt werden (so z.B. Mehrfachbeschädigungen). Daher ist der Inhalt der Klasse "die Planung der auslegungüberschreitenden Störfälle" bei den heute betriebenen und den neuen Reaktoren voneinander abweichend. In den derzeitigen Reaktoren beschäftigt sich der Tiefenschutz mit dem nuklearen Brennstoff in erster Linie bei den Betriebszuständen, wenn sich der Brennstoff im Reaktor befindet. Bei den neuen Blöcken gehört zum Umfang jeder mögliche Zustand des nuklearen Brennstoffes (z.B. auch jene Zustände, wenn die Brennstoffkassetten im Ruhebecken gelagert sind).

Während der Entwicklung des Typs der III<sup>+</sup> Generation ist eines der wichtigen Ziele gewesen den hypothetischen schweren Unfälle vorzubeugen und die Folgen von mit äußerst geringer Wahrscheinlichkeit stattfindender schwerer Unfälle zu verringern. Die angewendeten Planungs- und technologischen Lösungen garantieren, dass auch im Falle schwerer Unfälle keine radioaktiven Stoffe in die Umwelt gelangen können, so verursachen die Blöcke der III<sup>+</sup> Generation auch beim Auftreten schwerer Unfälle keine bedeutenden Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Umgebung des Kraftwerks.

## STRESSTEST

Nach dem wegen eines Erdbebens und einer beispiellos starken Springflut vorgefallenen Unfalls im japanischen Kraftwerk von Fukushima hat der Europarat im März 2011 eine zielgerichtete Sicherheitsüberprüfung in allen Kraftwerken der Europäischen Union eingeleitet. Während dieser Überprüfung ist die Sicherheit und die Widerstandsfähigkeit gegenüber extremer Umwelteinflüsse - Hochwasser, Erdbeben, extremes Wetter - bewertet worden. Die Betreiber der Kernkraftwerke haben anhand der angegebenen Gesichtspunkte eine Selbstbewertung durchgeführt, welche sie der nuklearen Kommission ihres Landes zur Überprüfung übergeben haben. Die

Nationalbehörden haben Länderberichte erstellt, welche von internationalen Expertengruppen bewertet worden sind, und sie haben in mehreren Fällen Konsultation vor Ort durchgeführt.

Neben jenen EU-Mitgliedern, bei denen es Kernkraftwerke gibt, haben an der Untersuchung auch die Ukraine und die Schweiz teilgenommen. Die sich auf 17 Länder erstreckende Untersuchung ist mit der Feststellung abgeschlossen worden, dass die europäischen Kernkraftwerke über ausreichende Sicherheitsreserven verfügen, bei keinem einzigem Kernkraftwerk solche Mängel gefunden sind, anhand derer das Kraftwerk hätte geschlossen werden müssen. Der Bericht der Europäischen Kommission hat aber gleichzeitig zahlreiche Empfehlungen im Bereich der Erhöhung der Sicherheit formuliert, zur deren Durchführung die Mitgliedsstaaten Programme ausgearbeitet haben.

Die zielgerichtete Überprüfung der Europäischen Union ist bezüglich des Kernkraftwerks von Paks mit einem eindeutig positiven Ergebnis abgeschlossen worden. Der Bericht hat an zahlreichen Stellen eine gute, nachahmungswerte Praxis vorgehoben. Kritische oder herausragende Mängel sind nicht aufgedeckt worden, und ein Teil der Empfehlungen hat sich auf bereits im Laufe befindlicher Entwicklungen bezogen.

Das Kernkraftwerk von Paks hat anhand der Empfehlungen des Stresstests ein, die Sicherheit erhöhendes Programm ausgearbeitet, über deren Durchführung ein periodischer Bericht erstellt wird. Ähnliche Programme werden auch in den anderen Kernkraftwerken der EU durchgeführt, und die Berichte werden laut der Pläne auf EU-Ebene summiert und bewertet werden. [9], [10], [11]

## **SICHERHEITSANALYSEN**

Aus Sicht des nuklearen Genehmigungsprozesses haben die, auch *determinierende und Wahrscheinlichkeitsmethoden* anwendende **Sicherheitsanalysen**, und die anhand dieser erstellten **Sicherheitsberichte** eine grundlegende Bedeutung.

Die schwerwiegendste Folge einer Betriebsstörung in einem Kernkraftwerk ist die Kontaminierung der Umwelt mit radioaktiven Stoffen, was in erster Linie im Fall der schweren Beschädigung - eventuellem Schmelzen - der aktiven Zone erfolgen kann, wenn das Containment die Kontaminierung nicht aufhält. Deshalb analysieren die **Wahrscheinlichkeitssicherheitsanalysen** (*Probabilistic Safety Analysis – PSA*) vor allem die Wahrscheinlichkeit einer **Zonenbeschädigung**. Dazu müssen mit Hilfe der determinierenden Analysen all jene vorstellbaren Ereignisketten untersucht werden, welche zu Zonenbeschädigungen führen können, und die Wahrscheinlichkeit jedes einzelnen Ereignisses muss berechnet werden. Die Summe dieser charakterisiert die Sicherheit des Kernkraftwerkes. Diese Analyse zeigt gleichzeitig die aus Sicht der Sicherheit schwachen Punkte des Kernkraftwerks auf. Als Ergebnis dessen können die Sicherheit erhöhenden Mittel und Anlagen erstellt werden. Die Sicherheitsanalysen haben mehrere Ebenen.

Ziel der Wahrscheinlichkeitssicherheitsanalysen ist die Berechnung der Häufigkeit der Ereignisse der Stufe 1 (geht mit Zonenbeschädigung einher) und der Stufe 2 (ist mit großer radioaktiver Kontamination verbunden).



## 4.2 ANFORDERUNGEN DER NUKLEAREN SICHERHEIT

§ 2 des CXVI. Gesetzes aus dem Jahr 1996 über die Atomenergie (der am 16. 07. 2014 gültige Zustand)

„29. Nuklearsicherheit: „Realisierung geeigneter Betriebsbedingungen, Vorbeugung von Unfällen, bzw. die Verringerung der Folgen von Unfällen in jeder Phase des Lebenszyklusses der nuklearen Anlagen, als Ergebnis dessen der Schutz der Arbeitnehmer und der Bevölkerung gegenüber der sich aus der ionisierenden Strahlung nuklearer Anlagen ergebenden Gefahren geschaffen wird.“

Das CXVI. Gesetz aus dem Jahr 1996 über die Atomenergie hält die allgemeinen Anforderungen der Nutzung der Atomenergie für friedliche Zwecke fest, es definiert die Berechtigungen und die Pflichten der an der Anwendung der Atomenergie Beteiligten fest. Die sich auf die Durchführung beziehenden Regelungen verweisen die Fragen bezüglich der nuklearen Sicherheit, dem nuklearen Genehmigungsverfahren in den Wirkungskreis des Nationalen Atomenergieamtes (Országos Atomenergia Hivatal, (OAH).

Bei der Genehmigung der Errichtung von Atomkrafttechnologie hat die Untersuchung der Frage, ob das zu errichtende Kernkraftwerk den nuklearen Sicherheitsvorschriften entspricht eine hervorgehobene Bedeutung.

Die Kernkraftwerke werden so geplant, die technischen Anlagen und die Sicherheitssysteme werden so entwickelt, dass auch im Falle eines Unfalls im größtmöglichen Maß die Sicherheit der Umwelt des Kernkraftwerks garantiert werden kann. Die ständige Überprüfung des sicheren Betriebs und die Ausarbeitung die Sicherheit erhöhender Maßnahmen sind grundlegende Anforderungen gegenüber dem Betreiber. Die Aufsichtsbehörde genehmigt nur dann den Start, den Betrieb eines Reaktors, oder an den unterschiedlichen Anlagen des Reaktors durchzuführende Maßnahmen, wenn es nachgewiesen ist, dass ein sicherer Betrieb des Reaktors garantiert ist.

Die geologische und nukleare Sicherheitseignung des Standortes muss im Rahmen des anhand des, die Anlagen zu der 118/2011. (VII.11.) Regierungsverordnung über die mit den nuklearen Sicherheitsanforderungen von Nuklearanlagen und der damit verbundenen Behördentätigkeit der OAH bildenden Nuklearen Sicherheitsregelwerks (Nukleáris Biztonsági Szabályzatok, NBSz) durchgeführten Standortgenehmigungsverfahrens nachgewiesen werden.

Die OAH bewertet die Eignung des Standortes, und die Eignung der mit dem Standort zusammenhängender geologischer Grunddaten, in Kenntnis der Ergebnisse äußerst detaillierter Untersuchungen. Die Ausarbeitung des Programms der Standortuntersuchung erfolgte unter Berücksichtigung der neuesten internationalen Anforderungen (post-Fukushima). Das Untersuchungsprogramm des Standortes ist im Rahmen einer unabhängigen Überprüfung von den Experten der internationalen Atomenergiekommission bewertet worden.

Die am Standort Paks zu errichtenden Blöcke müssen entsprechenden des geltenden Gesetzes (NBSZ) auch dem Aufprall einer großen Passagiermaschine widerstehen. Auf die Anlagen und Gebäude der Blöcke beziehen sich sehr strenge Qualitätssteuerungskriterien. Der Lieferant der Blöcke hat sich zur Erfüllung der European Utility Requirements (EUR) Anforderungen verpflichtet, so wird er im Laufe der Errichtung solche architektonischen und sonstigen technische Lösungen anwenden, welche auch den Schutz der Anlage gegenüber dem Absturz eines Flugzeuges auf das Gebäude sichern.

Bezüglich der, die nukleare Sicherheit des Kernkraftwerks beeinflussender (eine ABOS Zuordnung besitzender) Bauten, Gebäudekonstruktionen, Systeme und Systemelemente müssen Gebäudegenehmigungen, bzw. Genehmigungen auf Systemebene besorgt werden.

Die Sicherheitsanforderungen von in Ungarn zu errichtenden nuklearen Anlagen werden grundlegend von den ungarischen Gesetzen bestimmt. Trotzdem ist aber auch die Berücksichtigung der relevanten internationalen Sicherheitsvorschriften, der amerikanischen ASME Normreihe, und der EUR Empfehlungen zu empfehlen, damit die Eignung der nuklearen Sicherheit der in den einzelnen Ländern zu errichtender Reaktoren unterschiedlichen Typs die gleiche Stufe erreicht.

Gegenüber dem zu errichtenden Blocktyp erwartete Anforderung ist, dass im Laufe des Genehmigungsverfahrens vor der Errichtung nachgewiesen werden muss, dass die sich für die unterschiedlichen Auslegungsergebnisse beziehenden geltenden Emissionenempfehlungen den bei der Genehmigung aktuell geltenden nationalen und internationalen Vorschriften entsprechen.



## REGELUNGEN IN UNGARN - NUKLEARES SICHERHEITSREGELWERK (NBSz)

Die einheimische Zuordnung, die **NBSz** (Betriebszustand Nr. 163., Anlage 10 der 118/2011. (VII. 11.) Regierungsverordnung) definieren die einzelnen Betriebszustände neuer Kernkraftwerkblöcke wie folgt:

Auslegungsstörfall (PG)				Erweiterung der Auslegungsstörfälle (EPG)	
Normaler Betriebszustand	Ereignisse des Auslegungsstoffs			Die Auslegungsstörfälle überschreitende Ereignisse	
Normalbetrieb	Zu erwartende Betriebsereignisse	Auslegungsstörfall		Auslegungüberschreitende Störfälle	Schwere Unfälle
		Planungsbetriebsstörungen mit geringer Häufigkeit	Planungsbetriebsstörungen mit sehr geringer Häufigkeit		
TA1	TA2	TA3	TA4	TAK1	TAK2
Häufigkeit (f [1/Jahr])					
1	$1 > f > 10^{-2}$	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$		

Tabelle 5: Bezeichnung der einzelnen Betriebszustände, ihre Einordnung bezüglich ihrer Häufigkeit in den neuen Blöcken

### NORMALBETRIEB

#### 121. Normalbetrieb (TA1)

"Der Betrieb nuklearer Anlagen neben der Einhaltung der durch die nukleare Genehmigungsbehörde genehmigter Betriebsbedingungen und Grenzen, im Falle eines Atomreaktors und Kernkraftwerkes, darunter verstanden auch die Belastungsveränderung, das Stilllegen, das Starten, den Austausch der Brennelemente, die Instandhaltung, die Proben und sonstige geplante Maßnahmen."

### ZUM AUSLEGUNGSSTÖRFALL GEHÖRENDE EREIGNISSE

#### 179. Zu erwartende Betriebsereignisse (TA2)

"Durch das beim Auslegungsstörfall angenommene Ausgangsereignis ausgelöst, und anhand des Prinzips der einmaligen Beschädigung analysierter, und mit diesen Analysen abgedeckter solcher Prozess, der während der Betriebsdauer des Kernkraftwerks mit großer Wahrscheinlichkeit stattfinden wird."

#### 159. Auslegungsstörfall (TA3 und TA4)

"Durch das beim Auslegungsstörfall angenommene Ausgangsereignis ausgelöst, und anhand des Prinzips der einmaligen Beschädigung analysierter, und mit diesen Analysen abgedeckter solcher Prozess, der während der Betriebsdauer des Kernkraftwerks mit geringer Wahrscheinlichkeit stattfinden wird, welcher nur die in den Plänen bestimmte Beschädigungsart und Ausmaß verursacht."

### DEN AUSLEGUNGSSTÖRFALL ÜBERSCHREITENDE EREIGNISSE

#### 155. Auslegungsstörfall überschreitende Ereignisse (TAK1)

Prozess, der außerhalb der zu erwartenden Betriebsereignissen und Auslegungsstörfällen liegt, der zwar nicht ausgeschlossen werden kann, der aber nur als Folge mehrerer, voneinander unabhängiger Fehler entstehen kann, und der schwerere Folgen haben kann, als die zum Auslegungsstörfall gehörenden Prozesse, und eine Zonenverletzung ohne Schmelzung verursachen kann.

#### 145. Schwere Unfälle (TAK2)

Mit einer bedeutenden Beschädigung der Reaktorzone verbundene, von den Auslegungsstörfällen, und den Auslegungsstörfall überschreitenden Ereignissen schwerwiegendere externe Auswirkungen verursachende Unfallzustand.

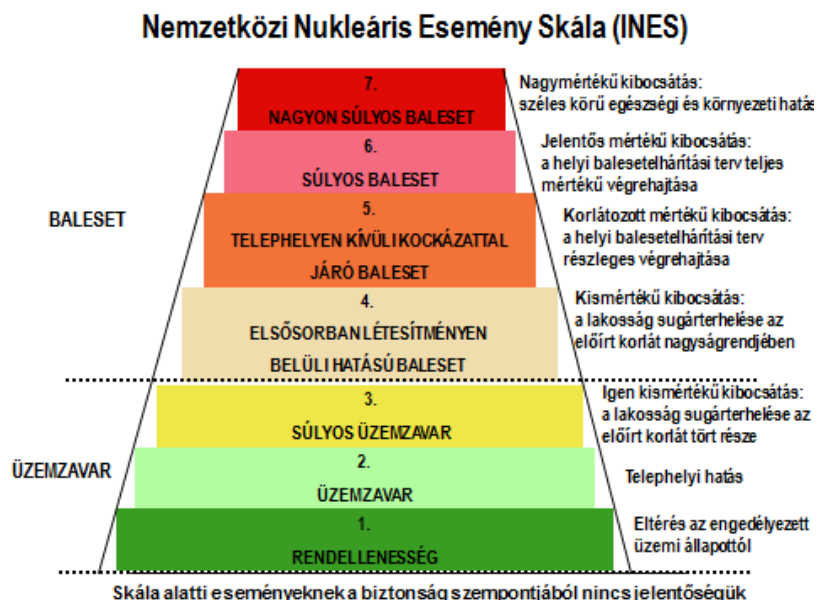
### 4.3 INTERNATIONALE NUKLEARE EREIGNISSKALA

Zur Unterstützung der Benachrichtigung bezüglich nuklearer Ereignisse, **zur ausreichenden Informierung der Bevölkerung, der gesellschaftlichen und politischen Organisationen, und der Medien** haben die Nukleare Energiekommission (NEA) der Organisation für Wirtschaftliche Kooperation und Entwicklung (OECD), und die Internationale Atomenergieagentur die zur Zuordnung nuklearer Ereignisse dienende Internationale Nukleare und Radiologische Ereignisskala (INES) ausgearbeitet.

Ziel der INES-Skala ist, dass die **Bevölkerung** über die in Kernkraftwerken und anderen nuklearen Einrichtungen stattfindenden Ereignisse, Betriebsstörungen, der Qualität der Unfälle und ihrer Sicherheitsbedeutung **auf eine vergleichbare Art und Weise benachrichtigt und informiert** werden kann.

Die INES-Skala ordnet die Ereignisse anhand der einzelnen Stufen einer Skala von sieben Stufen zu, bei den Betriebsstörungen werden drei, und bei den Unfällen vier Stufen unterschieden.

Folgende Abbildung zeigt die Internationale Nukleare und Radiologische Ereignisskala.



Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála (INES) – Internationale Nukleare Ereignisskala (INES)

Baleset– Unfall

7. Nagyon súlyos baleset – 7. Sehr Schwerer Unfall

Nagymértékű kibocsátás: A helyi balesetelhárítási terv teljes mértékű végrehajtása– Großer Ausstoß: weitreichende gesundheitliche und Umweltfolgen

6. Súlyos baleset –6. Schwerer Unfall

Jelentős mértékű kibocsátás: A helyi balesetelhárítási terv teljes mértékű végrehajtása – Bedeutendter Ausstoß: vollständige Durchführung des lokalen Unfall-Abwehrplans

5. Telephelyen kívüli kockázatokkal járó baleset – 5. Unfall mit Risiken außerhalb des Standortes

Korlátozott mértékű kibocsátás: a helyi balesetelhárítási terv részleges végrehajtása – Beschränkter Ausstoß: partielle Durchführung des lokalen Unfall-Abwehrplans

4. Elsősorban létesítményen belüli hatású baleset –4. Unfall mit Auswirkungen in erster Linie innerhalb der Anlage

Igen kismértékű kibocsátás:a lakosság sugárterhelése az előírt korlát tört része – Geringer Ausstoß: die Strahlenbelastung der Bevölkerung befindet sich in der Größenordnung der genehmigten Grenzwerte

3. Súlyos üzemzavar –3. Schwere Betriebsstörung

Igen kismértékű kibocsátás: a lakosság sugárterhelése az előírt korlát tört része – Sehr geringer Ausstoß: die Strahlenbelastung der Bevölkerung beträgt nur ein Bruchteil der genehmigten Grenzwerte

2. Üzemzavar – 2. Betriebsstörung

Telephelyi hatás – Auswirkungen am Standort

1. Rendellenesség – 1. Regelwidrigkeit

Eltérés az engedélyezett üzemi állapottól – Abweichung vom genehmigten Betriebszustand

Skála alatti eseményeknek a biztonság szempontjából nincs jelentőségük – Die sich unter der Skala befindenden Ereignisse haben aus Sicht der Sicherheit keine Bedeutung

Abbildung 12: Internationale Nukleare und Radiologische Ereignisskala (INES)

Die vom normalen Betriebszustand abweichenden Ereignisse werden auf der INES-Skala mit den Stufen 1-7 markiert, bei den Betriebsstörungen werden drei, und bei den Unfällen vier Stufen unterschieden.

Der 1986 in Tschernobyl stattgefundenen Unfall gehört auf der INES-Skala zur Stufe 7. Der Unfall hatte weitreichende gesundheitliche und Umweltfolgen. Bei der Entwicklung der INES Bewertungskriterien ist eine der wichtigsten Überlegungen gewesen, dass man Ereignisse mit weniger schwerwiegenden und weitreichenden Folgen von diesem sehr schweren Unfall unterscheiden kann. So wurde der 1979 im Three Mile Island (TMI) Kernkraftwerk stattgefundenen Unfall als INES Stufe 5 bewertet.

Jedes zur egal welcher Stufe der Skala gehörende Ereignis muss dem Nationalen Energieamt (OAH) und der Zentrale der Internationalen Atomenergieagentur in Wien, und anderen, durch örtlichen und internationalen Abkommen bestimmten Organisationen, innerhalb der für die einzelnen Stufen definierten Zeitraumes gemeldet werden.

Die Zuordnung der einzelnen Ereignisse wird in Ungarn vom operativen technischen Personal des Kernkraftwerks von Paks, entsprechend des Nr. 1.48. Wegweisers der OAH, bzw. anhand dem Nuklearen Sicherheitsregelwerk (NBSZ) durchgeführt, was mit der OAH abgestimmt wird. Über die Ereignisse innerhalb der Skala formuliert die Informations- und Besucherzentrale des Kernkraftwerks von Paks eine kurze, allgemeinverständliche Mitteilung, was sie der Ungarischen Nachrichtenagentur (MTI) weiterleitet.

Die Tabelle 6: Allgemeine Kriterien der Bewertung von nuklearen Ereignissen zeigt die allgemeinen Kriterien der Bewertung von nuklearen Ereignissen, und die Tabelle 7: Illustrationsbeispiele der zur Bewertung der Ereignisse von nuklearen Anlagen verwendeter INES Kriterien zeigt Illustrationsbeispiele der für die Bewertung der Ereignisse nuklearer Anlagen verwendeter INES-Kriterien.

Beschreibung und INES Stufe	Menschen und Umgebung	Ingenieurdämme der Anlagen und Schranken zum Strahlenschutz	In der Tiefe gegliederte Schutz
<b>Sehr schwerwiegender Unfall INES 7</b>	Bedeutende Emissionen von radioaktiven Stoffen mit weitreichenden gesundheitlichen und Umweltauswirkungen, was die Einleitung organisierter und weitreichender Maßnahmen notwendig macht.		
<b>Schwerer Unfall INES 6</b>	Bedeutende Emissionen von radioaktiven Stoffen, was wahrscheinlich die Einleitung von Schutzmaßnahmen notwendig macht.		
<b>Mit weitreichenden Folgen verbundener Unfall INES 5</b>	Eingeschränkte Emissionen von radioaktiven Stoffen, was wahrscheinlich die Einleitung einiger geplanter Maßnahmen notwendig macht. Zahlreiche, durch die Verstrahlung verursachte Todesfälle.	Schwere Beschädigung der Reaktorzone. Die Emission einer größeren Menge radioaktiver Stoffe innerhalb der Anlage, was mit der Verstrahlung (eines oder mehrerer Mitglieder) der Bevölkerung einhergehen kann. So ein Ereignis kann im Fall eines hochkritischen Unfalls oder Brandes zustande kommen.	
<b>Mit lokalen Folgen verbundener Unfall INES 4</b>	Geringe Emissionen von radioaktiven Stoffen, was wahrscheinlich, außer den Lebensmitteleinschränkungen die Einführung weiterer Schutzmaßnahmen nicht notwendig macht. Mindestens ein Todesfall in Folge der Verstrahlung.	Schmelzen oder Beschädigung des Brennstoffes mit einer Emission des Zoneninventars von mehr als 0,1%. Die Emission einer bedeutenderen Menge radioaktiver Stoffe innerhalb der Anlage, was mit der Verstrahlung (einer oder mehrere Mitglieder) der Bevölkerung einhergehen kann.	
<b>Schwerwiegende Betriebsstörung INES 3</b>	Eine das Zehnfache der bezüglich der Arbeitnehmer vorgeschriebener behördlichen jährlichen Dosisbegrenzung übersteigende Verstrahlung. Die Verstrahlung kann eine nicht deterministisch tödliche gesundheitliche Wirkung (z.B. Brandverletzungen) verursachen.	Eine 1 Sv/h übersteigende Dosisleistung innerhalb des Gebietes der Anlage. Eine bedeutende Verunreinigung eines solchen Bereiches, mit dem während der Planung nicht gerechnet worden ist, und welcher nur mit geringer Wahrscheinlichkeit eine zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung verursachen kann.	Fast-Unfall in einem Kernkraftwerk, bedeutende Abnahme des Sicherheitsniveaus. Verlorengegangene oder gestohlene hochaktive geschlossene Strahlenquelle. Lieferung einer hochaktiven geschlossenen Strahlenquelle an den falschen Ort, wo es keine geeignete interne Strahlenschutzregelung zur Handhabung der Strahlenquelle gibt.
<b>Betriebsstörung INES 2</b>	Verstrahlung eines Mitgliedes der Bevölkerung mit über 10 mSv. Eine, die behördliche jährliche Dosisbegrenzung übersteigende Verstrahlung eines Arbeitnehmers.	Die Dosis Stufe beträgt in einem Betriebsbereich mehr als 50 mSv/h. Die bedeutende Verstrahlung eines Bereiches innerhalb der Anlage, mit der man während der Planung nicht gerechnet hat.	Bedeutende Verletzung der Sicherheitsstufen, ohne das Eintreffen tatsächlicher Folgen. Das Finden einer hochaktiven, geschlossenen, herrenlosen Strahlenquelle oder –Mittels; die Sicherheit gewährleistenden Lösungen sind unverletzt. Nicht geeignete Verpackung einer hochaktiven, geschlossenen Strahlenquelle.
<b>Regelwidrigkeit INES 1</b>			Verstrahlung eines Mitgliedes der Bevölkerung über die erlaubte behördliche Dosisbegrenzung hinausgehend. Kleinere Beschädigung von Systemelemente der Sicherheit, aber der in der Tiefe gegliederte Schutz ist größtenteils unverletzt. Verlorengegangene oder gestohlene Strahlenquelle oder -Mittel mit geringer Aktivität.
<b>Hat keine Bedeutung aus Sicht der Sicherheit (Befindet sich unter der Skala/INES 0)</b>			

Tabelle 6: Allgemeine Kriterien der Bewertung von nuklearen Ereignissen [12]

Beschreibung und INES Stufe	Menschen und Umgebung	Ingenieurdämme der Anlagen und Schranken zum Strahlenschutz	In der Tiefe gegliederte Schutz
Sehr schwerwiegender Unfall Stufe 7	Tschernobyl, 1986. Weitreichende gesundheitliche und Umweltfolgen. Umweltemission eines bedeutenden Teils des Zoneninventars.		
Schwerer Unfall Stufe 6	Kysthym, Russland, 1957. Bedeutende Emissionen radioaktiver Stoffe in die Umwelt, nach einer Explosion eines hochaktiven Abfalltanks.		
Mit weitreichenden Folgen verbundener Unfall Stufe 5	Windscale Pile, UK, 1957. Emission radioaktiver Stoffe, nachdem sich die Reaktorzone entzündet hat.	Three Mile Island, USA, 1979. Schwerwiegende Beschädigung der Reaktorzone.	
Mit lokalen Folgen verbundener Unfall Stufe 4	Tokaimura, Japan, 1999. Tödliche Verstrahlung der Arbeitnehmer als Folge eines in der nuklearen Anlage stattgefundenen kritischen Ereignisses.	Saint Laurent des Eaux, Frankreich, 1980. Schmelzen eines der Kanäle der Brennelemente, ohne eine Verstrahlung außerhalb des Standortes.	
Schwerwiegende Betriebsstörung Stufe 3	Es gab bisher kein Beispiel dafür.	Sellafield, US, 2005. Entweichen einer großen Menge radioaktiver Stoffe, aber sie sind innerhalb des Standortes gehalten worden.	Vandellós, Spanien, 1989. Ein fast zustande gekommener Unfall wegen eines Brandfalls, welcher im Kernkraftwerk den Verlust des Sicherheitssystems verursacht hat.
Betriebsstörung Stufe 2	Atucha, Argentinien, 2005. Eine die jährliche Dosisbegrenzung übersteigende Verstrahlung eines Mitarbeiters in einem energetischen Reaktor.	Cadarache, Frankreich, 1993. Gelangen einer radioaktiven Verschmutzung in einen Bereich, der nicht für die Behandlung dessen eingeplant gewesen ist.	Forsmark, Schweden, 2006. Verschlechterte Sicherheitsfunktionen, wegen einer Beschädigung mit gemeinsamen Gründen des Betriebsstörungs-Stromsystems im Kernkraftwerk.
Regelwidrigkeit Stufe 1			Verletzung der Betriebsbegrenzungen in einer nuklearen Anlage.

Tabelle 7: Illustrationsbeispiele der zur Bewertung der Ereignissen von nuklearen Anlagen verwendeter INES Kriterien [12]

Die oben aufgeführten Tabellen beinhalten nicht die am 10. April 2003 im Block 2 des Kernkraftwerks von Paks stattgefundenen schwere Betriebsstörung der Stufe 3, und auch nicht die am 11. März 2011 in den Blöcken 1, 2 und 3 des Dai-ichi Kernkraftwerks von Fukushima erfolgte sehr schwerwiegenden Unfallereignisse der Stufe 7.



## 5 CHARAKTERISIERUNG DES GEPLANTEN ERRICHTUNGORTES

Der geplante Errichtungsort der neuen Kernkraftwerkblöcke Paks II befindet sich innerhalb des Standortes des Kernkraftwerks von Paks.

Der Standort des Kernkraftwerks von Paks liegt im Komitat Tolna, 118 km südlich von Budapest entfernt.

Der Standort befindet sich vom Zentrum der Stadt Paks 5 km südlich entfernt, von der Donau westlich 1 km, und von der Hauptverkehrsstraße östlich 1,5 km entfernt. Folgende Abbildung zeigt die Lage des Standortes und seiner direkten Umgebung.

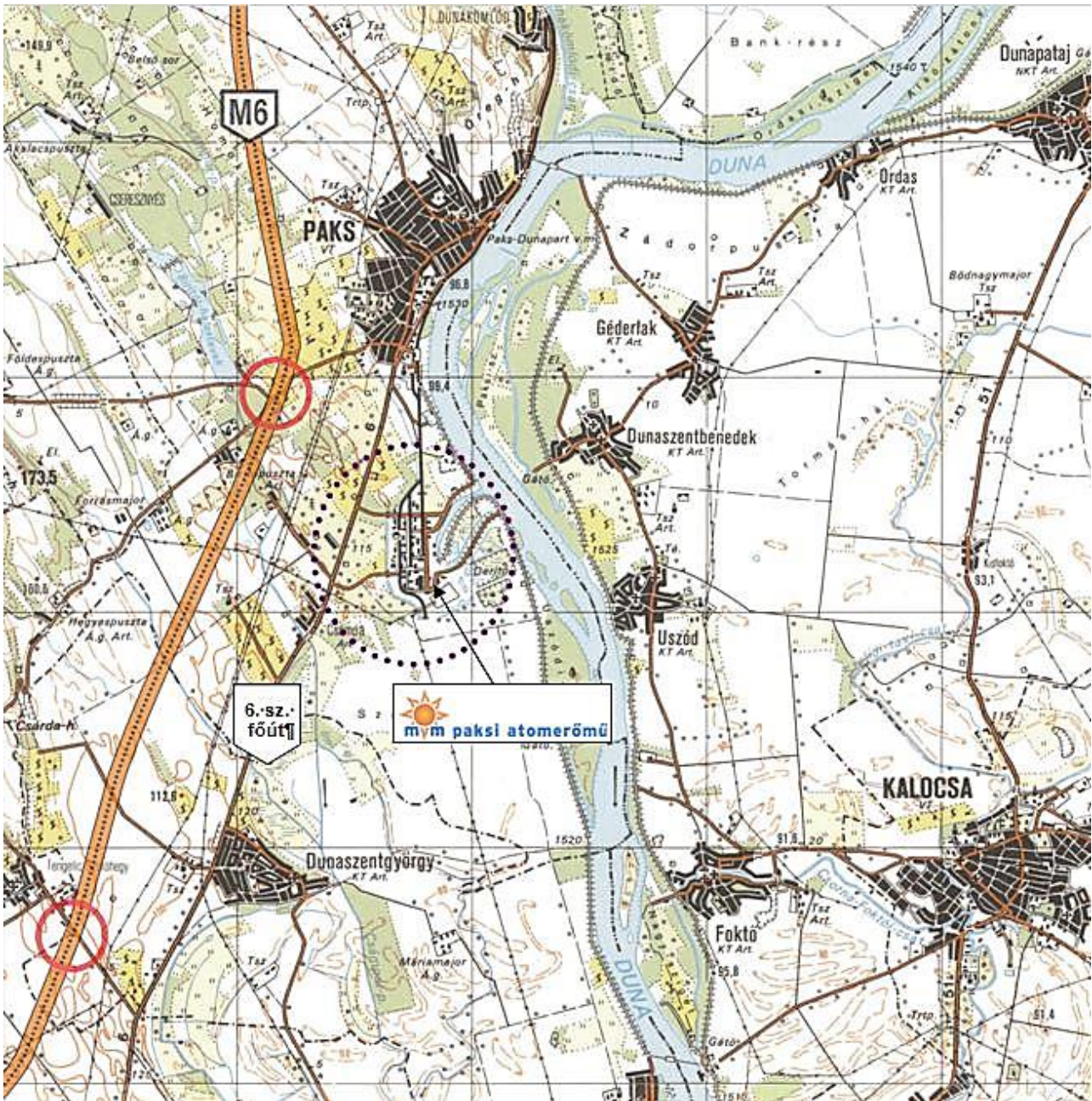
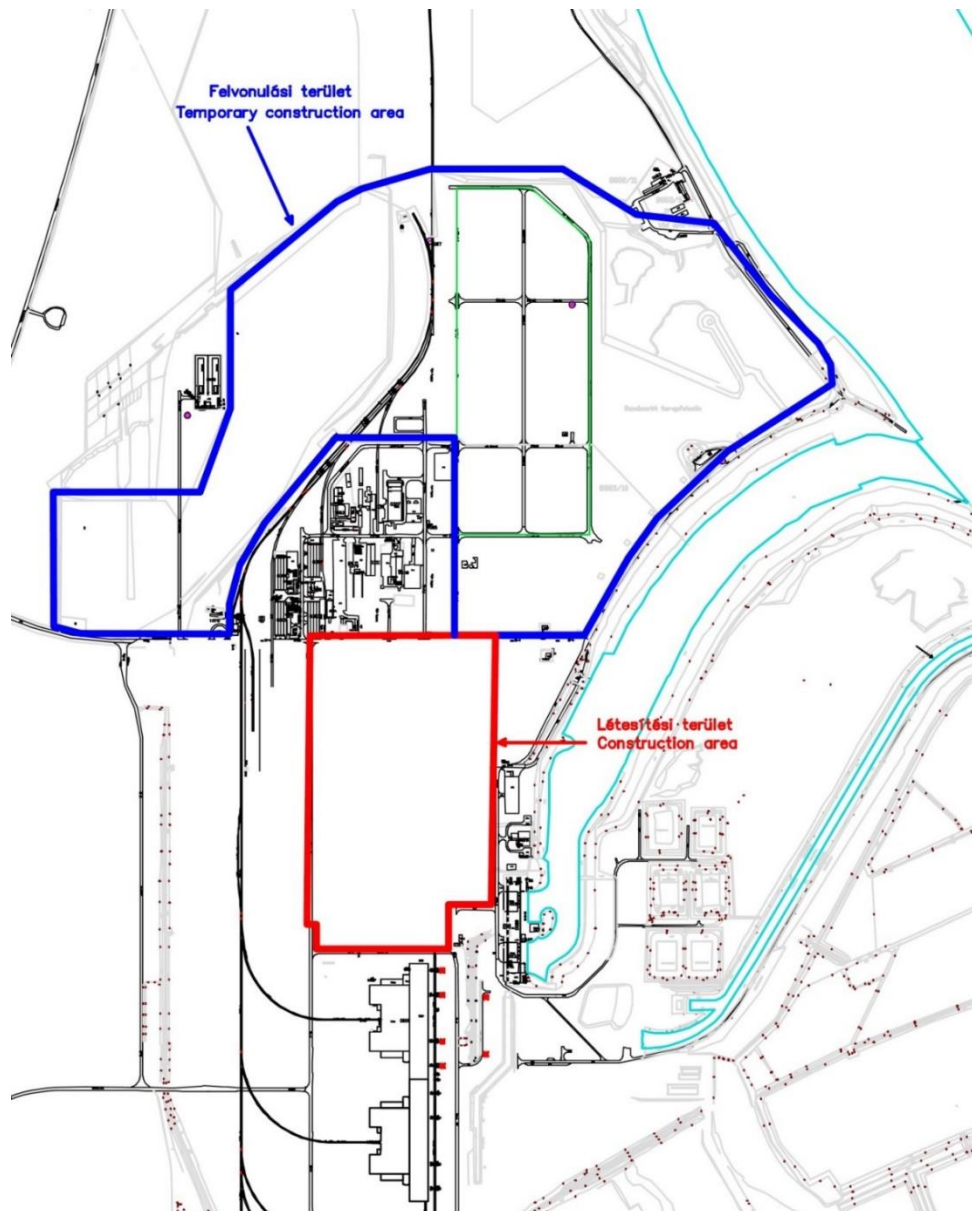


Abbildung 13: Übersichtskarte des Standortes Paks [13]

## 5.1 ERRICHTUNGORT VON PAKS II INNERHALB DES STANDORTES DES KERNKRAFTWERKS VON PAKS

Zur Unterbringung der neuen Kernkraftwerkblöcke kommen die benachbarten, nördlich der derzeitigen Blöcke des Kernkraftwerks von Paks liegenden Gebiete in Betracht. Das auf der folgenden Abbildung mit rot markierte Gebiet ist das Betriebsgelände der neuen Blöcke, und das blau markierte Gebiet ist der Investitionsgelände.



Zeichenerklärung  
Rote Linie: Betriebsgelände  
Blaue Linie: Investitionsgelände

Abbildung 14: Der Standort Paks mit der Angabe des Geländes des geplanten neuen Kernkraftwerkes

Das gesamte Gebiet umfasst 105,8 ha, wovon die Betriebsanlagen etwa 29,5 ha Platz und das Investitionsgelände 76,3 ha Platz einnehmen werden. Auf dem Betriebsgelände werden die Kernkraftwerkblöcke, die Bediener-Hilfsanlagen und Systeme, und die sonstigen Gebäude untergebracht werden, das Investitionsgelände bietet in der Ausführungsphase einen geeigneten Platz für die Bauarbeiten.





Abbildung 15: Gelände der geplanten Blöcke [14]

## 5.2 INFRASTRUKTURELLE VERBINDUNGEN DES ERRICHTUNGORTES

Quelle: Analyse des außerhalb der Hauptunternehmervolumens liegenden Posten der am Standort Paks zu errichtenden neuen Kernkraftwerkblöcke, 2013, MVM ERBE geschlossene AG.

In der Vorbereitungsphase der Investition hat die Untersuchung der Zufahrtsmöglichkeiten des definierten Entwicklungsgebietes, und dadurch der Zulieferbarkeit der großen Anlagen eine hervorgehobene Bedeutung. Das für die Entwicklung der neuen Blöcke bestimmte Gebiet kann sowohl auf öffentlichen Straßen, auf Eisenbahnschienen, als auch auf dem Wasserweg erreicht werden, der aktuelle Zustand der Infrastruktur macht aber gleichzeitig, den mit der Errichtungsphase verbundenen täglichen - bedeutenden - für den Zutritt notwendigen Verkehr (Pendeln), und die Zulieferung großer Anlagen nicht, oder nur im begrenztem Maß möglich.

Das Betriebsgelände und das Investitionsgelände können des neuen Kernkraftwerks können auf **öffentlichen Straßen** sowohl von der M6 Autobahn (Ausfahrt Paks-Süd), als auch von der Hauptverkehrsstraße 6 erreicht werden. Derzeit existiert ein jeweils getrennter Zufahrtsweg zu den Pforten E und D des Kraftwerks. Bezüglich der Entwicklung der vorhandenen Infrastruktur sind mehrere Versionen im Vorfeld untersucht worden:

- ❖ der Bau eines neuen Zufahrtsweges von der Ausfahrt der M6 Autobahn;
- ❖ die Sanierung des Straßennetzes zwischen den umgebenden Ortschaften (Tengelic, Kölesd, Nagydorog, Németskér, Bölcse), und der Hauptverkehrsstraße 6 (auf 2 x 1 normal breite Spuren);
- ❖ oder die Erweiterung, der Umbau des sich in Richtung der Ortschaft Gerjen befindenden Landweges.

Mit der Strecke Gerjen - Kernkraftwerk von Paks, und der auf der Donau eventuell auszubauenden Fähren/Bootslinie könnte auch Kalocsa und ihr Einzugsgebiet in die, mit der Errichtungsphase verbundenen Bauarbeiten einbezogen werden.

**Bezüglich der Eisenbahn** führt die derzeitige Trasse neben dem erwähnten Gebiet in Richtung von Pusztaszabolcs (Pusztaszabolcs- Dunaújváros-Paks, 79 km-lange, teilweise elektrisierte Nr. 42 Eisenbahnlinie der MÁV mit einer Spur). Der ursprüngliche Streckenabschnitt ist bei dem Bau des Kernkraftwerks von Paks saniert worden, derzeit können hier auch Lokomotiven mit 20 t Achsenlast fahren, aber davon unabhängig ist die Sanierung und/oder der Ausbau einer neuen Trasse notwendig.

**Bezüglich der Erreichbarkeit auf dem Wasserweg** verfügt das Kraftwerk von Paks auch derzeit über einen Hafen, aber die Sanierung (Bockkahn) oder eine eventuelle Erweiterung dessen ist notwendig.

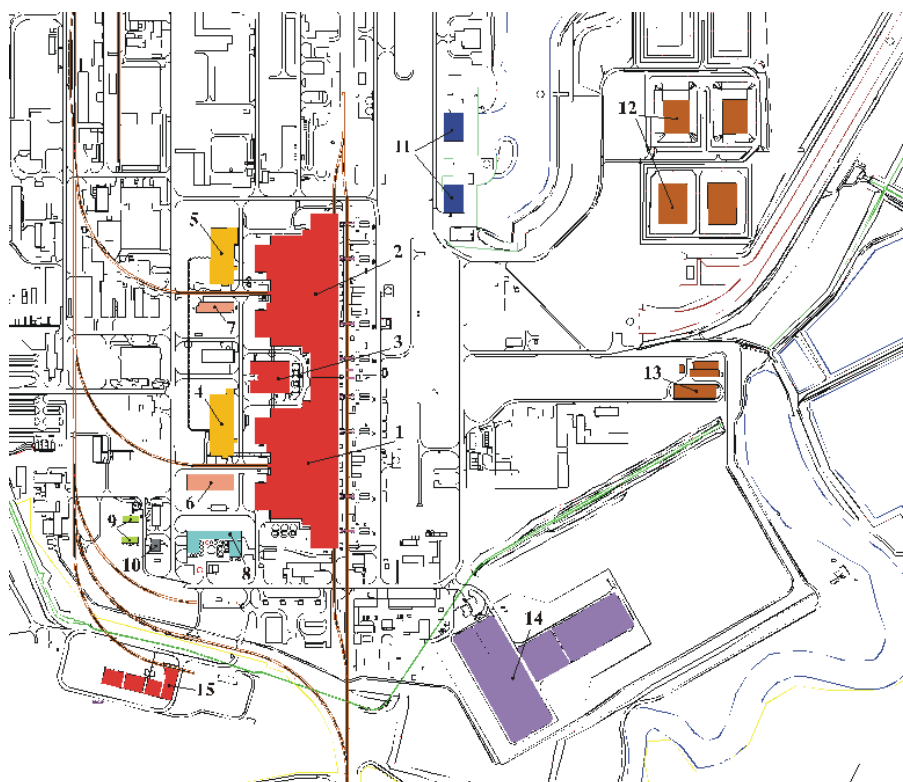
Auf dem Betriebsgelände und dem Investitionsgelände steht derzeit keine **Wasserversorgung und Abwasserlagerung** zur Verfügung, der Ausbau dieser ist notwendig.



### 5.3 DAS KERNKRAFTWERK VON PAKS UND SEINE ANGESCHLOSSENEN ANLAGEN



Abbildung 16: Ansichtsbild der Zwillingsblöcke des Kernkraftwerks von Paks [13]



Zeichenerklärung:

1. I. Betriebshauptgebäude
2. II. Betriebshauptgebäude
3. Medizinisches- und Laborgebäude
4. I. Hilfsgebäude
5. II. Hilfsgebäude
6. I. Dieselmotorenhaus
7. II. Dieselmotorenhaus
8. Chemische Vorbereitung
9. Wasserstoff-Nitrogen Tankpark
10. Wasserstoffwerk
11. I. - II. Wasserentnahmewerk
12. Schlamm Speicherbecken
13. Abwasserreinigungsanlage
14. Transformator Umspannwerk
15. Zwischenlager abgebrannter Brennelemente (ZLAB)

Abbildung 17: Das Kernkraftwerk von Paks und seine angeschlossenen Anlagen am Standort Paks [15]

### 5.3.1 KERNKRAFTWERK VON PAKS

Das Kernkraftwerk von Paks ist ein maßgebender Teilnehmer der ungarischen elektrischen Energieversorgung, seine 4 Blöcke sind zwischen 1982 und 1987, mit pro Block 1 Stück, insgesamt 4 Stück Druckwasser-, wassergekühlten Typ VVER-440 V-213 Reaktoren in Betrieb gesetzt worden. Die ursprüngliche nominelle elektrische Leistung der Blöcke betrug  $440 \text{ MW}_e$ , was Dank des leistungserhöhenden Programmes auf  $500 \text{ MW}_e$  erhöht worden ist, wodurch die nominelle elektrische Gesamtleistung  $2\,000 \text{ MW}_e$  beträgt. Die Wärmeleistung der Blöcke beträgt jeweils  $1\,485 \text{ MW}_{th}$ , die gesamte thermische Leistung beträgt  $5\,940 \text{ MW}_{th}$ .

Das Kernkraftwerk von Paks arbeitet als Basiskraftwerk nach Möglichkeit mit gleichmäßiger Belastung. Im Jahr 2013 ist hier  $15\,369,6 \text{ GWh}$  elektrische Energie erzeugt worden, was  $50,7\%$  der gesamten einheimischen brutto elektrischen Energieerzeugung ergeben hat.

Die Atomkrafttechnologie kann in einen Primär- und Sekundärkreislauf aufgeteilt werden. Im Primärkreislauf befinden sich die nukleare Technologie mit dem Hauptwasserkreislauf, den damit verbundenen wichtigsten Systemen des Primärkreislaufes, und den sonstigen Behelfsysteme. Die Hauptanlage des Primärkreislaufes ist der vertikal angeordnete, zylindrische Reaktortank, in dem sich die aktive Zone befindet. Der Brennstoff des Reaktors ist  $42 \text{ Tonnen Uran-Dioxid}$ . Der Moderator und das Kühlmittel des Druckwassers Kernkraftreaktors ist jeweils leichtes Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Das Wasser des Primärkreislaufes mit hohem Druck und hoher Temperatur übergibt in den wärmeüberleitenden Rohren des Dampferzeugers die vom Reaktor abtransportierte Wärme an den Sekundärkreislauf. Im Sekundärkreislauf erfolgt die Umwandlung der im Reaktor erzeugten Wärme in mechanische und danach in elektrische Energie. Im Dampferzeuger verdampft das Wasser, und gelangt über das Hauptdampfsystem in die Turbinen. Der aus den Turbinen austretender Dampf schlägt sich auf den mit Donau-Wasser gekühlten wärmeübergebenden Oberflächen der Kondensatoren nieder, und gelangt wieder in den Dampferzeuger. Das Kraftwerk von Paks entnimmt sein Kühlwasser aus der Donau, welches nach seiner Erwärmung wieder in die Donau zurückgeführt wird. Die erzeugte elektrische Energie wird von den Haupttransformatoren (pro Block jeweils 2 Stück) auf eine  $400 \text{ kV}$  Spannungsebene transformiert.

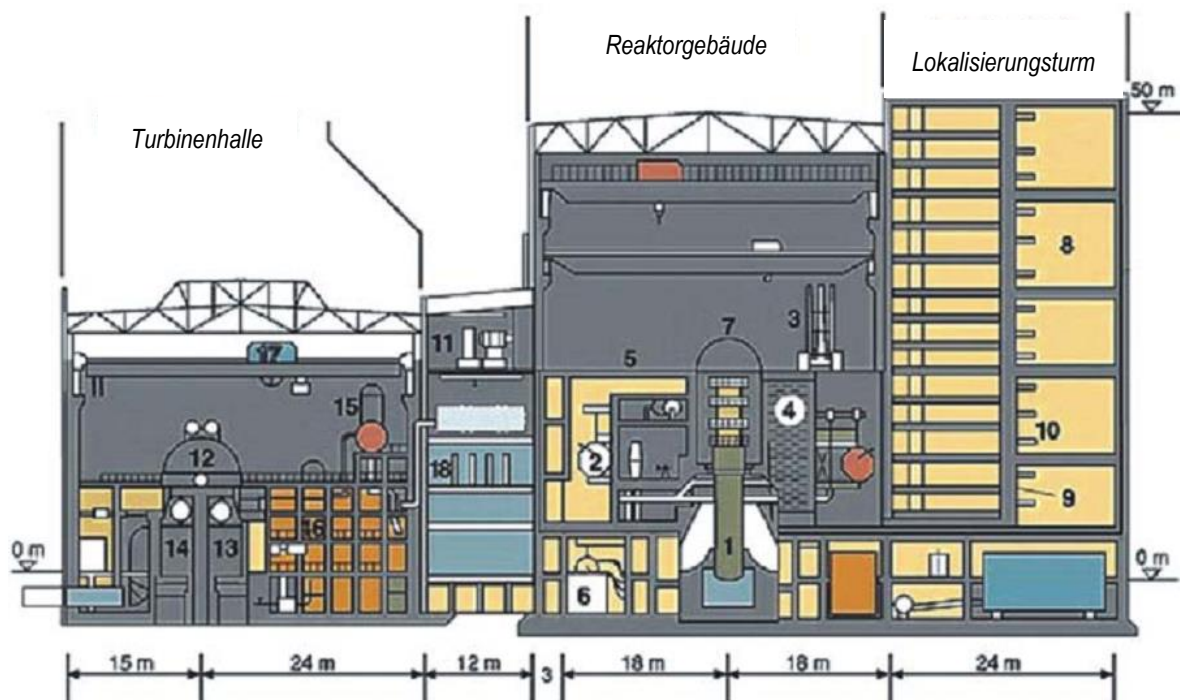


Abbildung 18: O-W Richtung Querschnitt des Kernkraftwerks von Paks [16]

#### Behandlung und Lagerung der Brennelemente

Im Fall der als Brennstoff des Kernkraftwerks verwendeten - schon bestrahlten, bzw. abgebrannten - Brennelementstränge, also der im Reaktor nicht mehr nutzbaren Kassetten muss neben der Aufrechterhaltung ihres subkritischen Zustandes einerseits eine Strahlenschutzverdeckung, andererseits die Abführung der in den Kassetten entstehenden Restwärme sichergestellt werden, sowohl während der Behandlung, als auch während der Lagerung.

Nach der Entnahme der während des Betriebes des Kraftwerks entstehender abgebrannter Brennelemente aus dem Reaktor werden diese in ein Zwischenlager, welches Ruhebecken mit einem eigenständigem Kühlkreis sind, und die sich in der direkten Nachbarschaft der vier Reaktoren befinden vorläufig gelagert.

Nach der Lagerung in den Ruhebecken für 3-5 Jahre werden die abgebrannten Brennelementkassetten in das Zwischenlager Abgebrannter Brennelemente (ZLAB) transportiert, wodurch die für den ständigen Betrieb der Reaktoren notwendige Lagerkapazitäten der Ruhebecken sichergestellt werden.

### Sicherheitszone des Kernkraftwerks von Paks

Die minimale Entfernung der Sicherheitszone des Kernkraftwerks beträgt 500 m, welche Entfernung von folgenden Elementen, bzw. Gebäudekonstruktionen aus gerechnet wird:

- Von den Wänden der, die Sicherheitskühlwasserpumpen beinhaltenden Räume der Wasserentnahmewerke,
- Von den Wänden der Kanäle der Kühlwasserleitungen, und von den Leitungen selbst, wo sie in die Erde verlegt sind,
- Von den Wänden des Turbinenmaschinenhauses,
- Von den Wänden der Pumphäuser für salzfreies Wasser,
- Von den Wänden der querverrichteten Stromgalerien,
- Von den Wänden der Reaktorhallen - darunter verstanden auch die Wände der Lokalisierungstürme,
- Vom äußersten Punkt der unterirdischen Brennstofftanks der Dieselgeneratoren,
- Von den Wänden der Dieselmotorenhäuser,
- Von den Wänden der Hilfsgebäude, und
- Von den Wänden der die beiden Hilfsgebäude verbindenden Rohrbrücke.

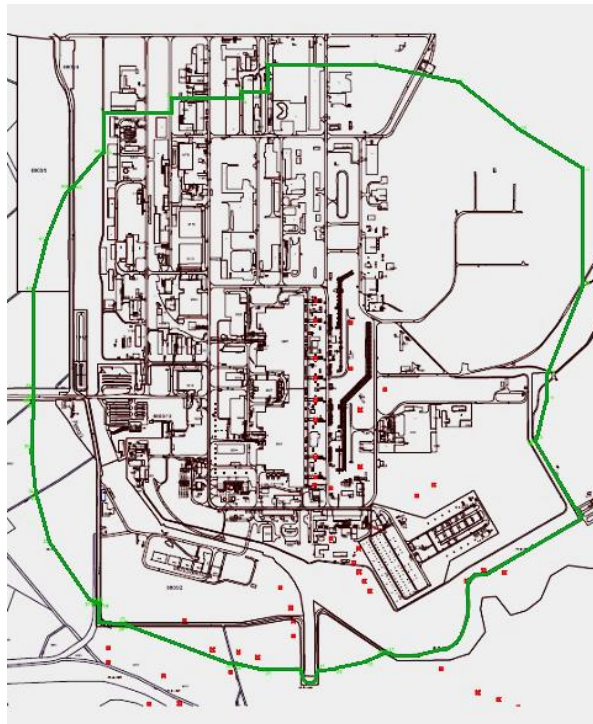


Abbildung 19: Sicherheitszone des Kernkraftwerks von Paks [15]



### 5.3.2 400 KV UMSPANNWERK

Die in den Turbogeneratoren des Kernkraftwerks von Paks erzeugte elektrische Energie wird von den Haupttransformatoren auf eine Spannungsstufe von 400 kV transformiert. Die Haupttransformatoren sind über die 400 kV Luftleitung an das, Teil des nationalen Grundnetzes bildende, sich am südöstlichen Teil des Standort Paks befindende 400 / 120 kV Umspannwerk angeschlossen. Die vom Umspannwerk kommenden 400 kV Fernleitungen sichern die Hauptwege der Weiterleitung der erzeugten Energie. Der 400 kV Teil des Umspannwerks ist über zwei 400 / 120 / 18 kV, 250 / 250 / 75 MVA Typ Booster Transformatoren an den 120 kV Teil des Umspannwerks angeschlossen, und so an die von dort startenden 120 kV Fernleitungen. Die Ausführung des 400 kV Teiles des Umspannwerks ist verkapselt, hat eine SF6 Isolierung, eine anderthalb-Unterbrecher Anordnung, während der 120 kV Teil ein Umspannwerk mit konventioneller Ausführung und Hilfsschienen (2 Sammelschienen + Hilfsschiene) ist. [13]

### 5.3.3 ZWISCHENLAGER FÜR ABGEBRANNT BRENNELEMENTE (ZLAB)

Die während des Betriebs des Kraftwerks entstehenden abgebrannten Brennelemente müssen, mit oder ohne eine eventuelle weitere Bearbeitung vor ihrer endgültigen Unterbringung vorläufig gelagert werden. Nach der Lagerung in den Ruhebecken für 3-5 Jahre werden die abgebrannten Brennelementkassetten in das Zwischenlager Abgebrannter Brennelemente (ZLAB) transportiert.

Das ZLAB ist ein modulartiges Zwischenlager, dessen freie Lagerkapazität durch eine ständige Erweiterung der Lagermodule erhöht werden kann. Im Sinne des im Jahr 1996 ausgegebenen CXVI Gesetzes, dem Atomgesetz ist die Aufgabe der vorläufigen Lagerung abgebrannter Brennelemente Aufgabe der Radioaktiven Abfall Behandelnden Gemeinnützige Nonprofit GmbH (Radioaktiv Hulladékot Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft.) geworden. Das ZLAB ist in der Nachbarschaft des Kernkraftwerks von Paks errichtet worden, sie ist ein vom Betreiber des Kraftwerks unabhängige eigenständige nukleare Anlage, welche über einen eigenen Endgültigen Sicherheitsbericht und eigene Betriebsgenehmigung verfügt.

Folgende Abbildung zeigt den Querschnitt der die Lagerrohre beinhaltenden, und einen natürlichen Luftstrom sicherstellenden Kammer.

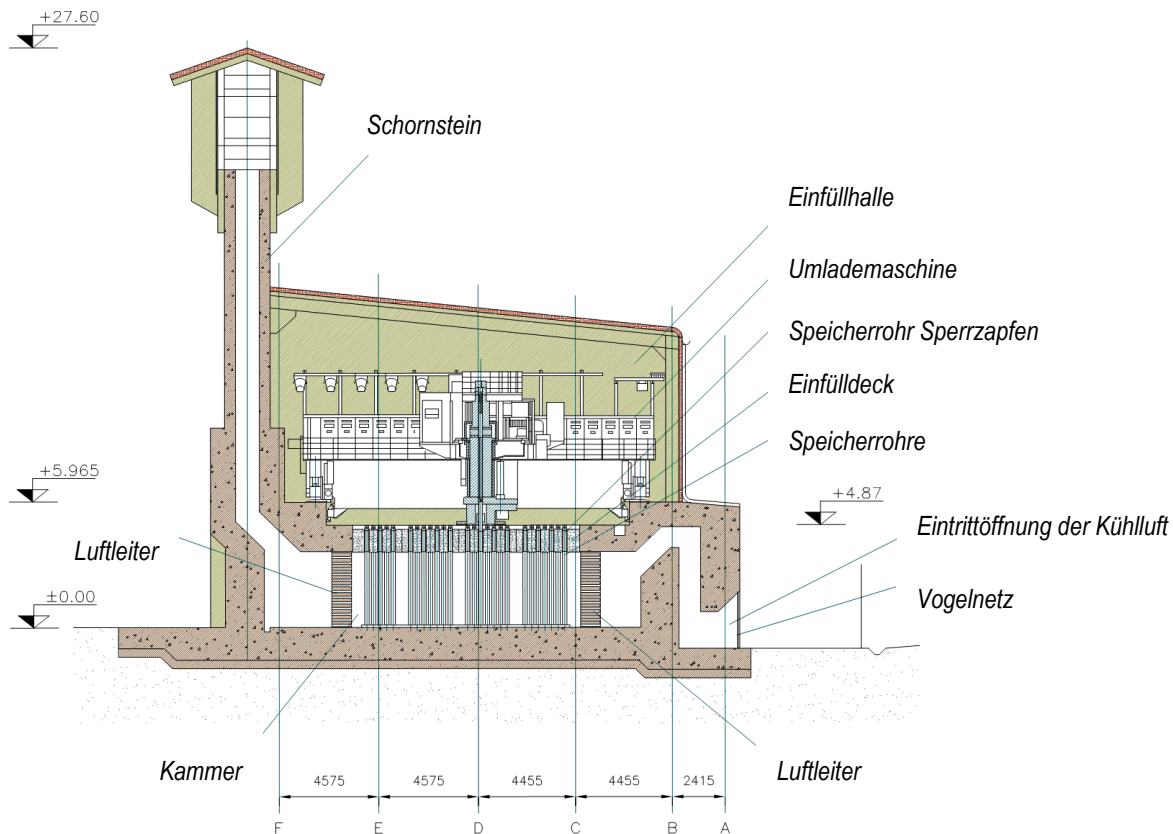


Abbildung 20: Querschnitt des ZLAB [15]

## Sicherheitszone des ZLAB

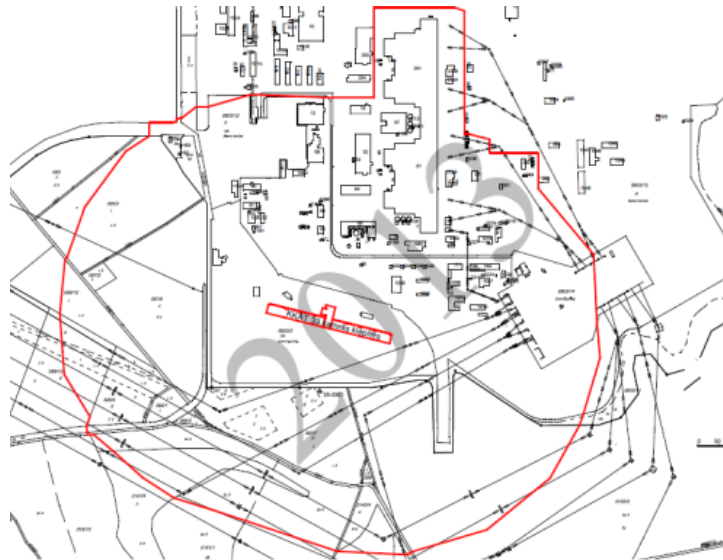


Abbildung 21: Sicherheitszone des ZLAB [15]

## 5.4 MONITORINGSYSTEME IN DER UMGEBUNG DES KERNKRAFTWERKS VON PAKS

Das Kernkraftwerk von Paks untersucht, wie jede andere Anlage in der Energie erzeugt wird, ihre, sich aus ihrer Technologie ergebenden charakteristischen Umweltausstöße (Emissionen), und ihr Erscheinen in der Umgebung (Immissionen) ständig, sie führt Monitorings durch, und gibt in einem Jahresbericht zusammenfassende Informationen darüber, siehe den Umweltschutzbericht der MVM Paks Atomerőmű geschlossene AG für das Jahr 2013.

### 5.4.1 KONTROLLE DER KONVENTIONELLEN UMWELTZUSTANDSPARAMETER

#### 5.4.1.1 Kontrolle der Abwasser-, Nutzwasseremissionen

Die Kontrolle der Abwasser-, Nutzwasseremissionen erfolgt anhand des von der DdKTVF akzeptierten Plans der Selbstkontrolle.

- V1 Probeentnahme und Fernmessstation: Probenahme aus dem Kaltwasserkanal
- V2 Probeentnahme und Fernmessstation: Probenahme aus dem Warmwasserkanal
- V4 Probeentnahmestation (aus der Kassette des energiebrechenden Bauwerks gepumpte Probe): Erprobung der Resultante des in die Donau abgeführten verbrauchten Wassers und geklärten Abwassers, die konventionellen Emissionengrenzwerte beziehen sich auf diesen Punkt
- Überhebungsschacht des Erweiterungsgebietes: Qualität des an die Kläranlage der Stadt Paks übergebenen Abwassers (Grenzwert ist vorgeschrieben)
- Sonstige Probeentnahmestellen: vor und nach der kommunalen Kläranlage, Becken für Kalkschlamm, Becken für Abfallwasser mit Chemikalien

#### 5.4.1.2 Wärmebelastung der Donau

Die Kontrolle der Vorschriften bezüglich der Begrenzungen der Wärmebelastung der Donau erfolgt anhand des von der DdKTVF akzeptierten Plans der Selbstkontrolle. Anhand der Vorschriften dessen wird ständig die Temperatur des entnommenen und zurückgeleiteten Donau-Wassers gemessen, und im Falle eines 25 °C überschreitenden aus der Donau entnommenen Wassers wird die Temperatur der Donau auch im Abschnitt der Donau gemessen, der sich 500 m unter dem Einführungspunkt des Warmwasserkanals befindet.

### 5.4.1.3 Monitoring des Grundwassers

Zur Beobachtung der potentiell umweltverschmutzenden Quellen betreibt das Kernkraftwerk von Paks anhand der Umweltschutz-Betriebsgenehmigungen ein Monitoringsystem des Grundwassers. Im Monitoringsystem der konventionellen Ausstöße werden an den folgenden Probeentnahmestellen folgende Parameter untersucht:

- Von den Aufsichtsbrunnen bei den Sammelstellen für gefährliche Abfälle:  
pH, Gesamt-Salz, Gesamt-Öl,  $KOI_{ps}$ , Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni Werte,
- Von den Aufsichtsbrunnen bei im Schlammereich:  
pH, Leitungsfähigkeit, Gesamtstärke, Gesamt-Salz, Ammonium, Gesamt-Öl,  $KOI_{ps}$ ,  $NO_3^-$ , Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni,  $Cl^-$  Werte,
- Von den Aufsichtsbrunnen neben den Öltanks:  
pH, Ölgehalt,  $NO_3^-$ , Ammonium,  $Cl^-$  Werte,
- Von den Aufsichtsbrunnen auf dem Betriebsgelände:  
pH, Ammonium, Nitrat,  $KOI_{ps}$ .

## 5.5 **BETRIEBLICHES KONTROLLSYSTEM FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ DER UMWELT (BKSU) (BKSER)**

Die Kontrolle der Umwelt des Kernkraftwerks von Paks mit der Messung der Radioaktivität der Umweltproben läuft schon seit 1978, begonnen mit der Ermessung des Ausgangsniveaus (Null-Stufe), bis zu ständigen Betriebsmessungen.

Folgende Abbildung zeigt die Anordnung des Strahlenschutz Emissions- und Umweltkontroll-Monitoringsystems der Umwelt des Kernkraftwerks von Paks, Abbildung 22: Geographische Verteilung des Strahlungsemissionschutz- und Umweltkontrollmonitoringsystems des Kernkraftwerks von Paks.

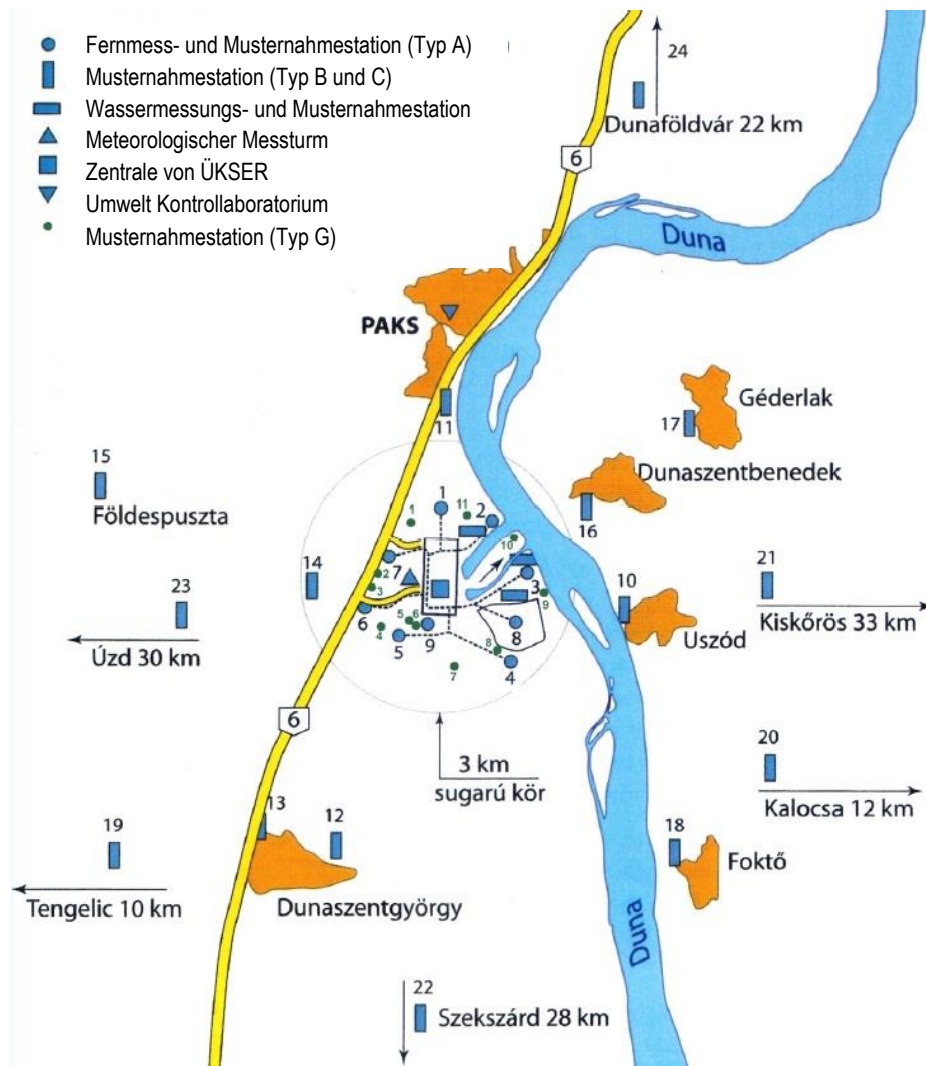


Abbildung 22: Geographische Verteilung des Strahlungsemissionschutz- und Umweltkontrollmonitoringsystems des Kernkraftwerks von Paks [17]

Die Messungen sind vom Kernkraftwerk von Paks, den Behörden und mehreren anderen Institutionen durchgeführt worden, und werden auch derzeit durchgeführt.

Die grundlegende Aufgabe der nuklearen Umweltkontrolle ist die Untersuchung der aus dem Kraftwerk austretender radioaktiver Stoffe, ihrer Erscheinung in der Umwelt und des Strahlungsniveaus der Umwelt.

Die ständige Strahlungskontrolle der Umwelt des Kernkraftwerks von Paks ist Aufgabe des Betrieblichen Kontrollsystems für den Strahlenschutz der Umwelt (BKSU). Der zusammenfassende Bericht der Messungsergebnisse des Strahlungsniveaus der Umwelt, und der radioaktiven Konzentration, welche auf Probeentnahmen aus den einzelnen Umweltsphären basieren wird jährlich ausgegeben, mit dem Titel 'Strahlenschutzfähigkeit im Kernkraftwerk von Paks'.

Folgende Abbildung zeigt den Aufbau des zweistufigen Strahlenschutz Emissions- und Umweltkontroll-Monitoringsystems des Kernkraftwerks von Paks.

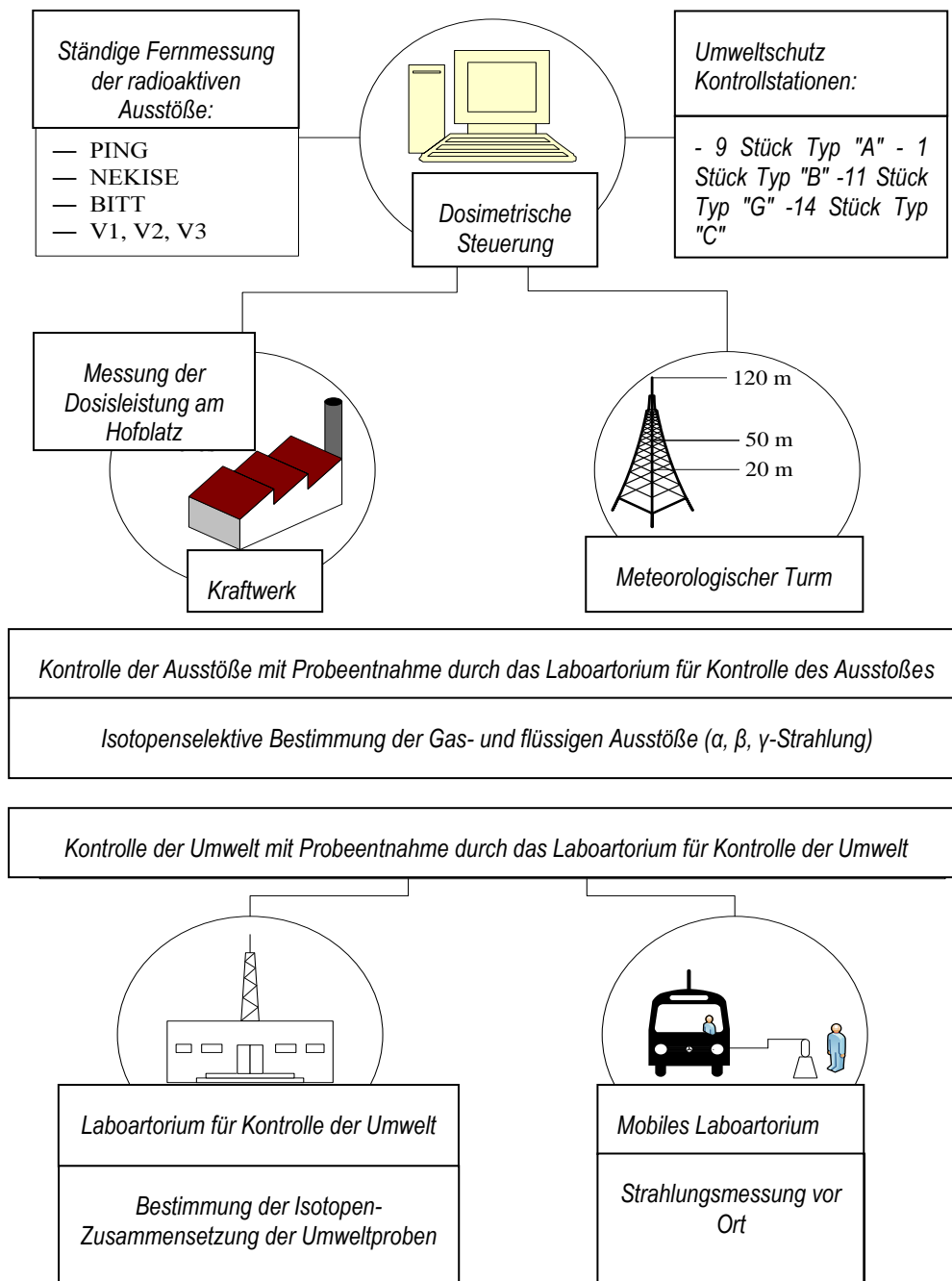


Abbildung 23: Aufbau des Strahlungsemissionschutz- und Umweltkontrollmonitoringsystems des Kernkraftwerks von Paks [18]

Die Kontrolle der Ausstöße und des Zustandes der Umwelt erfolgt mit einer zweistufigen Kontrolle:

- ❖ Mit ständigen Messungen
  - Die online Fern-Messnetze messen ständig die wichtigsten radioaktiven Ausstöße (flüssig und gasförmig), und die Umweltstrahlungsmengen.
- ❖ Mit Probenahme
  - Das Laboratorium zur Emissionskontrolle präzisiert die Fern-Messergebnisse durch isotopenselektive und äußerst genaue Laboruntersuchungen der Proben der einzelnen ausgestoßenen Sphären.
  - Das Umweltkontrolllaboratorium misst die isotopenselektive radioaktive Konzentration der aus der sich im 30 km Radius befindenden Umwelt entnommener unterschiedlicher Proben, und die Gamma-Strahlungsdosis der Umwelt, und die Dosisleistung.



Beide Laboratorien sind von der Nationalen Körperschaft für Akkreditierung akkreditiert worden.

#### 5.5.1.1 Radioaktiven Ausstöße und ihre Kontrolle

Das Begrenzungssystem für Emissionen, welches von der 15/2001. (VI.8.) Verordnung des Umweltschutzministeriums vorgeschrieben worden ist, ist ab 2004 in Kraft getreten, welches die gasförmigen und die flüssigen Ausstöße mit den isotopenspezifischen Emissionengrenzen vergleicht, welche von der für das Kernkraftwerk von Paks bestimmten Dosisbegrenzung (90 µSv/Jahr) abgeleitet worden sind.

*2013 hat das Kernkraftwerk von Paks die Emissionengrenzen in 0,26 % ausgenutzt, anders formuliert es wurden nur 0,26 % des erlaubten Wertes, also viel weniger als ein Hundertstel ausgestoßen.*

*Die Ausnutzung der flüssigen Begrenzung lag bei  $1,77 \cdot 10^{-3}$ , also 0,18 %, die Ausnutzung der gasförmigen Begrenzungswerte lag bei  $7,77 \cdot 10^{-4}$ , also 0,08 %.*

*Die Ausnutzungswerte der vergangenen Jahre verliefen ähnlich, sie betragen im Jahr 2012. 0,26 %, 2 im Jahr 011 0,20 %, im Jahr 2010 0,25 %, im Jahr 2009 0,22 %.*

#### 5.5.1.2 Kontrolle des Umweltzustandes

Die Kontrolle des Umweltzustandes wird durch die Analyse folgender Messungen sichergestellt:

- Messung der radioaktiven Konzentration der Luft, des Ausfalls, des Bodens, des Grundwassers und der natürlichen Pflanzendecke (Gras),
- Aktivitätsmessung der Oberflächengewässer (Donau, Fischteiche, Gürtelkanal), des Wassers, des Schlamms, der Fische,
- Messung der Aktivitätskonzentration bestimmter Lebensmittel-Proben (Milch),
- Messung der Dosisleistung, der Gamma-Strahlungsdosis der Umwelt.

Folgende Abbildung zeigt die Anordnung der den Zustand der Umwelt kontrollierenden Fernmessstationen in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks.

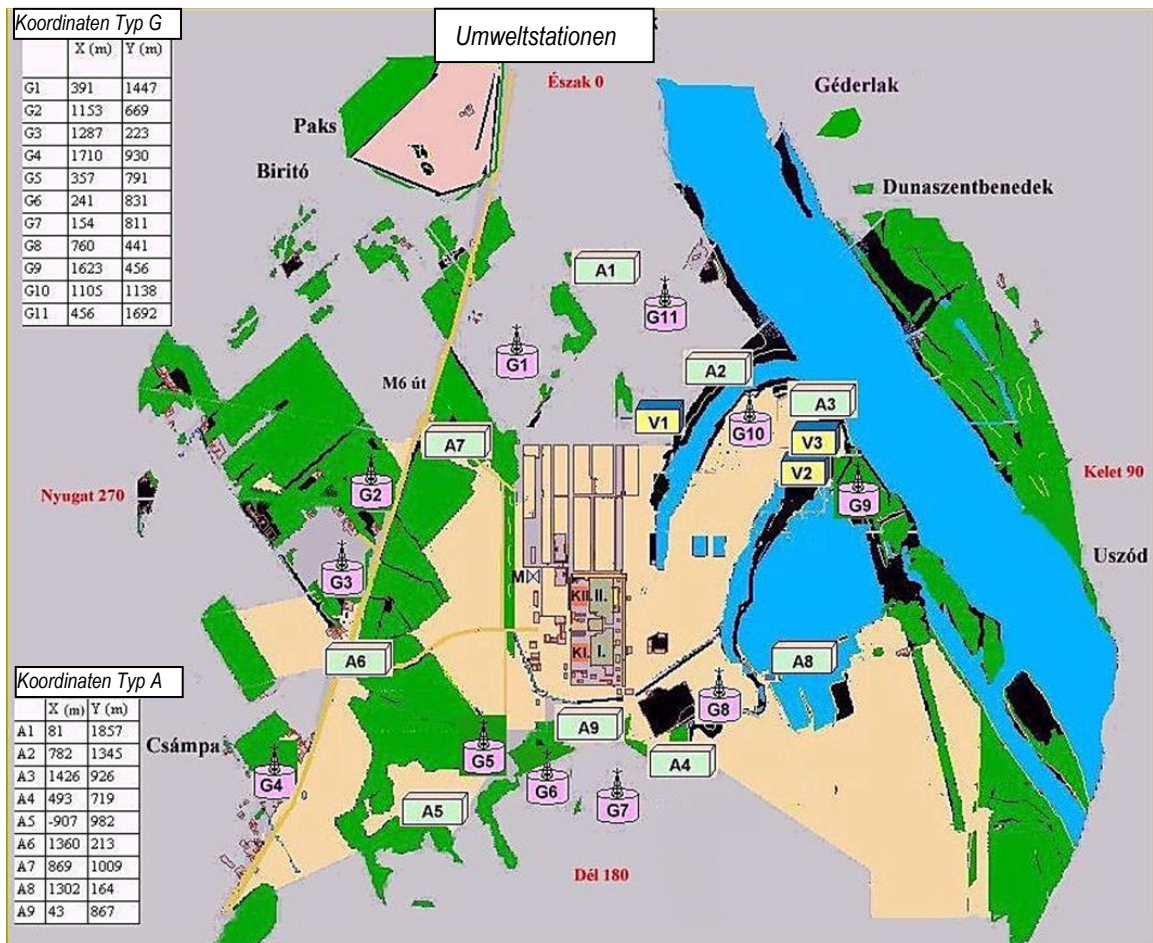


Abbildung 24: Typ "A" und "G" Fernmessstationen in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks zur Kontrolle des Umweltzustandes [19]

### 5.5.1.2.1 Fern-Messsysteme

**Fern-Messsysteme** in der 1,5 km Umgebung des Kernkraftwerks von Paks

- 9 Stück Mess- und Probenahmestationen des Typs „A“ (A1-A9)
  - Messung der Gamma-Strahlung Dosisleistung (on-line)
  - Messung der gesamten Beta-Aktivitätskonzentration der Aerosole (on-line)
  - Messung der elementaren und der organischen Phase des Radiojodes (on-line)
  - Aerosol und Jod Probeentnahme für Labormessungen (wöchentlich, monatlich)
  - Probeentnahme des Ausfalls<sup>3</sup> (fall-out, wash-out) (monatlich)
  - T/<sup>14</sup>C Probeentnahme (T: Wasserdampf und Wasserstoff), <sup>14</sup>C: CO<sub>2</sub>, bzw. CO<sub>2</sub> + C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>); (monatlich)
- 11 Stück Stationen des Typs „G“ (G1-G11)
  - Messung der Gamma-Strahlung Dosisleistung (on-line)

**Fern-Messsysteme** in der 30 km Umgebung des Kernkraftwerks von Paks

- 1 Stück Mess- und Probenahmestationen des Typs „B“ (B24) - **Referenzstation (Kontrollstation) in Dunaföldvár**  
Zur Bestimmung des Bezugs- oder Hintergrundniveaus werden hier die gleichen Messungen, wie in den Typ "A" Stationen durchgeführt.
- 15 Stück Stationen des Typs „C“
  - Mit thermolumineszenten Detektoren (TLD) durchgeführte Dosismessungen (monatlich)
  - Probeentnahme und Messung des Ausfalls (fall-out) (periodisch)

### 5.5.1.2.2 Probeentnahme-, Laboruntersuchungen

- Wasserproben an den V1, V2, V3 Wasserprobe-Entnahmestellen (bei den täglichen Probe Messung der Gesamt-Gamma, Gesamt-Beta, bzw. bei monatlichen-vierteljährlichen Probe selektive Isotopmessung)
- Wasserprobe und Schlammprobe
  - Donau, Fischteiche, Gürtelkanal, Kalkschlammbecken (vierteljährlich)
  - Faddi-Altdonau (monatlich)
- Boden- und Grasproben aus der Umgebung der Fern-Messstationen (periodisch)
- Milchproben aus den Molkereien in Dunaszentgyörgy und Tengelic (monatlich)
- Fischproben aus den Fischteichen (vierteljährlich)

### 5.5.1.2.3 Untersuchung der Tritium-Aktivitätskonzentration des Grundwassers

Zur Untersuchung der Tritiumbelastung der Grundwassers unter dem Hauptgebäude betreibt das Kernkraftwerk von Paks ein Monitoringsystem, womit sie die Vorschriften von Punkt 13-2. a) des HA-4797 des Nationalen Atomenergieamtes (IBJ Aufgaben) erfüllen.

Die Untersuchungen bauen grundlegend auf das Grundwasser Beobachtungs-Brunnennetz, welches das Kraftwerk umgibt, zu welchem Netz 140 Stück Brunnen gehören, von denen 52 Stück Grundwasser-Beobachtungsbrunnen die Hauptabteilung für Strahlungs- und Umweltschutz mit monatlicher oder jährlicher Regelmäßigkeit kontrolliert. Die Bestimmung der Tritiumaktivitätskonzentration ist mit der Messung der Gesamt-Beta und der Gamma-spektrometrischen Messung ergänzt worden, im Fall, wenn die Tritiumaktivitätskonzentration 500 Bq/dm<sup>3</sup> überschritten hat. Als Element des Umweltmonitorings sind in 25 Stück Brunnen Geräte für eine ständige Probenentnahme installiert worden, deren

---

<sup>3</sup> Der Ausfall der sich in der Luft befindenden radioaktiven Isotope kann durch trockene Ablagerung (Gravitationsablagerung) erfolgen, oder in Folge der Auswaschwirkung des Niederschlags (Regen, Schnee). Diese Prozesse werden zusammen fall-out genannt (Ausfall).

Hauptaufgabe es ist, neben der Nachverfolgung des Tritiums die eventuell vorhandenen sonstigen radioaktiven Stoffe aufzuzeigen (Gamma-Spektrometrie alle 2 Monate, <sup>14</sup>C alle 4 Monate, Pu-TRU (transuranes Element) alle 8 Monate aus einer Durchschnittsprobe (20 Liter/Monat) mit großem Volumen).

Die sich im Grundwasser aus dem Tritium ergebende jährliche Zusatz-Strahlenbelastung liegt bei etwa 0,01 nSv/Jahr, was neben der aus der natürlichen Hintergrundstrahlung stammenden Strahlenbelastung unwesentlich ist, welche in Ungarn etwa 20 % höher ist, als der weltweite Durchschnitt (2,4 mSv/Jahr), sie beträgt durchschnittlich 3, teilweise 4 mSv/Jahr.

### 5.5.1.3 Zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung

Folgende Tabelle zeigt die anhand der Emission- und meteorologischen Daten des Jahres 2013 - bezüglich eines Normalbetriebes - bestimmte jährliche zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung:

Dosisbegrenzung	μSv/Jahr	90
Bevölkerungsdosis	μSv/Jahr	4,83 · 10 <sup>-2</sup>
Ausnutzung der Begrenzung	%	5,37 · 10 <sup>-2</sup>

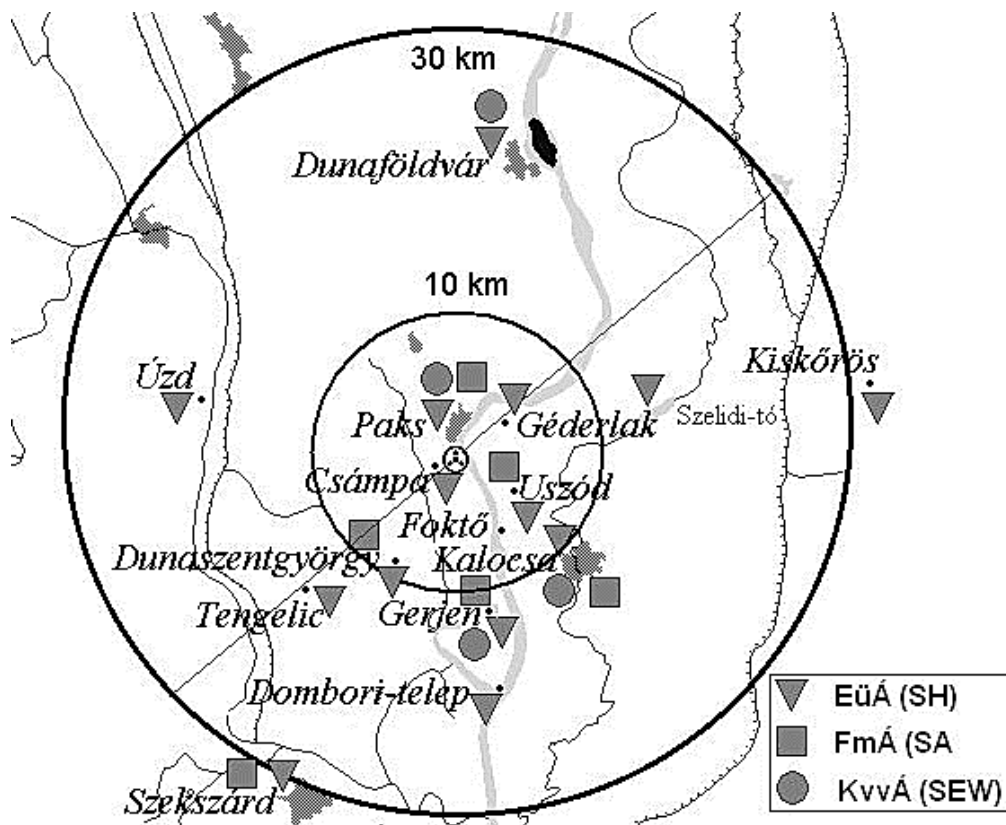
Tabelle 8: Ausnutzung der Dosisbeschränkung bezüglich des Standortes des Kernkraftwerkes von Paks – 2013 [19]

**Laut der Berechnungen betrug die aus dem Normalbetrieb des Kernkraftwerkes von Paks stammende zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung im Jahr 2013 48,3 nSv, was 0,0537 % der erlaubten jährlichen Dosisbegrenzung von 90 μSv entspricht.**

Diese Strahlenbelastung entspricht in etwa der Dosis, die man innerhalb einer ½ Stunde im Freien bekommt, und somit beinhaltet sie keine Gesundheitsrisiken, die Bevölkerung trifft eine unwesentliche Menge an zusätzlicher Strahlenbelastung.

## 5.6 AMTLICHES KONTROLLSYSTEM FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ DER UMWELT (AKSU) (HKSER)

Parallel zu den Messungen des Kernkraftwerkes von Paks arbeitet das von behördlichen Organen betriebene Amtliche Kontrollsystem für den Strahlenschutz der Umwelt (AKSU) zur Strahlenschutzkontrolle der Umgebung von Paks.



Anmerkung:  
EüA - Gesundheitssektion  
FmÁ - Landwirtschaftssektion  
KvVÁ - Umweltschutz- und Gewässersektion

Abbildung 25: Amtliche Messpunkte in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks mit einem Radius von 30 km [20]

Folgende Ministerien sind Mitglied des AKSU:

Sektion für Gesundheitswesen des Ministeriums für Human-Ressourcen (EüÁ EMMI)  
Sektion für Landwirtschaft (FmÁ)  
Sektion für Umweltschutz und Gewässerwesen (KvVÁ)  
des Landwirtschaftsministeriums (FM)

Im Rahmen der behördlichen Untersuchungen erfolgen neben der Kontrolle der Ausstöße im Luftraum und in den Gewässer, auch Laboruntersuchungen mit entnommenen Proben, in deren Verlauf Wasser- und Schlammproben aus der Donau, Boden-, Pflanzen und Milchproben analysiert werden.

Seit dem Jahr 2001 erfolgen neben der Messung der Dosisleistung der Strahlung folgende behördliche Aktivitätsmessungen:

- Aerosol in der Atmosphäre,
- Ausfall in der Atmosphäre (fallout, dry-out),
- Oberflächengewässer (Flüsse, natürliche und Künstliche Seen, Kanäle),
- Trinkwasser (Brunnen, Tiefenwasser),
- Bodensatz (Flüsse, natürliche und Künstliche Seen),
- Erd- und Grasproben (Acker mit und ohne Bewässerung, Gärten, Wiesen, Straßenstreifen),
- Blattgemüse (Indikatorenpflanzen aus dem Küchengarten, rohe Nahrung aus dem Küchengarten, Früchte),
- Fleisch (Schwein, Rind, Schaf, Geflügel, Wildfleisch, Fisch),
- Rohe Milch.

Im Laufe der Umweltverträglichkeitsprüfung von Paks II sind die im AKSU gemessenen Daten im Kapitel Umweltradioaktivität gründlich analysiert worden.

Über die im Rahmen der AKSU, der behördlichen Umweltuntersuchung der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks durchgeführten Tätigkeit werden Jahresberichte veröffentlicht, unter dem Titel 'Bericht des Amtlichen Kontrollsystems für den Strahlenschutz der Umwelt'. Die Berichte bezüglich der Ergebnisse der Jahre 1999-2012 sind öffentlich, und können von der Home-Page von AKSU (HAKSER) heruntergeladen werden.

<http://www.hakser.hu/eredmenyek/eredmenyek.html>.

## 5.7 NATIONALES KONTROLLSYSTEM FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ DER UMWELT (NKSU) (OKSER)

Im Sinne der 275/2002. (XII.21.) Regierungsverordnung ist die Grundaufgabe des Nationalen Kontrollsystems für den Strahlenschutz der Umwelt (NKSU) das Sammeln der Ergebnisse der nationalen Kontrollen bezüglich der, die natürliche und künstliche Strahlenbelastung der Bevölkerung bestimmender Umwelt-Strahlungsverhältnisse, und der in der Umwelt messbaren radioaktiven Stoffkonzentrationen.

Die Messungen erstrecken sich auf Folgendes:

- Dosisleistung der Umweltstrahlung,
- Aktivitätskonzentration der radioaktiven Isotope,
  - In den Elementen der Umwelt (Luft, Erde, Oberflächengewässer, natürliche und landwirtschaftlich angebaute Pflanzen, wildlebende und Nutztiere),
  - In den von der Bevölkerung verwendeten Lebensmittel und ihren Grundstoffen,
  - Im Trinkwasser,
  - In den Bau- und Grundstoffen,
- Aktivitätskonzentration von Radon und ihren Tochterelementen im Freien und in den Gebäuden,
- Innere radioaktive Verschmutzung des menschlichen Körpers.

### Schlussfolgerung des NKSU Jahresberichtes von 2012

Quelle: Jahresbericht des Nationalen Kontrollsystems für den Strahlenschutz der Umwelt (NKSU)(OKSER) aus dem Jahr 2012 (27.12.2013) [4-15]

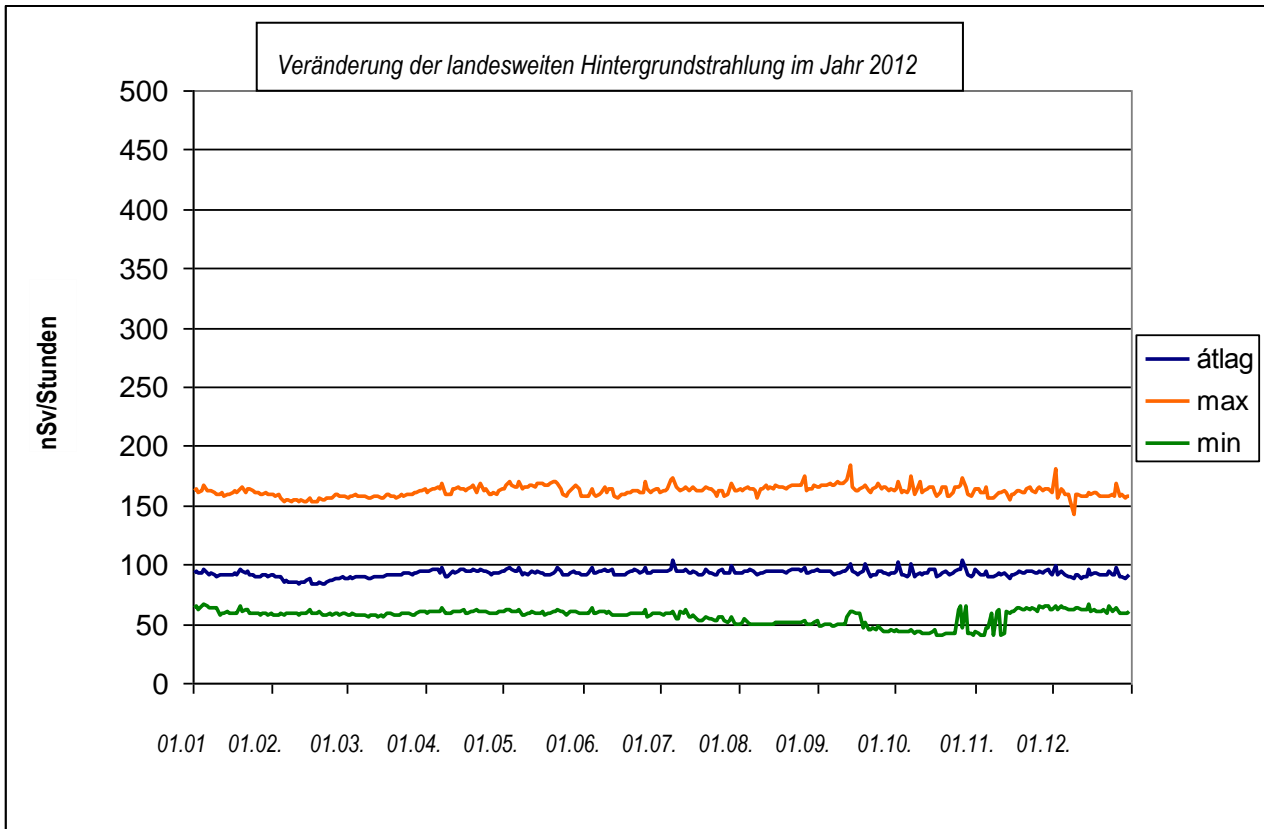
Der Jahresbericht des Nationalen Kontrollsystems für den Strahlenschutz der Umwelt (NKSU)(OKSER) aus dem Jahr 2012 fasst die in Ungarn gemessenen Werte wie folgt zusammen:

*„Es muss betont werden, dass während entsprechend der Verordnung der Europäischen Union {Post-Chernobyl 733/2008/EC, Council Regulation No 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station (codified version); Council Regulation (EC) No 1048/2009 extends its validity until 31 March 2020} (OJ L-201 of 30/07/2008, page 1)} die höchste erlaubte Menge der sich in Lebensmitteln befindlichen  $^{134}\text{Cs}$  és  $^{137}\text{Cs}$  Radionuklide zusammen 600 Bq/kg beträgt (in der Milch, in Milchprodukten und in Babynahrung beträgt dieser Wert 370 Bq/kg), solange in den in Ungarn erhältlichen, aufgearbeiteten Lebensmitteln der im Jahr 2012 gemessene höchste Wert auch unter 40 Bq/kg geblieben ist.*

*„Letztendlich führen wir auf, dass die aus künstlichen Quellen stammende Strahlenbelastung der Bevölkerung - außerhalb bei den medizinischen Behandlungen - in Ungarn in den vergangenen Jahren auf 3-6  $\mu\text{Sv}$  geschätzt werden kann, während die natürliche Strahlenbelastung annähernd mit drei Größenordnungen höher ist.“*

*„Zusammenfassend können wir feststellen, dass laut der Ergebnisse sowohl der nationalen Untersuchung, als auch der Kontrolle der betrieblichen Umgebung, die Auswirkungen der mit Genehmigungen verbundenen Tätigkeiten sowohl auf die Bevölkerung, als auch auf die Umgebung unwesentlich ist, die Konzentrationswerte der Radioisotope bleiben bei mehreren Probenarten meistens unter der Nachweisgrenze. [21]*

Folgende Abbildung zeigt als Charakterisierung der nationalen Verhältnisse die Veränderung der Werte des landesweiten Durchschnitts, der maximalen und der minimalen Werte der täglichen Gamma Dosisleistung.

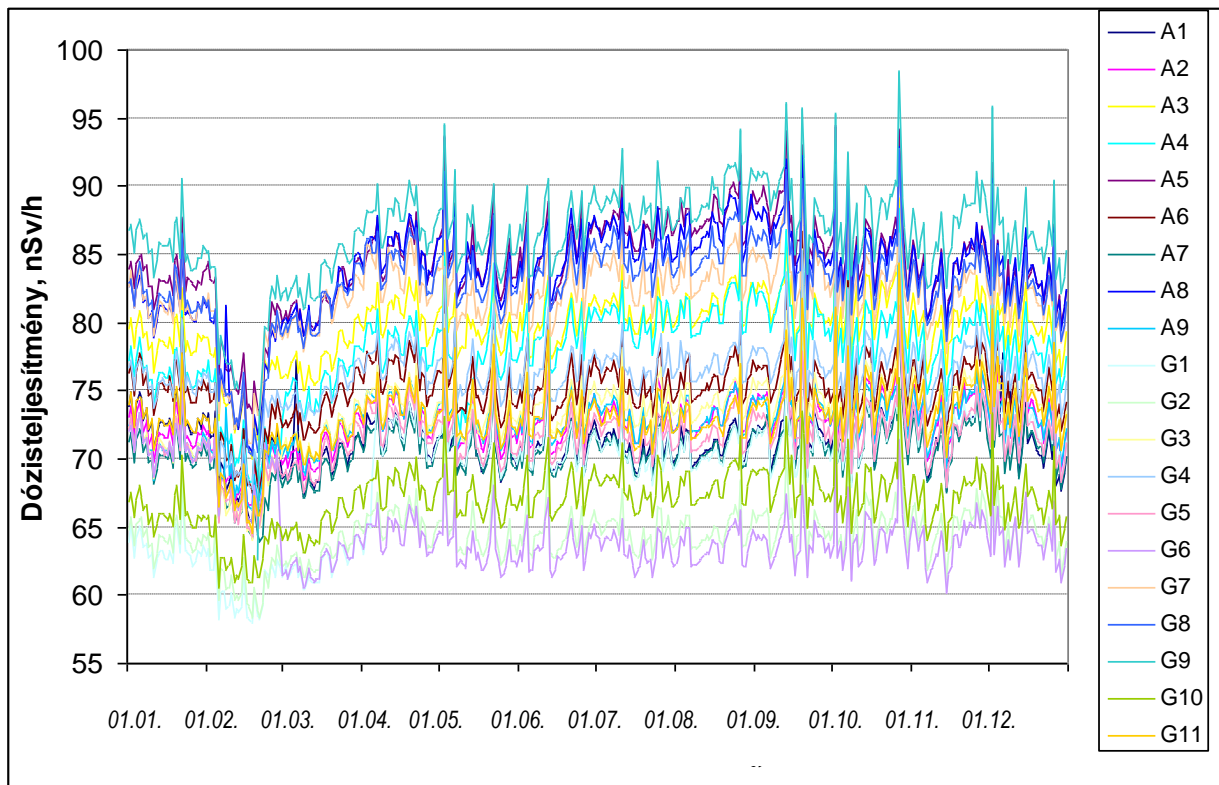


átlag - Durchschnitt

Abbildung 26: Veränderung des landesweiten Durchschnitts, der maximalen und der minimalen Werte der gamma Dosisleistung im Jahr 2012 [22]

Anhand der mit den, Teil des Umweltschutzkontrollsystems des Kernkraftwerks von Paks bildenden Dosisleistungsmesssonden (Umweltkontrollstationen Typ „A“ und „G“) 2012 gemessenen täglichen Dosisleistungen hat sich in der Umgebung des Gebietes des Kernkraftwerks von Paks die Umweltdosisleistung zwischen 58 und 98 nSv/h bewegt, was in den unteren Bereich der in Ungarn gemessenen Werte gehört. Folgende Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf der gemessenen Werte.





Dózisteljesítmény - Dosisleistung

Abbildung 27: In den Umweltkontrollstationen des Kernkraftwerks von Paks gemessene tägliche Dosisleistungen im Jahr 2012

## 5.8 ZUSAMMENFASSUNG DER GEGEBENHEITEN, MERKMALE DES STANDORTES PAKS

Bezüglich der Errichtung der neuen Kernkraftwerkblöcke verfügt der Standort Paks über zahlreiche vorteilhafte Eigenschaften:

- am Standort Paks wird seit mehr als 30 Jahren ein Kernkraftwerk betrieben,
- im Kreis der in der Umgebung lebenden Bevölkerung ist die Existenz, der Betrieb der Kernkraftwerks von Paks akzeptiert worden,
- der Standort und die Umgebung des Kernkraftwerks von Paks ist ein äußerst genau untersuchtes und erforschtes Territorium,
- die Wirkungen des Betriebs des Kernkraftwerks von Paks am Standort und in seiner Umgebung werden durch ständig arbeitende Monitoringsysteme kontrolliert,
- der Standort verfügt über einen direkten Zugang zur Donau,
- der Fluss Donau steht als Kühlwasserquelle zur Verfügung,
- in der Umgebung des Standortes ist die Infrastruktur ausgebaut und sie steht zur Verfügung,
- der Standort kann sowohl auf öffentlichen Straßen, als auch mit der Eisenbahn erreicht werden,
- ein Teil der Baustoffe und der großen Anlagen kann auf der Donau, auf dem Wasserweg transportiert werden,
- auf dem Gelände ist wegen der speziellen Ausgestaltung der Ebene des Geländes der Hochwasser- und Grundwasserschutz gewährleistet,
- die meteorologischen Merkmale sind vorteilhaft,
- in der 30 km Umgebung des Kraftwerks - außer in Paks - ist die Bevölkerungsdichte geringer als der landesweite Durchschnitt,
- der Anschluss an das nationale elektrische Fernleitungsnetz ist unter guten Bedingungen möglich,
- in der Region ist die Anwesenheit von gebildetem Personal mit Kernkraftenerfahrungen gesichert,

- die Ortschaft Paks bietet - wegen ihrer Umwelt- und infrastrukturellen Gegebenheiten der Unterbringung des Baupersonals und später der Betreiber gute Möglichkeiten.

Die geologische und nukleare Sicherheitseignung des Standortes wird detailliert im Rahmen des anhand des Nuklearen Sicherheitsregelwerk (Nukleáris Biztonsági Szabályzatok, NBSz) Anlagen der 118/2011. (VII.11.) Regierungsverordnung über die mit den nuklearen Sicherheitsanforderungen von Nuklearanlagen und der damit verbundenen Behördentätigkeit der OAH durchgeführten Standortgenehmigungsverfahren bewertet, bzw. nachgewiesen.

## **6 MÖGLICHE KONDENSATOREN-KÜHLMETHODEN DER NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKE**

### **6.1 KÜHLBEDARF, -MÖGLICHKEITEN DER ZUR ERZEUGUNG ELEKTRISCHER ENERGIE DIENENDER KONDENSATIONS-KRAFTWERKE**

Entsprechend der Gesetze der Physik wird im Falle der zur Erzeugung elektrischer Energie dienender Kondensationskraftwerke, unabhängig vom Typ des Kraftwerks, der Großteil der aus dem Brennstoff, im Falle eines Kernkraftwerks aus dem Brennstoff frei werdender Wärme, der zur Erzeugung elektrischer Energie nicht genutzt werden kann in die natürliche Umgebung, als den endgültigen Ort der Wärmeaufnahme abgeleitet. Der Grund dessen ist, dass man den Kondensator nicht unter die jeweilige Außentemperatur kühlen kann. Dies determiniert gleichzeitig auch den Wirkungsgrad des Zykluses.

Bei dem aktuellen Stand der Entwicklung der Technologie entsprechenden modernen Kernkraftwerken wird ca. 65-67 % der im Reaktor frei gewordenen Wärme bei einer der jeweiligen Außentemperatur angeglichenen Temperatur in die Umwelt abgeleitet.

Neben der in Kernkraftwerken erfolgenden Erzeugung elektrischer Energie entsteht im Primärkreislauf und im Sekundärkreislauf zur Erzeugung elektrischer Energie nicht nutzbare Wärme, deren Abführung die Kühlsysteme gewährleisten. Zur Abführung der im Primärkreislauf von Kernkraftwerken entstehenden, nicht nutzbaren Wärme dient das sog. Sicherheitskühlsystem, zum, Abführen der aus dem Kondensator des Sekundärkreislaufes abführbarer Kondensationswärme das Kondensatoren Kühlwassersystem, und zur Abführung der in den technologischen Systemen des Sekundärkreislaufes entstehender Wärme dient das technologische Kühlwassersystem.

In einem Kernkraftwerk entsteht mehr als 95 % des Kühlbedarfes aus der Kühlung des Kondensators.

Als endgültigen Wärmeschlucker der abzuleitenden Wärme werden - unter Berücksichtigung der Gegebenheiten des Standortes - in erster Linie folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen:

- Fluss mit großem Wasserführung;
- größerer See;
- das Meer.

In den Fällen, wenn in der Umgebung eines Kraftwerks ausreichend Wasser zur Verfügung steht, wird die Kühlung mit dem direkten Durchströmen des zur Verfügung stehenden Kühlwassers durch den Kondensator, mit sog. Frischwasser gelöst. Das aufgewärmte Kühlwasser wird - ohne einen bedeutenden Volumenverlust - in das Meer oder den Fluss zurückgeführt.

An den Standorten, wo keine geeigneten 'Frischwasserquellen' zu Kühlungszwecken zur Verfügung stehen, werden - trockene oder feuchte - Kühlturm-Kühlsysteme verwendet. Bei den Kühltürmen rezirkuliert das Wasser zwischen dem Kühlturm und dem Kondensator. In diesem Fall nimmt einen bedeutenden Teil der abzuleitenden Wärme die Verdunstungswäre des Wassers auf, den restlichen Teil nimmt die Luft mit Wärmeübergabe auf.

Annähernd  $\frac{3}{4}$  der derzeit betriebenen Kernkraftwerke verwenden eine Frischwasserkühlung, die restlichen haben Kühlturm-Kühlsysteme [23]

Die Haupttechnologie der geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke und ihre Behelfssysteme, die Mehrheit der Anlagen hängt relativ wenig von der Errichtungsumgebung ab, das Kühlsystem muss aber projektspezifisch, unter Berücksichtigung der Gegebenheiten der gegebenen Umgebung ausgewählt werden. Die Kühlmethode beeinflusst die technischen, Wirtschaftlichkeitsmerkmale und die Auswirkung der geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke auf ihre Umwelt.

## **6.2 GESETZLICHE RAHMEN, GRENZWERTE BEZÜGLICH DER WÄRMEBELASTUNG DER UMWELTGEWÄSSER**

Das in die Wasserumgebung abgegebene aufgewärmtes Wasser (Wärmeabgabe) hat Auswirkungen auf die Vegetation, der Fische und andere Wasserorganismen des empfangenden Gewässers. Durch die Senkung der Temperatur des abzugebenden Wassers vor seiner Abgabe, bzw. durch die Erhöhung der Vermischung und der Wärmeabgabe können seine negativen Wirkungen auf die Pflanzen- und Tierwelt des Wassers verringert werden. Die Wirkungen können mit den Grenzwerten der Wärmeabgabe und den Kriterien bezüglich der Vermischungzone geregelt werden.

### **6.2.1 ALLGEMEINE REGELUNG BEZÜGLICH DER WÄRMEBELASTUNG DER WASSERUMGEBUNG**

#### **6.2.1.1 Europäische Union**

Bezüglich der Wärmeabgabe bestimmt Anlage I der 2006/44/EK Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates die Grenzwerte:

- ❖ Die Temperaturerhöhung darf bei Gewässern mit Karpfen vom Abgabepunkt in Richtung der Strömung (am Rand der Vermischungzone) um 3°C höher sein, als die Temperatur eines nicht betroffenen Bereiches,
- ❖ Als Ergebnis der Abgabe darf die gemessene Temperatur von Gewässern mit Karpfen vom Abgabepunkt in Richtung der Strömung (am Rand der Vermischungzone) nicht höher sein als 28 °C.

Wegen der ungleichmäßigen Vermischung des abgegebenen Wassers im Empfängerbereich können in der Vermischungzone auch höhere Temperaturzonen entstehen. Die Hauptfaktoren der Beeinflussung der Vermischungzone sind: die Temperatur, die Geschwindigkeit und die Menge des abgegebenen Wassers.

#### **6.2.1.2 Ungarn**

Die allgemeinen Regeln werden von der 220/2004. (VII. 21.) Regierungsverordnung über die Regeln des Schutzes der Qualität von Oberflächengewässern, und der 28/2004. (XII. 25.) Verordnung des Ministeriums für Umweltschutz und Gewässerwesen (KvVM) über die einzelnen Regeln der Grenzwerte und der Anwendung dem Ausstoß Wasserverschmutzender Stoffe. Die Grenzwerte bezüglich der Wärmebelastung der Wasserumgebung müssen anhand individueller Prüfungen, unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit des Empfängerwassers bestimmt werden, dabei muss auch die Belastbarkeit und der Erhalt eines guten chemischen und ökologischen Zustandes berücksichtigt werden. 10/2010. (VIII. 18.) Verordnung des Ministeriums für Regionale Entwicklung (VM) über die Grenzwerte und der Anwendung der Regeln der Verschmutzungsgrenzwerte von Oberflächengewässern beinhaltet auch keine Begrenzungen bezüglich der Wärmeabgabe, bzw. der Wärmebelastung.

Tabelle I, Anlage Nr. 4 der 6/2002. (XI. 5.) KvVM Verordnung über die Verschmutzungsgrenzwerte und der zur Trinkwasserentnahme oder als Trinkwasserbasis bestimmten Oberflächengewässern, und zur Sicherstellung der Lebensbedingungen von Fischen vorgesehenen Oberflächengewässer und ihrer Kontrolle besagt, dass die Verschmutzungsgrenzwerte von Fischgewässern folgende sein können:

Qualitätsmerkmale		Gewässer mit Karpfen	Gewässer mit Barben	Gewässer mit Brachsen
Temperatur*	°C	18	25	30
Temperaturveränderung**	°C	1,5	3	5

Anmerkung:

\* Übergangsabweichungen von den Verschmutzungsgrenzwerten sind erlaubt (Absatz (1), § 12)

\*\* vom Wärmeabgabepunkt in Richtung der Strömung (am Rand der Vermischungszone) darf die gemessenen Temperatur höchstens im angegebenen Maß die Temperatur eines nicht betroffenen Bereiches überschreiten

Tabelle 9: Wasserverschmutzungsgrenzwerte der Fischgewässer

Bis zum heutigen Tag ist die Kategorisierung nur einiger Gewässer erfolgt, welche in Anlage Nr. 7 der 6/2002. (XI. 5.) KvVM Verordnung aufgelistet sind, wo die Donau nicht aufgeführt ist, somit gehört sie laut des Gesetzes (Zustand von 07. Juni 2014) nicht zu den Fischgewässern. Die Zuordnung der Donau, bzw. bestimmter Bereiche der Donau zu dieser Kategorie könnten unterschiedliche ökologische Verträglichkeitsprüfungen begründen.

## Genehmigungspraxis

Bei dem Genehmigungsverfahren konventioneller Kraftwerke bestimmen die Aufsichtsorgane die erlaubte Differenz zwischen der Temperatur des entnommenen Wassers und des zurückgeleiteten Wassers ( $\Delta T_{\max}$ ), die erlaubte Höchsttemperatur des zurückgeleiteten Wassers ( $T_{\max}$ ), den Temperaturanstieg nach der Vermischung ( $\Delta T$ ), und den Kontrollplatz.

## 6.2.2 REGELUNGEN BEZÜGLICH DER WÄRMEBELASTUNG VON KERNKRAFTWERKEN

### 6.2.2.1 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union

Wenn man einige Mitgliedsstaaten, ohne Anspruch auf Vollständigkeit untersucht, trifft man folgende Vorschriften vor. [24]

#### Finland

In Finnland gibt es keine eigenständige Regelung bezüglich der Wärmeabgabe von Kernkraftwerken, die Grenzwerte werden von den zuständigen Behörden in Abhängigkeit der Eigenheiten des Investitionsortes bestimmt.

Die derzeit betriebenen beiden Kraftwerke, das Olkiluoto und das Loviisa verwenden Meereswasserkühlung an. Im Falle von Olkiluoto beträgt der Abgabegrenzwert 30 °C (wöchentlicher beweglicher Durchschnitt), 500 Meter vom Abgabekanal entfernt.

Im Fall von Loviisa beträgt der Abgabegrenzwert 34 °C (stündlicher Durchschnitt) am Abgabepunkt.

#### Deutschland

In Deutschland darf die Erwärmung zwischen dem entnommenen und dem zurückgeführten Wasser nicht höher sein als 10 °C. Die Höchsttemperatur des zurückgeleiteten Wassers hängt von der Kühlmethode ab, bei Frischwasserkühlung beträgt sie 30 °C, bei Kühltürmen mit einem offenen System 33 °C, bei Kühltürmen mit einem geschlossenen System 35 °C.

Die Menge des entnommenen Wassers darf nicht 1/3 der kleinsten Wasserführung überschreiten.

#### Schweden

In Schweden gibt es keine eigenständigen Regelungen bezüglich der Wasserführung, der Menge des zu entnehmenden Wassers und der Wärmeabgabe, die Grenzwerte werden auch hier von den zuständigen Behörden in Abhängigkeit der Eigenheiten des Investitionsortes bestimmt.

Die Menge des von den Kernkraftwerken entnommenen Wassers beträgt meistens etwa 200 m<sup>3</sup>/s (pro Standort), der erlaubte Temperaturanstieg liegt bei 10 °C.

### 6.2.2.2 Ungarn

#### Gesetz bezüglich der Wärmebelastung von Frischwasser Kühlsystemen

Absatz (1) § 10 der 15/2001. (VI. 6.) Verordnung des Umweltschutzministeriums (KöM) über die radioaktiven Emissionen während der Anwendung von Kernkraftenergie in die Luft und in das Wasser, und über ihre Kontrolle beinhaltet, die zum Schutz von Oberflächengewässern und Grundgebilden gegen Wärmeverschmutzung formulierte Vorschriften.

10. § (1) Im Falle von hervorgehobenen Anlagen darf zum Schutz von Oberflächengewässern und Grundgebilden gegen Wärmeverschmutzung

- a) die Differenz der Temperatur zwischen dem entnommenen und dem zurückgeführten Wasser nicht höher sein als 11 °C, bzw. im Falle von empfangendem Wasser mit einer Temperatur unter +4 °C darf dies nicht höher sein als 14 °C;
- b) vom Wärmeabgabepunkt in Richtung der Strömung darf die Temperatur des empfangenden Wassers auf keinem Punkt 30 °C überschreiten.

Alle sonstigen, wegen des Schutzes der Wasserqualität notwendigen Begrenzungen bestimmt die Aufsichtsbehörde anhand Absatz (1) § 66 des LIII. Gesetzes aus dem Jahr 1995 im Laufe des Umwelnutzungs-genehmigungsverfahrens.

#### Gesetz bezüglich der Wärmebelastung von Kühlturm-Kühlsystemen

Es gibt kein Gesetz, welches die Wärmebelastung der Luft begrenzen würde, bezüglich der Untersuchung der Wirkungen von Dunstentstehung und seines Niederschlags gibt es keine Kennzahlen und Grenzwerte bezüglich des Schutzes der Sauberkeit der Luft, oder diese Kennzahlen und Grenzwerte sind nicht bekannt.

## 6.3 MÖGLICHE KÜHLMETHODEN AM STANDORT PAKS

Die Analyse der möglichen Kühlmethode bezüglich der neuen geplanten Kernkraftwerkblöcke am Standort Paks ist im Rahmen separater Untersuchungen durchgeführt worden. Ziel dieser Untersuchungen ist es gewesen, dass unter den gegebenen Umständen, Umweltbedingungen, die mit der bestmöglichen technischen Lösung und Wirkungsgrad wirtschaftlich realisierbare und betreibbare, während der geplanten Betriebszeit den Umweltvorschriften entsprechende Kühlmethode ausgewählt wird.

Die für den Standort Paks in Betracht kommende Kühlmethode können grundsätzlich auf die Frischwasserkühlung und die Kühlung mit Kühlturm aufgeteilt werden. Die Untersuchungen haben die Lösungsmöglichkeiten des mit der Nutzung von Donau-Wasser erfolgenden **Frischwasserkühlsystems**, bzw. der von der Donau unabhängigen Methode der Luftkühlung, des feuchten **Kühlturm-Kühlsystems** detailliert untersucht.

### 6.3.1 KÜHLUNG MIT FRISCHWASSER

Bei einer Frischwasserkühlung wird - ähnlich wie derzeit bei den vier arbeitenden Blöcken des Kernkraftwerks von Paks - das aus der Donau entnommene Wasser durch den Kondensator geströmt und leitet dadurch die notwendige Wärme ab. Bei dieser Lösung wird das Wasser von den Pumpen des Wasserentnahmewerks aus der Donau gepumpt, und es gelangt über entsprechende Filter und Leitungen zum Turbinenmaschinenhaus des Blocks. Das Kühlwasser strömt durch die Kondensatoren, und dann gelangt das Wasser über den Warmwasserkanal und des wasserrückleitenden Bauwerks zurück in die Donau.

Unter Berücksichtigung der technischen, wirtschaftlichen und Umweltschutzgesichtspunkte sind mehrere Untersuchungen bezüglich des Frischwasserkühlsystems durchgeführt worden. Die Untersuchungen haben grundlegend die technischen Lösungen, Möglichkeiten der Entnahme des Kühlwassers aus der Donau, die Zuführung des Wassers zu den Blöcken, die Rückleitung des aufgewärmten Wassers in die Donau, und die mit der Rückführung des aufgewärmten Wassers in die Donau verbundenen technischen Lösungen aufgedeckt.

### 6.3.1.1 Versionen der Kühlwasserversorgung

Aus technischer Sicht ist die Sicherstellung der geeigneten Menge an Kühlwasser, unter Berücksichtigung der Eigenheiten der Donau, der unterschiedlichen Wasserstände, der Wasserführung und der Wassertemperaturen das Ziel. Möglicher Ort der Wasserentnahme ist das Donau-Ufer, oder die Wandung des beim Kernkraftwerk von Paks vorhandenen Kaltwasserkanals.

Wegen Gesichtpunktes des Umweltschutzes ist es auch zweckmäßig die vorhandenen Anlagen, nach ihrem notwendigen Umbau, zu nutzen. Damit die neuen Trassen und Anlagen die in die Natura 2000 zugeordneten Gebiete nur in ausreichend begründeten Fällen betreffen, muss man bei der Bestimmung der Versionen danach streben, dass die Betroffenheit der Natura 2000 Gebiete so gering wie möglich gehalten wird.

Die zur Kühlwasserentnahme und Versorgung untersuchten Hauptversionen sind folgende:

- Kühlwasserversorgung mit einem Wasserentnahmewerk am Donau-Ufer
- Kühlwasserversorgung mit einem Wasserentnahmewerk an der Wandung (ausgewählte Version)

#### **Bewertung**

Die Wandungs-Kühlwasserversorgung ist sowohl aus Sicht des Baus, als auch aus Sicht des Betriebs besser, als ein zweistufiges Frischwasserkühlsystem.

Aus Umweltschutzsicht ist jene Version die Beste, welche den geringsten Eigenverbrauch, und die geringste elektrische Energie ergibt, denn die gesamte für den Eigenverbrauch zu nutzende elektrische Energie muss in einem anderen Kraftwerk erzeugt werden. Von den in Betracht genommenen Versionen hat die Wandungs-Kühlwasserversorgung die besten Ergebnisse diesbezüglich.

Aus Sicht der Folgen auf die Natur ist im Falle einer zweistufigen Kühlwasserversorgung wegen der Wasserentnahme am Donau-Ufer ein Natura 2000 Gebiet in einem engem Streifen betroffen, was gegenüber der Wandungs-Kühlwasserversorgung einen weiteren Nachteil bedeutet.

Anhand der durchgeführten Untersuchungen, unter Berücksichtigung der technischen, Wirtschaftlichkeits-, Umweltschutz- und Naturschutzaspekte ist die Methode der Wandungs-Kühlwasserentnahme und Kühlwasserversorgung ausgewählt worden.

### 6.3.1.2 Versionen der Abführung des aufgewärmten Kühlwassers und seiner Zurückleitung in die Donau

Bei der Analyse und dem Vergleich der einzelnen Versionen der Ableitung des aufgewärmten Kühlwassers (Warmwasser) von den Blöcken bis zur Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage, und von dort bis zur Donau war ein hervorgehobener Gesichtspunkt, dass die Sicherheitssysteme der derzeit funktionierenden Blöcke des Kernkraftwerks von Paks umgangen werden müssen.

Bezüglich der Ableitung des Warmwassers von der Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage bis zur Donau ist auch die Nutzung des vorhandenen Warmwasserkanals untersucht worden. Anhand der Ergebnisse dessen ist es zweckmäßig den vorhandenen Warmwasserkanal zu nutzen.

Die zur Einführung des Warmwassers in die Donau untersuchten Hauptversionen sind folgende:

- Einführung am linken Donau-Ufer,
- Einführung außerhalb des Schiffahrtstrecke auf Ebene des Beckenbodens,
- Einführung am rechten Donau-Ufer (ausgewählte Version).

Die Einführung am linken Donau-Ufer ist wegen der unvorteilhaften Vermischungsverhältnisse, und wegen der, im Vergleich zu den anderen Versionen bedeutenden Investitionskosten unter den derzeit bekannten Bedingungen verworfen worden.

Die Einführung außerhalb des Schiffahrtstrecke der Donau ist realisierbar, bei einer Warmwassereinleitung wären hier die Vermischungsverhältnisse günstig, aber eine Einführung außerhalb des Schiffahrtstrecke bedarf einiger bedeutender technischer Lösungen und der Bau des die Beckenvertiefung behandelnden Bauwerks ist kostspielig. Unter

den derzeit bekannten Bedingungen kann die Einführung außerhalb der Schifffahrtstrecke neben der Einführung am rechten Donau-Ufer nur als ergänzende Lösung in Betracht gezogen werden.

Die zur Einführung des Warmwassers in die Donau am rechten Donau-Ufer in Betracht kommende und detailliert untersuchten Versionen sind folgende die wichtigsten:

- ❖ Einführung über das vorhandene energiebrechende Bauwerk und über aus dem Warmwasserkanal abzweigendem neuem südlichen Seitenkanal,
- ❖ Einführung über das vorhandene energiebrechende Bauwerk und über aus der nördlichen Abzweigung des Warmwasserkanals, über ein neues Donau-Einführungsbauwerks (ausgewählte Version)

### **Bewertung**

Bezüglich der Einleitung des Warmwassers der neuen Kernkraftwerkblöcke ist sowohl aus Sicht des Baus, als auch aus Sicht des Betriebes die Nutzung der aus dem Warmwasserkanal vorhandenen nördlichen Abzweigung günstiger, als die Einführung durch den südlichen Seitenkanal.

Aus Sicht des Umweltschutzes ist eine bessere Vermischung des eingeleiteten Warmwassers mit der Donau günstiger. Aus diesem Gesichtspunkt ist die nördliche Abzweigung deutlich besser, weil auf dieser Strecke die Vermischungsbedingungen besser sind.

Aus Sicht der Auswirkungen auf die Natur ist auch die nördliche Abzweigung besser, weil hier nur in einem engem Streifen ein Natura 2000 Gebiet betroffen ist, was gegenüber dem südlichen Kanal einen großen Vorteil bedeutet.

Anhand der durchgeführten Untersuchungen, unter Berücksichtigung der technischen, Wirtschaftlichkeit-, Umweltschutz- und Naturschutzaspekte ist zur Einleitung des Warmwassers in die Donau die aus dem vorhandenen Warmwasserkanal nördlich führende Abzweigung ausgewählt worden.

Durch diese vorhandene nördliche Abzweigung zwischen dem Gebiet des vorhandenen Kaltwasserkanals und des vorhandenen Warmwasserkanals, und durch die Nutzung eines neuen Bauwerks zur Einleitung des Warmwassers (z.B. Rekuperationskraftwerk) kann die Vermischung des eingeleiteten Warmwassers mit der Donau verbessert werden, wobei die Betroffenheit der Natura 2000 Gebiete minimalisiert wird.

### **6.3.1.3 Abführung des aufgewärmten Kühlwassers im Sommer**

Im Sommer, wenn die Wassertemperatur der Donau 25 °C überschreitet und das bei einer die mittleren Wasserführung der Donau unterschreitenden Wasserführung erfolgt, kann zur Einhaltung der bezüglich des Warmwassereinführungspunktes folgender 500 m Strecke bestimmten  $T_{\max}=30$  °C Temperaturgrenze eine ergänzende Lösung notwendig werden, besonders unter Berücksichtigung der sich wegen der Klimaveränderung mit der Zeit erhöhenden Wasser-Hintergrundtemperatur der Donau.

Zur Einhaltung der Umweltschutzvorschriften sind folgende Möglichkeiten untersucht worden:

- Begrenzung der elektrischen Leistung des Blocks,
- Zumischen von kaltem Kühlwasser,
- Anwendung einer ergänzenden Kühlung.

Grundlage der Analysen ist eine (sich grundsätzlich aus der Vermischung ergebenden) Abkühlung von 3 °C bis zum Donau-Abschnitt 500 m vom Einführungspunkt des Warmwassers entfernt, was so beim Einführungspunkt eine Höchsttemperatur des Warmwassers von 33 °C möglich macht.

### **Begrenzung der elektrischen Leistung des Blocks**

Bei der Anwendung dieser Lösung erfolgt die Einhaltung der erlaubten Höchsttemperatur des aufgewärmten Kühlwassers durch die Begrenzung der elektrischen Leistung des Kernkraftwerksblocks. Durch die Begrenzung der elektrischen Leistung verringert sich auch die im Kondensator abzuleitende Wärme, wodurch sich - im Falle einer identischen Kühlwassermenge - auch die Erwärmung des Kühlwassers verringert.



### **Zumischen von kaltem Kühlwasser**

Bei dieser Kühlalternative erfolgt die Einhaltung der erlaubten Höchsttemperatur des aufgewärmten Kühlwassers durch das Zumischen von zusätzlichem Donauwasser aus dem Kaltwasserkanal in den Warmwasserkanal, mit einer Umgehung der Turbinenkondensatoren. Das für das Zumischen des Kaltwassers notwendige zusätzliche Kaltwasser stellt die im Wasserentnahmewerk vorhandene zusätzliche Pumpe sicher, welche nach der Stilllegung der derzeit betriebenen Blöcke auch mit den Pumpen des vorhandenen Warmwasserentnahmewerks ersetzt werden kann. Das im Kondensator aufgewärmte Kühlwasser und das im notwendigen Maß zugemischte Kaltwasser gelangen über den vorhandenen Warmwasserkanal, und über das bei dem Einführungspunkt in die Donau errichtete Bauwerk zur Verbesserung der Vermischung zurück in die Donau.

### **Anwendung einer ergänzenden Kühlung**

Bei der Anwendung einer ergänzenden Kühlung erfolgt die Einhaltung der erlaubten Höchsttemperatur des aufgewärmten Kühlwassers durch die Kühlung der Turbinenkondensatoren verlassenden aufgewärmten Kühlwassers mit Gleichstromkühlung auf Zellen-Kühltürmen mit künstlichem Luftzug. Die durch die ergänzende Kühlung durchströmende Menge kann optimiert werden. Das über die Kondensatoren geströmte und in der ergänzenden Kühlung abgekühlte Kühlwasser gelangt über den vorhandenen Warmwasserkanal, und über das bei dem Einführungspunkt in die Donau errichteten Bauwerk zur Verbesserung der Vermischung zurück in die Donau.

### **Bewertung**

Alle untersuchten ergänzenden Lösungen sind dazu geeignet, dass die Temperatur des in die Donau zurückgeführten aufgewärmten Kühlwassers unter den erwünschten 33 °C gehalten werden kann.

Ein Begrenzungsaspekt der Rückbelastung von Paks II ist die minimal erlaubte 50 %-ige Teilbelastung der Blöcke, des Zumischens von Kaltwasser die gesamte Kühlwasserentnahme für das Kernkraftwerk von Paks und für Paks II bei im Falle einer minimalen Wasserführung der Donau, die Erweiterbarkeit der gemeinsamen Bauwerke, und der Begrenzungsaspekt der zusätzlichen Kühlung kann der Lärm sein. Neben den Grundannahmen machen die Begrenzungsaspekte aus technischer Sicht keines der Versionen unmöglich.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die aufgeführten drei Lösungen unter Berücksichtigung der technischen, Wirtschaftlichkeits- und Umweltschutzaspekte unterschiedliche Vorteile haben, aber laut der derzeitigen Kenntnisse die periodische Begrenzung der elektrischen Leistung des Blocks die optimale Lösung ist, sowohl laut der Ergebnisse der Lebensdauer-Kostenrechnungen, als auch aus Sicht des Umweltschutzes, da dadurch keine zusätzlichen Ausstöße entstehen, und keine zusätzlichen Gebiete genutzt werden müssen. [25]

## **6.3.2 KÜHLTURM-KÜHLSYSTEM**

Bei der Nutzung eines in der Nähe des Kraftwerks vorhandenen Kaltwasserkanals errichteten feuchtem Kühlturm-Kühlsystems der zu errichtenden neuen Blöcke erfolgt die Wärmeabgabe größtenteils in die Atmosphäre. Mit dem aus der Donau entnommenen und mit Chemikalien behandelten Wasser muss nur der Ersatz der Verdunstungs-, Tröpfchenaufnahme und Verschlammungsverluste sichergestellt werden.

Im Falle eines feuchten Kühlturm-Kühlsystems wird das durch den Oberflächenkondensator der Dampfturbine geleitete Kühlwasser in den Kühlturm zurückgeführt, und wird mit Hilfe des Wasserverteiler-Regensystems gleichmäßig auf den Kühleinlagen verteilt. Der auf den Kühleinlagen entstehender Wasserfilm kühlt sich in Folge der aus dem Wasserfilm im Gegenstrom des durch die Kühleinlage strömenden Umweltluftstroms entstehenden Verdunstung ab. Zur drastischen Verringerung der während des Durchströmens durch die feuchten Kühleinlagen erfolgenden Tropfenaufnahme wird in allen modernen feuchten Kühlsystemen eine Tropfenaufnahmeeinrichtung oberhalb der Kühleinlagen und der Düsen angebracht. Das abgekühlte Wasser gelangt aus der Kühleinlage in das Kühlwasserbecken, von wo es mit Hilfe von Strömungspumpen zu den Kondensatoren zurückgeführt wird. Durch die Eindunstung wächst der Salzgehalt des Kühlwassers. Daher wird zur Vermeidung einer zu hohen Konzentration ein Teil des Kühlwassers verschlammmt, und mit vorbehandeltem frischem Wasser ersetzt. Man muss auch den wegen der Tropfenentstehung stattfindenden Wasserverlust ersetzen. Zur Vermeidung von Salzablagerungen und Algenbildung auf den befeuchteten Oberflächen,

wird das im Kühlsystem verwendete Wasser mit Chemikalien behandelt, und zur Vermeidung von Algenbildung und der Festsetzung von Muscheln werden dem Kühlwasser Biozide zugemischt.

### 6.3.2.1 Untersuchung der Kühlturm-Kühlalternativen

Zur Analyse der möglichen Kühlturm-Kühlmöglichkeiten der am Standort Paks geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke sind separate Untersuchungen durchgeführt worden, [26], [27], [28]. Die Alternativen sind nach technischen, Wirtschaftlichkeit-, Umweltschutzaspekten und den Gesichtspunkten der Akzeptanz der Bevölkerung detailliert überprüft worden. Während der Untersuchungen sind innerhalb der Kühlturm-Kühlsysteme folgende technische Alternativen detailliert analysiert worden:

- Kühlturm mit natürlichem Bezug (~186 m hoch),
- Kühlung mit feuchtem Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit einer begrenzten Höhe von 100 m,
- Kühlung mit feuchtem Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit Ventilatorenunterstützung,
- Hybride (trockene / feuchte) Kühlturm Kühlung.

Folgende Tabelle fasst die wichtigsten technischen Parameter der untersuchten Alternativen bei einer Leistung von 2 x 1 200 MW<sub>e</sub> zusammen.

Für Blöcke mit 2x1200 MW elektrischer Leistung	Natürlicher Bezug	Natürlicher Bezug mit begrenzter Höhe	Natürlicher Bezug mit Unterstützung	Hybride (trockene / feuchte) Kühlturm Kühlung
Stückzahl der Kühltürme [Stück]	2x1	2x5	2x1	2x1
Höhe der Kühltürme [m]	186	100	70	60
Durchmesser des Fundaments der Kühltürme [m]	136,5	88	150	160
Durchmesser des Halses der Kühltürme [m]	77,5	60	95	74
Netto Platzbedarf der Kühltürme (für beide Blöcke) [m <sup>2</sup> ]	30 000	61 000	36 000	40 000
Strömungsvolumen des Kühlwassers [m <sup>3</sup> /h]	2 x 136 820	2 x 5 x 27 364	2 x 136 820	2 x 136 820
Ersatz Kühlwasser [m <sup>3</sup> /h]	≈ 2 x 2 900	≈ 2 x 2 900	≈ 2 x 2 900	≈ 2 x 2 600

Tabelle 10: Technische Daten der feuchten Kühlturm-Kühlsysteme

#### 6.3.2.1.1 Emission von Abfallwärme

Anhand der Fachliteratur ist die Wirkung der Abfallwärme und der Feuchtigkeitsemissionen von Kühltürmen auf die Atmosphäre im lokalen Bereichen wahrscheinlich, bei bestimmten Wettersituationen kann die Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter Wetterphänomene steigen (Anstieg der relativen Feuchtigkeit, Verringerung der Sehweite, Nebel, rieselnder Regen, Vereisung, Raureif), der Ausstoß kann Auswirkungen auf die Wolken- und Niederschlagentstehung haben (z.B. Schnee), der Ort der Entstehung von Regenschauern und die Dauer des Niederschlag kann sich verändern. Langfristig kann dieser Ausstoß das Mikroklima der Umgebung verändern. Anhand der derzeitigen Kenntnisse haben Kühltürme keine globalen Wirkungen.

Ein in der Umgebung des Industriegeländes angesiedelter Schutzwald und eine Grünfläche mit größerer biologischer Aktivität kompensieren die Folgen der Wärmeinsel. Diese Lösungen sind nicht nur aus klimatischer Sicht zu empfehlen, sondern sie sind auch zur Verringerung anderer Umweltbelastungen (Luftverschmutzung, Lärm) und zur teilweisen Ausdeckung der Aussichtsveränderungen geeignet. Im Winter kann eine präventive Streuung und warnende meteorologische Vorhersagen die mit einer erhöhten Vereisung zusammenhängenden Schäden mindern.

Der Ausstoß des Abfallwassers von Kühlturm-Kühlsystemen kann aus der ständigen Verschlammung des Beckens des Kühlturms, und vom Abfallwasser der Vorbereitungstechnologien des Ersatzkühlwassers stammen. Das entstandene Abfallwasser beinhaltet das Salz der zur Behandlung des im Kühlsystem zirkulierten Kühlwassers notwendigen Chemikalien, bzw. die zur Erstellung des Ersatzkühlwassers verwendete Chemikalien und Regeneratoren.

### 6.3.2.1.2 Analyse der untersuchten Kühllösungen aus Sicht des Landschaftsschutzes

Die Analyse der untersuchten Kühllösungen aus Sicht des Landschaftsschutzes und die Untersuchung ihrer Anpassungsfähigkeit in das Landschaftsbild erfolgte im ersten Halbjahr 2012, für den damals untersuchten ungünstigsten Fall von 2 x 1 600 MW. Die Feststellungen dieser Untersuchung gelten auch für die jetzt untersuchte Größe von 2 x 1 200 MW, mit der Abweichung, dass für 2 x 1 600 MW das Ansiedeln von 2x7 Stück, und für 2 x 1 200 MW 2 x 5 Stück feuchte Kühltürme mit natürlichem Bezug notwendig wären.

#### *Kühlturm-Kühlung mit natürlichem Bezug*

Bezüglich der Auswirkungen auf das Landschaftsbild, und der Anpassungsfähigkeit in das Landschaftsbild sind 2 Stück 186 m hohe feuchte Kühltürme mit natürlichem Bezug wegen ihrer bedeutenden Beeinflussung des Landschaftsbildes äußerst bedenklich, was auch auf 100 m Höhe begrenzte feuchte Kühltürme mit natürlichem Bezug zutrifft.

Die Anpassung von feuchten Kühltürmen mit natürlichem Bezug in die Landschaft kann praktisch nicht gelöst werden, ihre Wirkungen auf den Ausblick sind die stärksten, wir haben weder in Ungarn, noch in Europa Bauten dieser Menge und Größe gefunden.

#### *Kühlung mit feuchtem Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit einer begrenzten Höhe von 100 m*

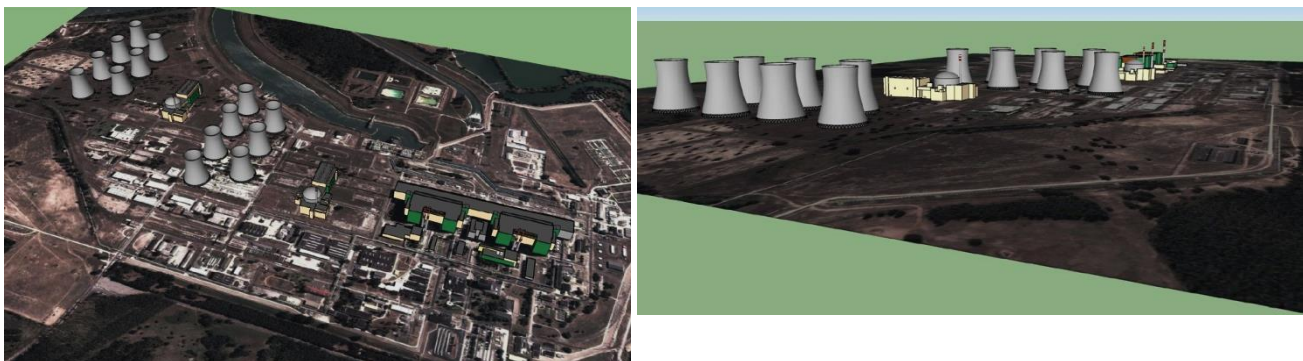


Abbildung 28: Feuchter Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit einer begrenzten Höhe von 100 m - Ansichtplan (Vogelsicht und Seitenansicht)

Die jeweils 2 Stück feuchten Kühltürme mit natürlichem Bezug und Ventilatorenunterstützung und die hybriden feuchten Kühltürme mit natürlichem Bezug und Ventilatorenunterstützung können in die Landschaft eingefügt werden, sie zeigen keine bedeutenden Unterschiede. Beim etwas kleineren hybriden Kühlturm ist die geringere Sichtbarkeit der Dunstwolke etwas günstiger, aber er nimmt mehr Platz ein.

#### *Kühlung mit feuchtem Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit Ventilatorenunterstützung*

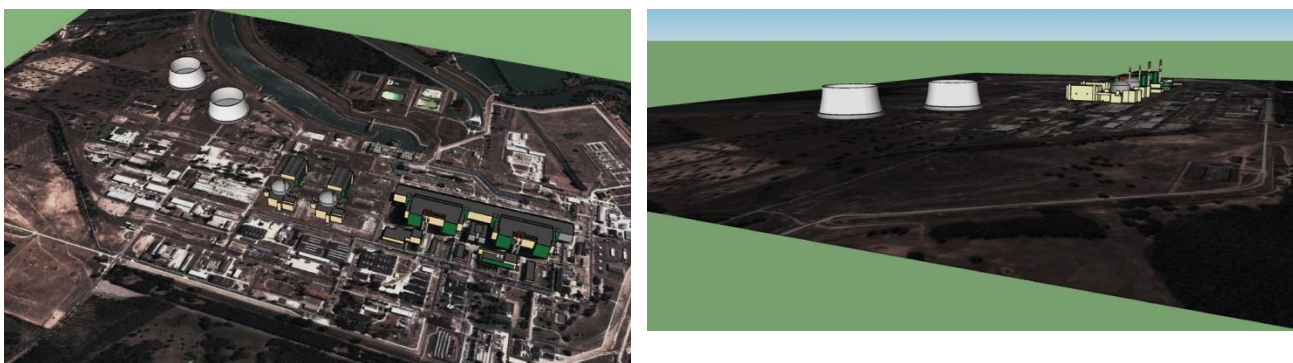


Abbildung 29: Feuchter Kühlturm mit natürlichem Bezug, mit Ventilatorenunterstützung - Ansichtplan (Vogelsicht und Seitenansicht)

### Hybride (trockene/feuchte) Kühlturm-Kühlung

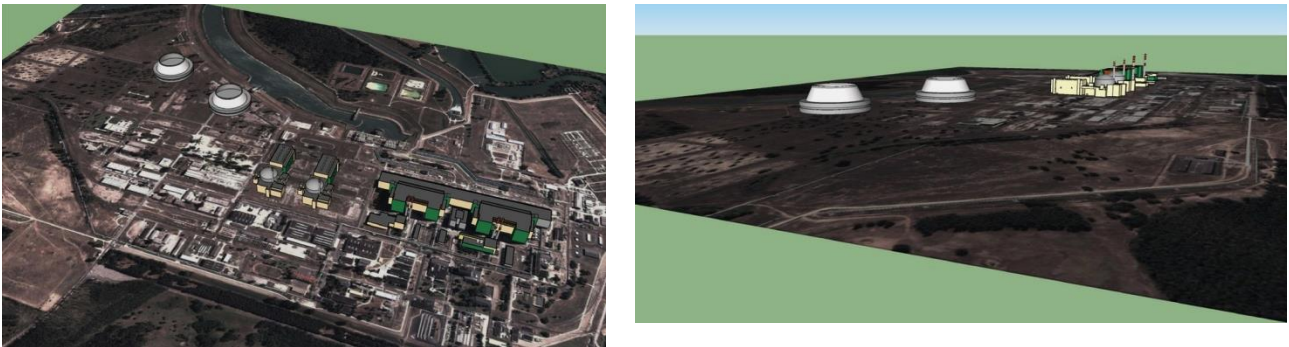


Abbildung 30: Hybrider Kühlturm mit Ventilatorenunterstützung - Ansichtplan (Vogelsicht und Seitenansicht)

### 6.3.3 KOSTEN-NUTZEN ANALYSE DER FRISCHWASSER UND KÜHLTURM-KÜHLMETHODEN

Die Investitions- und Betriebskosten (Arbeitskosten) der beiden Versionen können geschätzt werden, aber die Schätzung der gesellschaftlich-wirtschaftlichen und der Umweltfolgen ist schwierig, der Nutzen kann auch schwierig beziffert werden. Deshalb sind bei beiden Versionen solche technischen Lösungen ausgewählt worden, mit denen die Risiken möglichst gleich sind, und die geltenden Umweltschutzvorschriften gleichwohl eingehalten werden können. Zwar haben die Umweltfolgen einen unterschiedlichen Charakter, aber anhand unserer derzeitigen Kenntnisse können die gesellschaftlichen Folgen als identisch betrachtet werden. Anhand dessen kann bei einem ähnlichen Risikoniveau, und neben der Einhaltung der Vorschriften von beiden Versionen diejenige, die mit den geringeren Kosten verbunden ist, ausgewählt werden.

Anhand der durchgeführten Untersuchungen kann festgestellt werden, dass sowohl die Kühlung mit einem Kühlturm, als auch die Frischwasserkühlung realisiert werden kann, durch entsprechende technische Lösungen die derzeit geltenden Umweltschutzvorschriften eingehalten werden können, die bei den einzelnen Versionen zu berücksichtigenden Risiken handhabbar sind und die einzelnen Lösungen bezüglich der Aspekte der Wirtschaftlichkeit gewichtet werden können.

Aus technischer Sicht wären mit einem Frischwasserkühlsystem der Wirkungsgrad der geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke und die Menge der zu gewinnenden elektrischen Energie höher, als mit der Kühlturmversion. Die Nutzung eines ähnlichen Frischwasserkühlsystems wie bei den vorhandenen Blöcken würde wegen der zur Verfügung stehenden Betriebserfahrungen einen weiteren Vorteil bedeuten.

Die Vereisung des den Kühlturm im Winter verlassenden Dunstes kann in der gebauten Umgebung Schäden verursachen und birgt Risiken bezüglich der Umwelt.

Aus Sicht der Ausführung besteht das Frischwasserkühlsystem maßgeblich aus solchen Bauten, bezüglich derer es in Ungarn Bau- und Ausführungserfahrungen gibt, ein feuchtes Kühlturm-Kühlsystem mit natürlicher Bezugstechnologie dieses Ausmaßes ist in Ungarn noch nie errichtet worden.

Aus Sicht des Umweltschutzes gibt es bei dem Frischwasserkühlsystem keine, oder nur eine minimale Chemikalienverwendung, demgegenüber ist die Chemikalienutzung im Kühlturm-Kühlsystem wegen der Herstellung des Ersatzwassers und wegen der chemischen Konditionierung des durch das Kühlsystem strömenden Wassers bedeutend.

Bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt ist die Einfügung der Kühltürme in das Landschaftsbild auch bei einer begrenzten Höhe, wegen ihrer Anzahl nicht günstiger. Die Lärmbelastung der Kühltürme mit einer Ventilatorenunterstützung, und ihre Investitions- und Betriebskosten sind deutlich höher.

Aus Sicht der Wirtschaftlichkeit kann festgestellt werden, dass die Kosten des Kühlturm-Kühlsystems während ihrer gesamten Lebensdauer höher sind, als die des Frischwasserkühlsystems.

Als Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen ist - ähnlich wie bei den vier vorhandenen Blöcken - das Frischwasserkühlsystem ausgewählt worden. [28]



## 7 MERKMALE, GRUNDDATEN DES GEPLANTEN PAKS II. KERNKRAFTWERKS AM STANDORT PAKS

### 7.1 ENTWICKLUNG DER RUSSISCHEN VVER BLÖCKE

Der derzeit erreichbare Blocktyp der III.+ Generation des russischen Herstellers ist der VVER-1200 Typ.

Der Block hat 3200 MW thermische Leistung und brutto 1200 MW elektrische Leistung, und verfügt über 300 MW Fernwärme Kapazität.

Der Block hat mehrere zur Verfügung stehende Versionen, zwischen denen die Unterschiede durch die von den unterschiedlichen Hauptplanern geplanten Sicherheitssysteme mit unterschiedlich Philosophie verursacht werden (MIR-1200 – Planung in Sankt Petersburg, AES-2006 – Planung in Moskau).

Im VVER-1200 Block sind die Entwicklungen grundsätzlich in Richtung der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit (Einheitsleistung, Wirkungsgrad) und des zur Verfügungstehens (z.B. 92 % Leistungsausnutzungsfaktor, Erreichen einer Betriebsdauer von 60 Jahren) durchgeführt worden. Neben den Sicherheitsveränderungen hat auch die Verbesserung der Hauptströmungspumpen (durch das Ausgliedern der Ölschmierung), die Einführung eines neuen, ausbrennendes Gift<sup>4</sup> beinhaltenden Brennstoffs und die Verbesserung der Zuverlässigkeit der Dampferzeuger stattgefunden. In den neu gebauten Blöcken wird eine integrierte Steuerungstechnik auf digitaler Basis verwendet.

In Folge der strikten Verfolgung der international allgemein akzeptierten Sicherheitsnormen, und der EUR-Empfehlungen hat die EUR den VVER-1200 Block als geeignet bewertet.

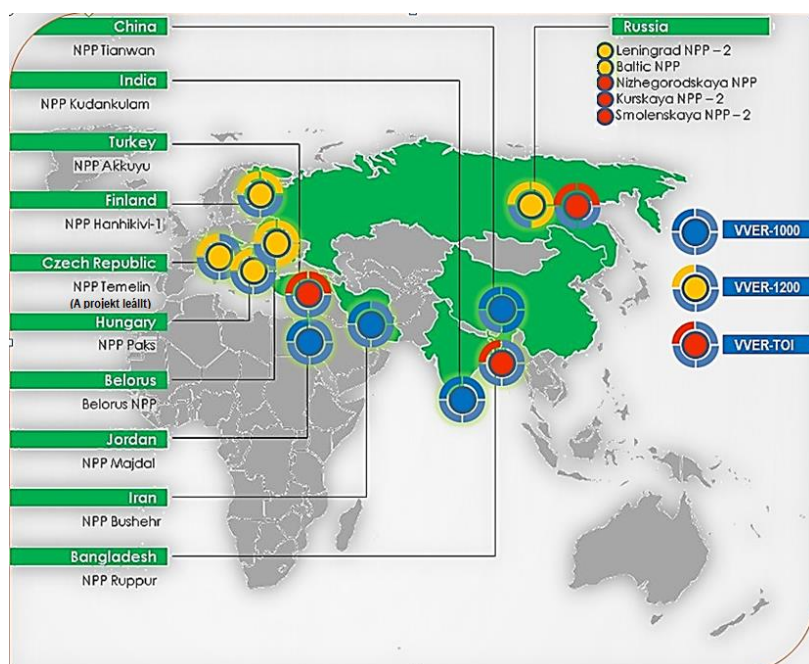


Abbildung 31: Derzeit gebaute und geplante russische VVER Blöcke [7]

Jeweils zwei Blöcke des Typs VVER-1200 werden in der Russischen Föderation, im Kernkraftwerk von Leningrad (Szosznovij Bor), und im Kernkraftwerk von Novovoronyezs errichtet, ihre Inbetriebsetzung wird um 2018-2019 erwartet.

In der Russischen Föderation wird eine deutliche Erweiterung der nuklearen Kapazität mit dem VVER-1200 Blocktyp geplant, entsprechend der Pläne wird bis 2020 20 000 MWe Kapazität (17 Stück Blöcke) errichtet. [29]

<sup>4</sup> Die Reaktorgifte sind die Stoffe, welche die Neutronen schlucken (wodurch sich der Multiplizierungsfaktor verringert), ohne dass sie sich an der Kettenreaktion beteiligen würden.

## 7.2 MERKMALE DER FÜR DEN STANDORT PAKS GEPLANTEN RUSSISCHEN BLÖCKE

### 7.2.1 TECHNISCHE HAUPTPARAMETER

Folgende Tabelle beinhaltet die technischen Hauptparameter der VVER-1200 Blöcke:

Reaktor Kühlleistung	3200 MW <sub>th</sub>
Ausgebbare netto Leistung (hängt von den gewählten Technologien des Sekundärkreislaufes ab)	1113 MW <sub>e</sub>
Betriebsdauer	60 Jahre
Ausnutzungsfaktor der geplanten Leistung	>90 %
Jährlicher Ausfall wegen geplante Hauptreparaturen	20 Tage
Eigenverbrauch	7,1 %
Typ des verwendbaren Brennstoffes	UO <sub>2</sub>
In einem Kassettenreaktor verbrachte Zeit des Brennstoffzykluses	54 Monate (3 x 18 Monate)
Kampagnedauer	18 Monate
Brennstoffbedarf	40,58 t UO <sub>2</sub> / 18 Monate
Bedarf der Brennelemente (Brennstoff + Kassetten)	56,4 t / 18 Monate
Anzahl der frischen Kassetten beim Umschlag (Gleichgewicht)	76 Stück
Durchschnittsanreicherung der frischen Kassetten	4,95 % ( <sup>235</sup> U)
Durchschnittliches Abbrennen in den Brennstoffkassetten	47,5 MWTag / kgU
Regulierbarkeit	Zwischen 50 %-100 %, jährlich max. 250 Stück
Anzahl der Schlaufen und Hauptströmungspumpen (HSP)	4, 4 HSP
Druck des Primärkreislaufes	162 bar
Eintritts-/Austrittstemperatur des Reaktors	298,2 / 328,9 °C
Dampferzeuger	4 Stück, horizontal
Austretender Druck aus dem Dampferzeuger	62,7 bar
Gesamtvolumen des Kühlmittels des Primärkreislaufes	86 000 m <sup>3</sup> /h

Tabelle 11: Wichtige technische Merkmale des VVER-1200 Blocktyps [13], [30], [31]

### 7.2.2 SICHERHEITZIELE UND PLANUNGSLÖSUNGEN

Zu erreichendes Sicherheitsziel	Für das Erreichen des Ziels angewendete Planungslösung, oder folgesenkendes Verfahren
Handhabung der zur Erweiterung der zum Auslegungsstörfall gehörender Betriebsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Containment mit doppelter wand</li> <li>- Abkühlungssystem</li> <li>- Kühlsystem des Containments</li> <li>- Wasserstoff Rekombinatoren</li> <li>- Zonen Fangfalle</li> </ul>
Vermeidung von Prozessen mit hohem Druck, welche vorzeitige Containment-Beschädigungen verursachen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- druckmindernde Ventile</li> <li>- Kühlsystem</li> </ul>
Handhabung des entstehenden Wasserstoffs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekombinatoren</li> </ul>
Stabilisierung und Kühlung der Zonenschmelze	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonen Fangfalle</li> </ul>
Druckminderung des Containments	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühler mit großer Oberfläche (zwischen 0-24 Stunden)</li> <li>- Mobile Anlagen (zwischen 24-72 Stunden)</li> </ul>

Tabelle 12: Die zum Erreichen des Ziels angewendete Planungslösungen oder folgeverringende Verfahren [13], [30]

Die nuklearen Einrichtungen des Blocks sind in einem Containment mit doppelter Wand untergebracht. Die innere Wand stellt sicher, dass das Containment hermetisch abgeschlossen ist, und die äußere Wand schützt den Raum von externen Einwirkungen (z.B. Aufprall eines Flugzeuges). Der untere Teil des Containments funktioniert als Falle für die Zonenschmelze.

Die einzeln 100 % Kapazität besitzenden Sicherheitssysteme sind in vier, voneinander unabhängigen Kanälen untergebracht. Die Energieversorgung jedes Sicherheitskanals wird jeweils von einem Dieselgenerator mit einer Leistung von 7,5 MW gewährleistet.

Für den Fall einer Betriebsstörung stehen neben den Kühlsystemen des Reaktors und des Primärkreislaufes auch 4 Stück Hochdruck-Hydroakkumulatoren zur Verfügung, deren Aufgabe es ist, in der Anfangsphase von Betriebsstörungsfällen mit großen Kühlmittelverlust im Primärkreislauf, ohne den Eingriff eines Operators die aktive Zone mit Wasser bedeckt zu halten, bis die nicht aktiven Systeme der Zonen-Betriebsstörungskühlsysteme (ZBKS) ihre Aufgabe versehen.

### 7.3 **BRENNSTOFF**

Der Brennstoff der für den Standort Paks geplanter neuen Kernkraftwerkblöcke ist angereichertes Uran-Dioxid.

Die Anlieferung des Brennstoffes erfolgt in den gesetzlichen Vorschriften entsprechenden Containern, grundlegend mit der Bahn.

Die erste Brennstoffladung wird etwa 1-1,5 Jahre vor Betriebsbeginn zum Standort geliefert. Zum Ersatz (Umladung) des abgebrannten Brennstoffes notwendiger frischer Brennstoff wird während der geplanten Betriebsdauer von 60 Jahren alle 18 Monate angeliefert. Als strategischer Vorrat werden pro Block der Menge von zwei Umladungen entsprechende, frische Brennstoff am Standort gelagert.

Die abgebrannten Brennelemente gelangen nach ihrer Entfernung aus dem Reaktor in das Ruhebecken, wo die Abführung der remanenten Wärme gewährleistet ist, bis ihr Wert nicht den Wert erreicht, bei dem die vorläufige trockene Lagerung der Brennelemente möglich ist. Im Ruhebecken dürfen die Brennelement-Kassetten höchstens 10 Jahre verbringen.

Nach der Lagerung im Ruhebecken werden die abgebrannten Brennelemente vorläufig gelagert. Dazu bestehen derzeit zwei Möglichkeiten:

- Die abgebrannten Brennelemente werden zum Zwecke einer vorläufigen technologischen Lagerung, oder zum Zwecke einer technologischen Lagerung und Reprozessierung in das Gebiet der Russischen Föderation geliefert. Die abgebrannten Brennelement-Kassetten, oder im Falle einer Reprozessierung wird der Atommüll genauso lange im Gebiet der Russischen Föderation gelagert, welcher die im Absatz 1 des Artikels 7 der angegebene Vereinbarung (Vertrag) zur Versorgung des nuklearen Brennstoffs vorschreibt (20Jahre), danach wird er nach Ungarn zurückgeliefert
- Vorläufige Lagerung der abgebrannten Brennelemente in Ungarn.

Unter Berücksichtigung der geplanten Betriebsdauer der neuen Blöcke und der im zwischenstaatlichen Vertrag bestimmten Dauer wird die vorläufige Lagerung der abgebrannten Brennelemente in Ungarn, am Standort der Blöcke oder in ihrer direkten Nachbarschaft in Betracht genommen. Die vorläufige Lagerung dauert so lange, bis nicht die direkte endgültige Unterbringung der Kassetten, oder die endgültige Unterbringung des aus der Reprozessierung der Kassetten stammenden hochaktiven Mülls in Ungarn gewährleistet ist.

Unter Berücksichtigung der Folgenden wird nach der vorläufigen Lagerung mit einer endgültigen direkten Unterbringung der Brennelementkassetten gerechnet:

- Eine der vorgeschriebenen Bedingungen der endgültigen Unterbringung von in Ungarn entstandenem Atommülls im Ausland laut dem Atomgesetz - und zwar, dass der Betrieb des Lagers für radioaktiven Müll auf den zu liefernden radioaktiven Müll genehmigt worden ist, und es schon vor der Lieferung betrieben worden ist - wird derzeit nicht erfüllt
- Wegen der Länge der geplanten Betriebszeit ist die langfristige Realisierbarkeit der sonstigen Lösungen fragwürdig, sie bergen hohe Risiken



## 7.4 PRIMÄRKREISLAUF

Die geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke können anhand des Prozesses der Energieerzeugung grundsätzlich in zwei Teile aufgeteilt werden, dem Primärkreislauf und dem Sekundärkreislauf.

Der Primärkreislauf leitet die in der aktiven Zone des Reaktors entstehende Wärme in den Dampferzeuger, und der im Dampferzeuger entstehende Dampf arbeitet während der Umwandlung in der Turbine des Sekundärkreislaufes, wodurch im Generator, welcher an die Turbine angeschlossen ist elektrische Energie erzeugt wird.

## 7.5 SEKUNDÄRKREISLAUF

Aufgabe des Sekundärkreislaufes ist die im Reaktor erzeugte Wärmeenergie in Bewegungs-, und danach in elektrische Energie umzuwandeln. Das auf der Sekundärseite strömende Speisewasser wird von dem in den wärmeübergebenden Rohren des Dampferzeugers strömende 300–320 °C warme Wasser des Primärkreislaufes aufgewärmt und zum kochen gebracht.

Der aus dem Dampferzeuger austretende Dampf gelangt auf die Turbine, wo durch Nutzung seiner Bewegungsenergie der sich drehende Teil der Turbine angetrieben wird. In den Turbinen befinden sich die sich drehenden Teile des Gehäuses mit hohem und geringem Druck, und des Generators auf der gleichen Achse. Im Hochdruck-Turbinenhaus sinkt die Temperatur des Dampfes, und sein Feuchtigkeitsgehalt nimmt deutlich zu. Deshalb gelangt der Dampf vor seinem Eintritt in das Niederdruck-Haus in die sog. Trennanlage für Tropfen und in die Dampfüberhitzungseinrichtung, wo die Wassertropfen, welche die Turbine beschädigen würden, entfernt werden.

Der seine Arbeit schon erfüllte (müde) Dampf gelangt in den Kondensator, wo in mehreren Tausend dünnen Rohren Kühlwasser strömt. Auf den Kühlrohren wird der Dampf bei ca. 25 °C Temperatur kondensiert, wonach er über den - zur Verbesserung des Wirkungsgrades angewendeten - mehrstufigen Vorheizern von den Einspeisepumpen in den Dampferzeuger zurückgeführt wird.

Der Wirkungsgrad des Dampfzyklus liegt bei ~37 %.

## 7.6 KÜHLSYSTEME

Neben der Erzeugung elektrischer Energie der geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke entsteht sowohl im Primär-, als auch im Sekundärkreislauf zur Erzeugung elektrischer Energie nicht geeignete Wärme, deren Abführung die Kühlsysteme gewährleisten.

Die Kühlsysteme der geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke können in drei Hauptbereiche geteilt werden.

Aufgabe des **Kondensatoren Kühlwassersystems** ist die Kondensationswärme des Dampfkreislaufes aus den sich im Sekundärkreislauf der Kernkraftwerkblöcke befindenden Kondensatoren abzuziehen, mit der durch die Oberflächenkondensatoren strömendem, mechanisch gefiltertem Donauwasser.

Aufgabe des **technologischen Kühlwassersystems** ist die Ableitung der in den Behelfssystemen des Sekundärkreislaufes entstehenden Wärme. Bei der technischen Lösung der geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke zieht das technologische Kühlwassersystem die Abfallwärme der Turbinen-Generator Maschinengruppe, der Einspeisepumpen, der elektrischen Hochleistungsmotoren über den geschlossenen, dazwischenliegenden Kühlkreislauf ab. Das technologische Kühlwassersystem zweigt im Turbinenmaschinenhaus vom Kühlwasser des Kondensators ab, bzw. das erwärmte technologische Kühlwasser wird zusammen mit dem im Kondensator erwärmten Kühlwasser in die Donau eingeleitet.

Aufgabe des **Sicherheits-Kühlwassersystems** ist die Versorgung der Verbraucher (Anlagen) des Primärkreislaufes des neuen Kernkraftwerks mit Kühlwasser, welche neben dem Normalbetrieb des Primärkreislaufes eine ständige Kühlung brauchen. Aufgabe des Sicherheits-Kühlwassersystems ist weiterhin die Abkühlung des Primärkreislaufes der Blöcke bei Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen, und neben der abgekühltem Primärkreislauf die Sicherstellung des Abzugs der remanenten Wärme aus dem Reaktor, dem Umschalgsanlagen und dem Ruhebecken. Das Sicherheits-Kühlwassersystem hat zwei mögliche Betriebsarten. Nach der einen Methode wird die Wärme über Kühlzellen mit

künstlichem Luftstrom an die Luft abgegeben, und nach der anderen Betriebsmethode wird die Wärme durch Frischwasserkühlung abgezogen, in welchem Fall die Donau endgültig die Wärme schluckt. Das Sicherheits-Kühlwassersystem arbeitet grundsätzlich in der aus der Donau entnommenen Frischwasserkühlung Betriebsart, aber wenn das Sicherheits-Kühlwassersystem aus egal welchem Grund (z.B.: extreme meteorologische Bedingungen, extreme Wasserstände der Donau, die Sicherheitsfunktionen der Wasseranlagen verletzende Beschädigungen) nicht in der Frischwasser Betriebsart seine Sicherheitsfunktionen versehen kann, dann stellt sich das System auf die Kühlzellen Betriebsart um. Das Sicherheits-Kühlwassersystem der geplanten neuen Kernkraftwerkblöcke wird - in Abhängigkeit der die Gegebenheiten des Standortes berücksichtigenden Planung - im überwiegenden Teil der Betriebszeit im Frischwasser Betriebsart betrieben werden.

### 7.6.1 DONAU-WASSER ENTNAHME

In Abhängigkeit der beiden Betriebsarten des Sicherheits-Kühlwassersystems betragen die Mengen des aus der Donau entnommenen Wassers bei einem Block 64,15 m<sup>3</sup>/s und 66,01 m<sup>3</sup>/s, und bei zwei Blöcken 128,3 m<sup>3</sup>/s und 132,02 m<sup>3</sup>/s. bezüglich der durch die Entnahme und die Rückführung des Donau-Wassers verursachter Wirkungen sind die höheren Werte berücksichtigt worden.

Folgende Tabelle zeigt die Gesamtmenge der aus der Donau im Falle der Frischwasserkühlung Betriebsart des Sicherheits-Kühlwassersystems entnommenen rohem Wassers (Kondensatorenkühlwasser, technologisches Kühlwasser, Sicherheitskühlwasser und Ersatzwasser-Herstellung).

Bezeichnung	Menge	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Kondensatorenkühlwasser *	m <sup>3</sup> /s	61,5	123
technologisches Kühlwasser (Sekundärkreislauf) [31]	m <sup>3</sup> /s	2,6	5,2
Sicherheitskühlwasser (Primärkreislauf) [31]	m <sup>3</sup> /s	1,9	3,8
Rohes Wasser zur Ersatzwasser-Herstellung (zur Herstellung von salzfreiem Wasser)	m <sup>3</sup> /s	0,01	0,02
Gesamte Wasserentnahme aus Donau	m <sup>3</sup> /s	66,01	132,02
Jährlich (8760 h), maximaler Kühlwasserbedarf	Milliarden m <sup>3</sup> /Jahr	2,08	4,16

Tabelle 13: Aus der Donau entnommene Wassermengen im Fall eines Betriebs des Sicherheitskühlwassersystems mit Flusswasserkühlung

### 7.6.2 KONDENSATOR KÜHLWASSER SYSTEM

Das Kondensatoren Kühlwassersystem zieht - ähnlich wie bei den vier vorhandenen Blöcken des Kernkraftwerks verwendeten Kühlung - die notwendige Wärme durch das Strömen des aus der Donau entnommenen Wassers durch den Kondensator. Das Donau-Wasser wird von den Pumpen des Wasserentnahmewerks aus der Donau gepumpt, und über entsprechende Filter und Leitungen bis zu den Kondensatoren des Turbinenmaschinenhauses des Blocks geführt.

Anhand der untersuchten Versionen der Kühlwassersysteme der neuen Kernkraftwerkblöcke, ist unter Berücksichtigung der technischen, Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz- und Naturschutzaspekte die Kühlwasserversorgung mit einer Wandungs-Kühlwasserentnahme, die Ableitung des Warmwassers durch die Kreuzung des vorhandenen Kaltwasserkanals und die Erweiterung des vorhandenen Warmwasserkanals ausgewählt worden.

Der für den Kondensator notwendige Volumenstrom des Kondensatorkühlwassersystems ist  $\Delta t = 8 \text{ }^\circ\text{C}$  pro Kondensator Wärmegradstufe und Block bei einer  $\approx 2\,075 \text{ MW}_{th}$  in den Kondensatoren abzuziehenden Wärme, bei einem Block und Normalbetrieb voraussichtlich 61,5 m<sup>3</sup>/s, bei zwei Blöcken und Normalbetrieb voraussichtlich 123 m<sup>3</sup>/s.

Blockleistung	Einheit	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Volumenstrom des Kühlwassers [31]	m <sup>3</sup> /s	61,5	123
Volumenstrom des Kühlwassers	m <sup>3</sup> /h	221 400	442 800
Erwärmung des Kühlwassers im Kondensator [31]	°C	8	8
Jährlicher (8760 h), maximaler Kühlwasserbedarf	Milliarden m <sup>3</sup> /Jahr	1,94	3,88

Tabelle 14: Kondensatoren Kühlwassermengen

### 7.6.3 TECHNOLOGISCHES (SEKUNDÄRKREISLAUF) KÜHLWASSERSYSTEM

Die über die Kondensator Kühlung hinausgehenden Kühlanforderungen des Sekundärkreislaufs des Kernkraftwerks werden vom technologischen Kühlwassersystem erfüllt. Das für das technologische Kühlwassersystem notwendige Kühlwasser wird vom Kondensator-Kühlwassersystem bis zum Turbinenmaschinenhaus geführt, und von dort leitet es eine entsprechend eingerichtete druckerhöhende Pumpe zu den Verbrauchern des technologischen Kühlwassersystems. Das im technologischen Kühlwassersystem aufgewärmte Kühlwasser gelangt in den Warmwasserzweig des Kondensator Kühlwassersystems, welches sich nach dem Kondensator befindet. Das technologische Kühlwasser gelangt zusammen mit dem Kondensator Kühlwasser zurück in die Donau. Das Kühlelement des technologischen Kühlwassersystems ist das Donau-Wasser, welches außer dem Filtern im Kondensator Kühlwassersystem, auch über feinere mechanische Filter zirkuliert wird, um die Betriebssicherheit der Wärmeaustauscher aufrecht zu erhalten. Auf der gekühlten Seite der Wärmeaustauscher des technologischen Kühlwassersystems, im geschlossenen Zwischensystem für Kühlwasser des Turbinenmaschinenhauses wird salzfreies Wasser zirkuliert.

Die Ausgestaltung des technologischen Kühlwassersystems ist 2x100 %, von den wichtigsten Elementen des Systems werden jeweils zwei parallel zu einander erbaut, und mit entsprechenden Querverknüpfungen versehen.

Der Kühlwasserbedarf des technologischen Kühlwassersystems beträgt bei einem Block und Normalbetrieb voraussichtlich 9 360 m<sup>3</sup>/h, bei zwei Blöcken und Normalbetrieb voraussichtlich 18 720 m<sup>3</sup>/h. Der technologische Kühlwasserbedarf bei Übergangsbetriebszuständen (z.B.: Start, Stopp) weicht nicht wesentlich vom Kühlwasserbedarf bei Normalbetrieb. Die Bestimmung der technologischen Kühlwassermenge erfolgte pro Block bei ≈86,6 MW<sub>th</sub> abzuführender Wärme und mit einer identischen Erwärmung von 8°C, wie beim Kondensator Kühlwasser.

Blockleistung	Einheit	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Volumenstrom des technologischen Kühlwassers bei Normalbetrieb	m <sup>3</sup> /s	2,6	5,2
Volumenstrom des technologischen Kühlwassers bei Normalbetrieb	m <sup>3</sup> /h	9 360	18 720
Erwärmung des Kühlwassers im technologischen Kühlwassersystem	°C	8	8
Jährlicher, maximaler technologischer Kühlwasserbedarf	Millionen m <sup>3</sup> /Jahr	82	164

Tabelle 15: Technologische Kühlwassermengen [32]

### 7.6.4 SICHERHEITSKÜHLWASSER-SYSTEM

Die Kühlung der Behelfsysteme des Primärkreislaufes des neuen Kernkraftwerkes wird vom sog. Sicherheitskühlwassersystem versehen. Zu einem Block gehören vier voneinander unabhängige, aber genau die gleiche Funktion erfüllende Systeme, von denen bei Normalbetrieb ein redundantes System arbeitet, und bei Übergangsbetriebsarten zwei Systeme arbeiten.

Dieses System ist unabhängig vom Kondensator-Kühlwassersystem und dem technologischen Kühlwassersystem des Sekundärkreislaufes, mit gemeinsamen Anlagen ist bei der Kühlwasserversorgung und bei seiner Ableitung zu rechnen.

Der Kühlwasserbedarf des technologischen Kühlwassersystems beträgt bei einem Block und Normalbetrieb voraussichtlich 6 840 m<sup>3</sup>/h, bei zwei Blöcken 13 680 m<sup>3</sup>/h. Bei Übergangsbetriebszuständen (z.B.: Start, Stopp) bei einem Block voraussichtlich 13 680 m<sup>3</sup>/h. Da aus Betriebsführungsgründen nicht damit zu rechnen ist, dass zwei Blöcke sich gleichzeitig in Übergangsbetriebszuständen befinden, wird der gleichzeitige Bedarf von zwei Blöcken den Volumenstrom von 20 520 m<sup>3</sup>/h voraussichtlich nicht überschreiten Die Bestimmung der Sicherheitskühlwassermenge erfolgte mit einer identischen Erwärmung von 8°C, wie beim Kondensator Kühlwasser.

Blockleistung	Einheit	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Volumenstrom des Sicherheitskühlwassers bei Normalbetrieb	m <sup>3</sup> /s	1,9	3,8
Volumenstrom des Sicherheitskühlwassers bei Normalbetrieb	m <sup>3</sup> /h	6 840	13 680
Volumenstrom des Kühlwassers bei Übergangsbetriebsarten	m <sup>3</sup> /h	13 680	20 520
Erwärmung des Kühlwassers im Sicherheitskühlwassersystem	°C	8	8

Tabelle 16: Sicherheitskühlwassermengen

#### Kühlzellenkühlung mit künstlichem Bezug

Eine der möglichen Betriebsarten des Sicherheitskühlwassersystems ist, dass die Wärme über Kühlzellen mit künstlichem Bezug an die Umweltluft abgegeben wird, in diesem Fall verschluckt die Luft die Wärme endgültig. Hierbei zieht das Sicherheitskühlwassersystem die Wärme nicht durch das Zirkulieren des Donau-Wassers ab, und so gelangt die abgezogene Wärme auch nicht in die Donau. In diesem Fall gilt das Sicherheits Kühlsystem quasi als ein geschlossenes System, wobei das Strömungsvolumen das zwischen den Sicherheitskühlzellen und den Wärmeaustauschern des Sicherheitskühlsystems zirkulierte Kühlwasser bedeutet. Nach dem Auffüllen des Systems bei seinem Start ist nur das Ersetzen der Verdunstungs-, Tropfenbildungs- und Verschlammungsverluste notwendig, was von der Ersatzwasser herstellenden Technologie des Kernkraftwerks versehen wird. Die jährliche Ersatzwassermenge ist minimal, denn bezüglich der Sicherheitskühltürme kann man jährlich höchstens einen Monat Betriebszeit annehmen, somit ist der daraus resultierende Donau-Wasserbedarf im Vergleich zu den sonstigen Wasserentnahmen mit Kühlungs-zweck nicht erwähnenswert.

Blockleistung	Einheit	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Ersatzwassermenge	m <sup>3</sup> /s	0,04	0,08
Jährlicher, maximaler Ersatz Kühlwasserbedarf (Donau-Wasserbedarf für Kühlung mit Sicherheitszweck)	Millionen m <sup>3</sup> /Jahr	≈0,1	≈0,2

Tabelle 17: Sicherheitskühlwasser Ersatzwassermengen, im Fall von Sicherheitskühltürmen

Der Zellenkühlturm mit künstlichem Bezug zur Abgabe der Wärme des Sicherheitskühlwassersystems verfügt pro Block über 4x100 % Ausbaustufe. (Die Größe der Reserven kann anhand der Ergebnisse der Sicherheitsanalysen des Standortes endgültig festgelegt werden.) Bei Normalbetrieb arbeitet pro Block ein Sicherheitskühlturm, die anderen sind Reserven, während beim Starten, Stoppen und bei der Kühlung nach dem Stoppen der Blöcke pro Block zwei Sicherheitskühltürme arbeiten.

Die 4 Stück Kühlzellen pro Block befinden sich neben dem Containment. Die Grundfläche der Sicherheitskühlzellen ist ca. 17 x 35 m, ihre Gesamthöhe beträgt ca. 15 m, wovon die Höhe der Zellen ca.13 m ist, und die Höhe der Schornsteine über den Zellen ist ca. 2 m. Neben den Kühlzellen befindet sich die Pumpenanlage der Sicherheitskühler, welche das Kühlwasser zwischen den Sicherheitssystemen und der Kühlzelle zirkulieren. Die Sicherheitskühltürme haben Zwillingzellen, in jeder Kühlzelle sind zwei Wasserverteilersysteme und zwei Ventilatoren untergebracht.

Das in den Sicherheitssystemen des Primärkreislaufes aufgewärmte Kühlwasser wird in die Sicherheitskühlzellen eingeführt und mit Hilfe von Düsen wird es gleichmäßig in den feuchten Kühleinlagen verteilt. Der auf den Kühleinlagen entstehender Wasserfilm kühlt sich in Folge der aus dem Wasserfilm im Gegenstrom des durch die Kühleinlage strömenden Umweltluftstroms ab. Zur Verringerung der während des Durchströmens durch die feuchten Kühleinlagen erfolgenden Tropfenaufnahme wird eine Tropfenaufnahmeeinrichtung oberhalb der Kühleinlagen und der Düsen angebracht. Das abgekühlte Wasser gelangt aus der Kühleinlage in das Kühlwasserbecken, von wo es mit Hilfe von Strömungspumpen zu den Sicherheitssystemen des Primärkreislaufes zurückgeführt wird. Den Ersatz der verdunsteten und verschlammten Wassermenge stellt das Ersatzwassersystem sicher, wo gleichzeitig auch die Zugabe der für eine Betriebssichere Funktion notwendige Chemikalien zugemischt werden.

#### Frischwasserkühlung

Bei der anderen möglichen Betriebsart des Sicherheits Kühlsystems zieht das Sicherheitskühlsystem durch die Zirkulation von Donau-Wasser die Wärme ab, wodurch die abgezogene Wärme über den Warmwasserkanal in die Donau gelangt. In diesem Fall kann das Sicherheitskühlsystem als ein offenes System betrachtet werden, das Strömungsvolumen des Kühlwassers bedeutet das im Wasserentnahmewerk entnommene und über die Wärmeaustauscher des Sicherheitskühlsystems in die Donau geleitete Donau-Wasser. Der jährliche, maximale

Kühlwasserbedarf bezieht sich auf eine Betriebszeit von 8760 h, denn es kann solche Betriebsjahre geben, in denen das Sicherheitskühlwasser im ganzen Jahr im "Frischwasserkühlung" Betriebsmodus arbeitet.

Blockleistung	Einheit	1 x 1 200 MW <sub>e</sub>	2 x 1 200 MW <sub>e</sub>
Volumenstrom des Sicherheits Kühlwassers bei Normalbetrieb (zirkuliertes Kühlwasser oder Donau-Wasser)	m <sup>3</sup> /s	1,9	3,8
Jährlicher, maximaler Sicherheits Kühlwasserbedarf (bei Entnahme von Donau-Wasser)	Millionen m <sup>3</sup> /Jahr	59,9	119,8

Tabelle 18: Sicherheitskühlwassermengen im Fall von Frischwasserkühlung

Die Art der Kühlung kann anhand der für den Standort durchgeführten technischen und Sicherheitsanalysen endgültig bestimmt werden, bei Bedarf kann die Kühlung der Sicherheitssysteme auch mit einem spritzkühler Kühlwasserbecken, oder mit einer vom Kondensatorkühlwassersystem unabhängigen Kühlwasserversorgung aus einem Wasserentnahmewerk realisiert werden.

Das Sicherheitskühlwassersystem muss die Vorschriften der Nationalen Atomenergiekommission und der Nationalen Sicherheitsregelwerk (NAÜ, NBSZ) erfüllen, welche besagen, dass auch beim Verlust der Wärmeableitung im Normalbetrieb für die Ableitung der remanenten Wärme des Reaktors gesorgt werden muss, auch in dem Fall, wenn diese Lage in Folge externer Ereignisse stattgefunden hat (Erdbeben; extreme meteorologische Umstände (extreme Vereisung, Windstärke, Schnee), Absturz eines Flugzeuges, Feuer usw.). [32]

## 7.6.5 WASSERANLAGEN DER KÜHLWASSERSYSTEME

### **Vorhandener, erweiterter Kaltwasserkanal**

Den vorhandenen Kaltwasserkanal werden das Kernkraftwerk von Paks und das Kernkraftwerk Paks II gemeinsam benutzen. Damit im Jahr 2030, wenn die vorhandenen 4 Blöcke und die neuen 2 Blöcke beginnen gleichzeitig zu arbeiten, ist zur Einführung einer ausreichenden Menge Kühlwassers im Kaltwasserkanal die Erweiterung des Kaltwasserkanals in einer Länge von etwa 1300 m notwendig.

### **Wasserentnahmewerk**

Zur Errichtung des Wandungs-Wasserentnahmewerks der neuen Kernkraftwerkblöcke ist der günstigste Ort das am Ufer des vorhandenen Kaltwasserkanals des Kernkraftwerks von Paks liegende, sich vom vorhandenen Wasserentnahmewerk nördlich, etwa 150 m entfernt befindende Gebiet. Das Wasserentnahmewerk beinhaltet pro Block 3 x 33 % oder 4 x 25 % Kondensator-Kühlwasserpumpen und Filtersysteme (für beide Blöcke 6-8 Stück parallele Systeme) Im Wasserentnahmewerk befinden sich maschinell gereinigte Rostgitter, Schleifenfilter und entsprechend ausgestaltete Jalousietafeln.

Bei einer Frischwasserkühlungsart des Sicherheitskühlwassersystems entnehmen das Donau-Wasser, die sich im Gebäude des Wasserentnahmewerks befindenden, pro Block jeweils 4 Stück Pumpen des Sicherheitskühlwassers. Das Wasserentnahmewerk des Sicherheitskühlwassersystems wird in Abhängigkeit der die Gegebenheiten des Standortes berücksichtigenden Planung - voraussichtlich in der Mehrheit der Betriebszeit in Betrieb sein.

### **Kühlwasserleitungen**

Das Kühlwasser des Kondensatorkühlwassersystems (welches auch das Kühlwasser des technologischen Kühlwassersystems beinhaltet) verläuft zwischen dem Wasserentnahmewerk und dem Turbinenmaschinenhaus, auf einer Strecke von ca. 300-400 m über unterirdische Rohrleitungen. Zu der Menge des über das Kühlsystem strömenden Kühlwassers fügen sich pro Block 3 Stück Rohrleitungen mit einem Durchmesser von 3,2-4 m an.

Das Kühlwasser des Kondensatorkühlwassersystems verläuft bis zum Turbinenmaschinenhaus parallel mit dem Kondensatorkühlwassersystem, und danach auf einer selbständigen Strecke bis zum, das Sicherheitskühlwassersystem beinhaltendem Gebäude. Zu der Menge des über das Kühlsystem strömenden Sicherheitskühlwassers fügen sich pro Block 4 Stück Rohrleitungen mit einem Durchmesser von 0,5-0,8 m an.

### **Turbinenkondensatoren und Wärmeaustauscher des Kühlsystems**

Das durch das Kondensatorkühlsystem regelmäßig zirkulierende Wasser zieht in den Turbinenkondensatoren die während der Kondensierung des in den Kondensator strömenden Dampfes abzuziehende Wärme ab. Die abgeleitete Wärme wärmt das durch die Kühlwasserrohre im Kondensator strömende Kühlwasser ab. Die Erwärmung des Kühlwassers im Kondensator beträgt im Maßzustand 8 °C.

Bei dem technologischen und dem Sicherheitskühlwassersystem zieht das durch den Wärmeaustauscher strömende Kühlwasser, aus dem zwischengelegten, mit dem technologischen und dem Sicherheitskühlwassersystem verbundenen, geschlossenen Kühlwassersystem die Heizungswärme ab. Die abgezogene Wärme erwärmt das, in den Wärmeaustauschrohren zirkulierende Wasser (Donau-Wasser). Die Erwärmung des Kühlwassers im technologischen und im Sicherheitskühlwassersystem beträgt - ähnlich wie beim Kondensatorkühlwasser - im Maßzustand 8 °C.

### **Geschlossene Warmwasserkanäle**

Das aufgewärmte Kühlwasser fließt vom Turbinenmaschinenhaus bis zum Kaltwasserkanal, dann über die, über den Kaltwasserkanal gebauten Brücke, und nach der Brücke über den Stahlbetonkanal bis zu der Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage auf einer Strecke von ca. 500 m. Das aufgewärmte Kühlwasser beinhaltet das innerhalb des Turbinenmaschinenhauses dazu fließende aufgewärmte technologische Kühlwasser, und das außerhalb des Maschinenhauses dazu fließende aufgewärmte Sicherheitskühlwasser (in der Frischwasserkühlung Betriebsart der Sicherheitskühlung). Zu der über das Kühlwassersystem regelmäßig durchströmenden Kühlwassermenge schließen sich pro Block 2 Stück Stahlbetonkanäle mit einem Profil von 5 x 3 m an.

### **Kanalbrücke**

Über den vorhandenen Kaltwasserkanal führt eine entsprechend gestaltete neue Kanalbrücke das aufgewärmte Kühlwasser bis zu der Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage. Die Kanalbrücke ist aus vorproduzierten Stahlbetonelementen aufgebaut, ihre Pfeiler stehen im Bett des vorhandenen Kaltwasserkanals. Die Breite der Brücke beträgt ca. 25-30 m, die größte Stützentransversalabstand überschreitet nicht die 50 m.

### **Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage**

Aufgabe der Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage ist die Sicherstellung des Seitendrucks, des für einen betriebssicheren Betrieb des Kondensatorkühlsystems notwendigen Kondensatorkühlwassers, und der Möglichkeit des Zurückmischens des Warmwassers in den Kaltwasserkanal.

### **Neuer offener Kanal mit Trapezprofil**

Von der Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage bis zum vorhandenen Warmwasserkanal ist die Errichtung einer neuen offenen Strecke des Warmwasserkanals mit einem Trapezprofil und einem neuem Hosenenelement notwendig, welches das Warmwasser der neuen Blöcke in den vorhandenen Warmwasserkanal leitet. Im neuen offenen Kanal fließt das Wasser mit Hilfe der Gravitation in Richtung des vorhandenen Warmwasserkanals auf einer Strecke von etwa 500 m. Die geplante Beckenbodenbreite des neuen offenen Kanals ist 16 m, die Breite des Kanals 80 m (breite der Krone beträgt 50 m), die Steile der Schräge ist 1:2, die durchschnittliche Wasserhöhe ca. 2,5-3 m.

### **Vorhandener, erweiterter Warmwasserkanal**

Nach dem neuen Hosenenelement gelangt das aufgewärmte Kühlwasser über die entsprechend erweiterte Strecke des Warmwasserkanals zum Rückleitungsbauwerk. Das aufgewärmte Kühlwasser gelangt über den entsprechend erweiterten Warmwasserkanal mit Hilfe der Gravitation zurück in die Donau.

Der vorhandene Warmwasserkanal ist bei der Errichtung des Kernkraftwerks von Paks so erbaut worden, dass er auch zur Ableitung der Warmwassermenge des Kraftwerks von Paks und der damals geplanten 2 x 1 000 MW Erweiterung geeignet ist. Anhand dessen war die Bemessungskapazität des Warmwasserkanals 220 m<sup>3</sup>/s. Die Eignungsprüfung des Warmwasserkanals zu den geplanten 2 x 1 200 MW Blöcken hat stattgefunden, und hierbei sind auch die zu

erwartenden Wasserstände der Donau, und die begrenzende Wirkung der im Kernkraftwerk von Paks vorhandenen Überlauf-Wasserpegel-Regelanlage auf den höchsten Wasserpegel des Warmwasserkanals berücksichtigt worden.

Damit 2030, wenn die vorhandenen 4 Stück Blöcke und die geplanten neuen 2 Stück Blöcke gleichzeitig arbeiten werden, der Warmwasserkanal das Warmwasser der 6 Blöcke ableiten kann, ist die Erweiterung des Warmwasserkanals notwendig. Da die Wassermenge der 2025 eintretenden Blöcke den Wasserpegel des Warmwasserkanals deutlich erhöhen, und die Durchführung der Erweiterungsarbeiten deutlich erschweren würden, ist es zweckmäßig die 2030 notwendig werdende Kanalerweiterung bis zur Inbetriebsetzung des ersten Blocks, also bis 2025 durchzuführen.

### **Vorhandenes energiebrechendes Bauwerk mit zweitem Einführungspunkt**

Mit dem entsprechend ausgeführtem energiebrechendem Bauwerk ist die Einleitung der Warmwassermenge der vorhandenen 4 Stück Blöcke und der geplanten neuen 2 Stück Blöcke in die Donau gewährleistet.

Die Bildung eines neuen Einführungspunktes hat mehrere Vorteile gegenüber der Erweiterung des vorhandenen energiebrechenden Bauwerkes. Durch die Anwendung eines im Bereich der zwischen dem Kaltwasserkanal und der Mündung des Warmwasserkanals liegendem zweiten Einführungspunkt errichteten Bauwerks, und des darin untergebrachten Rekuperationskraftwerk kann die Vermischung des in die Donau geleiteten Wassers verbessert werden, und neben der Minimalisierung der Betroffenheit der Natura 2000 Gebiete kann eine deutliche Menge an Energie zurückgewonnen werden.

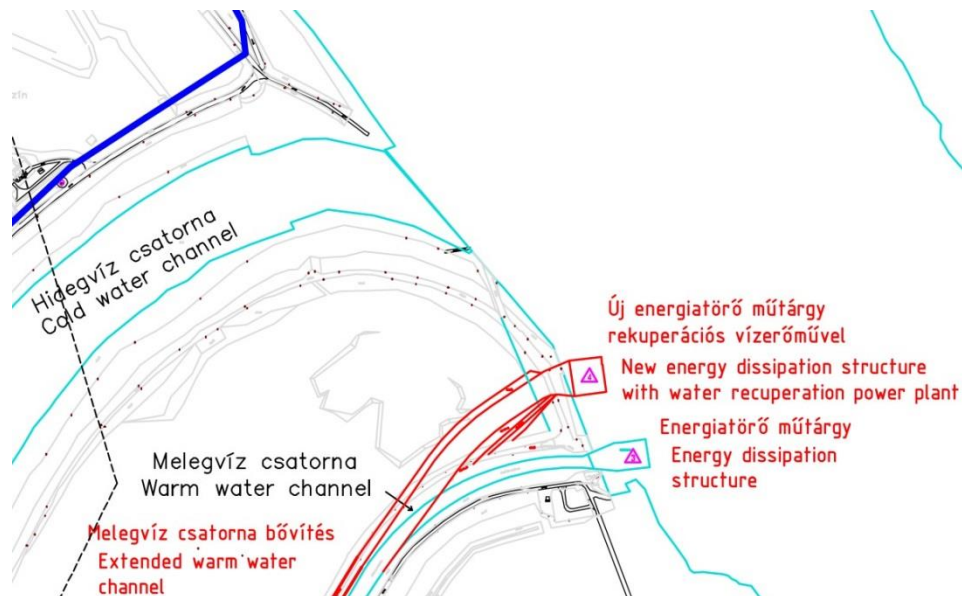


Abbildung 32: Lagezeichnung des vorhandenen energiebrechenden Bauwerks und des zweiten, neuen Einführungspunktes

### **7.6.5.1 Rekuperationswasserwerk**

Durch die Aufstauung des vom Kernkraftwerk startendem Warmwasserkanals kann bei der Donau-Mündung des Warmwasserkanals so ein Fall erreicht werden, der zum Betrieb von Wasserturbinen mit ~7-8 MW nominellen eingebauten Leistung ausreichend ist. Unter Berücksichtigung der Wasserführung der Donau und des Betriebs der Blöcke erreicht die jährlich erzeugbare elektrische Energiemenge annähernd 35 GWh.

Der aufgestaute Wasserstand auf der Oberlaufseite des Rekuperationswasserwerks entsteht durch den am Ende des Warmwasserkanals eingebautem Damm, in dem auch die Wasserturbinen und ihre direkten Bedienungsanlagen untergebracht sind. Hierzu gehören die Absperrkonstruktionen zur Bestimmung der Richtung des Wassers, und die Elemente ihres Betriebs, die für die Bedienung und die Instandhaltung notwendigen Hebevorrichtungen und die Hilfsanlagen. Neben dem Wasserwerk sind elektrische und steuerungstechnische Einrichtungen, die Schaltschränke und Transformatoren in einem eigenständigen Gebäude untergebracht. Hier laufen die Kabel zur Herstellung der Verbindung mit dem Kraftwerk und die Fernleitungen zur Ausgabe der erzeugten elektrischen Energie zusammen. Die Anlagen für Hilfsenergie, der Kompressor und die Ölstation befinden sich auch hier.



Das Rekuperationswasserwerk verfügt über eine Überflusskapazität, welche bei Ausfall der Wasserturbinen, oder bei Instandhaltungen die jeweilige vom Kernkraftwerk ankommende maximale Kühlwassermenge ohne Rückwirkungen ableiten kann, und sie sicher in die Donau abführen kann.

Das Wasserwerk ist eine selbständige, umzäunte Anlage, welche nicht die ständige Anwesenheit vom Bedienungspersonal beansprucht. Die Vermögenssicherheit wird durch einer physischen Hürde und einem Meldesystem sichergestellt.

## 7.7 BEHELFSYSTEME, HILFSANLAGEN

### 7.7.1 SALZFREIES WASSER

Bezüglich der Erweiterung der geplanten Blöcke ist die Errichtung eines neuen Wasservorbereitungswerkes geplant, mit einer Kapazität von 3 x 100 %, was die Sicherstellung der notwendigen Redundanzen begründet. Von den wichtigsten Elementen des Systems werden 3 Einheiten parallel zueinander ausgebaut, mit entsprechenden Querverbindungen.

Der technologische Prozess der Ersatzwasservorbereitung besteht aus folgenden Teilprozessen: Klärung, multimediales Filtern, Entsalzung mit Membranen und bei Bedarf nachträgliche Entsalzung mit Ionenaustausch. Der Entsalzungsprozess mit Membranen besteht aus drei weiteren Unterprozessen, diese sind das Ultrafiltern, die Entsalzung unter dem Prinzip der umgekehrten Osmose, und die Entsalzung mit elektrischer De-Ionisierung. Das Wesentliche des Ersatzwasservorbereitungsprozesses ist die Entsalzung mit Membranen, deren wichtiges Merkmal ist, dass hier im Vergleich mit der konventionellen Kalk-Enthärtung und dem Entsalzungsverfahren mit Ionenaustausch die Menge der Chemikaliennutzung mindestens um eine Größenordnung geringer ist, wodurch auch die Menge der mit dem entstehendem Abwasser abgegebener Chemikalien deutlich gesenkt werden kann. Die Ersatzwasservorbereitung versieht die Kühltürme des Sicherheitskühlwassersystems mit dem notwendigen Ersatzkühlwasser. Die geeignete Wasserqualität für das Ersatzkühlwasser erlangt man aus dem zwischengelagertem Prozess der Ersatzwasservorbereitung, also nach der Entsalzung mit Membranen. Daher hat die Vorphase der Ersatzwasservorbereitung in Abhängigkeit der Lagerung des Ersatzkühlwassers und den Wasserqualitätsanforderungen der Kühltürme eine höhere Kapazität, die feine Entsalzung wird nur bei der Wassermenge durchgeführt, die den Bedürfnissen für salzfreiem Wasser des Primärkreislaufes und des Sekundärkreislaufes entspricht.

In Abhängigkeit der zwei möglichen Betriebsarten des Sicherheitskühlwassersystems, hat auch die Ersatzwasservorbereitung zwei mögliche Betriebsarten. Da die Kühlturm-Betriebsart des Sicherheitskühlwassersystems nur eine kurze Zeit lang aufrecht erhalten wird (jährlich nur ein paar Tage, voraussichtlich höchstens einen Monat), wird daher die Wasserbilanz der Ersatzwasservorbereitung auf die charakteristische Betriebsart angegeben, also wenn das Sicherheitskühlwassersystem mit Frischwasserkühlung arbeitet und kein Ersatzkühlwasser notwendig ist.

Anhand der oben Beschriebenen ist der Rohwasserbedarf der Ersatzwasservorbereitung bei einem Block im Normalbetrieb voraussichtlich 36 m<sup>3</sup>/h, bei zwei Blöcken im Normalbetrieb voraussichtlich 72 m<sup>3</sup>/h. Der jährliche Rohwasserbedarf für beide Blöcke zusammen beträgt voraussichtlich nicht mehr als 640 Tausend m<sup>3</sup>.

Bezeichnung	Maßeinheit	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Rohwasser (Donau-Wasser)	m <sup>3</sup> /s	0,01	0,02
Rohwasser (Donau-Wasser)	m <sup>3</sup> /h	36	72
Abfallwasser	m <sup>3</sup> /h	12	24
Erzeugtes salzfreies Wasser	m <sup>3</sup> /h	24	48

Tabelle 19: Normale Betriebswasserbilanz zur Vorbereitung von Ersatzwasser

Aufgabe des Speicher- und Verteilersystems für salzfreies Wasser ist die Speicherung des salzfreien Wassers und seine Weiterleitung zu den entsprechenden Verbrauchern vom salzfreiem Wasser im Primärkreislauf, dem Turbinenmaschinenhaus und den Hilfsanlagen. Die Ersatzwasservorbereitung und die Speicheranlagen des salzfreien Wassers müssen gemeinsam die gleichzeitig auftretenden maximalen Anforderungen nach salzfreiem Wasser erfüllen. Der Bedarf der neuen Kernkraftwerkblöcke nach salzfreiem Wasser beträgt bei einem Block im Normalbetrieb voraussichtlich 24 m<sup>3</sup>/h, bei zwei Blöcken im Normalbetrieb voraussichtlich 48 m<sup>3</sup>/h. Die in den Übergangsbetriebsarten

vorkommenden höheren Ansprüche nach salzfreiem Wasser werden aus dem Speichertank für salzfreies Wasser bedient. Da die Dauer der Übergangsbetriebsarten jährlich nur ein paar Tage beträgt, ist daher der Bedarf für salzfreies Wasser des Normalbetriebs maßgebend. Der jährliche Bedarf für salzfreies Wasser für beide Blöcke zusammen beträgt voraussichtlich nicht mehr als 420 Tausend m<sup>3</sup>.

Die Menge des Abfallwassers des gemeinsamen Ersatzwasservorbereitungswerkes der neuen Kernkraftwerkblöcke beträgt bei einem Block, im Normalbetrieb voraussichtlich 12 m<sup>3</sup>/h, bei zwei Blöcken voraussichtlich 24 m<sup>3</sup>/h. Die jährliche Menge des Abfallwassers des Ersatzwasservorbereitungswerkes für beide geplante Blöcke zusammen beträgt voraussichtlich nicht mehr als 220 Tausend m<sup>3</sup>.

Während der einzelnen technologischen Teilprozesse entstehendes Abfallwasser des Ersatzwasservorbereitungswerkes wird gesammelt und in einem Übergangstank für Abfallwasser gelagert. Das aus den unterschiedlichen Prozessen entstehende Abfallwasser wird miteinander vermischt, und vor der Ableitung wird kontrolliert, ob es den Ableitungsanforderungen entspricht. Bei Bedarf erfolgt eine Neutralisierung mit Chemikalien. Das Abfallwasser wird in das technologische Abfallwassersystem des Kraftwerks abgeleitet. [32]

## 7.7.2 TECHNOLOGISCHES ABFALLWASSER

### 7.7.2.1 Handhabungssystem für radioaktives Abfallwasser des Primärkreislaufes

Das Abfallwassersystem des Primärkreislaufes sammelt, behandelt und lagert das während des Normalbetriebes entstehende radioaktive Abfallwasser. Dieses System empfängt auch das radioaktive Abfallwasser der Systeme des Turbinenmaschinenhauses (z.B.: Ausschlämung des Dampferzeugers auf der Speisewasser Seite).

Eine der grundlegenden Aufgaben der Behandlung von Radioaktivem Abfall ist das selektive Sammeln von unterschiedlichen Abfallwasserarten, anhand der grundlegenden physischen und chemischen Eigenschaften des Abfallwassers und anhand seiner Verschmutzung. Das selektive Sammeln des Abfallwassers durch die Trennung des aktiven und inaktiven Abwassers verringert deutlich die Menge der endgültig unterzubringenden Abfälle der unterschiedlichen Kategorien. Der größte Teil des radioaktiven Wassers gelangt nach den notwendigen Reinigungsprozessen in den Prozess des Primärkreislaufes mit Hilfe der entsprechenden Technologie zurück. Das in den technologischen Prozess nicht zurückzuleitende radioaktive Abfallwasser läuft durch eine reinigungstechnologische Reihe, als dessen Endergebnis die getrennten aktiven Schmutzpartikel verdickt werden, und in geeigneter Form gelagert werden. Das nach der Behandlung und der Unschädlichmachung des radioaktiven Abfallwassers erhaltene gereinigte und eine kontrollierte Menge Radionuklide besitzende Abfallwasser gelangt vom Abfallwassersystem des Primärkreislaufes nach dem Kontrolltank über eine kontrollierte Auswurfleitung in den Warmwasserkanal.

In der folgenden Tabelle ist der zu erwartende maximale tägliche und der jährliche durchschnittlich gereinigter AbfallwasserAusstoß des radioaktiven Abfallwassersystems zu sehen.

Bezeichnung	Maßeinheit	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Im Normalbetrieb	m <sup>3</sup> /h	5	10
Jährliche Abfallwassermenge	Tausend m <sup>3</sup> /Jahr	44	88

Tabelle 20: Menge des flüssigen radioaktiven Abfalls im Primärkreis [32]

### 7.7.2.2 Handhabungssystem für Abfallwasser des Turbinenmaschinenhauses

Das Handhabungssystem für Abfallwasser des Turbinenmaschinenhauses sammelt und bearbeitet das Abfallwasser des Turbinenmaschinenhauses und der Hilfsanlagen. Dieses System behandelt ausschließlich nicht-radioaktives Abwasser.

Das Handhabungssystem für Abfallwasser des Turbinenmaschinenhauses kann in drei Haupt Untersysteme geteilt werden:

- Geschlossenes Sammelsystem des Kondensates,
- Sammelsystem des Sickerwassers,
- System für industrielles Abwasser.

Das Abfallwasser des geschlossenen Sammelsystems des Kondensates des Turbinenmaschinenhauses gelangt im Normalbetrieb in das Speisewassersystem zurück, und erscheint nicht als Abwasser. Das Abwasser des Sammelsystems für Sickerwasser und des System für industrielles Abwasser erscheint nach entsprechender Reinigung, Neutralisierung oder Entölung als Abfallwasser. Folgende Tabelle zeigt die Menge des Abfallwassers.

Bezeichnung	Maßeinheit	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Im Normalbetrieb	m <sup>3</sup> /h	20	40
Jährliche Abfallwassermenge	Tausend m <sup>3</sup> /Jahr	175	350

Tabelle 21: Menge des flüssigen Abfalls im Turbinenmaschinenhaus

Die jährliche Abfallwassermenge des Turbinenhauses und der Hilfsanlagen wird für beide geplante Blöcke zusammen voraussichtlich nicht 350 Tausend m<sup>3</sup> überschreiten.

Das vom Abfallwassersystem gesammelte Abfallwasser wird nach entsprechender Kontrolle, und bei der Erfüllung der Emissionsgrenzwerte vom Abfallwassersystem des Turbinenmaschinenhauses in den Warmwasserkanal geführt. [32]

### 7.7.3 ABFALLWASSER DER SICHERHEITSKÜHLTÜRME

Bei der Kühlturm-Betriebsart des Sicherheitskühlwassersystems ist wegen der, bei der Wärmeabgabe, bei der Verdunstung im Kühlturm entstehenden und durch die Luft in den Kühlturm gelangenden Verschmutzungen die ständige Ausschlammung des Kühlturmsystems notwendig, zur Vermeidung der Verdickung und der Aufrechterhaltung des Niveaus der Schmutzpartikelkonzentration des Kühlwassers. Das aus der beim Betrieb des Sicherheitskühlturmes notwendigen Ausschlammung stammende Abfallwasser gelangt zusammen mit dem aufgewärmten Kondensatorkühlwasser über die vorhandenen Warmwasserkanäle in die Donau. Seine Menge ist um mehrere Größenordnungen kleiner, als die des Kondensatorkühlwassers.

Das bei der Kühlturm-Betriebsart des Sicherheitskühlwassersystems entstehende Abfallwasser stammt aus der Ausschlammung des Kühlturms. Das abgeschlammte Wasser entsteht eigentlich aus der Verdickung des in der Ersatzwasservorbereitungsanlage teilweise entsalzten, im Kühlturm verdampfenden Wassers. Folgende Tabelle zeigt die zu erwartende Abfallwassermenge des Kühlturms in stündlicher und jährlicher Aufteilung, neben den Vorannahmen des Betriebs.

Bezeichnung	Maßeinheit	1x1 200 MW	2x1 200 MW
Aus Verschlämmung des Abfallwassers des Sicherheitskühlturmes	m <sup>3</sup> /h	36	72
Jährliche maximale Abfallwassermenge (bei höchstens 1 Monat Betriebszeit)	Tausend m <sup>3</sup> /Jahr	26	52

Tabelle 22: Maximale Abfallwassermenge der Kühltürme aus dem Abschlammern

Die aus der Kühlturm-Betriebsart des Sicherheitskühlwassersystems stammende jährliche Abfallwassermenge wird für beide geplante Blöcke zusammen voraussichtlich nicht 52 Tausend m<sup>3</sup> überschreiten.

Das entstehende Abfallwasser wird nach entsprechender Kontrolle, und bei der Erfüllung der Emissionsgrenzwerte vom Abfallwassersystem des Kraftwerks in den Warmwasserkanal geführt.

## 7.7.4 TRINKWASSER - KOMMUNALES ABWASSER

Quelle: Entscheidungsvorbereitende Analyse im Themenbereich der Trinkwasser Einspeisung, bzw. der Abwasser Ableitung bezüglich der am Standort Paks zu errichtenden neuen Kernkraftwerkblöcke, MVM ERBE geschlossene AG., 2013. [6-10]

Anhand der Untersuchungen ist zum Ausbau der Trinkwasserversorgung des neuen Kraftwerks aus technischem und wirtschaftlichem Gesichtspunkt das Wasserwerk von Csámpa und seine Behelfssysteme, zur Ableitung des kommunalen Abwassers, das sich auf dem Gebiet des Kernkraftwerks von Paks befindende Kläranlagen-Bauwerk die optimale Lösung.

Der maximale notwendige Trinkwasserbedarf entsteht im Zeitraum des bereits begonnenen Betriebs des ersten Blocks und der damit gleichzeitig laufenden Errichtungsarbeiten des zweiten Blocks. Dieser Höchstbedarf beträgt 646 m<sup>3</sup>/Tag, die entstehende höchste Abwassermenge beträgt 95 % dessen, also 614 m<sup>3</sup>/Tag.



Csámpai vízműtelep - Wasserwerkes von Csámpa

Abbildung 33: Ort des Wasserwerkes von Csámpa [33]

## 7.7.5 NIEDERSCHLAGSWASSER

Das vom Hofplatz und den Decken runterfließende Niederschlagswasser, und das von den sonstigen Bereichen gesammelte, nicht verschmutzte Oberflächenwasser gelangt direkt in den Warmwasserkanal.

Am Betriebsgelände werden Niederschlagswassernetze für sauberes und mit Öl verschmutztes Wasser unterschieden. Zum Sammeln des potentiell mit Öl verschmutzten Regenwassers werden geeignete Ölabscheider am oberen Parkplatz angelegt. Die Fundamente der Transformatoren werden mit Schächten, mit geeigneter Speicherkapazität für das Regenwasser, und für den Fall eines Öllecks mit Ölabscheidern gebaut. Das von der Umgebung des Öltanks gesammelte Niederschlagswasser wird auch über einen Ölabscheider abgeführt. Das vom Öl gereinigte Niederschlagswasser wird mit dem sauberen Niederschlagswasser zusammen abgeleitet.

## 7.7.6 LÖSCHWASSER

Die neuen Kernkraftwerkblöcke besitzen ein gemeinsames Löschwassernetz, welches seinen Nachschub vom Rohwassersystem der neuen Blöcke bekommt. Aus dem Rohwassersystem gelangen höchstens 380 m<sup>3</sup>/h Rohwasser über Rohrleitungen in das Löschwasserbecken. Das Versorgungssystem für Löschwasser wird entsprechend der später gefertigten Feuerschutzpläne durchgeführt.

### 7.7.7 CHEMIKALIENENTWICKLUNG UND IHRE LAGERUNG

Das geplante neue Kraftwerk hat eine eigene Station für Chemikalienentwicklung und Lagerung. Im Gebäude für die Wasservorbereitung, empfängt, trennt, lagert und behandelt alle vom Kraftwerk verwendeten Chemikalien eine Station für Chemikalienentwicklung und Lagerung in einem separaten Raum. Von den Chemikalien muss - auf der Grundlage der Chemikalienutzung des Normalbetriebs des Kraftwerks - eine mindestens für 30 Tage ausreichende Menge gelagert werden. Damit die Chemikalien nicht in die Umwelt gelangen können, werden geeignete Auffangwannen angebracht werden. Im Gebäude für die Chemikalienlagerung wird es um die Chemikaliertanks Sammelbecken für die Chemikalien und Abflüsse im Boden geben, von wo die eventuell ausfließenden Chemikalien zur Neutralisierung in die Anlage für mit Chemikalien verschmutztes Wasser gelangen können. Bei den Chemikaliertanks werden geeignete Pumpen für die Weiterleitung der Chemikalien angelegt. Zum Transport von nicht flüssigen Chemikalien wird ein pneumatisches System eingebaut. Die portionierte Menge der gelagerten Chemikalien wird mit Gabelstapler oder einer Hebevorrichtung transportiert.

Bezeichnung	Gelagerte Menge
<b>Hydrazin und Ammoniakspeicher</b>	
Ammoniak-Hydroxid	1 m <sup>3</sup>
Hydrazin	3 t
<b>Wasserstoffspeicher</b>	13 m <sup>3</sup>
<b>Chemikalienlager</b>	
Salpetersäure	4 m <sup>3</sup>
Schwefelsäure	7 m <sup>3</sup>
<b>Betrieb für Wasserbehandlung</b>	
Salzsäure	53 m <sup>3</sup>
Natrium-Hydroxid	40 m <sup>3</sup>
<b>Bor Lagerung</b>	2 x 3 t

Tabelle 23: Chemickalienlagerung im Betriebszeitraum

### 7.7.8 DIESELGENERATOREN

Pro Block wird die Einspeisung von elektrische Energie bei Betriebsstörungen pro Einheit von 4 Stück Dieselgeneratoren mit einer Leistung von ~7,5 MW<sub>e</sub> gewährleistet, die pro Einheit eingeführte Heizwärme beträgt 18,75 MW<sub>th</sub>. Jeder der Dieselgeneratoren kann für einen eventuellen Notfall-Stopp die notwendige Energieeinspeisung sicherstellen. Für einen sicheren Stopp muss pro Block ein ständiger 168 Stunden Betrieb der Dieselgeneratoren sichergestellt werden. Die so notwendige Lagerkapazität beträgt insgesamt (neben 42 MJ/kg Brennwert; 0,83 kg/l spezifisches Gewicht und 40 % Wirkungsgrad) ~325 m<sup>3</sup> zum Betrieb von 1 Dieselgenerator. Zur Sicherstellung der Redundanz der Sicheren Brennstoffversorgung wird jedr Dieselgenerator Einheit jeweils einen eigenen Brennstofftank haben, welche jeweils einzeln die für den 168 Stunden Betrieb notwendige Dieselmenge lagern kann. Dementsprechend wird in den Gebäuden der Dieselgeneratoren für die Lagerung von 8 x 325 m<sup>3</sup> (also insgesamt 2600 m<sup>3</sup>) Diesel ausreichende Kapazität errichtet werden.

Die Dieselgeneratoren werden - unter normalen Betriebsbedingungen - nur im Testbetrieb arbeiten, pro Einheit monatlich durchschnittlich 8 Stunden, jeweils separat, die Dauer des jährlichen Testbetriebes beträgt höchstens 8x8x12, also 768 Stunden.

### 7.7.9 HILFSKESSEL

Während der Errichtung, und im Laufe des Betriebs werden zur Sicherstellung der für die Beschleunigung des Startens des Blocks notwendigen Dampfbedarfes 2 Stück elektrische Hilfskessel, mit einer Leistung von jeweils 15 MW errichtet. Die Kessel werden vom 10 kV Stromnetz eingespeist, und können gemeinsam 46 t/h 12 bar / 192°C Dampf gewährleisten. [34]

### 7.7.10 GEBÄUDETECHNIK

Die Lüftungssysteme des Kernkraftwerkes sichern das Verhindern oder das Mindern der Verbreitung der radioaktiven Stoffe innerhalb der Anlage, und die für die Aufrechterhaltung des für das Personal und / oder für die Anlagen notwendiger qualifizierter klimatischer Verhältnisse.

### 7.7.11 DRUCKLUFTSYSTEM

Die Druckluftanforderungen des Primärkreislaufes und des Sekundärkreislaufes werden von Kompressorstationen und Einrichtungen zu Trocknen der Luft bedient. Im allgemeinen bedienen pro Block jeweils zwei Stationen für Druckluft den Primärkreislauf und den Sekundärkreislauf.

### 7.7.12 FERNWÄRMESYSTEM

Aufgabe des derzeit im Kernkraftwerk von Paks funktionierenden städtischen Heizsystems ist:

- Das Versehen der Wärmeaustauscher der Heizzentralen in der Wohnsiedlung mit Heißwasser, dadurch Sicherstellung der Heizung der Wohnsiedlung;
- Das Versehen der Stadt Paks mit Nutzungswarmwasser, bzw. Einspeisen des Heizsystems des Kraftwerks.

Der Höchstbedarf der Stadt liegt bei ca. 30 MW<sub>th</sub>, das derzeitige System ist zu groß bemessen, es verfügt über bestimmte Reserven. Das städtische Heizsystem hat einen Netzwerkcharakter, mit einer voranlaufenden und rückkehrenden Hauptleitung (nominelle voranlaufende / rückkehrende Temperatur: 130 / 70 °C, bei andauernder Kälte: 150 / 70 °C).

Die drei Hauptelemente des städtischen Heizsystems sind:

- Heizzentralen (Wärmeaustauscher);
- Zirkulationssystem;
- Ersatzwassersystem.

Mit der Errichtung der neuen Blöcke ist der Ausbau des städtischen Heizsystems als ein, mit dem derzeit funktionierendem System gleichwertigem System geplant, also von den Abzapfungen der neu zu errichtenden Turbinen würde der Dampf zu einem gemeinsamen Verteiler gelangen, und nach der Verteilung würden die Wärmeaustauscher anhand der Heizanforderungen errichtet, unter Berücksichtigung von ca. 30 MW Leistung. Das komplette System, die Wärmeaustauscher, die Zirkulation, die Verteiler werden in einem separatem Gebäudeteil (Gebäude) untergebracht. [35]

## 7.8 STEUERUNGSTECHNIK

Aufgabe des steuerungstechnischen Systems ist die sichere und zuverlässige Steuerung der Prozesse der Energieerzeugungsprozesse des Kraftwerks, die Verringerung der Wahrscheinlichkeit von Beschädigungen, Betriebsstörungen, bzw. Unfällen auf ein akzeptables Niveau. Das steuerungstechnische System beaufsichtigt die technologischen und Energieerzeugungsprozesse vollständig, steuert diese automatisch, generiert Meldungen über ordnungswidrige Erscheinungen, und behandelt diese mit redundanten Lösungen.

Die ständige Kontrolle der für den Betrieb des Kraftwerks notwendiger, aber für die natürliche Umwelt und die Bevölkerung eine Belastung, bzw. Risiken in sich bergender Prozesse und Einrichtungen gewährleisten, von der Steuerung der technischen Prozesse unabhängige Monitoringinstrumente und Systeme.

## 7.9 ELEKTRISCHE SYSTEME

Das elektrische Energiesystem der neuen Blöcke auf der Kraftwerkseite bilden aus Sicht der Umweltbelastung pro Block drei Stück einphasige Haupttransformatoren, zwei Stück dreiphasige Hausbetriebstransformatoren und ein Stück dreiphasiger Ersatz-Netz/Starttransformator. [36]

### Haupttransformator

*Wirksame Leistung: min. 1 200/3 MW (~1 500/3 MVA)*  
*Menge: 3 Stück einphasig*  
*Öl-Menge: ~ 90 Tonnen / einphasiger Transformator; ~270 Tonnen / 3 Stück einphasiger Transformator*  
*Maximale Lärmbelastung: ~75 dB / Transformator*

### Normaler Hausbetriebstransformator

*Wirksame Leistung: ~70 MW (~90 MVA)*  
*Menge: min. 2 Stück*  
*Öl-Menge: ~33 Tonnen / Transformator; ~66 Tonnen / 2 Stück*  
*Maximale Lärmbelastung: ~70 dB / Transformator*

### Ersatz Netz/Starttransformator

*Es ist zweckmäßig mit mindestens einem Transformator pro Block zu rechnen, der die gleiche Leistung, wie der normale Hausbetriebstransformator besitzt.*  
*Wirksame Leistung: ~70 MW (~90 MVA)*  
*Menge: 1 Stück*  
*Öl-Menge: ~33 Tonnen*  
*Maximale Lärmbelastung: ~70 dB*

Die geschätzte Öl-Menge der aufgelisteten Haupt-, Hausbetriebs- und Ersatztransformatoren beträgt insgesamt: ~370 Tonnen / Block

Unter den Transformatoren werden Auffangbecken zur Verhinderung einer eventuellen Ölverschmutzung angebracht.

## 7.10 ARCHITEKTUR

### 7.10.1 EBENEN DER TIEFGRÜNDUNGSARBEITEN DER GEPLANTEN BLÖCKE

Am Untersuchungsgebiet entsteht das geologische Gestein bis zu einer Tiefe von 10 m von feinkörnigem, lockerem, aufgebröckeltem Sediment mit geringer Kohäsion. Das feinkörnigere Sediment sind im allgemeinen eine unterschiedliche Konsistenzbesitzende, kompressible Schichten mit geringer Plastizität und geringer Tragfähigkeit. Das sich darunter befindende sandige Gebilde im Überschwemmungsgebiet ist mittelmäßig massiv, für Tiefgründungsarbeiten geeignet, seine Tragfähigkeit ist auch ausreichend, wegen seiner Körnchenverteilung ist es aber erosionsanfällig und in Folge dynamischer Wirkungen (z.B.: Erdbeben) neigt es zur Verflüssigung unter dem Wasser. Durch das über den schlammigen, lehmigen Linsen steckenbleibende Niederschlagswasser können sog. vertikale Wasserlinsen entstehen. Der Pegel vom vertikalen Wasser ist bei einem durchschnittlichen Grundwasserpegel immer höher als der des Grundwassers.

Der durchschnittliche  $\pm 0,00$  Pegel des Kernkraftwerks von Paks ist bei 97 mBf aufgenommen worden.

Unter Berücksichtigung der Ausgangsgrunddaten sind die geschätzten Tiefen der Tiefgründungsarbeiten folgende:

- ❖ Reaktor Gebäudegruppe (nukleare Insel), Turbinengebäude, Dieselgeneratoren und sonstige, Teil des Sicherheitssystems bildender Gebäude. Ihre geschätzte Tiefe der Tiefgründungsarbeiten liegt voraussichtlich - sich aus dem Platzbedarf der Technologie, und den bedeutenden dynamischen Belastungen der Turbo-Maschinengruppe ergebend - bei ~14-20 m. Hier wird eine sich auf Stahlbeton Pfosten angelehnte Plattenfundamentlegung angenommen.



- ❖ Sonstige Gebäude, die nicht Teil des Sicherheitssystems bilden. Im Fall der sonstigen, eine bedeutende dynamische Beanspruchung verursachende technologische Einrichtungen nicht beinhaltenden Gebäude wird eine vertiefte Flächenfundamentlegung, oder auf einen partiellen Bodenaustausch bauende Plattenfundamentlegung angenommen. Die geschätzten Tiefen der Tiefgründungsarbeiten liegen zwischen 2-6 m.

### 7.10.2 ERZEUGUNGSSTANDORTPLAN DES KERNKRAFTWERKS VON PAKS II

Auf der zur Umweltverträglichkeitsprüfung erstellten Errichtungslagezeichnung erfolgte die Anordnung der Gebäude und Bauten unter Berücksichtigung der Technologien mit dem größtmöglichen Platzbedarf. In den späteren Arbeitsphasen sind in der Anordnung und den Maßen aus funktionellen, gebäudetechnischen, Erdbebenschutz-, Feuerschutzüberlegungen Gründen Veränderungen möglich.

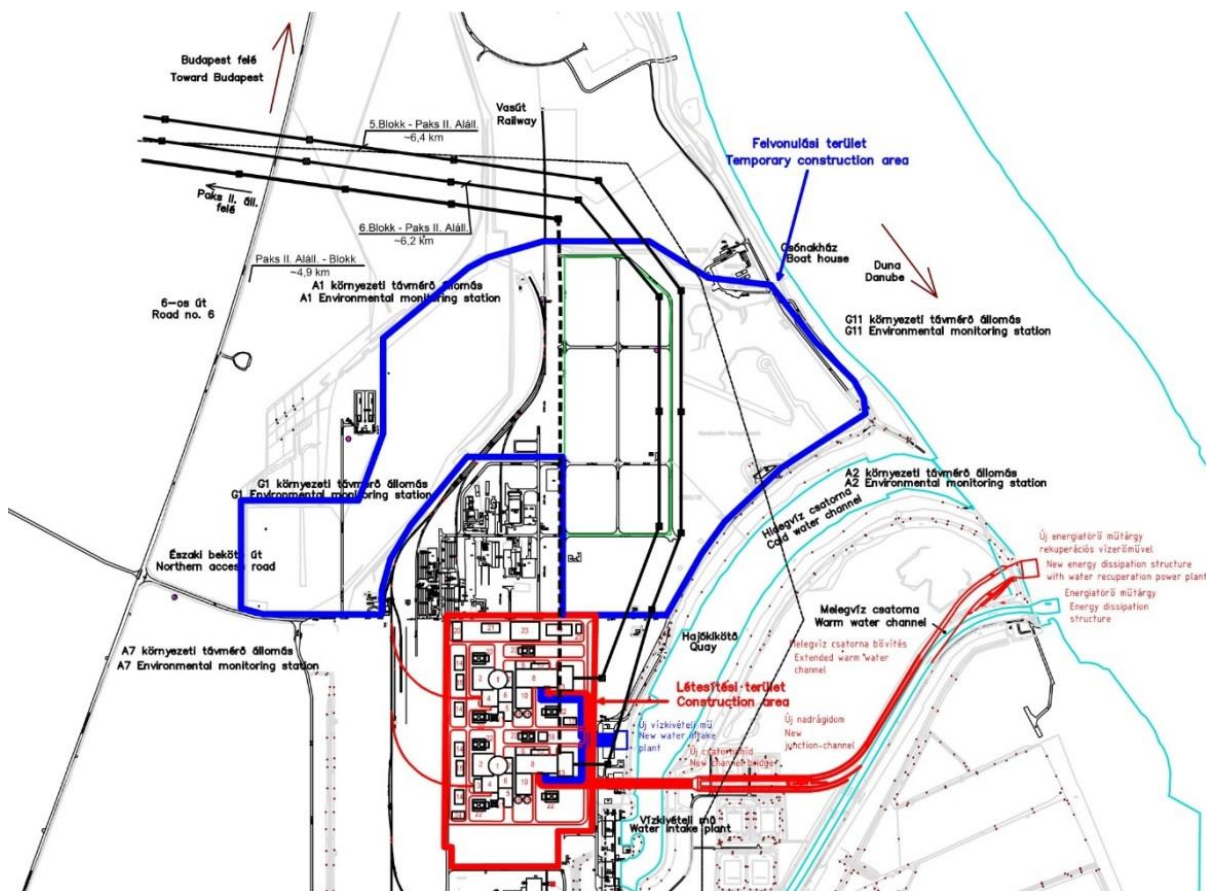
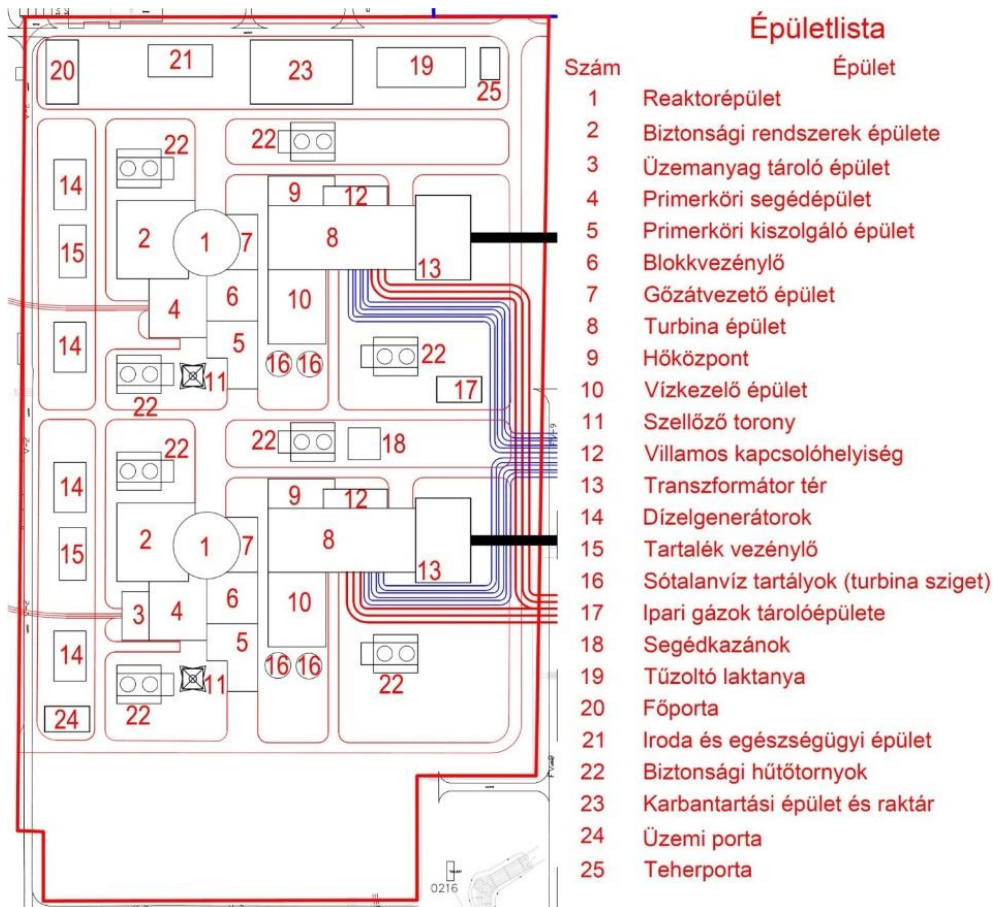


Abbildung 34: Lagezeichnung der Errichtung von Paks II - Übersichtskarte

### 7.10.3 MERKMALE DER GEBÄUDE, BAUTEN VON PAKS II



- Gebäudeliste:
- 1 Reaktorgebäude
  - 2 Gebäude der Sicherheitsanlagen
  - 3 Gebäude für Lagerung des Brennstoffes
  - 4 Hilfsgebäude des Primärkreislaufes
  - 5 Bedienungsgebäude des Primärkreislaufes
  - 6 Blocksteuerung
  - 7 Gebäude für Dampfüberführung
  - 8 Turbinengebäude,
  - 9 Wärmezentrale
  - 10 Gebäude für Wasservorbereitung
  - 11 Lüftungsturm
  - 12 elektrischer Schaltraum
  - 13 Transformatorplatz
  - 14 Dieselgeneratoren
  - 15 Ersatzsteuerung
  - 16 Tanks für salzfreies Wasser (Turbineninsel)
  - 17 Lagergebäude für industrielle Gase
  - 18 Hilfskessel, 19 Feuerlöschkaseme
  - 20 Haupteingang
  - 21 Büro- und medizinisches Gebäude
  - 22 Sicherheitskühltürme
  - 23 Instandhaltungsgebäude und Lager
  - 24 Betriebseingang
  - 25 Lasten-Eingang

Abbildung 35: Unterbringung der Gebäude, Bauten von Paks II auf der Errichtungslagezeichnung

Die Charakterisierung der Gebäude und Bauten von Paks II haben den für die Bestimmung der Grunddaten der Umweltverträglichkeitsprüfung notwendigen Detaillierungsgrad, und sie basieren größtenteils auf den Datendienstleistungen des Lieferanten. Wo keine Daten vorzufinden waren, dort sind wir aus der Konstruktion des Kernkraftwerks ausgegangen. Alle sich am Bauort befindenden Gebäude und Bauten müssen aus Sicht des Feuerschutzes und aus Sicht der Erdbebensicherheit bemessen werden.

#### 7.10.4 ANSICHTSPLÄNE VON PAKS II

Der Anblick der Gebäudegruppen von Paks II und der angeschlossenen 400 kV Leitungen ist aus der Vogelperspektive und aus der Augenhöhe aus folgenden Blickrichtungen dargestellt worden:

- 1. Blickrichtung: Vom Standort aus SW-Richtung, annähernd vom Gebiet zwischen dem Kernkraftwerk von Paks und Paks II gesehen
- 2. Blickrichtung: Vom Standort aus NW-Richtung, aus der Ecke des Investitionsgeländees

##### 1. Blickrichtung



Abbildung 36: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus der Vogelsicht - aus der Richtung SW



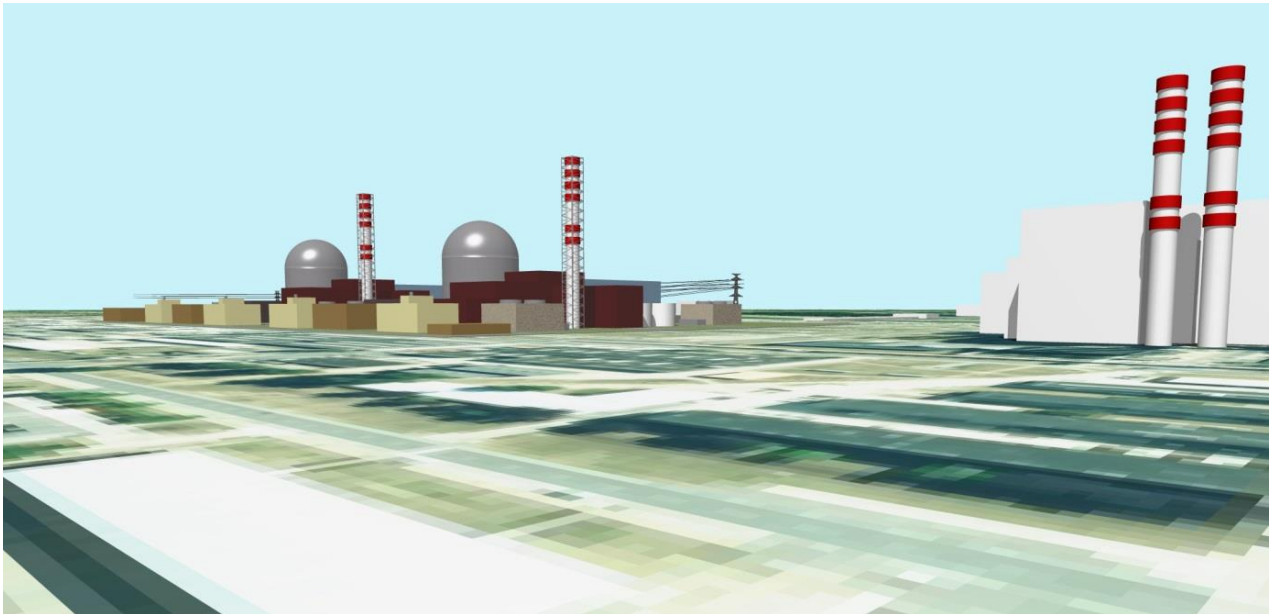


Abbildung 37: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus Augenhöhe - aus der Richtung SW

## 2. Blickrichtung

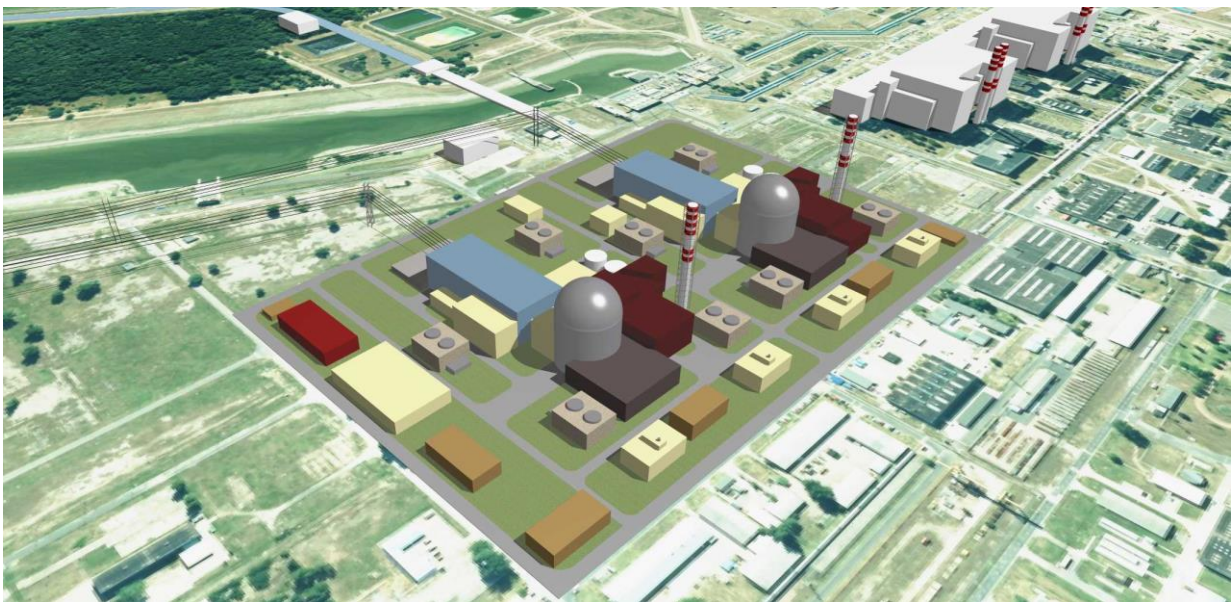


Abbildung 38: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus der Vogelsicht - aus der Richtung NW

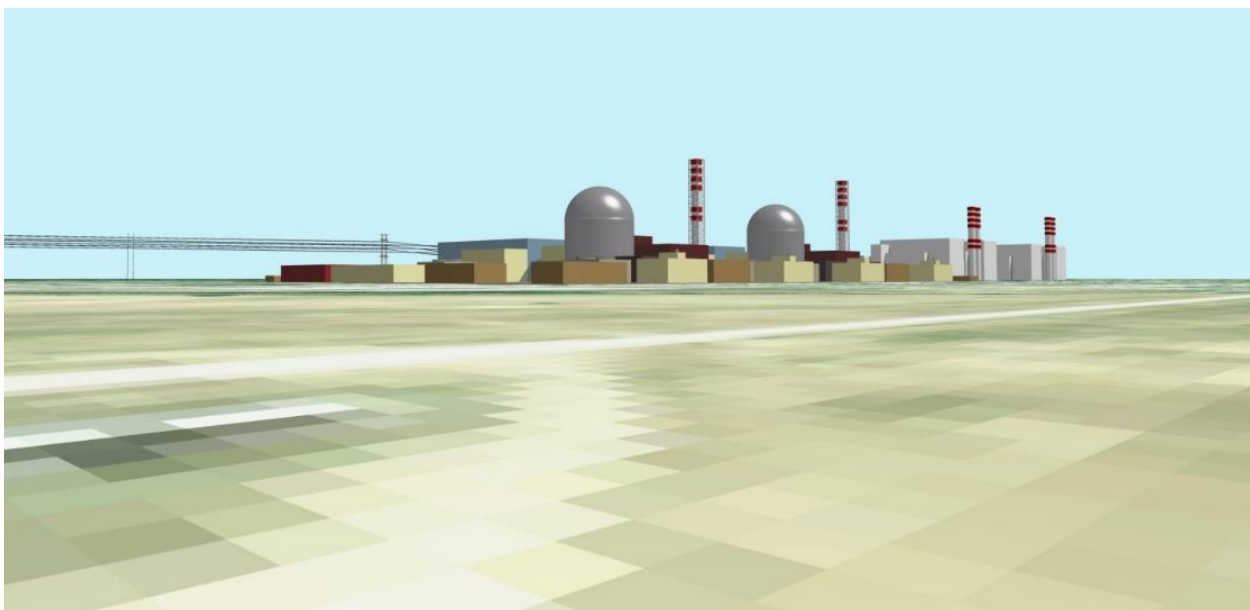


Abbildung 39: Der geplante Block und die 400 kV Leitung aus Augenhöhe - aus der Richtung NW

## 7.11 ABNAHMEKRITERIEN BEZÜGLICH DER EINZELNEN BETRIEBZUSTÄNDE

### 7.11.1 NORMALBETRIEB

Betriebszustand	Bezeichnung	Häufigkeit f [1/Jahr]	Die Bevölkerung treffende Zusatzstrahlung	
			Kriterium	VVER-1200 Prognose
TA1	Normalbetrieb	1	20 µSv/ Jahr	< 2 µSv/ Jahr

Tabelle 24: Abnahmekriterien - Normalbetrieb [30]

### 7.11.2 ZUM AUSLEGUNGSSTÖRFALL GEHÖRENDE EREIGNISSE

Betriebszustand	Bezeichnung	Häufigkeit f [1/Jahr]	Die Bevölkerung treffende Zusatzstrahlung	
			Kriterium	VVER-1200 Prognose
TA2	Zu erwartender Betriebsvorfälle	$f \geq 10^{-2}$	100 µSv/ Jahr	< 60 µSv/ Jahr *
TA3	Planungsbetriebsstörungen mit geringer Häufigkeit	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$	1 mSv/Ereignis	< 1 µSv/ Ereignis
TA4	Planungsbetriebsstörungen mit sehr geringer Häufigkeit	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$	5 mSv/ Ereignis	< 3,4 mSv/ Ereignis

Anhand dem Nuklearen Sicherheitsregelwerk darf die Bevölkerungsdosis nicht den Dosisgrenzwert (90 µSv) überschreiten, welcher geringer ist, als das in der Tabelle angegebene Kriterium (100 µSv), aber höher, als der prognostizierte Wert (60 µSv).

Tabelle 25: Abnahmekriterien - Zur Auslegungsstörfall gehörende Ereignisse [30]

### 7.11.3 GELTENDE INTERNATIONALE UND UNGARISCHE VORSCHRIFTEN BEZÜGLICH DIE DEN AUSLEGUNGSSTÖRFALL ÜBERSTEIFENDER EREIGNISSE

Geltende Internationale und ungarische Vorschriften (laut Stand 20. Oktober 2014 dem Nuklearen Sicherheitsregelwerk)		
<p><b>Volume 2 - GENERIC NUCLEAR ISLAND REQUIREMENTS</b></p> <p><b>Chapter 1 - SAFETY REQUIREMENTS</b></p>	<p>Anlage 3 der 118/2011 (VII. 11.) Regierungsverordnung</p> <p>Nukleares Sicherheitsregelwerk</p> <p>Band 3: Planungsanforderungen von Kernkraftwerken</p>	<p>Verordnung 16/2000 (VI. 8.) des Gesundheitsministeriums</p> <p>über die Durchführung der einzelnen Verordnungen des CXVI Gesetzes aus dem Jahr 1996 über die Atomenergie</p>
<p><b>2.5.1</b> Off-site release Targets for Severe Accidents</p> <p><b>2.5.2</b> Off-site release Targets for Complex Sequences</p> <p><b>Appendix B 1.</b> Criteria for Limited Impact for DEC</p>	<p><b>3.2.4.0700</b> Im Falle eines neuen Kernkraftwerkblocks muss zur Erfüllung des Kriteriums der begrenzten Umweltauswirkungen für das den TAK1 Betriebszustand verursachende Ereignis, und im Falle eines neuen Kernkraftwerkblocks unter Berücksichtigung der Vorschriften von Punkt 3.2.2.4100. für die den TAK2 Betriebszustand verursachende Ereignisse nachgewiesen werden, dass</p>	<p>Eingriffsstufen bezüglich einer Notfall-Strahlenbelastung</p> <p>Eingriffsstufe: der Wert der vermeidbaren gleichwertigen Dosis, oder der effektiven Dosis, bei dessen Erreichen die Eingriffsmaßnahmen erwo-gen werden müssen. Die vermeidbare Dosis, oder der abgeleitete Wert bezieht sich ausschließlich auf den Bestrahlungsweg, oder Wege, auf den/die sich die Maßnahme bezieht.</p>
<p><b>no Emergency Protection Action beyond 800 m from the reactor during releases from the containment</b></p> <p><i>Emergency Protection Action:</i> Actions involving public evacuation, based on projected doses up to 7 days, which may be implemented during the emergency phase of an accident, e. g. during the period in which significant releases may occur. This period is generally shorter than 7 days.</p>	<p>a) außerhalb einer Entfernung von 800 m außerhalb des Kernreaktors sind keine frühzeitigen Notfallmaßnahmen notwendig, also die dringende Evakuierung der Bevölkerung ist nicht notwendig;</p>	<p>Verschluss: 10 mSv effektive Dosis, nicht länger als 2 Tage</p> <p>Flüchten: 50 mSv effektive Dosis, nicht länger als 1 Woche</p> <p>Jod Prophylaxe: 100 mGy gebundene geschluckte Dosis in der Schilddrüse</p>
<p><b>no Delayed Action at any time beyond about 3 km from the reactor</b></p> <p><i>Delayed Action:</i> Actions involving public temporary relocation, based on projected doses up to 30 days caused by ground shine and aerosol resuspension, which may be implemented after the practical end of the releases phase of an accident.</p>	<p>b) außerhalb einer Entfernung von 3 km außerhalb des Kernreaktors sind keine Übergangsmaßnahmen notwendig, also die vorübergehende Umsiedlung der Bevölkerung ist nicht notwendig;</p>	<p>Vorübergehende Umsiedlung: 30 mSV/Monat effektive Dosis (Einstellung 10 mSV/Monat effektive Dosis)</p>
<p><b>no Long Term Action at any distance beyond 800 m from the reactor</b></p> <p><i>Long Term Action:</i> Actions involving public permanent resettlement, based on projected doses up to 50 years caused by ground shine and aerosol resuspension. Doses due to ingestion are not considered in this definition.</p>	<p>c) außerhalb einer Entfernung von 800 m außerhalb des Kernreaktors sind keine späten Schutzmaßnahmen notwendig, also die endgültige Umsiedlung der Bevölkerung ist nicht notwendig;</p>	<p>Endgültige Umsiedlung: &gt;1 Sv/Lebensdauer effektive Dosis</p>
<p><b>limited economic impact:</b> restrictions on the consumption of foodstuff and corps shall be limited in terms of timescale and ground area</p>	<p>d) außerhalb des Gebietes des Kernkraftwerks sind nur begrenzte wirtschaftliche Folgen möglich.</p>	
<p><b>Appendix B 2.</b> Release Targets for Design Basis Category 3 and 4 Conditions</p> <p>(1) no action beyond 800 m</p> <p>(2) limited economic impact</p>	<p><b>3.2.4.0100.</b> Für die aus, die TA2-4 Betriebszustände verursachenden Ausgangsereignissen startende Prozesse muss nachgewiesen werden, dass die Dosis der Bezugsgruppe der Bevölkerung folgendes nicht übersteigt:</p> <p>a) Im Falle eines neuen Kernkraftblocks:</p> <p>aa) Für den aus den TA2 Betriebszustand verursachenden Ausgangsereignissen startenden Prozess den Wert der Dosisbegrenzung, (90µSv/Jahr)</p> <p>ab) Für den aus den TA3 Betriebszustand</p>	<p>Anlage 2 der 16/2000 (VI. 8.) Verordnung des Gesundheitsministeriums</p> <p>1. Dosisbegrenzung, Handlungsebenen der sich auf Arbeitnehmer beziehenden Radon-Konzentrationen</p> <p>4.2. Die Summe der aus künstlichen Quellen stammenden äußeren und inneren Strahlenbelastung der Mitglieder der Bevölkerung darf nicht - außer bei Strahlenbelastung, die aus medizinischen diagnostischen und Therapieeingriffen, aus nicht berufsmäßigen Krankenpflege,</p>

Geltende Internationale und ungarische Vorschriften (laut Stand 20. Oktober 2014 dem Nuklearen Sicherheitsregelwerk)		
<b>Volume 2 - GENERIC NUCLEAR ISLAND REQUIREMENTS</b>  <b>Chapter 1 - SAFETY REQUIREMENTS</b>	Anlage 3 der 118/2011 (VII. 11.) Regierungsverordnung Nukleares Sicherheitsregelwerk Band 3: Planungsanforderungen von Kernkraftwerken	Verordnung 16/2000 (VI. 8.) des Gesundheitsministeriums über die Durchführung der einzelnen Verordnungen des CXVI Gesetzes aus dem Jahr 1996 über die Atomenergie
	verursachenden Ausgangsereignissen startenden Prozess den 1 mSv/Ereignis Wert, und für den aus den TA4 Betriebszustand verursachenden Ausgangsereignissen startenden Prozess den 5 mSv/Ereignis Wert.	aus freiwilliger Teilnahme an ärztlichen Experimenten folgt - nicht die jährlich 1 <b>mSv</b> effektive Dosisgrenze überschreiten. Unter besonderen Umständen, bezüglich einzelner Jahre, kann das OTH auch eine höhere Dosisgrenze genehmigen, angenommen, dass in Folge der das begonnene Jahr folgender 5 Jahre die durchschnittliche individuelle Strahlenbelastung nicht die jährliche effektive Dosis von 1 mSv übersteigt.  Ohne Berücksichtigung der oben aufgeführten Begrenzung der effektiven Dosis, ist der jährliche Gleichwert bezüglich des Augapfels 15 mSv. Die jährliche Gleichwert-Dosisbegrenzung bezüglich der Haut - durchschnittlich für egal welche 1 cm <sup>2</sup> Partie genommen - und für die Extremitäten beträgt 50 mSv.

Tabelle 26: Geltende internationale und ungarische Vorschriften bezüglich den Auslegungsstörfall überschreitender Ereignisse

#### 7.11.4 MAßGEBENDE EREIGNISSE

Zu den geplanten VVER-1200 Blöcken können zu jedem einzelnen Betriebszustand die Ereignisse bestimmt werden, die innerhalb des gegebenen Betriebszustandes mit den größten Umweltemissionen verbunden sind. Die anhand der vorherigen Datendienstleistungen verblendenden Fälle können endgültig anhand des detaillierten technischen Plans überprüft werden.

### 7.12 MERKMALE DER ERRICHTUNG VON PAKS II

#### 7.12.1 ERRICHTUNGSGEBIETE VON PAKS II UND SEINER ANGESCHLOSSENEN ANLAGEN

Während der Errichtung der neuen Kernkraftwerkblöcke verursachen der Ausbau des technologischen Teils des Kraftwerks und der für seinen Betrieb notwendiger angeschlossener Anlagen die Betroffenheit folgender Bereiche:

##### Kernkraftwerk Paks II

- Bedienungsbereich des Baus des Kraftwerks: *Investitionsgelände*
- Baustelle der neuen Kernkraftwerkblöcke: *Betriebsgelände*

##### Angeschlossene Anlagen

Entnahme des frischen Wassers aus der Donau: *Fläche des Kaltwasserkanals, des Wasserentnahmewerks*

Ableitung des aufgewärmten Warmwassers: *Fläche des Warmwasserkanals, die von dem Kalt- und Warmwasserkanal umschlossene "Insel", Fläche des Rekuperationskraftwerks*

##### Blockleitungen und Fernleitung

Trasse der bis zum neuen Umspannwerk führenden 400 kV Blockleitungen und der 120 kV Fernleitung



## 7.12.2 GEPLANTEN PHASEN DER ERRICHTUNG VON PAKS II

Der Errichtungsprozess der neuen Kernkraftwerkblöcke besteht aus folgenden Hauptschritten, welche in Besitz der notwendigen und gültigen Errichtungs- und Baugenehmigungen begonnen werden können:

- ❖ Tätigkeit vor Beginn des Baus
  - Vorbereitung des Investitionsgeländes, Raumordnung
  - Abmontage der sich auf dem Errichtungsplatz befindenden Gebäude, Bauten, Bodenbelages
  - Auslösung / Abmontage der sich auf dem Errichtungsplatz befindenden Linienanlagen
  - Entfernen / Umpflanzen der sich auf dem Errichtungsplatz befindenden Pflanzen
  - Abtragen / separates Deponieren der oberen Erdschicht
  - Ausbau der Infrastruktur
  - Errichtung von Büros und sozialen Blöcken für die Bauarbeiter
  
- ❖ Bau-Montage Tätigkeiten
  - Ausheben der Baugrube
  - Errichtung einer Schlitzwand und/oder eines Schotts
  - Tiefgründungsarbeiten
  - Trockenlegen der Baugrube bis über den Grundwasserpegel der Pfeiler- / Tiefgründungsarbeiten, bis zur Durchführung sonstiger trockener Montagearbeiten
  - Bau der Reaktor gebäudegruppe (nukleare Insel) und des angeschlossenen Turbinengebäudes
  - Bau der technologische Einrichtungen nicht beinhaltenden Gebäuden
  - Bau des Wasserentnahmewerks
  - Bau der angeschlossenen Anlagen
  - Erweiterung des Kalt- und Warmwasserkanals
  - Errichtung einer neuen Abzweigung des Warmwasserkanals
  - Bau des Rekuperationskraftwerks
  - Bau der Kühlzellen
  - Bau der Blockleitungen, der Fernleitung
  - Technologische Montagen
  - Raumordnung des Geländes des Kraftwerks
  
- ❖ Des Betriebs vorangehende Prozesse
  - Inbetriebsetzungen
  - Betriebsproben
  - Einzeltests der Einrichtungen (Sicherheits-, nicht Sicherheitstests)
  - (komplexer) Betriebstest der technologischen Einrichtungen (Sicherheits-, nicht Sicherheitstests)
  - Einlegen der ersten Ladung / Tests
  - Betriebsproben der Blöcke
  - Parallelschaltung
  - Testbetrieb
  - Garantielle Messungen

Die mit einem separaten Genehmigungsprozess verbundenen angeschlossenen Anlagen (neues elektrisches Umspannwerk, Zwischenlager der abgebrannten Brennelemente) werden dem Errichtungszeitplan der Blöcke angepasst realisiert werden.

### 7.12.3 GEPLANTER ZEITPLAN DER ERRICHTUNG VON PAKS II

Folgende Tabelle beinhaltet die zu erwartenden Zeitpunkte der Phasen der Errichtung, angenommen, dass der Genehmigungsprozess reibungslos stattfindet, und, dass zwischen der Errichtung der zwei Blöcke 5 Jahre vergehen:

Tätigkeit	Paks II.	
	Block 1	Block 2
Einleiten des Umweltschutz Genehmigungsverfahrens	2014	
Abbauarbeiten am Errichtungsplatz	2017-2022	
Erstellen der Genehmigungs- und Ausführungspläne	2018-2019	
Raumordnung	2018-2019	
Beschaffen der für den Beginn der Errichtung notwendiger Genehmigungen	2018-2020	
Beginn der Errichtung	2020	2025
Tiefgründungsarbeiten	2020-2021	2025-2026
Konstruktionsbau, Montage	2022-2023	2027-2028
Tests, Inbetriebsetzung	2024	2029
Einsetzen der ersten Ladung	2024	2029
Erste Parallelschaltung	2024	2029
Beginn des Testbetriebs	2025	2030
Beginn des Handelsbetriebes	2025	2030

Tabelle 27: Errichtungszeitplan des Blöcke von Paks II

### 7.12.4 HUMAN RESSOURCEN BEDARF IM ERRICHTUNGSZEITRAUM

Die notwendige Zeit für die Errichtung eines Blocks kann auf 5 Jahre geschätzt werden. Der Beginn der Errichtung des zweiten Blocks ist um 5 Jahre versetzt berücksichtigt worden. Für den Errichtungszeitraum sind für die Errichtung eines Blocks (anhand der Vorführungen des Lieferanten der Technologie) maximal 5 250 Personen berechnet worden.

Bezüglich der zeitlichen Verteilung der Arbeitskräfte ist folgende Aufteilung der PÖRY ERŐTERV als Grundlage genommen worden.

Während der Berechnungen berücksichtigtes Belastungsdiagramm der Arbeitskräfte

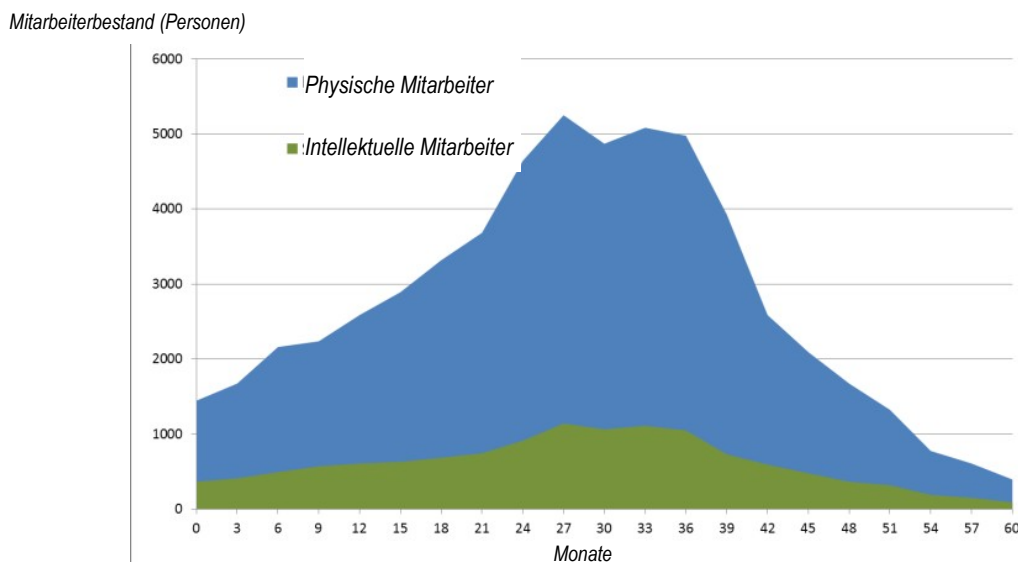


Abbildung 40: Bei den Berechnungen berücksichtigts Arbeitskraftbelastungsdiagramm am Standort [33], [37], [38]

## 7.13 MERKMALE DES BETRIEBS VON PAKS II

### 7.13.1 GEPLANTER ZEITPLAN DES BETRIEBS VON PAKS II

Der Beginn des Handelsbetriebs des ersten Blocks von Paks II startet 2025, und der des zweiten Blocks 2030.

Die geplante Betriebsdauer der geplanten Kernkraftwerkblöcke beträgt 60 Jahre.

Es ist anzunehmen, dass die Blöcke 1 und 2 von Paks II unter ein Verlängerungsverfahren, bzw. Prozess der Betriebsdauer fallen werden, doch die vorliegende Studie berücksichtigt die Folgen dessen nicht.

### 7.13.2 HUMAN RESSOURCEN BEDARF DES BETRIEBS DER NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKE

Anhand der Analyse von ERBE kann man bezüglich des Betriebs von Block 1 mit 600 in Bestand genommenen Arbeitnehmern rechnen, was aus 400 Personen in Stammzeit und 200 Personen in Schichtbetrieb besteht. Aus den 200 Personen im Schichtdienst ergeben sich, unter der Annahme von 5 Schichten, bei einer täglichen Arbeitsausführung von 3 Schichten über die Mitarbeiter in Stammzeit hinausgehend zusätzliche 120 Personen/Tag, so kann man am Standort mit der täglichen Anwesenheit von 520 Personen rechnen.

Ab der Inbetriebsetzung von Block 2 werden zum Betrieb der zwei Blöcke 800 in Bestand genommene Mitarbeiter notwendig sein, aus denen 300 Personen im Schichtdienst, 500 Personen in der täglichen 'Stammzeit' arbeiten werden. Aus den 300 Personen im Schichtdienst ergeben sich, unter der Annahme von 5 Schichten, bei einer täglichen Arbeitsausführung von 3 Schichten über die Mitarbeiter in Stammzeit hinausgehend zusätzliche 180 Personen/Tag, so kann man am Standort mit der täglichen Anwesenheit von 680 Personen rechnen.

In die Zahl des Betreiberpersonals sind diejenigen, welche die Instandhaltungsaufgaben durchführen nicht mit einberechnet worden, und zwar unter der Berücksichtigung der derzeitigen Praxis, nach der der Großteil dieser Aufgaben vom Outsourcing betroffen ist.

Anhand der vom Lieferanten des Kernkraftwerks veröffentlichter Angaben liegt der zusätzliche Personalbedarf der sich pro Block alle 10 Jahre zu erwartenden Großreparatur bei ca. 1 000 Personen, was 200 Personen in der Stammzeit und 800 Personen im Schichtdienst beinhaltet. Unter der Annahme von 5 Schichten, bei einer täglichen Arbeitsausführung von 3 Schichten ergeben sich über die Mitarbeiter in Stammzeit hinausgehend zusätzliche 480 Personen/Tag, so kann man während der Instandhaltungsarbeiten am Standort über die Zahl des Betreiberpersonals hinausgehend mit der täglichen Anwesenheit von 680 Personen rechnen. [37], [38]

### 7.13.3 BETRIEBSFÜHRUNGSMERKMALE DER NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKE

#### 7.13.3.1 Regulierbarkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltung

Die elektrische Leistung der neuen Kernkraftwerkblöcke kann zwischen 50-100 % geregelt werden, sie sind in der Lage auch in einer sich der Belastung anpassenden Betriebsweise zu arbeiten. Die Belastungs-Veränderungsgeschwindigkeit der Blöcke beträgt sowohl im Bereich nach oben, als auch nach unten 5 % / Minute (60 MW / Minute). Die zu erwartende jährliche Verfügbarkeit der neuen Kernkraftwerkblöcke liegt bei >90 %, worin sich auch die jährlichen kleinen Instandhaltungen und die Umladezeit der abgebrannten Brennelemente befindet. Große Instandhaltungen sind alle 10 Jahre zu erwarten, welche ca. 1 Monat beanspruchen werden. Die zu erwartende Dauer der jährlichen Instandhaltungen beträgt 20 Kalendertage (Umladung des Brennstoffs und kleine Reparaturen), und die zu erwartende Zeit der großen Stillstände liegt bei 30 Kalendertagen (große Instandhaltungen des Sekundärkreislaufes und des Primärkreislaufes).

#### 7.13.3.2 Jährliche energetische Daten der neuen Kernkraftwerkblöcke

Bezeichnung	Maßeinheit	Wert/Block
Maximale Auslastung Stundenzahl	h/ Jahr	8 147
Eingebaute elektrische Leistung (brutto)	MW	1 200
Eigenverbrauch	MW	87
Pro Block erzeugte elektrische Energie	GWh/Jahr	9 776
Pro Block abgegebene elektrische Energie	GWh/ Jahr	9 068

Tabelle 28: Energetische Jahresdaten

### 7.13.4 JÄHRLICHE MATERIAL- UND ENERGIEBILANZ DER NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKE

Die Jährliche Material- und Energiebilanz wird unter Berücksichtigung der jährlichen Betriebszeit, welche der technischen Betriebsbereitschaft entspricht (8 147 Stunden), und der vollständigen Auslastung für 2 x 1200 MW<sub>e</sub> Blöcke bestimmt. In Abhängigkeit der ausgewählten Haupteinrichtungen können sich die in der Tabelle aufgeführten Werte verändern.

Bezeichnung	Maßeinheit	Wert
Jährliche brutto Erzeugung von Stromenergie	GWh/ Jahr	19 552
Elektrischer Eigenverbrauch	GWh/ Jahr	1 418
Jährliche netto Erzeugung von elektrischer Energie	GWh/ Jahr	18 136
Brennstoffbedarf	t/18 Monat	64,6
Brennelementbedarf (Brennstoff + Kassetten)	t/18 Monat	96
Strategische Brennstoffladung	t	225,6
<i>Öl-Verbrauch</i>		
Ölladung der Dampfturbinen	m <sup>3</sup>	~240
Ölladung der Transformatoren	t	~804
Ölmenge der Haupttransformatoren	t	~540
Ölmenge der normalen Hausbetriebstransformatoren	t	~132
Ölmenge der Ersatz Hausbetriebstransformatoren	t	~66
Schmier- und hydraulisches Öl	t/ Jahr	20
Dieselgeneratoren	m <sup>3</sup> /168 Stunden	2600
Generator Wasserstoffkühlung		8 m <sup>3</sup>
Schmierfett	kg/ Jahr	~280
<i>Wasserbedarf</i>		
<i>Technologischer Wasserbedarf</i>		
Kondensator-Kühlwasser (beinhaltet auch das technologische Kühlwasser)	Millionen m <sup>3</sup> / Jahr	≈3 900
Salzfreies Wasser	Tausend m <sup>3</sup>	640
<i>Kommunaler Wasserbedarf</i>	m <sup>3</sup> / Jahr	25 276
Bei Höchstbedarf (erster Block ist in Betrieb, zweiter Block wird errichtet)	m <sup>3</sup> / Jahr	235 790
<i>Chemikaliennutzung</i>		
Salzsäure (33 % HCl)	m <sup>3</sup> / Jahr	640
Natrium-Hydroxid (100 % NaOH)	m <sup>3</sup> / Jahr	480
Ammoniak-Hydroxid	m <sup>3</sup>	15
Hydrazin	t	32
Salpetersäure	m <sup>3</sup>	51
Schwefelsäure	m <sup>3</sup>	80
Bor	t	62
Sonstige Chemikalien der Wasservorbereitung (Chemikalien der Chlorentfernung, Ablagerungen vermeidende, Reinigungschemikalien)	t/ Jahr	25
<i>Technologisches Abfallwasser</i>		
Abfallwasser der Wasservorbereitung	Tausend m <sup>3</sup> / Jahr	200
Flüssiges radioaktives Abfallwasser des Primärkreislaufes	Tausend m <sup>3</sup> / Jahr	88
Flüssiges Abfallwasser des Turbinenmaschinenhauses und seiner Hilfsanlagen	Tausend m <sup>3</sup> / Jahr	350
Kommunales Abwasser	m <sup>3</sup> / Jahr	24 012
Bei maximaler Entstehung (erster Block ist in Betrieb, zweiter Block wird errichtet)	m <sup>3</sup> / Jahr	224 110
<i>Abfälle</i>		
<i>Radioaktiver Abfall</i>		
Radioaktiver Abfall mit geringer Aktivität	m <sup>3</sup> /Jahr	140
Radioaktiver Abfall mit mittlerer Aktivität	m <sup>3</sup> / Jahr	22
Radioaktiver Abfall mit hoher Aktivität	m <sup>3</sup> / Jahr	1,0
Nicht reprozessierbare, großer radioaktiver Abfall (entsteht bei Instandhaltungen/Reparaturen)	m <sup>3</sup> / Jahr	10
<i>Konventioneller, nicht radioaktiver Abfall</i>		
Nicht gefährlicher Abfall	t/ Jahr	800
Gefährlicher Abfall	t/ Jahr	100

Tabelle 29: Material- und Energiebilanz des Betriebs von Paks II

## **7.14 EINSTELLEN DES BETRIEBS DER NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKE**

### **7.14.1 BEI DER STILLEGUNG DER NEUEN KERNKRAFTWERKBLÖCKE ZU VERFOLGENDE ABBAUSTRATEGIE**

In der vorliegenden Umweltverträglichkeitsstudie wird zur Stilllegung von Paks II eine unverzügliche Abbaupption berücksichtigt, in Betracht der internationalen Tendenzen und folgender Gesichtspunkte:

- Die derzeitigen gesetzlichen Vorschriften stellen sicher, dass die Kosten des Abbaus am Ende der Betriebszeit zur Verfügung stehen werden
- Die Sicherstellung der endgültigen Unterbringung des bei dem Abbau entstehenden radioaktiven Mülls kann in der zur Verfügung stehenden Zeit gelöst werden
- Man muss nicht mit dem Verlust des zum Abbau notwendigen Wissens rechnen.

Der Abbauprozess einer nuklearen Anlage - also eines Kernkraftwerks - ist eine langwierige und komplexe Tätigkeit. Der aktuell gültige Kreis der tatsächlichen Abbauaufgaben, ihre Planung und detaillierte Ausarbeitung ist immer standort- und anlagenspezifisch, und hängt bedeutend von der für die Anlage gewählten Baustrategie ab. Die Bestimmung der nach der Stilllegung der Blöcke tatsächlich anzuwendenden Abbaustrategie erfolgt später, anhand von detaillierten Analysen mit einem viel breiterem Horizont. Die Optimierung der in der Zukunft auszuwählenden Stilllegungsstrategie muss anhand der Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates innerhalb des Rahmens der Ausgestaltung des nationalen Programms stattfinden.

Das detaillierte Genehmigungsverfahren der Aufgabe und des Abbaus muss - frühestens in 60 Jahren, spätestens um 2080 - bezüglich des aktuellen Zustandes, anhand der aktuellen gesetzlichen Umgebung durchgeführt werden. [39]

### **7.14.2 FINANZIERUNG, KOSTEN DER ABBAUARBEITEN**

Laut Absatz (1) des § 62 des CXVI. Gesetzes (Atomgesetz) aus dem Jahr 1996 werden die Kosten des Abbaus einer nuklearen Anlage von einem abgetrennten staatlichen Finanzfond, vom Zentralen Nuklearen Finanzfond (Központi Nukleáris Pénzügyi Alap (KNPA) finanziert.

Das den Zentrale Nukleare Finanzfond beaufsichtigende Organ ist das vom benannten Minister geleitete Ministerium.

Während der Realisierung der neuen Blöcke muss man sich auf eine solche Umstrukturierung des Zentralen Nuklearen Finanzfonds vorbereiten, welche unter anderem die gesetzesmäßige Finanzierung des Abbaus der neuen Blöcke ermöglicht.

Die Kosten des Abbaus können bei dem derzeitigen Wissensstand nur geschätzt werden. Anhand der Prognosen des Lieferanten kann jene Prognose hervorgehoben werden, die besagt, dass die Stilllegung der Reaktoren des neuen Typs voraussichtlich einfacher sein wird, und beim Abbau weniger Müll entsteht, als was bei Abbau der derzeit genutzten energetischen Reaktoren zu erwarten ist.

## **8 NETZANSCHLUSS ZUM UNGARISCHEM ELEKTRISCHEN ENERGIESYSTEM**

Im Folgenden werden diejenigen elektrischen Aufgaben, Anforderungen bezüglich der Netzentwicklung vorgestellt, welche anhand der derzeit untersuchten Pläne unbedingt verbunden sind, und somit für die Errichtung des Kernkraftwerks Paks II notwendig sind. Die Gesamtfolgen dieser auf die Umwelt sind im Vergleich zu den vollständigen Umweltauswirkungen des zu errichtenden Kraftwerkes kaum nennenswert. In Abhängigkeit der späteren Untersuchungen kann sich der Platz der Station, ihre Ausgestaltung, die Trasse der Fernleitungen und ihrer Maste verändern. [36]

## **8.1 ANPASSUNGSMÖGLICHKEITEN DER NEUEN BLÖCKE ZUM UNGARISCHEM ELEKTRISCHEN ENERGIESYSTEM**

Die derzeit arbeitenden Blöcke des Kernkraftwerks von Paks schließen sich über die 400 kV Schalteinrichtung des sich im Eigentum der MAVIR geschlossene AG, dem Eigentümer der Genehmigung für das Übertragungsnetz befindenden 400 / 120 kV Umspannwerks an das ungarische elektrische Energienetz an.

Im Zusammenhang mit der Vorbereitung der Errichtung des Kernkraftwerks Paks II, hat im Rahmen des Lévai Projektes die vorläufige Untersuchung der notwendigen Netzentwicklungen die PÖYRY ERŐTERV geschlossene AG in ihrer entscheidungsvorbereitenden Durchführbarkeitsstudie untersucht, so die Standorte der Stationen und die notwendigen Fernnetzänderungen in mehreren Varianten. Es sind vorläufige Netzberechnungen durchgeführt worden, um zu untersuchen unter welchen Bedingungen bei den 1 200 MW netto Leistungsgrößen der Blöcke die erzeugte Leistung unter Normalbetrieb und unter Betriebsstörungsfällen ausgeliefert werden kann.

Laut der Ergebnisse kann die Integration der neuen Kernkraftwerkblöcke nur durch die Errichtung neuer Netzverbindungen gelöst werden.

- Zum Stromnetzanschluss der neuen Blöcke ist die Errichtung eines neuen 400 / 120 kV Umspannwerks notwendig (Paks II Umspannwerk).
- Wegen dem Ergebnis der sich auf den doppelten Mangel beziehenden Untersuchungen und der Reserveversorgung des neuen Kernkraftwerks ist der Einbau eines dritten 400 / 120 kV Transformators in die Region begründet.
- Der Bau der Paks-Albertirsa Fernleitung mit einem doppelten System ist eine unerlässliche Voraussetzung der Erweiterung.

Die Gewährleistung der entsprechenden Stabilität des elektrischen Energiesystems fordert, dass im Fall eines nicht geplanten Ausfalls der in das System gebauten größten Einheitsleistung-Einspeisung, diese Leistungsanforderung innerhalb von kurzer Zeit für das System ersetzt werden kann. Zur Sicherstellung dessen ist in Ungarn die MAVIR geschlossene AG, als der Systemsteuerer verantwortlich. Die Einheitsleistung der neuen Blöcke kann etwa bei 1 200 MW angenommen werden, was im gesamten ungarischen elektrischen Energiesystem der größte Wert sein wird. Bis zur Inbetriebsetzung des ersten Blocks des Kernkraftwerks von Paks II muss ein tertiärer Vorrat sichergestellt werden, welche der Leistung des neuen Blocks gleichwertige Kapazität besitzt. Diese Anforderung muss anhand internationaler Abkommen durch den Erwerb über einer Import-elektrischen Energiestrecke und/oder durch Erschaffung von Kapazitäten mit Hilfe von einheimischen Gas-Turbinen Kraftwerken zur Bildung von tertiären Reserven erfüllt werden.

Anhand der Untersuchungen ist festgestellt worden, dass mit den oben aufgeführten Entwicklungen und Erweiterungen die durch die neuen Blöcke erzeugte Leistung mit Sicherheit an das Ungarische elektrische Energiesystem angeschlossen und dort betrieben werden kann.

## **8.2 ERRICHTUNGsort DES NEUEN 400 / 120 kV UMSPANNWERKES VON PAKS II**

Unter der Berücksichtigung der Errichtungskriterien der MAVIR Typ-Umspannwerke, der speziellen Ziele und Anforderungen gegenüber der MAVIR Übertragungsnetzstationen, und der individuellen Gesichtspunkte des Netzanschlusses des Kernkraftwerks Paks II, sind mehrere mögliche Standorte für das Umspannwerk Paks II bestimmt worden. Aus Sicht der Realisierbarkeit und der sicheren elektrischen Energieversorgung hat sich als der optimalste Standort der Standort neben den Trassen der in Richtung Nordost führenden Fernleitung, im Gebiet zwischen aus Paks in Richtung von Nagydorog, bzw. Kölesd liegende Standort - bei der 400 kV Leitungskreuzung auf der Straße nach Kölesd - erwiesen, der vom geplanten Platz der neuen Blöcke etwa 6 km entfernt liegt, in der Nähe von 2. km der 6233 Straße, auf der nördlichen Seite der Straße, in direkter Nähe des vorhandenen Leitungsflurs.

Anhand der erhaltenen Datendienstleistungen ist dieser Standort als Ausgangsgrundlage betrachtet worden, man muss aber festhalten, dass die Bestimmung des endgültigen Platzes des Umspannwerks Paks II in die Befugnis der MAVIR geschlossene AG, als den zukünftigen Eigentümer des Umspannwerks Paks II gehört, worüber es, nach unseren Kenntnissen noch keine endgültige Stellungnahme gibt.

Das Umspannwerk Paks II wird entsprechend der einheimischen Praxis ein MAVIR 400 / 120 kV Umspannwerk sein.

Das Umspannwerk Paks II und die mit dem ungarischen elektrischen Energienetz verbundene Fernleitungen (außer die Blockleitungen) kommen in dem Eigentum der MAVIR geschlossene AG, und bilden den Teil eines gemeinnützigen Netzes.

### 8.3 DIE 400 kV BLOCKLEITUNG UND DIE 120 kV FERNLEITUNG

In Ungarn ist jede Fernleitung mit 400 kV Spannungsebene des Übertragungsnetzes eine Freileitung.

Die Einbauumgebung, und die technischen, wirtschaftlichen und Umweltschutzaspekte macht die Ausgestaltung der mit dem Kraftwerk direkt verbundener Leitungen anhand der Folgenden möglich:

- die 400 kV Blockleitungen werden Freileitungen sein,
- der Abschnitt der die Ersatzeinspeisung sicherstellenden 120 kV Leitung innerhalb des Standortes des Kraftwerkes wird ein Erdkabel sein, darüber hinausgehend wird diese eine Freileitung sein.

#### 8.3.1 400 kV BLOCKLEITUNGEN

Die in den Blöcken des Kernkraftwerks Paks II erzeugte elektrische Energie wird von 400 kV Blockleitungen (Produktionsleitungen) in das zu errichtende Umspannwerk Paks II geliefert werden. Die Trasse der Blockleitungen zeigt die Abbildung 41: Trasse der Blockleitungen zwischen dem Kernkraftwerk von Paks II und dem Umspannwerk Paks II, den damit verbundenen Zeichenschlüssel die Abbildung 42: Zeichenerklärung zur Blockleitung-Trassenzeichnung mit der Zeichennummer V-01195 ERBE.



Abbildung 41: Trasse der Blockleitungen zwischen dem Kernkraftwerk von Paks II und dem Umspannwerk Paks II (2. Standort)

#### Zeichenerklärung:

	Trasse der zu errichtenden 400 kV Blockleitung
	Trasse der zu errichtenden 120 kV Leitung (Reserveversorgung)
	Trasse des zu errichtenden 120 kV Kabels (Reserveversorgung)
	Trasse der vorhandenen 400 kV Fernleitung
	Trasse der vorhandenen 120 kV Fernleitung
	Grezne der Errichtungsbegbietes des Kernkraftwerks Paks II
	Grezne des Investitionsgeländees des Kernkraftwerks Paks II
	Grezne des Umspannwerks Paks II

Abbildung 42: Zeichenerklärung zur Blockleitung-Trassenzeichnung mit der Zeichennummer V-01195 ERBE



Die in den zwei neuen Blöcken des Kernkraftwerks Paks II erzeugte elektrische Energie wird über, auf getrennte Mastreihen errichtete Fernleitungen in das Umspannwerk Paks II geliefert. Die Anwendung der separaten Mastreihe erhöht die Betriebsführungssicherheit, und deren Ausbau wird in der Fernleitungsrelation von der kurzen Trassenstrecke unterstützt.

Die Länge der Trassen der 400 kV Blockleitungen zwischen dem Kraftwerk Paks II und dem Umspannwerk Paks II beträgt: ~6,4 km und ~6,2 km. Typ der Maste ist FENYŐ (Tanne), ihre Zahl insgesamt 40 Stück. Die Breite des Sicherheitsbereiches beträgt von der Achse der Trasse in beide Richtungen aus gesehen 34,4-34,4 m, zusammen 68,8 m, pro Blockleitung, bei zwei parallel verlaufenden Blockleitungen ist die Gesamtbreite des Sicherheitsbereiches 128,8 m.

Von den späteren Untersuchungen und Entscheidungen hängt auch die technische Ausgestaltung der Blockleitungen zur Erhöhung der Sicherheit der neuen Kernkraftwerkblöcke ab, der Masttyp kann sich noch verändern.

### Erscheinung im Landschaftsbild

Die genannte Fernleitung wird auf annähernd flachem Terrain verlaufen. Die Trasse außerhalb des Standortes des Kraftwerks verläuft in erster Linie über landwirtschaftlich bearbeitete Gebiete und Wälder.

Mit dem für die mit dem Kraftwerk verbundenen Leitungen geplanten Masttypen ist in Ungarn schon ein Netzwerk ausgebaut worden, über dessen fertigen Zustand folgende Fotoaufnahmen gemacht worden sind:



Abbildung 43: Martonvásár-Győr 400 kV Freileitung mit FENYŐ (Tanne) Typ Mäβten

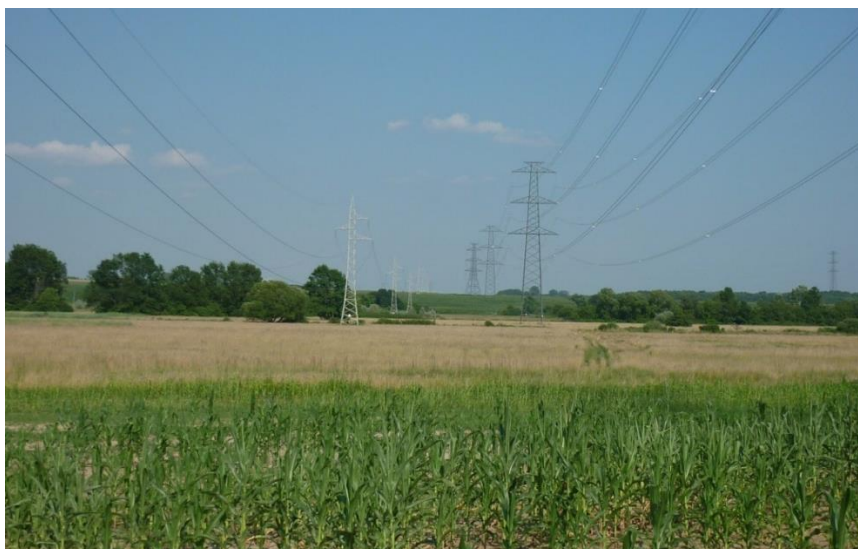


Abbildung 44: Pécs-Landesgrenze 400 kV Freileitung mit FENYŐ (Tanne) Typ Masten, Leitungsflur

Man möchte die, die Einfügung in das Landschaftsbild erleichternde, bzw. die Störung der Umwelt verringernde, bei früheren Bauarbeiten von Freileitungen bereits bewährte Methoden nach Möglichkeit und Bedarf auch bei den zu errichtenden Leitungen anwenden (z.B.: parallele Trassen, grüne Farbe der Maste; Errichtung von Vogelnestplätzen auf den Masten, Unterbringung von Mitteln zur besseren Sichtbarkeit der Leitungen für die Vögel).

### Folgen des Betriebs der Fernleitungen

#### Elektrische und magnetische Feldstärke

In der Nähe von Hochspannungsfreileitungen entsteht ein elektro-magnetisches Feld. Die aus Sicht der physiologischen Folgen zu beachtende Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und der Magnetinduktion bestimmt der im Rahmen der Welt Gesundheitsorganisation (WHO) der UNO tätige Internationale Strahlenschutz Verein (IRPA). Die einheimischen Vorschriften (MSZ 151-1-2000/15.6.3.) stehen im Einklang mit den weltweit akzeptierten Empfehlungen der internationalen Organisation.

Aufenthaltsdauer unter der Fernleitung	Elektrische Feldstärke E (kV/m)	Magnetinduktion B (µT)
Einige Stunden pro Tag	10	1000
unbegrenzt	5	100

Tabelle 30: Erlaubte Werte der Elektrizitätsfeldstärke und der Magnetinduktion

Die charakteristischen Werte der elektrischen Feldstärke und der Magnetinduktion in der Umgebung der Hochspannungsfreileitungen sind folgende:

	In der Höhe von 1,8 m, unter dem einheimischen 120-750 kV Netz gemessene Werte	
	Elektrische Feldstärke [kV/m]	Magnetinduktion [µT]
Unter der Freileitung	2-17*	10-37
Am Rand der Sicherheitszone	0,2-1,1	1-9

\* Anmerkung:

Ein höherer Wert als 10 kV/m ist nur unter der Leitung der 750 kV Fernleitung vorgekommen.

Tabelle 31: Gemessene Werte der Elektrizitätsfeldstärke und der Magnetinduktion

Während der Ausführungsplanung der Fernleitung kann mit der Wahl der Entfernung vom Boden der Leitung gewährleistet werden, dass die bei den ungünstigsten Bedingungen gemessenen Werte der elektrischen und

magnetischen Feldstärke unter den in der WHO Empfehlung bestimmten Werten bleiben. Wir betonen, dass die Trasse der betroffenen Freileitungen keine Wohngebiete betrifft.

Anhand der bisherigen Forschungsergebnisse hat die elektrische und magnetische Feldstärke in der Umgebung von Freileitungen keine nachweisbaren gesundheitsschädlichen Auswirkungen.

#### *Kronenstrahlung (ionisierende Wirkungen, Radiofrequenz-Wirkungen, Strahlungsverlust)*

Eines der für die Umwelt am meisten sichtbaren, bemerkbaren Freileitungsereignisse ist die Kronenentladung (Kronenstrahlung). Dies kann man vor allem bei feuchtem, nebligem Wetter bemerken, wenn die auf der Oberfläche des stromleitenden Drahtes entstehende inhomogene Feldstärke den Grenzwert von 30 kV/cm übersteigt. In dem Fall wird die Luft um den Leiter herum ionisiert und die Entladung, die Strahlung findet statt, was in der Dunkelheit von einer Lichterscheinung und knisternden Geräuschen begleitet wird.

Die Kronenstrahlung kann folgende direkte Umweltauswirkungen haben:

- Man kann ein knisterndes, knatterndes Geräusch wegen der ionisierenden Wirkung der großen lokalen Feldstärke hören,
- Es entstehen elektromagnetische Hochfrequenz-Wellen, welche in der Nähe der Leitung Störungen im Empfang von Radios und Fernsehgeräte verursachen können,
- In Folge der Kronenstrahlung entsteht ein Verlust in der Fernleitung.

#### *Ionisierende Wirkungen*

Auf der Freileitung entsteht hauptsächlich über 400 kV in Folge der Kronenentladung in erster Linie Ozon (O<sub>3</sub>) und Nitrogenoxyd (NO<sub>x</sub>), welche sich unter der Messbarkeitsgrenze befinden, und im Vergleich mit allen sonstigen Quellen unwesentlich sind.

### **8.3.2 120 kV FERNLEITUNG**

Aufgabe der zu errichtenden 120 kV Fernleitung ist das Versorgen des Kernkraftwerks Paks II mit Reserveenergie aus dem zu errichtenden Umspannwerk Paks II.

Die Freileitungstrecke der 120 kV Trasse zwischen dem Kraftwerk Paks II und dem Umspannwerk Paks II ist ~4,9 km, ihre Kabelstrecke ~1,4 km und ~2,0 km lang. Typ der Maste ist SZIGETVÁR, ihre Anzahl 19 Stück. Die Breite des Sicherheitsbereiches ist von der Achse der Trasse in beide Richtungen gerechnet 15,6-15,6 m, zusammen 31,2 m.

In Abhängigkeit der späteren Untersuchungen und Entscheidungen kann es notwendig werden, dass zur Erhöhung der Sicherheit der neuen Kernkraftwerkblöcke die Reserveversorgung sicherstellende 120 kV Leitung pro Block auf einer separaten Mastreihe geführt werden muss. Dadurch können sich auch der Masttyp der Fernleitungen und ihre Anzahl verändern.

### **8.3.3 GEMEINSAME SICHERHEITSSZONE**

Bei einer parallelen Führung der zwei 400 kV Blockleitungen und der Reserveversorgung sicherstellenden 120 kV Fernleitung beträgt die zu berücksichtigende Gesamtbreite der Sicherheitszone 170 m.

### **8.3.4 BAU DER FERNLEITUNG**

Der Bau der Fernleitung besteht aus folgenden Hauptphasen:

- Vorbereitung des Baus, Ausstecken der Trasse
- Tiefgründungsarbeiten
- Montage der Maste und der Isolierungsketten
- Aufstellen der Maste
- Einziehen und Justierung der Leitung

Zum Bau der Fernleitung ist neben der Trasse durchgängig eine ca. 3-5 m breite Bauspur notwendig. Bei Beanspruchung von landwirtschaftlich genutzten Flächen wird als Grundlage der Rekultivierungsarbeiten eine Bodenkunde-Expertise erstellt, anhand der eine Genehmigung für die vorübergehende andersweitige Nutzung von landwirtschaftlich genutzten Flächen beim zuständigen Katasteramt beantragt wird.

Die Einfassungsgröße der Maste über dem Boden hängt davon ab, ob Träger- oder Spannmasten eingebaut werden, und von dem Durchmesser und der Anzahl der darauf zu montierenden Leiter.

Bei dem Flächenanspruch für den Bau muss die für die Zusammenmontage der Maste vor Ort, und die für ihre Aufstellung notwendige Fläche mitgerechnet werden, welche in Abhängigkeit des Masttyps und dem Einbauort folgende ist:

- Bei 400 kV Masten: ca. 60x40 m
- Bei 120 kV Masten: ca. 40x40 m

Diese Flächen werden bei landwirtschaftlich benutzten Flächen vorübergehend aus der Bewirtschaftung rausgenommen.

Die mit Paks II verbundenen drei Fernleitungen (Mastreihen) können gleichzeitig gebaut werden, aber auch hintereinander. Bei einem zeitlich versetztem Bau muss zuerst die zum Block 1 gehörende 400 kV und die 120 kV Fernleitung gebaut werden, und danach kann die zum Block 2 gehörende 400 kV Leitung gebaut werden.

Zeitbedarf der Bauarbeiten:

- Raumordnung, Bodenarbeiten: 2 Arbeitstage/km
- Tiefgründungsarbeiten: 2 Wochen/km
- Mastmontage, Aufstellen: 1 Woche/km
- Leitungsmontage: 1-3 Wochen/km

Die aufgeführten Arbeitsprozesse verlaufen teilweise parallel zu einander, deshalb beträgt die geschätzte Ausführungszeit ca. 8-10 Monate. Bei einem zeitlich versetzten Bau kann der Zeitaufwand der Errichtung wesentlich länger sein. In dieser Zeit erfolgt die Störung der Umwelt nicht auf der gesamten Leitungslänge gleichzeitig. Die Arbeitsmaschinen verbringen auf dem Baugebiet nur die unbedingt notwendige Zeit, sie fahren von einem Mast zum nächsten. Während der Bauarbeiten wird es, entsprechend der Montagetechnologien maschinelle und manuelle (menschliche) Arbeitsausführungen geben.

Folgendes Foto zeigt die Mastbauarbeiten einer früheren Fernleitungsausführung.



Abbildung 45: Martonvásár-Győr 400 kV Freileitung, Mastaufbau

## 9 POTENTIELLE WIRKUNGSFAKTOREN, AUSWIRKUNGSTRÄGER DES KERNKRAFTWERKS PAKS II

### 9.1 POTENTIELLE WIRKUNGSFAKTOREN

Der erste Schritt der Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung ist die Bestimmung der, mit der Schaffung und dem Betrieb der Voraussetzungen der nuklearen Energieerzeugung verbundener, sich aus dem bisher detaillierten technologischen Parameter ergebenden Wirkungsfaktoren. Die mit den geplanten Kernkraftblöcken verbundene Wirkungsfaktoren sind in 3 Hauptthemenbereichen gruppiert worden: territoriale Betroffenheit, Chronologie, und die charakteristischen Wirkungsfaktoren nach Gruppen aufgeteilt.

Die Errichtung und der Betrieb der neuen Kernkraftwerkblöcke sind mit der Beanspruchung folgender **Gebiete** verbunden:

#### Kernkraftwerk Paks II

- *Das Betriebsgelände der neuen Kernkraftwerkblöcke*
- *Baustellenvorrichtungsplatz*

#### Angeschlossene Anlagen des Kernkraftwerks von Paks II

- *Kaltwasserkanal*
- *Warmwasserkanal*
- *Gebiet der von dem Kaltwasser- und Warmwasserkanal umschlossenen "Insel"*
- *Gebiet des Rekuperationswasserwerks*

#### Blockleitung und Fernleitung

- *Trasse der bis zu neuem Umspannwerk führenden 400 kV Blockleitung und 12 kV Fernleitung*

#### Transportwege chronologisch

- *Die vom Zu- und Abtransport betroffenen Strecken*

Die Wirkungsfaktoren der neuen Kernkraftwerkblöcke und ihrer angeschlossenen Anlagen werden **chronologisch** gruppiert - Errichtung-Bau/Montage, Betrieb, Stilllegung - untersucht, anhand der zu beanspruchenden Bereiche:

**Errichtung-Bau/Montage:** Außerhalb der Tätigkeit vor dem tatsächlichen Bau dauert die Bauperiode des tatsächlichen Baus etwa 5 Jahre, was im Falle von 2 Blöcken einander teilweise folgende 2 Zyklen sind, insgesamt 10 Jahre.

**Betrieb:** Die geplante Betriebsdauer der geplanten Kernkraftwerkblöcke beträgt 60 Jahre, welche unter Berücksichtigung der Zeitplanung der Errichtung, und des Betriebsdauer verlängerndem Verfahrens der derzeit betriebenen 4 Blöcke in mehrere Phasen aufgeteilt werden kann:

Gemeinsamer Betrieb der Blöcke 1-4 des Kernkraftwerks von Paks und des 1. Block des Kernkraftwerks Paks II zwischen 2025-2030

Gemeinsamer Betrieb der Blöcke 1-4 des Kernkraftwerks von Paks und der 1-2 Blöcke des Kernkraftwerks Paks II zwischen 2030-2032

Nach der Stilllegung der Blöcke 1-4 des Kernkraftwerks von Paks der selbständige gemeinsame Betrieb der Blöcke 1 und 2 des Kernkraftwerks Paks II zwischen 2037-2085

Nach dem Ablauf der Betriebsdauer und der Stilllegung des 1. Blocks von Paks II der selbständige Betrieb des 2. Block von Paks II zwischen 2085-2090

Ablauf der Betriebsdauer des 2. Block von Paks II 2090

**Stilllegen:** Am Ende der Betriebsdauer die Stilllegung von zuerst des 1. Block von Paks II, und danach die Stilllegung des 2. Blocks (diese Tätigkeit ist anhand Punkt 31 der Anlage 1 der 314/2005 Regierungsverordnung selbst zwingend mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung verbunden)

Die einzelnen Phasen werden anhand der am meisten charakteristischen **Gruppen der Wirkungsfaktoren** eingeteilt untersucht. Unter Berücksichtigung des Charakters der Anlage sind von den Wirkungsfaktoren die Emissionen und Abfälle in konventionelle, nicht-radioaktive und radioaktive Gruppen eingeteilt worden.

- ❖ **Beanspruchung der Umweltelemente**
- ❖ **Emission von Schadstoffen**
  - *Emission von konventionellem, nicht-radioaktivem Müll*
  - *Radioaktiver Emission*
- ❖ **Abfälle**
  - *Entstehung, Handhabung von konventionellem, nicht-radioaktivem Müll*
  - *Entstehung, Handhabung von radioaktivem Müll*
- ❖ **Abgebrannte Brennelementkassetten**
  - *Entstehung, Handhabung von aus der Reaktorzone entnommenen Brennelementkassetten*

## 9.2 AUSWIRKUNGSTRÄGER

Der zweite Schritt der Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung ist die Einschätzung, Bestimmung der durch die, mit der Errichtung und dem Betrieb von Paks II verbundenen Wirkungsfaktoren ausgelöster Folgeprozessen, bzw. die Einschätzung und Bestimmung der mit den Phasen der Errichtung, des Betriebs und des Stilllegens verbundener Ereignisse. Anhand der geschätzten Folgeprozessen kann **der Kreis der Umweltelemente und Systeme bestimmt werden, in dem** die durch die Wirkungsfaktoren ausgelösten Folgeprozesse (Beanspruchung der Umwelt, Belastung der Umwelt) **direkte, und indirekte Folgen auslösen können.**

Während der Errichtung, des Betriebs und des Stilllegens der neuen Kernkraftwerkblöcke müssen folgende Umweltelemente und Systeme, als Auswirkungsträger berücksichtigt werden:

- Oberflächengewässer - Donau*
- Geologisches Gestein, unterirdische Gewässer (Standort, Donau-Tal)*
- Luft*
- Ortschaftsumgebung (Lärm, Abfälle, radioaktive Emissionen)*
- Vegetation-Ökosystem*
- Künstliche Umwelt, gebaute Elemente*
- Bevölkerung (radioaktive Emissionen)*

## 9.3 POTENTIELLE WIRKUNGSMATRIX

Die Einschätzung der Auswirkungen potentieller Auswirkungsträger sind in der Wirkungsmatrix zusammengefasst worden.

Die Wirkungsfaktoren und Auswirkungsträger sind für die Errichtung, den Betrieb und der Stilllegung der geplanten Tätigkeit, bzw. in allen drei Phasen für die eventuell vorkommenden, vom Normalbetrieb abweichenden Fälle (Betriebsstörungen, Havarien, Ereignisse der Auslegungstilllegung) identifiziert worden.

Wirkungsfaktoren	Auswirkungsträger								
	Umweltelemente/Systeme								
	Oberflächengewässer	Geologisches Gestein, unterirdische Gewässer		Luft	Ortschaftsumgebung	Vegetation-Ökosystem	Kulturelles Erbe	Bevölkerung	Gebaute Umwelt
	Donau	Standort	Donau-Tal						
<b>Errichtung</b>									
Abriss der Gebäude	-	I	-	T	T	T	-	I, T	I, T
Flächenausdehnung	I	I	-	T	I	T	-	-	I
Transport	-	-	-	T	I, T	T	T	T	I, T
Errichtung der Anlage	I	I	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Errichtung der Technologie	I	I	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Verbundene Tätigkeiten	I	I	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Havarie	T	T	-	T	T	T	T	T	T
<b>Betrieb</b>									
Technologie	T	I	T	T	I, T	T	-	T	I, T
Verbundene Tätigkeiten	-	-	-	T	I, T	T	-	T	I, T
Transport	-	-	-	T	I, T	T	T	T	I, T
Havarie	T	T	-	T	T	T	T	T	T
<b>Stilllegen</b>									
Abbau der Technologie	-	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Abriss der Gebäude	-	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Transport	-	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Verbundene Tätigkeiten	T	T	-	T	I, T	T	-	T	T
Raumordnung	-	T	-	T	I	T	-	T	I
Havarie	T	T	-	T	T	T	T	T	T

Zeichenerklärung:

T – Belastung der Umwelt

I – Beanspruchung der Umwelt

Tabelle 32: Zusammenfassene Wirkungsmatrix, Identifizierung der Art der Wirkungsfaktoren und der Auswirkungsträger



Wirkungsfaktoren	Auswirkungsträger								
	Umweltelemente/Systeme								
	Oberfläche ngewässer	Geologisches Gestein, unterirdische Gewässer	Luft	Ortschaftsum- gebung	Vegetation- Ökosystem	Kulturelles Erbe	Bevölker- ung	Gebaute Umwelt	
	Donau	Standort	Donau-Tal						
<b>Errichtung</b>									
Abriss der Gebäude	-	I	-	H	H	H	-	H, I	H, I
Flächenausdehnung	I	I	-	H	I	H	-	-	I
Transport	-	-	-	H	I, H	H	H	H	I, H
Errichtung der Anlage	I	I	-	H	I, H	H	-	H	I, H
Errichtung der Technologie	I	I	-	H	I, H	H	-	H	I, H
Verbundene Tätigkeiten	I	I	-	H	I, H	H	-	H	I, H
Havarie (H)	H	H	-	H	H	H	H	H	H
<b>Betrieb</b>									
Technologie	H+R	I	H	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	I, H+R
Verbundene Tätigkeiten	-	-	-	H	I, H	H	-	H+R	I, H
Transport	-	-	-	H	I, H+R	H+R	H	H+R	I, H+R
Ereignisse der Auslegungsstörfälle (R); Havarie (H)	H+R	H+R	-	H+R	H+R	H+R	H	H+R	H+R
<b>Stilllegen</b>									
Abbau der Technologie	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Abriss der Gebäude	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Transport	-	H+R	-	H+R	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Verbundene Tätigkeiten	H	H+R	-	H	I, H+R	H+R	-	H+R	H+R
Raumordnung	-	H	-	H+R	I	H+R	-	H+R	-
Ereignisse der Auslegungsstörfälle (R); Havarie (H)	H	H+R	-	H+R	H+R	H+R	H+R	H+R	H+R

Zeichenerklärung:

H – konventionelle Auswirkungen auf die Umwelt

R – radiologische Auswirkungen

Tabelle 33: Zusammenfassende Wirkungsmatrix, Identifizierung der herkömmlichen und der radiologischen Auswirkungen

## 10 GESELLSCHAFTLICHE-WIRTSCHAFTLICHE WIRKUNGEN DER ENTWICKLUNG IN PAKS

### 10.1 WIRTSCHAFTLICHE WIRKUNGEN, VORAUSSETZUNGEN

Die geplante Entwicklung wird bedeutende Auswirkungen auf die Wirtschaft des ganzen Landes, der Region und der Stadt Paks haben.

Auf Landesebene kann man im Folge der Investition einen Anstieg der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit (BIP) hervorheben, denn schon durch die Vorbereitung der geplanten Investition hat die Vorbereitung der, an der Realisierung gerne teilnehmenden ungarischen Unternehmen für die Realisierung begonnen, was Auswirkungen auf die Bildung, der Entwicklung und Innovation des Human- und Sachbestandes der Unternehmen hat/haben wird.

Im Sinne von Punkt 2, Artikel 4 des II Gesetzes aus dem Jahr 2014 über die Veröffentlichung des Abkommens bezüglich der Kooperation im Bereich der friedlichen Nutzung nuklearer Energie zwischen der Regierung von Ungarn und der Regierung der Russischen Konföderation "Tun die Parteien alles in ihrer Macht stehende, dass wenn dies zur Erfüllung des im vorliegenden Abkommen festgehaltener Kooperation realisierbar ist, und die gesetzlich bestimmten Rahmen das ermöglichen, damit die minimale Lokalisierungsstufe von 40 % erreicht wird.", also betrachtet die Regierung von Ungarn die geplante Investition nicht nur aus energiepolitischer Sicht als wichtig, sondern behandelt diese auch aus wirtschaftspolitischer Sicht hervorgehoben. Von dem geplantem Gesamtwert von 12,5 Milliarden EUR der Investition werden also nach den Plänen hoffentlich 5 Milliarden EUR mit der Teilnahme von ungarischen Unternehmen realisiert, was 5 % des BIP von Ungarn entspricht, also auch auf nationalwirtschaftlicher Ebene ein sehr bedeutender Posten ist.

Aus energiepolitischer Sicht wird der, die Erzeugung der für das Land notwendigen elektrische Energie sicherstellenden "Mix" auch nach der Stilllegung der 4 Blöcke des Kernkraftwerks von Paks ausgeglichen bleiben, im Vergleich zum Ausbleiben der Entwicklung wird die Abhängigkeit von importierten Energieträgern (nuklearer Brennstoff kann von mehreren Quellen besorgt werden, und sein Vorrat ist auch größer), bzw. des direkten elektrische Energie-Imports abnehmen, und durch die Entwicklung in Paks kann der Preis der elektrischen Energie langfristig wettbewerbsfähig bleiben, was den einheimischen Unternehmen, welche viel Energie verbrauchen, einen Wettbewerbsvorteil sichern wird, wodurch sogar die Erhöhung ihres Produktionsvolumens möglich wird.

Aus industriepolitischer Sicht ist ein hervorgehoben wichtiger Aspekt, dass anhand der Ausführungen die an der Investition teilnehmenden Unternehmen durch die Entwicklung ihres Personal- und Sachbestandes auch nach der Investition wettbewerbsfähiger sein werden, was außer den direkten Folgen der Entwicklung in Paks, im späterem eine Multiplikatorwirkung auf die Leistung der Nationalwirtschaft, der Beschäftigung und die Erweiterung des Verbrauchs der Bevölkerung und daraus folgend auch auf die staatlichen Steuer- und Beitragseinnahmen haben wird. Ein weiterer Aspekt der Nationalwirtschaft ist, dass mit der Entwicklung in Paks sich das Eigentum des Staates mit einer hochwertigen, modernen Anlage erweitert, und es nicht ist auch nicht zu vergessen, dass dies der Entwicklung, der Aufrechterhaltung einer weltberühmten Branchenkultur auf Weltklasseniveau dient.

Bei der Entwicklung der neuen Kernkraftwerkblöcke ist es ein nationalwirtschaftliches Ziel, dass die ungarischen Zulieferanten im möglich größten Anteil an der Arbeit beteiligt werden können. Die realistisch erreichbare Höchstgrenze der Teilnahme liegt bei etwa 30-40 %. Die derzeit durchgeführten ausländischen (internationale) Kernkraftwerkinvestitionen zeigen, dass die Subunternehmer (Zulieferanten) der nationalwirtschaft des Auftraggebers nur dann intensiv in die Vorbereitungs-, Bau-, Montage-, Ausführungs-, Produktionsarbeiten und den zukünftigen Aufrechterhaltungsaufgaben einbezogen werden können, wenn sie darauf bewusst und zielgerichtet vorbereitet und entwickelt worden sind, und sie in ein sich gegenseitig ergänzendes und verstärkendes System organisiert worden sind. Der Nutzen des Bauprojekts des Kernkraftwerks für die Nationalwirtschaft erhöht eine gut organisierte, vorbereitete und systematisch durchgeführte Vorbereitung der Subunternehmer sehr, wodurch bedeutende Zusatzkosten im Laufe der Investition vermieden werden können.

Der Errichtungsprozess der neuen Blöcke ist so eine Investition, welche zahlreichen ungarischen Unternehmen und Unternehmern bedeutende, Jahre oder Jahrzehnte andauernde zusätzliche Bestellungen mit sich bringen kann, und mehreren Tausend Arbeitnehmern vor Ort, oder während der Vorbereitungstätigkeiten in den Planer- und Forschungsinstituten, oder den unterschiedlichen Montage- und Produktionswerken Arbeitsplätze sichern kann. Für das

Abdecken von 30-40 % der Investitionskosten mit einheimischen Zulieferer Unternehmen ist eine geplante Vorbereitung und Kooperation anzunehmen, welche auch die organisierte Zusammenarbeit auf Unternehmens- und institutioneller Ebene beinhaltet. In den vergangenen zwei Jahrzehnten sind die energetischen Produktionskapazitäten von Ungarn und das Leistungsvolumen der einzelnen Unternehmen der Bauindustrie deutlich zurückgegangen. Eine vollständige Reanimierung ist nicht realistisch, die Zielsetzung kann vielmehr die programmatische Vorbereitung und das Bündeln der potentiell geeigneten, in erster Linie klein- und mittelständischen Unternehmen sein.

Im Rahmen des Vorbereitungsprojektes ist die - die aktuelle Lage widerspiegelnde - Erhebung des in die geplante Investition einzuziehenden Unternehmens- und Unternehmerkreises erfolgt. Die Arbeit fand aus zwei Annäherungsrichtungen statt. Einerseits sind die als hervorgehoben zu betrachtenden Unternehmen landesweit untersucht worden, andererseits sind die in der weiteren Umgebung des Kernkraftwerks von Paks tätigen, in erster Linie in der Subunternehmerreihe Arbeit bekommende Unternehmen gesammelt worden. Als Ergebnis der landesweiten Untersuchung sind etwa 150 mögliche beteiligte Unternehmen in die Datenbank aufgenommen worden, welche sich auf die Zulieferer-, Dienstleistungsspezifikationen als Branche (nuklear, Maschinenbau, Steuerungstechnik, Elektrizität, Architektur, Chemieindustrie, sonstiges) und als Tätigkeit (Forschung+Entwicklung, Planung, Produktion, Transport, Bau, Montage, Inbetriebsetzung, Expertenwissen, sonstiges) erstreckt hat. Die Mittel, Kapazitäten, Referenzen, Qualitätssicherungsmerkmale der Unternehmen sind erfasst worden, und im Bereich der Produktion der Importanteil der Komponenten.

Es ist eine natürliche Bestrebung und Erwartung, dass die in der weiteren Umgebung des Kernkraftwerks von Paks tätigen Firmen die Chance haben als Teilnehmer im Errichtungssystem aufzutreten, und dadurch das Potential der regionalen Unternehmen zu verstärken, wodurch die Möglichkeit zur Einstellung der Humanressourcen der Region entsteht. Die gut definierte, anhand mehrerer Aspekte eingegrenzte Region beinhaltet 90 Ortschaften, betrifft beide Seiten der Donau, und erstreckt sich auf 3 Landeskomitate. Gegenstand der Untersuchungen haben jene Unternehmen gebildet, welche im Bereich der Bauindustrie, der Produktion, der Montage und des Transports tätig sind, ihre Mitarbeiterzahl mindestens 10 Personen erreicht, und sie gewillt und daran interessiert wären, dass sie in jeglicher Vertragskonstruktion an der Investition teilnehmen. Im Laufe der Untersuchung sind die potentiell zusammenarbeitende Unternehmen anhand ihrer Vorbereitung (Personal- und Sachbestand), ihrer Referenzen, der Kapitalstärke, der Bilanzdaten, der erworbenen Qualifizierungen und des Fachbildungswillens kategorisiert worden. Die Unternehmen der Region können aber nicht nur auf direkte Art und Weise Kandidaten bei der Großinvestition sein, sondern auch bei den verbundenen Arbeiten (z.B.: Bau der Infrastruktur). Als Ergebnis der Untersuchung sind annähernd 240 Unternehmen der Region in die Datenbank aufgenommen worden.

## **10.2 GESELLSCHAFTLICHE ZUSAMMENHÄNGE, VORAUSSETZUNGSSYSTEM**

Die MVM Paks Atomerőmű geschlossene AG ist seit annähernd vier Jahrzehnten in der, durch die Paks-Szecsárd-Kalocsa Zentren definierte Region anwesend. Sie hat als Ergebnis eines durchdachten, systematischen Prozesses jenes regionale Kontaktsystem aufgebaut, welches von gegenseitigem Respekt, auf Verständnis und Vorteilen basierender Kooperation gekennzeichnet ist. Diese starke, unterstützende, symbiotische Verbindung hat dem Entscheidungsträger die stabile gesellschaftliche Grundlage zum Treffen solcher Entscheidungen von großer Bedeutung gegeben, wie die Verlängerung der Betriebszeit und die Errichtung der neuen Blöcke. Die parlamentarischen und Regierungsentscheidungen bezüglich der Errichtung der neuen Kernkraftwerkblöcke beanspruchen hervorgehoben die Erhebung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Beziehungen mit der um das Kraftwerk liegenden Region auf eine höhere Ebene, ihre inhaltliche Erweiterung und ihre Kräftigung. Eine der wichtigsten Rahmenbedingungen des Erweiterungsprogramms ist die Verstärkung der regionalen Akzeptanz und des Kooperationswillens, die Erhöhung des Vertrauens der kommunalen Selbstverwaltungen, Unternehmen und der Staatsbürger, womit man sich schon in der Vorbereitungsphase dieser großen Investition beschäftigen muss.

Die MVM Paks Atomerőmű geschlossene AG, als das größte Unternehmen und der größte Arbeitgeber der Region fühlt sich betont für den Zustand der Umgebung, der Lebensqualität der Bewohner, der Entwicklung und der Zukunft der Region verantwortlich. Das Kraftwerk und das damit verbundene Entwicklungsprojekt können dann erfolgreich werden, wenn es selbst in einer virulenten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umgebung existiert, und die Effizienz sich gegenseitig stärkt. Der Errichtungsprozess der neuen Blöcke beschäftigt die Bevölkerung der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks sehr, sie blicken erwartungsvoll auf die demokratischen, ihnen die Mitsprachemöglichkeiten bietende Prozesse. Das Maß der Unterstützung aus der Region ist derzeit beruhigend, die Beziehungen sind in

Schwung, aber man kann auch sehr ernsthafte Erwartungen formulieren. Die kommunalen Selbstverwaltungen und die Bevölkerung der Ortschaften, die betroffenen Unternehmen erwarten Initiativen, eine langfristige Zusammenarbeit glaubwürdig machenden Schritte schon in der Vorbereitungsphase der Großinvestition.

Die Fundierung des Eibeziehens, des Weckens der Interessen der Region ist unumgänglich, was neben der Entwicklung der Unternehmen in erster Linie mit den Human-Ressourcen-Dienstleistungen und dem Logistiksystem verbunden werden kann. Mit diesen Themenbereichen hat sich das Projekt zur Vorbereitung der Erweiterung detailliert beschäftigt. Vor allem musste das Register jener Berufe zusammengestellt werden, die für den Bau, der Zusammenmontage, der Inbetriebsetzung und des späteren Betriebs eines Kernkraftwerks notwendig sind, und die im Einklang mit dem Nationalem Bildungsregister und den Bildungsrichtungen des ungarischen Hochschulsystems stehen, diese Material, ist mit der Einbeziehung von Energetik-Experten mit großen Investorferahrungen, und Universitätslehrstühlen fertiggestellt worden. Die Vergleichsgrundlage jeder weiteren Untersuchung bildet der Arbeitskräftebedarf der Blocktype der früher prognostizierten Bewerber. Das Abschließen des Abkommens zwischen der russischen und der ungarischen Regierung hat diese Situation vereinfacht, denn danach musste man sich nur an die vorläufigen Angaben von Atomszrojexport richten.

Zum Kennenlernen des zur Verfügung stehenden, bzw. in der Zukunft prognostizierbaren regionalen Arbeitskräftebestandes aus der Fachrichtung ist eine große Untersuchung in 90 Ortschaften der Komitate Tolna, Baranya und Bács-Kiskun durchgeführt worden. In Mangel eines staatlichen, Verwaltungsregistersystems ist die Datenbank als Ergebnis einer auf Musternahme basierenden großen Arbeit vor Ort entstanden. All dies bietet eine gute Grundlage zur Untersuchung und Vorbereitung der Einbeziehbarkeit des regionalen Arbeitskräftebestandes in die Arbeiten der Großinvestition. Der bereits kennegelehrte, nach Branchen aufgeteilte Arbeitskräftebedarf kann sehr gut mit den regionalen Humanressourcen Potential der einzelnen Fachrichtungen verglichen werden. Aus der Annahme ausgehend, dass nur 20 % des in der untersuchten Region zur Verfügung stehenden Arbeitskräftebedarfes aus der Fachrichtung in die Bau- und Montgearbeiten der neuen Blöcke des Kernkraftwerks einbezogen werden kann, kann festgestellt werden, dass aus der Region etwa 25-30 % des Arbeitskräftebedarfs sichergestellt werden kann. Natürlich gibt es große Abweichungen bezüglich der einzelnen Fachbereiche. Im Besitz der Ergebnisse der Analysen der Zusammensetzung kann im Voraus festgehalten werden, dass der Mangel in erster Linie in den Branchen Zimmermann-Gerüstbauer, Stahlbeton Mechaniker, qualifizierter Schweißler, Schlosser, Elektro- und steuerungstechnische Monteure dominant sein wird.

Die Mittelstufen Fachausbildungsinstitute in den gegebenen Fachrichtungen und die Unternehmen für Erwachsenenbildung sind in der Region untersucht worden, wie auch das Voraussetzungssystem der Schulungen, ihre Infrastruktur, ihr Praxishintergrund, ihre Kapazitäten, Entwicklungspläne und Flexibilität. Diese Schulen, Ausbildungsinstitute können die am Arbeitskräftemarkt derzeit nicht anwesenden und auch nicht prognostizierbaren Arbeitnehmer durch das Starten von Ausbildungen in den bemängelten Fachrichtungen, durch die Erhöhung der Teilnehmerzahlen der vorhandenen Ausbildungen, und durch die Verbesserung der Ausbildungsbedingungen zur Befügung stellen. Die Untersuchung der einheimischen technischen Hochschulinstitutionen, Lehrstühle und Fächer ist auch durchgeführt worden, ergänzt mit der Untersuchung einiger hervorgehobener Institute der Nachbarländer mit ähnlichem Profil. Weiterhin ist auch eine Entscheidungsvorlage erstellt worden, welche den erneuten Start der energetischen Hochschulausbildung in Paks analysiert, als ausgelagertes Fach eines Mutterinstitutes.

Auf Lehrstoffebene untergebrochen, mit energetischen Praxisübungen und fachlicher Praxiserfahrung vor Ort ergänzt ist jenes System zusammengestellt worden, welches die Menschen in das Hochschulsystem führt und sie darauf vorbereitet. Es gibt eine unterzeichnete Vereinbarung mit den Mittelschulen der Region um das Kraftwerk von Paks herum über ihre Teilnahme, was ab der 11. Klasse eine spezielle ergänzende Ausbildung in Physik bedeutet, mit der Erwartung an dem Abitur der gehobenen Stufe teilzunehmen. Diejenigen, die aus der Region weiter lernen, werden mit einer größeren Wahrscheinlichkeit zurückkehren, wenn die Erweiterung des Kraftwerks für sie Arbeitsplatz- und Karrieremöglichkeiten bietet. Es ist auch ein spezielles Stipendium- und Mentor-System erarbeitet worden, sowohl für die Mittelstufe, als auch für die Hochstufe, denn die jungen Fachleute können nur so in der elektrische Energie Industrie gehalten werden, und so kann das ausländische Abziehen des Wissens verhindert werden.

Aus den Humanressourcen-Untersuchungen kann abgeleitet werden, was für ein Mitarbeiterbestand während der Investition auf Jahre aufgeteilt notwendig ist, zu dem können auch unterschiedliche Dienstleistungsansprüche zugeordnet werden. Durch die forcierte Beschäftigung der Arbeitnehmerkräfte aus der Region (was eine hervorgehobene Zielsetzung sein muss) kann der Unterkunft- und sonstiger Verpflegungsbedarf deutlich verringert werden, dafür nehmen aber die Verkehrsanforderungen zu. Durch die hervorgehobene Handhabung der Umgebung von

Kalocsa nehmen auch die Alternativen der Überfahrt auf der Donau an Bedeutung zu. Die umweltfreundlichen Verkehrslösungen müssen vor Augen gehalten werden, und die in der Zukunft für andere Ziele nutzbaren riesigen Parkplätze. Man muss die vorhandenen Unterkunftsmöglichkeiten untersuchen, die Entwicklungs- und Erhöhungsmöglichkeiten dieser, unter Berücksichtigung der Empfehlungen der Internationalen Atomenergieagentur. Neben der Errichtung von Übergangsunterkünften, die aber den Erwartungen des 21. Jahrhunderts entsprechen, muss man sich auch mit der endgültigen Unterbringung des zukünftigen Betreiberpersonals und ihrer Familien beschäftigen. Man muss die Aufnahmeattitüden der einzelnen Ortschaften untersuchen. Man muss sich mit der Lebensmittelversorgung, der Verpflegung, der gesundheitlichen und sozialen Versorgung von mehreren Tausend Menschen beschäftigen, wie auch mit den Fragen der öffentlichen Sicherheit und der Gewährleistung von Freizeit Programmöglichkeiten. Man muss im Voraus die Erweiterbarkeit der Kinderkrippen, Kindergarten und Schulen planen, weiterhin ist die Behandlung der Beschäftigungsprobleme der weiblichen Arbeitskräfte (Angehörigen) durch das rechtzeitige Erschaffen von Beschäftigungsmöglichkeiten unumgänglich.

Auf regionaler Ebene hat die geplante Entwicklung in erster Linie in der Realisierungsphase eine Bedeutung: die Infrastruktur entwickelt sich, durch die Unterbringung und Bedienung der am Bau arbeitenden Arbeitnehmer können die damit verbundenen regionalen Unternehmen Zusatzeinnahmen erreichen, nach der Entwicklung bleibt nach der Stilllegung der Blöcke 1-4 auch langfristig eine zahlungsfähige Beschäftigten- und Unternehmerschicht erhalten, welche die neuen Blöcke betreiben und instandhalten werden, wodurch die durch das Stilllegen der alten Blöcke zu erwartenden negativen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Folgen kompensiert werden können.

Die Stadt Paks bekommt - auch neben ausdrücklichen Dezentralisierungsvorstellungen - eine hervorgehobene Rolle in der Vorbereitungsphase der Investition, ihre ständige Zusammenarbeit mit dem Projekt ist also begründet. Das Ermessen der notwendigen infrastrukturellen Entwicklungen, der Beginn der damit verbundenen Planungs- und Vorbereitungsaufgaben, das Identifizieren der zur Realisierung notwendigen Quellen ist im Laufe. Zu untersuchen sind die Entwicklungsmöglichkeiten des Industrieparks von Paks, die Möglichkeit der Erweiterung seines Gebietes. Es ist sehr wichtig, dass die den Bau und die Montage des Kraftwerks vorbereitenden, und während der Investition tätigen Betriebe und sonstige Büro-Niederlassungen hier untergebracht werden. Im Netzwerk der Partnerortschaften können jene Gemeinden aus der Nähe des Kraftwerks einen Platz bekommen, welche konkrete Verpflichtungen für den Erfolg, die Unterstützung der Großinvestition eingehen (z.B.: Unterkünfte in Containerstädten aufnehmen, dazu die Sicherstellung von Grundstücken und Anschlüssen an den öffentlichen Versorger, Kommunikationsunterstützung, Parzellarvermessung für Wohnimmobilien, Sicherstellung von Freizeitprogrammen und Erholungsmöglichkeiten). Die Mitglieder des Netzes bekommen keine finanziellen Gegenleistungen, sondern Möglichkeiten. Für all das ist in jeder Ortschaft eine detaillierte Arbeit vor Ort notwendig, damit das Endergebnis auf den realen lokalen Ressourcen beruht.

Die MVM Paks Atomerőmű geschlossene AG betreibt seit fast einem Jahrzehnt ein besonderes Unterstützungssystem in Form einer Stiftung, deren Ziel die Entwicklung der Region, der Ortschaften, der Unternehmen ist, und die Unterstützung der Schaffung neuer Arbeitsplätze. Mit Hilfe der Stiftung sind in der unterstützten Region mit direkten, oder indirekten Subventionen (Sicherstellung des Eigenanteils bei Ausschreibungen) Entwicklungen im Wert von mehr als 3 Milliarden Forint realisiert worden, was auch die Schaffung mehrere Hundert Arbeitsplätze mit sich gebracht hat.

Damit ein erfolgreicher Dialog zwischen dem Kernkraftwerk und der Bevölkerung der Umgebung entstehen kann, ist die Gründung einer Organisation unumgänglich geworden, welche eine eingetragene juristische Person ist mit selbstständigem Programm, einer eigenen Satzung, einem eigenem Budget, welche realen Bedürfnisse und Interessen der Bevölkerung der Region effizient vertreten kann. Dementsprechend ist 1992 aus den Abgeordneten von 13 kommunalen Selbstverwaltungen die Partnerschaftsgesellschaft für gesellschaftlich Kontrolle, Information und Ortschaftsentwicklung (Társadalmi Ellenőrző, Információs és Településfejlesztési Társulás, TEIT) entstanden. Die Partnerschaftsgesellschaft führt einerseits Kontrolltätigkeiten durch, andererseits arbeitet sie eng mit dem Kraftwerk bei der Verbreitung von Informationen zusammen. Ihr Ziel ist nicht sich dem Kraftwerk zu widersetzen, sondern der Schutz der Interessen der Bevölkerung, das Aufrechterhalten eines ehrlichen Dialogs und der Zusammenarbeit, der Ausbau eines gegenseitigen Vertrauens. Die TEIT veröffentlicht periodische Ausgaben, zum Zwecke der Kontrolle hat sie eine gesellschaftliche Kommission gegründet.

Zwischen der MVM Paks Atomerőmű geschlossene AG und der Bevölkerung der Region existieren und funktionieren Kommunikationsmöglichkeiten, welche auf eine Vergangenheit von mehreren Jahrzehnten zurückblicken können. Breitgefächerte Informations- und Meinungsäußerungsmöglichkeiten sind die Grundlage und die vorantreibende Kraft des Vertrauensaufbaus, einer ruhigen Kooperation und des Schaffens eines Konsenses. Im Rahmen der Offenheitspolitik betreibt das Kraftwerk eine Besucherzentrale neben den Kraftwerk und in Kalocsa, welche die

wichtigsten Schauplätze des Aufeinandertreffens der Bevölkerung und der nuklearen Industrie sind, sie bieten für jeden ungarischen Staatsbürger, darunter auch der Bevölkerung der Umgebung die Möglichkeit sich täglich, persönlich informieren zu können. Das Kraftwerk steht in enger Beziehung mit den Vertretern der lokalen, regionalen und nationalen Presse, sie gibt ihnen regelmäßig, bzw. in Abhängigkeit der Lage Informationsunterlagen. Die MVM Paks Atomerőmű geschlossene AG hat eine eigene Betriebszeitung, welche genaue Informationen über die Ereignisse im Kraftwerk beinhaltet, über ihre Pläne und Entwicklungsbestrebungen. Die Zeitschrift gelangt in jeden Postkasten der Ortschaften in einem Kreis von 12 km (TEIT). Die Bewohner von Paks, Kalocsa, Gerjen und Uszód können sich täglich 24 Stunden über die im Zentrum der Ortschaften angebrachten Monitore über die aktuellen lokalen Strahlenwerte in einer allgemeinverständlichen, vergleichenden Darstellungsart und Weise informieren.

## **11 AKTUELLES UND ZU ERWARTENDES WETTER IN DER UMGEBUNG VON PAKS IN EINEM KREIS MIT EINEM RADIUS VON 30 KM**

### **11.1 KLIMABESCHREIBUNG DER UMGEBUNG VON PAKS IN EINEM KREIS MIT EINEM RADIUS VON 30 KM**

Die durchschnittliche jährliche Mitteltemperatur beträgt an der meteorologischen Station von Paks 10,7°C, was den landesweiten Durchschnitt übersteigt. Unter Betrachtung des jährlichen Verlaufs der Temperatur ist der wärmste Monat in der Region der Monat Juli, der kälteste der Januar. Anhand der Analyse der Temperatur kann man sehen, dass die Durchschnittstemperatur auf Jahresebene eine steigende Tendenz zeigt, und bei der Häufigkeitsanalyse der Sommertage, der Hitzetage und der heißen Tage kann beobachtet werden, dass die extremen Tage innerhalb eines Jahres immer häufiger vorkommen.

Unter Betrachtung der jährlichen Niederschlagsmengen ist in Paks seit 1951 das trockenste Jahr 1961 gewesen (285,9 mm), und das niederschlagsreichste das Jahr 2010 (990,9 mm), was auch den damaligen absoluten Höchstwert überstiegen hat. Unter Berücksichtigung der Durchschnittswerte von jeweils 10 Jahren kann festgestellt werden, dass insgesamt die vergangenen zehn Jahre die niederschlagsreichsten Jahre gewesen sind. Bezüglich der jährlichen Niederschlagsmenge gab es in der Region Paks einen etwas zunehmenden Trend, und bei der Untersuchung der extremen Werte zeigt sich, dass in diesen 30 Jahren mehrere Jahrhundertrekorde gebrochen worden sind. Anhand des jährlichen Verlaufs des Niederschlags kann festgestellt werden, dass der niederschlagsreichste Monat in der Umgebung von Paks der Monat Juni ist, und danach folgen die anderen zwei Sommermonate und der Mai, also es fällt im allgemeinen in der Sommerzeit der meiste Niederschlag. Außer dieses Zeitraumes kann man im November eine zweite Höchstphase beobachten. Der trockenste Monat ist der März, aber im Januar-Februar fällt meistens auch wenig Niederschlag.

In der Umgebung von Paks gibt es, wegen des bewölkten Himmels und der kurzen Tage, im Dezember die wenigsten Sonnenstunden, der durchschnittliche monatliche Wert der Sonnenstunden liegt dann bei nur 53 Stunden. Die Monate Mai-September sind die reichsten an Sonnenstunden, die durchschnittlichen Monatswerte liegen dann über 250 Stunden, und im Durchschnitt der vergangenen 30 Jahre ist von diesen Monaten der Juli am sonnigsten gewesen, danach folgt der August und der Juni. Der Sonnengehalt des sommerlichen Halbjahres ist annähernd zweieinhalb Mal so hoch, wie im Winterhalbjahr.

In der Umgebung von Paks beträgt der durchschnittliche jährliche Meeresspiegelluftdruck 1017,5 hPa, sein Jahresverlauf ähnelt dem landesweiten Verlauf, man kann die höchsten Werte im allgemeinen im Januar, und die niedrigsten im April messen. Der durchschnittliche Luftdruck des Sommerhalbjahres liegt tiefer, als der des Winterhalbjahres.

In der Umgebung von Paks ist die tatsächliche Verdunstung im Zeitraum von November-Februar die geringste, und zwischen Mai-August die höchste. Im Winter ist die potentielle Verdunstung am geringsten, diese entspricht zu der Zeit fast mit der tatsächlichen Verdunstung, doch vom Frühjahr bis zum Herbst übersteigt sie diese deutlich, da zu der Zeit nicht ausreichend Wasser zur Verfügung steht, welches verdunsten könnte. Die Region von Paks gilt aus Sicht des Niederschlags als eine trockene Region.

Die Temperatur der Erdoberfläche folgt direkt dem Wandel der Sonne, und somit verändern sich die Erwärmung und die Abkühlung der oberen Schicht der Erde täglich und jährlich parallel zu der Temperatur der Luft. Durch die Zunahme der Tiefe wird die Wirkung der Sonne immer schwächer, sowohl die täglichen Schwankungen, als auch die Schwankungen zwischen den Jahreszeiten werden geringer, und wenn eine bestimmte Tiefe erreicht wird bleibt die Temperatur stabil.

Windverhältnisse: Jährlich gesehen ist die häufigste Strömung in der Umgebung von Paks die nordwestliche und die Nord-nordwestliche, die zweithäufigste Richtung ist die südliche. Im Sommerhalbjahr dominiert die Nord-nordwestliche Richtung, danach folgt die nordwestliche, dann die nördliche, wodurch die südliche Richtung auf den vierten Platz kommt. Im Winterhalbjahr ist die dominierende Windrichtung die nordwestliche, aber den zweiten Platz besetzt hier die südliche Richtung, und die dritte ist die Nord-nordwestliche. Im Zeitraum von 1997-2010 ist ein abnehmender Trend bezüglich der Windgeschwindigkeit zu beobachten. In diesem Zeitraum ist der stärkste Windstoß von 24,8 m/s am 19. November 2004 registriert worden. Die Richtung der maximalen Windstöße ist meistens nordwestlich, danach folgen die südliche und die Nord-nordwestliche Richtungen. Bezüglich der Geschwindigkeit liegt die häufigste Geschwindigkeit der Windstöße zwischen 2-4 m/s, aber Geschwindigkeiten zwischen 1-2 m/s und zwischen 4-6 m/s kommen auch häufig vor. Geschwindigkeiten über 12 m/s kommen im Jahr seltener vor, und Werte über 17 m/s sind sehr selten.

Anhand der Daten der untersuchten 7 Jahre war auf der 20 Meter Ebene des Messturms in Paks die Nord-nordwestliche Windrichtung die herrschende Richtung, daneben ist der nördliche Wind am zweithäufigsten aufgetreten. Die südliche und die Süd-südöstliche Richtungen sind auch verhältnismäßig oft vorgekommen. In einer Höhe von 50 m ist auch die Nord-nordwestliche Richtung die häufigste gewesen, mit einer ähnlichen Reihenfolge wie bei der 20 m Höhe, aber auf 120 m zeigten sich schon Anzeichen des Wachstums der Eintrittshäufigkeit des nordwestlichen Winds. Hier ist auch der Nord-nordöstliche Wind vorherrschend gewesen, wonach der nordwestliche und der nördliche Wind kamen, und südlichen Winde sind im Vergleich zu den geringeren Höhen weniger bedeutsam gewesen. Während die Häufigkeit des 2-4 m/s Bereichs auf 20 m kaum höher liegt, als in dem sich darunter befindenden Bereich, liegt er auf 50 m eindeutig im Übergewicht, und auf 120 m kommt schon die Geschwindigkeit zwischen 4-6 m/s am häufigsten vor. In der untersuchten Zeit lag die maximale Durchschnittsgeschwindigkeit auf 20 m Höhe bei 12 m/s, auf 50 m bei fast 18 m/s, und bei 120 m gab es auch Werte über 2 m/s. Auf 20 m gab es keinen Windstoß über 25 m/s, auf 120 m gab es aber sogar 30 m/s übersteigende Windstöße-

## **11.2 KLIMAVERÄNDERUNG IM 21. JH. IN DER UMGEBUNG VON PAKS ANHAND VON KLIMAMODELLEN**

Nach dem Jahr 2010 ist oft gesagt worden, dass "das vergangene Jahr extrem niederschlagreich" gewesen ist, und die Erinnerungen an den folgenden Satz sind sogar vielleicht noch frischer: "der Sommer 2012 ist extrem heiß gewesen". Die Wandelbarkeit der einzelnen Jahre ist ein natürlicher Teil des Klimas, was auch ohne jegliche externe Zwänge besteht, daher kann das nicht auf das Konto der Klimaveränderung geschrieben werden. Bezüglich des Klimas werden die Werte, Trends und Veränderungen im Durchschnitt der lange Jahre lang gesammelter Werte untersucht.

Die wichtigste Ungewissheit der Klimamodellierung ist die aus den Modellen stammende Ungewissheit. Die Modelle lösen die Prozesse des Klimasystems steuernden Gleichungen mit Hilfe von numerischen Methoden. Im Laufe dieser numerischen Lösung werden die Zustandsadverbialen (Temperatur, Windgeschwindigkeit usw.) in den Punkten eines dreidimensionalen räumlichen Gitters betrachtet, und bestimmte Wechselwirkungen werden in vereinfachter Form, mit sog. Parametrisierungen beschrieben. Die in den einzelnen Instituten erarbeiteten Modelle weichen in vielerlei Hinsicht voneinander ab: für die Beschreibung des gleichen physischen Prozesses werden andere Herangehensweisen und Parametrisierungen verwendet, und sie nutzen Gitter mit unterschiedlichen Auflösungen. All diese Unterschiede zeigen ihre Wirkungen auch bei den Ergebnissen der Modelle.

Die anthropogene (menschlich verursachte) Tätigkeit hat bewiesener Maßen Auswirkungen auf die Klimaprozesse, daher muss diese auch in den Klimamodellen berücksichtigt werden. Die zukünftige Veränderung des menschlichen Verhaltens kann man nicht exakt im Voraus bestimmen: man weiß nicht in welchem Maß sich die Zahl der Menschheit erhöhen wird. Welche Energie- und Wirtschaftspolitik die einzelnen Länder betreiben werden, wie hoch der Stand der technologischen Entwicklung sein wird, also man weiß auch nicht, wie hoch die Schadstoffemissionen in der Zukunft sein werden. Deshalb sind mehrere Emissionenszenarien erarbeitet worden (Nakicenovic und Swart, 2000.), welche die Folgen des menschlichen Verhaltens in Form des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beziffern. Es gibt Szenarien, welche eine pessimistische Zukunft beschreiben (also man kann mit weiteren bedeutenden Ausstößen rechnen), und es gibt



optimistische und durchschnittliche Szenarien, welche eine sehr unterschiedliche Eintrittshäufigkeit der Treibhausgase annehmen. Die daraus resultierende Ungewissheit wird Szenario-Ungewissheit genannt.

Die Modelle werden zuerst bezüglich des Klimas der Vergangenheit getestet, und sie werden anhand dieser Ergebnisse weiterentwickelt. Danach erstellt man mit ihnen Simulationen bezüglich der Zukunft, wobei hier die Input-Parameter der durch das menschliche Verhalten verursachten Treibhausgas-Überschusses benutzt werden. Da die unterschiedlichen Modelle das Klima unterschiedlich beschreiben, müssen bei der Untersuchung der Klimaveränderung immer die Ergebnisse mehrerer Modelle betrachtet werden (sog. Ensemble Methode), weil so die Ungewissheit der Ergebnisse von Klimasimulationen beziffert werden können.

Die Ungewissheit der Szenarien erscheint ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts. Bei der Untersuchung der Klimaveränderung ist für das Beziffern der Ungewissheit wichtig mehrere, mindestens zwei Modelle zu verwenden, denn alle Modelle beschreiben das Klima der Zukunft auf eine, mit der gleichen Eintrittswahrscheinlichkeit vorstellbaren Art und Weise.

### 11.2.1 DIE ZUR VERFÜGUNG STEHENDEN MODELLE

Die Ergebnisse der globalen Modelle können für das Karpaten-Becken weniger angewendet werden, unter anderem wegen ihrer schwachen Auflösung. Daher müssen zur Bestimmung des Anteils der Ungewissheiten die globalen Informationen mit Hilfe regionaler Klimamodelle verfeinert werden. Im Rahmen von ENSEMBLES einem Projekt der Europäischen Union (van der Linden und Mitchell, 2009.) sind zahlreiche regionale Klimamodelle mit einer Gitterauflösung von 25 und 50 km durchgeführt worden, zu denen von den Szenarien das **durchschnittliche Szenario (A1B)** angewendet worden ist.

Bei Nationalem Meteorologischem Dienst (Országos Meteorológiai Szolgálatnál, OMSz) sind zur Untersuchung der Klimaveränderung in den vergangenen Jahren zwei regionale Modelle adaptiert worden:

- das vom *Météo France* aus Toulouse im internationaler Zusammenarbeit entwickelte **ALADIN-Climate**, und
- das vom Max Planck Institut aus Hamburg entwickelte **REMO** regionale Klimamodell.

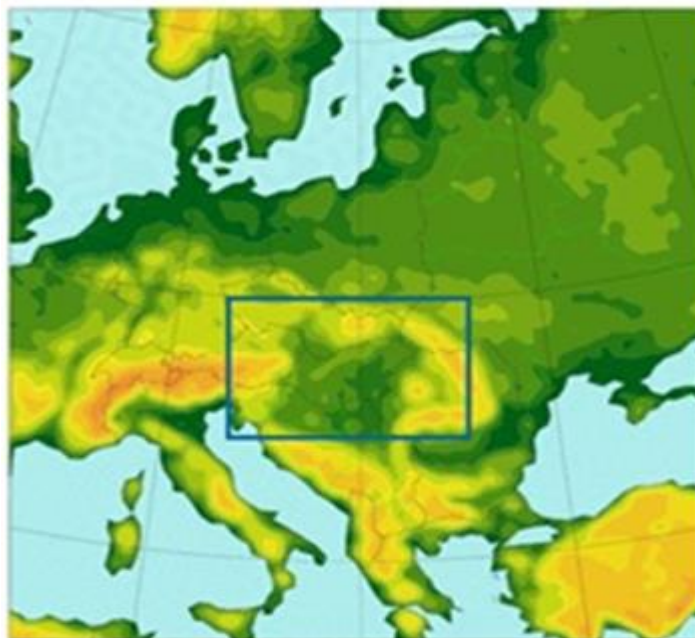


Abbildung 46: Das ALADIN-Climate Modell 25 (vollständiges Panell) und seine 10 km (blauer Rechteck) Bereiche

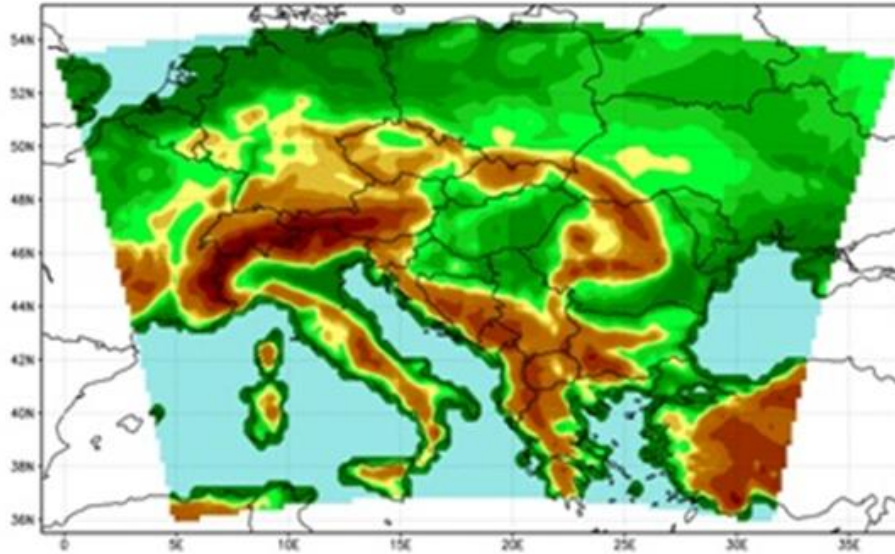


Abbildung 47: Das REMO Modell, mit 25 km Auflösung abgedeckte Bereiche

Mit den Modellen sind zuerst Simulationen bezogen auf die Vergangenheit durchgeführt worden, damit sie mit einem durch Messungen bekanntem, längerem Zeitraum aus der Vergangenheit getestet werden, und mit den so gewonnenen Schlussfolgerungen ihre Weiterentwicklung unterstützt wird.

Zeitraum	ALADIN-Climate 4.5		REMO 5.0	
	1961–2000	1961–2100	1961–2000	1951–2100
Auflösung	25 und 10 km	10 km	25 km	25 km
Rahmenbedingung	Re-Analysen	GCM	Re-Analysen	GCM

GCM: Global Climate Model – globales Klimamodell.

Tabelle 34: Merkmale der mit den ALADIN-Climate und REMO regionalen Klimamodellen durchgeführten Experimente

Die bei der OMSz verwendeten zwei regionalen Klimamodelle (ALADIN-Climate und REMO) skalieren die Ergebnisse der globalen Modelle auf einen Bereich mit feinerer Aufteilung, wozu die Input-Daten, die sog. Rahmenbedingungen im Fall von ALADIN-Climate das allgemeine globale Zirkulationsmodell (ARPEGE-Climate), und im Fall von REMO das globale angeschlossene Atmosphäre-Ozean Modell (ECHAM5/MPI-OM) geliefert hat.

Folgende Tabelle fasst die Simulationen zusammen.

Modell	Auflösung	Rahmenbedingung	Szenario	Zeitraum
ALADIN-Climate 5.2	50 km	ERA-Interim	-	1989–2008
	10 und 50 km	ARPEGE	RCP8.5	1951–2100
REMO 2009	10 km	ERA-Interim	-	1989–2008
	10 km	ECHAM	RCP8.5	1951–2100

Tabelle 35: Die mit den ALADIN-Climate und REMO Modellen geplante Experimente

Die Aktualisierung der Simulationen mit Feinauflösung befindet sich noch im Anfangsstadium.

## 11.2.2 AUFARBEITUNG DER ZUR VERFÜGUNG STEHENDEN MODELLE BEZÜGLICH DER DURCHSCHNITTLICHEN VERHÄLTNISSE IN DER 30 KM UMGEBUNG VON PAKS

Das ausgewählte Gebiet bedeutet aus dem Modell mit einer Auflösung von 10 km 7 x 7, aus dem Modell mit einer Auflösung von 25 km 4 x 3 Punkte.

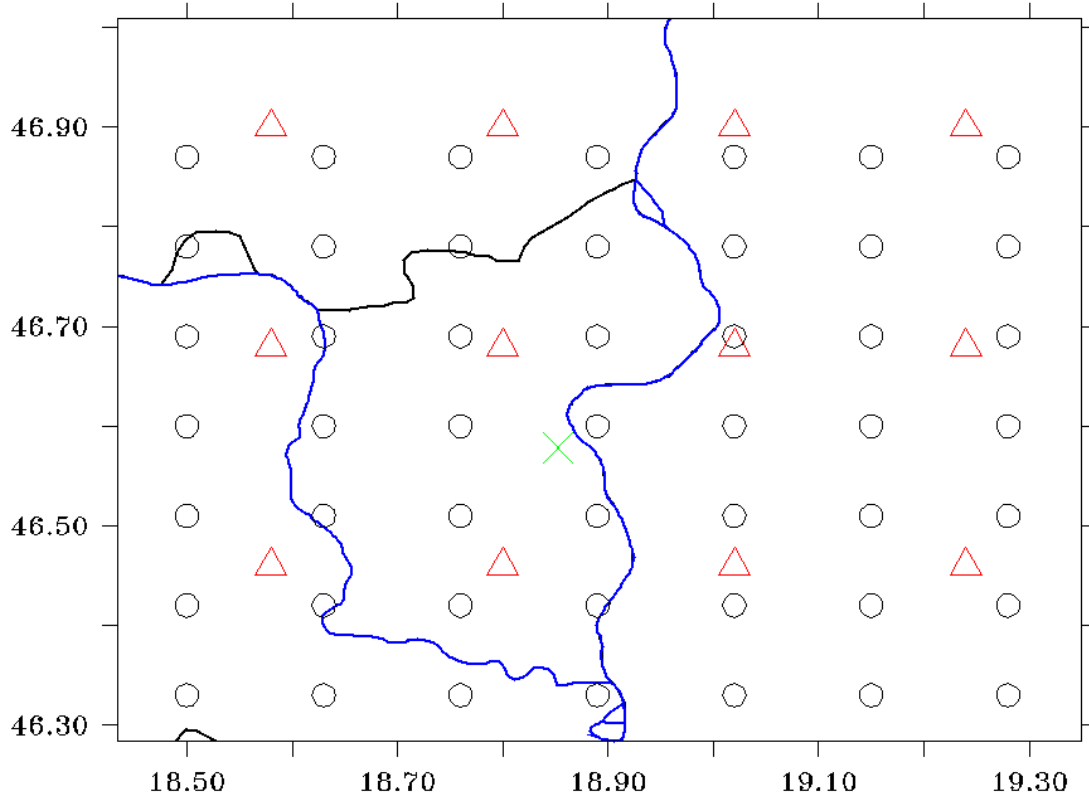
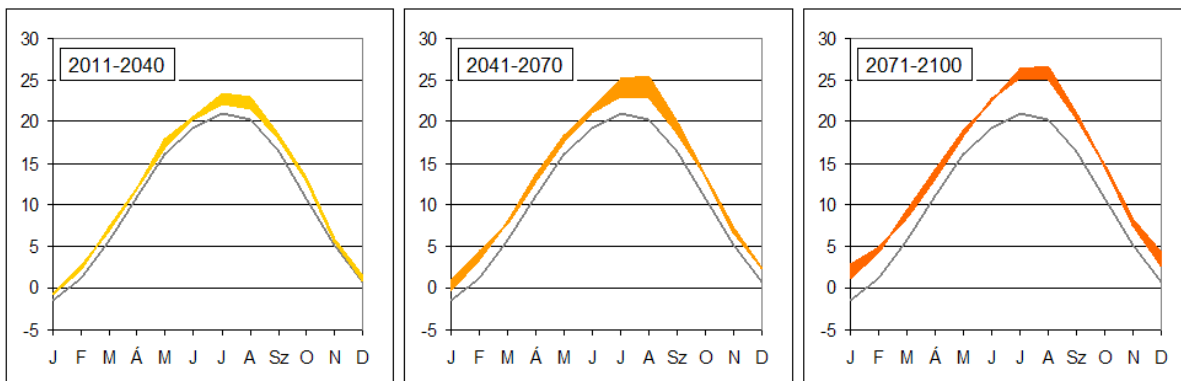


Abbildung 48: Gitterpunkte der ALADIN-Climate (schwarz) und REMO (rot) Modelle in der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks (grün)

Die ausgewählten Zeiträume in der Zukunft sind 2011–2040, 2041–2070 und 2071–2100 gewesen, da das Klima anhand der Empfehlung der Meteorologischen Weltorganisation nur auf einer längeren, mindestens 30 jährigen Skala zu deuten sind. Durch die Modelle werden die tatsächlichen Prozesse nur annähernd beschrieben, daher sind die Ergebnisse notgedrungen mit kleineren oder größeren Fehlern belastet. Zur Vermeidung der systematischen Fehlern werden die Ergebnisse nicht alleine, sondern im Vergleich zu dem eigenem Referenzzeitraum von 1961-1990 gedeutet - es werden also Veränderungen angegeben (wobei die Fehler des Modells nicht unbedingt stabil im Zeitverlauf sind).

In den Modellsimulationen werden neben den das natürliche Klima beeinflussenden Prozessen auch die Wirkungen des menschlichen Verhaltens berücksichtigt. Da der Verlauf dessen nicht im Voraus für das ganze 21. Jh. bekannt ist, werden unterschiedliche Hypothesen, sog. Szenarien aufgestellt, welche die unterschiedlichen zukünftigen Verlaufsmöglichkeiten der anthropogenen Handlungen darstellen. Die Folgen des menschlichen Handelns werden in Form der Kohlen-Dioxid Konzentration für die Modelle beziffert, also die einzelnen Szenarien beschreiben die unterschiedlichen (aber immer streng monoton ansteigenden) Entwicklungsverläufe der Kohlen-Dioxid Konzentration. Unter den Szenarien gibt es optimistische, pessimistische und differenziertere Versionen, die bei der OMSZ durchgeführten Modelluntersuchungen haben sich auf das **durchschnittliche Szenario (A1B)** gestützt. Während des Durchführungsprozesses ist in die bis 2000 dauernde Phase der Modellsimulationen der Wert der gemessenen Kohlen-Dioxid Konzentrationen eingetragen worden, darüber hinaus wird das erwähnte hypothetische Szenario als Grundlage genommen. Die meisten sich mit Klimamodellierung beschäftigenden Fachleute nehmen den Zeitraum von 1961-1990 als Grundlage, weil das Modell so entsprechend signifikante, große Veränderungsmerkmale bezüglich des 21. Jahrhunderts zeigen kann.

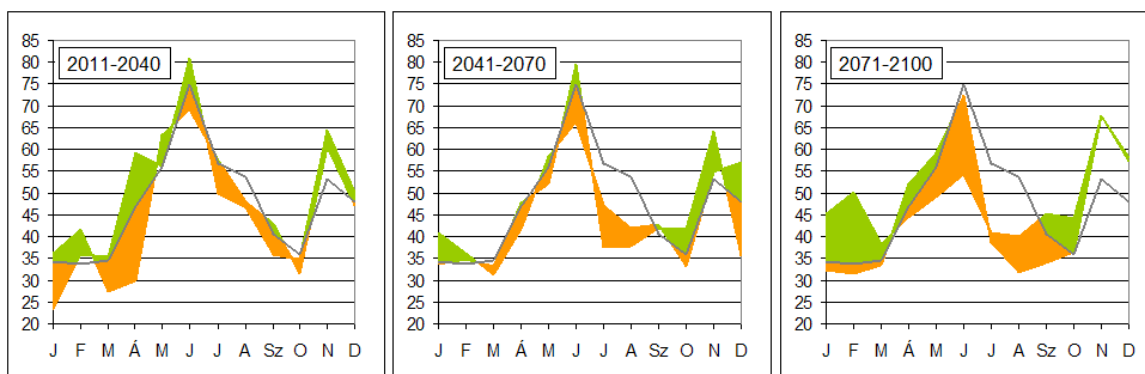
Im Laufe des 21. Jahrhunderts ist für die Umgebung für Paks anhand beider Modelle eine stufenartige Erwärmung auf jährlicher, monatlicher und Jahreszeitebene zu erwarten. Dies bedeutet, dass eine, je entfernte 30 jährige Phase betrachtet wird, umso höher die Erhöhung der monatlichen, jährlichen und der Jahreszeiten Durchschnittstemperatur sein wird. Die natürliche Wandelbarkeit zwischen den einzelnen Jahren bleibt aufrecht erhalten, so kann es auch in der Zukunft im Vergleich zum Durchschnitt kältere Monate oder Jahreszeiten geben.



Anmerkung:  
 Bei der Darstellung der Informationen bezüglich der Zukunft durch die Modelle ist die für den gegebenen Zeitraum angegebene Veränderung zu den Messungen bezüglich 1961-1990 addiert worden, und anhand der Ergebnisse der zwei Modelle ist der Bereich zwischen den erhaltenen zwei Jahresverläufen bunt markiert worden.

Abbildung 49: Jahresverlauf der monatlichen Durchschnittstemperaturen (°C) anhand der Beobachtungen von 1961–1990 (graue Linie), bzw. der anhand der beiden Modelle zu erwartende Jahresverlauf (°C); der durch ihnen eingegrenzte Unsicherheitsintervall ist mit bunten Streifen markiert) in der Region Paks

Bezüglich des Niederschlags kann man, im Gegensatz zu der Temperatur im Laufe des 21. Jahrhunderts nicht über eindeutige lineare Veränderungen sprechen, weder in den drei zukünftigen Zeitabschnitten, noch bei den Jahreszeiten, oder bezüglich beider Modelle. Die Modelle stimmen bezüglich einer geringen Veränderung des Niederschlags überein, es ist aber wichtig die Aufteilungen nach den Jahreszeiten zu beobachten, worin es große Abweichungen gibt. Nach den Modellen ist ein Rückgang im Sommer eindeutig, so wie ein Anstieg im Herbst, aber bezüglich des Frühlings und des Winters sind sich die Modelle ungewiss über die Richtung der Veränderungen. Die Veränderung ist laut der Modelle eindeutig: für jede Jahreszeit, so auch auf jährlicher Ebene, bezüglich aller drei untersuchter Zeitabschnitte in Raum Paks. Die größeren Veränderungen erscheinen dem Ende des Jahrhunderts näher kommend, und kommen meistens im sowieso eine geringere Atmosphärenfeuchtigkeit besitzendem Sommer und Herbst vor.



Anmerkung:  
 Bei der Darstellung der Informationen bezüglich der Zukunft durch die Modelle sind die Messungen bezüglich 1961-1990 mit dem für den gegebenen Zeitraum prognostiziertem (mit Vorzeichen) Maß des relativen Anstiegs erhöht worden, und anhand der Ergebnisse der zwei Modelle ist der Bereich zwischen dem erhaltenen zwei Jahresverläufen bunt markiert worden (der Anstieg mit grün, die Abnahme mit Gelb).

Abbildung 50: Jahresverlauf der monatlichen Niederschlagsmengen (°C) anhand der Beobachtungen von 1961–1990 (graue Linie), bzw. der anhand der beiden Modelle zu erwartende Jahresverlauf (°C); der durch ihnen eingegrenzte Unsicherheitsintervall ist mit bunten Streifen markiert) in der Region Paks

Bezüglich der Höhe der Windgeschwindigkeit prognostizieren die Modelle keine großen, oder sogar eindeutigen Veränderungen, besonders nicht auf jährlicher Ebene.

## **12 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNG DER GEPLANTEN ENTWICKLUNG UND DER UMWELTGEGEBENHEITEN AUF DIE WASSERTEMPERATUR DER DONAU, AUF DIE HOCHWASSERBETROFFENHEIT, AUF DIE SICHERHEIT DER KÜHLWASSERENTNAHME UND AUF DIE FLUSSBETTVERÄNDERUNG**

Ziel der im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung von Paks II durchgeführten Donau Modelluntersuchungen ist, die Untersuchung beim Vorfall, der als ungünstigsten betrachteter extremer und intensivster Umstände, die Untersuchung der Betroffenheit des Gebietes des Kernkraftwerks von Paks, wie auch der morphodynamischen Veränderungen der Donau im Folge unterschiedlicher hydrologischer Ereignisse, und die Untersuchung der charakteristischen Parameter des Wärmeschweifes des in die Donau zurückgeleiteten, aufgewärmten Kühlwassers.

Die Donau-Modellierungen haben Folgendes detailliert untersucht und analysiert:

- eindimensionale (1D) Modelluntersuchung der Auswirkungen extremer und künstlich geschaffener Umstände
  - bezüglich der Hochwasser-Betroffenheit des Standortes
  - bezüglich der Sicherheit der Kühlwasserentnahme
- zweidimensionale (2D) Modelluntersuchung der extremen Niedrig- und Großwasserereignisse
- Flussbett-Veränderungen, Morphodynamik
  - eindimensionale (1D) Modelluntersuchung der schwebenden und gewälzten Treibgutbewegung
  - zweidimensionale (2D) Modelluntersuchung der morphodynamischen Prozesse des Flussbettes der Donau
- Auswirkungen des in die Donau zurückgeführten aufgewärmten Kühlwassers - dreidimensionale (3D) Modelluntersuchung des Wärmeschweifes
- Vermischungsuntersuchung des Havariebetriebes der Kläranlage

### **12.1 AUSWIRKUNGEN DER ERRICHTUNG VON PAKS II AUF DIE DONAU**

Während der Errichtung von Paks II wird die Erweiterung der Mündungsstrecke des Kaltwasserkanals, und der zu errichtende Grundkörper des etwa 200 m über dem Einführungspunkt des vorhandenen Warmwasserkanals geplanten Rekuperationskraftwerks eine minimale beeinflussende Wirkung auf die Strömungsverhältnisse nahe des rechten Ufers der Donau haben.

Zur Untermauerung der oben aufgeführten Bewertung, werden im folgenden Kapitel die Auswirkungen auf die Veränderung der Geschwindigkeitsverteilung der Strömung vorgestellt, und zwar über die Darstellung der Ergebnisse der 2D hydrodynamischen Modelluntersuchung.

#### **12.1.1 AUSWIRKUNGEN DER ERRICHTUNG VON PAKS II AUF DAS STRÖMUNGSGEBIET DER DONAU UND AUF DIE PROZESSE DER FLUSSBETTVERÄNDERUNG**

Mit dem für den aktuellen Zustand kalibriertem 2D Strömungsmodell wird das tiefenintegrierte Strömungsfeld bestimmt, und zwar für das Wassergebiet um den Standort herum - für die jahrelangen durchschnittlichen Wasserführung (für 2 300 m<sup>3</sup>/s) - für den Fall des Kernkraftwerks von Paks und für den Zustand während des Baus. Anhand des Vergleichs beider Geschwindigkeitsfelder kann festgestellt werden, dass der Bau von Paks II kaum Veränderungen in den Strömungsverhältnissen der Donau (Geschwindigkeitsverteilung, Wasserpegel) haben wird. Deshalb muss man, im Fall



der Realisierung der geplanten Investition sowohl bezüglich der Veränderungen des Flussbettes, als auch bezüglich der Vermischung des abgeleiteten Warmwassers mit nicht nennenswerten Veränderungen rechnen.

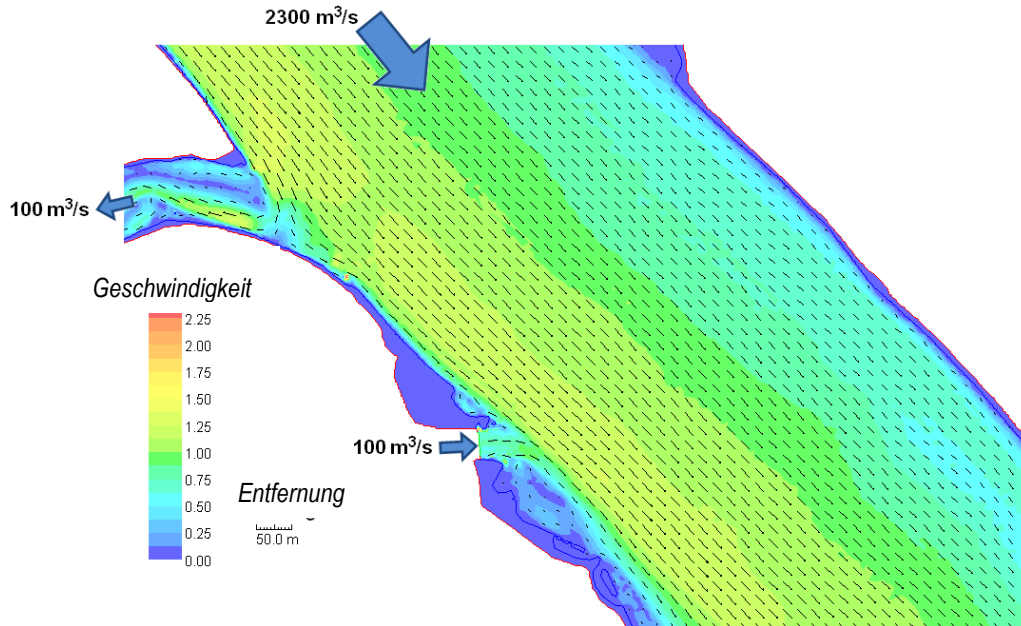


Abbildung 51: Berechnetes Geschwindigkeitsfeld in der Umgebung der Mündungen von Kalt- und Warmwasserkanälen, im Fall von mehrjähriger durchschnittlicher 2 300 m³/s Donau-Wasserführung und 100 m³/s Kühlwasserentnahme – Kernkraftwerk von Paks alleine

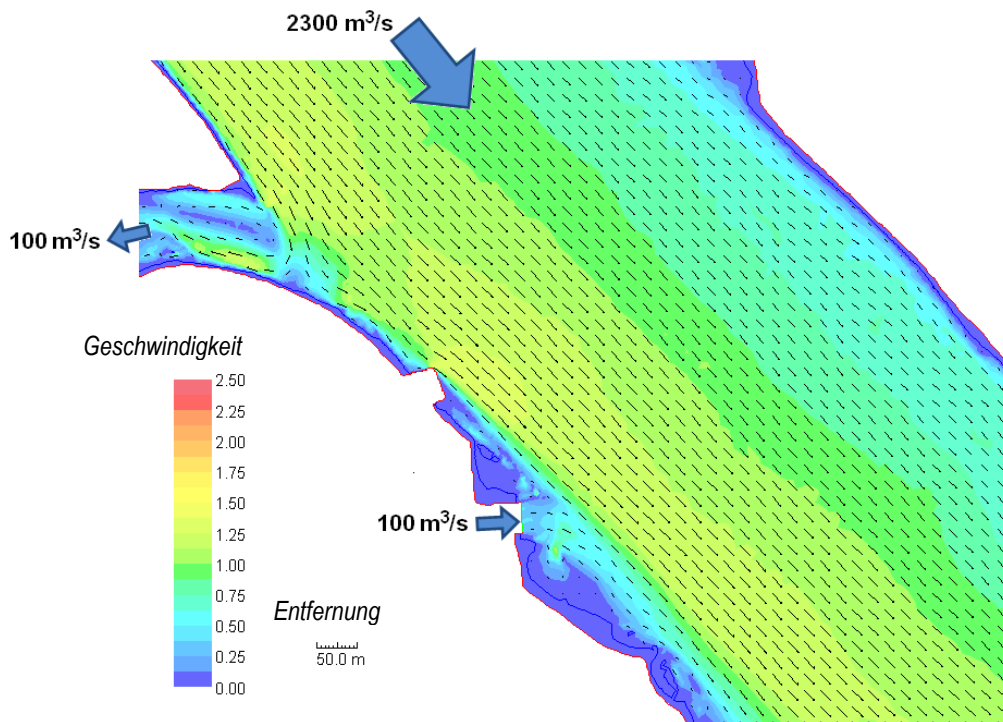


Abbildung 52: Berechnetes Geschwindigkeitsfeld in der Umgebung der Mündungen von Kalt- und Warmwasserkanälen, im Fall von mehrjähriger durchschnittlichen 2 300 m³/s Donau-Wasserführung und 100 m³/s Kühlwasserentnahme (Kernkraftwerk von Paks – Zustand während des Baus von Paks II)

## 12.1.2 EMISSION VON GEKLÄRTEM KOMMUNALEN ABWASSER IM ERRICHTUNGSZEITRAUM

Der maximale notwendige Trinkwasserbedarf entsteht im Zeitraum des bereits begonnenen Betriebs des ersten Blocks und der damit gleichzeitig laufenden Errichtungsarbeiten des zweiten Blocks. Dieser Höchstbedarf beträgt 646 m<sup>3</sup>/Tag, die entstehende höchste Abwassermenge beträgt 95 % dessen, also 614 m<sup>3</sup>/Tag.

Die Gesamtkapazität der sich auf dem Gebiet des Kraftwerks befindenden kommunalen Kläranlagenbauten beträgt 1 870 m<sup>3</sup>/Tag, von denen das 2012 renovierte Kläranlagen Bauwerk Nr. II mit einer Kapazität von 1 200 m<sup>3</sup>/Tag arbeitet, das andere Bauwerk wird derzeit als Reserve betrachtet. Da die durchschnittliche Menge des derzeit auf dem Gebiet des Kernkraftwerkes von Paks entstehendem kommunalen Abwasser ca. 300 m<sup>3</sup>/Tag beträgt (Betrieb des Kernkraftwerks von Paks), steht mit Sicherheit eine freie Klärkapazität von ~1570 m<sup>3</sup>/Tag zur Verfügung.

Unter Berücksichtigung der geplanten Entwicklung ist der maßgebende kommunale Abwasserertrag zu Gunsten der Sicherheit 1000 m<sup>3</sup>/Tag (300 + 614 = 914 m<sup>3</sup>/Tag), was die Kapazität (1200 m<sup>3</sup>/Tag) des 2012 renovierten Klärwerks Nr. II alleine abdecken kann.

Die 10/2010. (VIII. 18.) VM Verordnung (Anlage 2: Grenzwerte der Wasserqualität für Wasserläufe) über die "Regeln der Grenzwerte der Wasserverschmutzung von Oberflächengewässern und ihrer Anwendung" hält die Bewertungsgrenzwerte des aufnehmenden Wassers fest.

Die Gruppierung der Wasserkörpertypen anhand ihres ökologischen Zustandes beinhaltet der mit den Prinzipien der 31/2004. (XII. 30.) Verordnung des Ministeriums für Umweltschutz und Gewässerwesen im Einklang ausgearbeitete Nationaler Flussgebiet-Wirtschaftsplan (Országos Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv, VGT), welcher mit der Wasserrichtlinie (Víz Keretirányelv, VKI) über die "Einzelnen Regeln der Beobachtung und der Zustandsbewertung von Oberflächengewässern" harmonisiert ist („Hintergrundmaterial zu Kapitel fünf des VGT, Zum guten Zustand von Oberflächen-Wasserkörpern gehörende physisch-chemische Komponenten und Bewertungssystem"). Dies bestimmt bezüglich der physischen-chemischen Komponenten ein Bewertungssystem mit fünf Klassen (5. Klasse: ausgezeichnet, 4. Klasse: gut, 3. Klasse: mäßig, 2. Klasse: schwach, 1. Klasse: schlecht).

Der maßgebende Abwasserertrag ist - sowohl in der Errichtungsphase, als auch während des Betriebs - geringer, als die Kapazität der Kläranlage (1870 m<sup>3</sup>/Tag). Da der Abwasserertrag in der Errichtungsphase maßgebend ist, ist die Vermischungsuntersuchung für einen Abwasserertrag von 1000 m<sup>3</sup>/Tag durchgeführt worden, mit einem 2D Transportmodell, für die folgend aufgelisteten Fälle:

### 1.) Vermischungsuntersuchung des Normalbetriebs der Kläranlage

- *Direkte Aufnahme auf der 0+050 fkm Strecke auf der rechten Seite des Warmwasserkanals (maßgebend: Betrieb mit 3 Blöcken, Wasserführung des Kanals 75 m<sup>3</sup>/s),*
- *Indirekte Aufnahme: 1526+250 fkm Streckenabschnitt der Donau auf der rechten Uferseite,*
- *Geklärt Abwasserertrag: 1000 m<sup>3</sup>/Tag,*
- *Konzentrationen der gereinigten Schadstoffe: Grenzwert entsprechend der Wasserrecht-Betriebsgenehmigung der Anlage (Beschluss Nr. 917-20/2009-9992 der Süd-Transdanubische Aufsicht für Umweltschutz, Naturschutz und Gewässerwesen).*

1.1) im Fall von extremer Niedrigwasserführung der Donau (Q = 579 m<sup>3</sup>/s),

1.2.) im Fall des jahrelangen Durchschnitts der Wasserführung der Donau (Q = 2300 m<sup>3</sup>/s).

### 2.) Vermischungsuntersuchung des Havariebetriebes der Kläranlage

- *Direkte Aufnahme: 1525+810 fkm Streckenabschnitt der Donau auf der rechten Uferseite,*
- *Nicht gereinigter Abwasserertrag: 1000 m<sup>3</sup>/Tag,*
- *Konzentrationen der nicht gereinigten Schadstoffe: Konzentrationen der bei der Anlage ankommenden rohen Abwasserkonzentrationen.*

2.1) im Fall von extremer Niedrigwasserführung der Donau (Q = 579 m<sup>3</sup>/s),

2.2.) im Fall des jahrelangen Durchschnitts der Wasserführung der Donau (Q = 2300 m<sup>3</sup>/s).



Während der Vermischungsuntersuchung muss man die Belastbarkeit des aufnehmenden Wasserkörpers berücksichtigen, worüber die territoriale Erstreckung der Fälle des Klassengrenzwechsels, als Auswirkungsgebiet Bewertungsinformationen geben.

### **12.1.2.1 Zusammenfassung der Auswirkungen der Abwassereinführung auf den Wasserkörper der Donau**

Als Ergebnis der Vermischungsuntersuchung kann festgesetzt werden, dass im Fall des Normalbetriebs der Kläranlage, im Vergleich zu den physischen-chemischen Grenzwerten der Wasserqualität der 10/2010. (VIII. 18.) VM Verordnung (Anlage 2: Grenzwerte der Wasserqualität für Wasserläufe) über die "Regeln der Grenzwerte der Wasserverschmutzung von Oberflächengewässern und ihrer Anwendung" (zum Beschluss VGT VKI Klasse 2, also der Wasserqualitätsklasse "gut") der Anstieg der Konzentrationserhöhung um eine Größenordnung kleiner ist, so praktisch im Wasserbereich der Donau nirgendwo eine Verschlechterung der Wasserqualitätsklasse des Donau-Wasserkörpers verursacht wird, auch nicht im Fall einer extrem niedriger Wasserführung der Donau (alle 20 000 Jahre einmal wiederkehrend,  $Q = 579 \text{ m}^3/\text{s}$ ). bezüglich der Metalle ist die Wirkung noch unbedeutender. Der Auswirkungsbereich bei Normalbetrieb ist unter dem Einführungspunkt des Warmwasserkanals auf eine Spur  $\sim 20 \text{ m}$  in der Flussrichtung und  $\sim 4 \text{ m}$  in der Querrichtung begrenzt. Die Folgen für den Wasserkörper der Donau sind minimal. Der Warmwasserkanal ist verkleidet, daher muss man mit keinen direkten Auswirkungen auf die unterirdischen Gewässer rechnen. Die Auswirkungen der Abwassereinführung über den Wasserkörper der Donau auf die Wasserqualität der direkt unterirdischen Wasserqualität vernachlässigbar.

Bei einer Havariebelastung (direkte Einführung in die Donau, mit Umgehung des Warmwasserkanals), wenn mit der ungeklärten Abwasserbelastung des Abschnitts 1525+810 fkm der Donau am rechten Ufer gerechnet wird, ist das Ausmaß des Anstiegs der physisch-chemischen Komponenten der Wasserqualität so hoch, dass dies in bestimmten Bereichen der Donau mit einem Wechsel der Klassengrenze der Wasserqualität verbunden sein kann (geringfügige Verschlechterung der Wasserqualität), und zwar in Flussrichtung des Auswirkungsgebietes auf einer Länge von  $\sim 200 \text{ m}$ , und in Querrichtung von  $\sim 10 \text{ m}$  in der Spur des rechten Ufers der Donau, bei extremen Niedrigwasser der Donau. Bei einer durchschnittlichen Wasserführung der Donau verringert sich das Auswirkungsgebiet auf mehr als die Hälfte -  $\sim 80 \text{ m}$  in Flussrichtung und  $\sim 4 \text{ m}$  in der Querrichtung. Die eventuell vorkommenden Havarieereignisse sind zeitweilig, durch die Wiederherstellung des Betriebs der Kläranlage kommen wieder die Wirkungen der normalen Betriebsbedingungen zur Geltung, also der Auswirkungsbereich beschränkt sich auf die untere 50 m Strecke des Warmwasserkanals, in Querrichtung  $\sim 8 \text{ m}$  beim rechten Ufer, es gibt praktisch keine Auswirkungen auf die Donau.

### **12.1.2.2 Zusammenfassung der Auswirkungen der Abwassereinführung auf die Trinkwasserbasen**

Am nächstem zum Einführungspunkt bei Normalbetrieb (Donau 1526+205 fkm rechtes Ufer), etwa 3450 m entfernt liegt die hydrogeologische Schutzzone (Schutzgebilde) der Wasserbasis von Foktő-Baráka mit einer Erreichbarkeitszeit von 50 Jahren, was den Abschnitt 1522,8 fkm der Donau betrifft. Auf den Schutzzonen der derzeit und in der Zukunft betriebenen Trinkwasserbasen mit Wasserfiltration am Ufer und einer Erreichbarkeitsdauer von 50 Jahren, beträgt anhand der gemeinsamen Verordnung der 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM Ministerien über "Die Messung der für den Schutz gegenüber der Verschmutzung des geologischen Gesteins und der unterirdischen Gewässer notwendigen Grenzwerte und Verschmutzungen" der „B“ Verschmutzungsgrenzwert  $25 \text{ mg/l}$  Nitrat (=  $5,65 \text{ mg/l}$  Nitrat-N) Konzentration, und  $0,5 \text{ mg/l}$  Ammonium (=  $0,39 \text{ Ammonium-N}$ ) Konzentration. Anhand der Berechnungen sind in Folge der maßgebenden Wasseremissionen im Normalbetrieb während der Bauarbeiten entstehenden Konzentrationsanstiegs im Wasserkörper der Donau keine messbaren Folgen bei den betroffenen Trinkwasserbasen zu erwarten.

Bei einer Havariebelastung, wenn mit der Umgehung des Warmwasserkanals, mit der ungeklärten Abwasserbelastung des Abschnitts 1525+810 fkm der Donau am rechten Ufer gerechnet wird, können die Folgen zwar gemessen werden (im Falle der empfindlichsten Komponente, des Ammoniums, beträgt das Maximum des Konzentrationsanstiegs  $0,04 \text{ mg/l}$  bei extrem geringer, und bei durchschnittlicher Wasserführung der Donau  $0,02 \text{ mg/l}$ ), aber in der sich 3010 m unter dem Einführungspunkt befindenden Schutzzone des Foktő-Baráka, mit einer Erreichbarkeitsdauer von 50 Jahren Wasserwerkes erhöht das nicht die Hintergrundkonzentration des Ammoniums (und Nitrates) der Donau über die Grenzwerte für Schutz der Wasserqualität von unterirdischen Gewässern. Die Schweif-Wirkung der Verschmutzung verschwindet wegen der Verflachung des Schweif in Querrichtung innerhalb von  $\sim 20 \text{ Metern}$ . Die eventuell vorkommenden Havarieereignisse sind zeitlich begrenzt, ihre Auswirkungen werden mit der Wiederherstellung des

Betriebs der Kläranlage beendet, wodurch der Auswirkungskreis des Normalbetriebs und seine geringe konzentrationserhöhende Wirkung widerhergestellt wird.

### 12.1.2.3 Monitoring der Wasser- und Abwasserqualität

Die ständige Verfolgung des Abwasserausstoßes der vorhandenen Kläranlage des Kraftwerks wird auch während der Errichtung, als auch während des Betriebs der Anlagen des geplanten Standorts wichtig sein, also die Kontrolle der in der Wasserrecht-Betriebsgenehmigung und den zutreffenden geltenden gesetzlichen Vorschriften bestimmter Wasserqualitätsparameter bezüglich des geklärten Abwassers, und die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte, also ihre ständige Monitoring-Untersuchung im Einklang mit dem anhand des VKI ausgearbeiteten Wasser-Wirtschaftsplans.

## 12.2 AUSWIRKUNGEN DES BETRIEBS VON PAKS II AUF DIE DONAU

### 12.2.1 MAßGEBENDE BETRIEBZUSTÄNDE

Die Modellierungen sind für die maßgebenden Betriebszustände der vorhandenen und der geplanten neuen Blöcke anhand Folgender durchgeführt worden.

*Betrieb des Kernkraftwerks von Paks (2014-2025)*

Entnahme von Kühlwasser über den vorhandenen Kaltwasserkanal, und Rückführung des Warmwassers über den vorhandenen Warmwasserkanal,  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

*Gemeinsamer Betrieb des Kernkraftwerks von Paks und von Paks II (2030-2032)*

Kaltwasserentnahme und Warmwasserrückführung in die Donau über die Mündung der Donau, einerseits über den vorhandenen Warmwasserkanal, über das energiebrechende Bauwerk mit höchstens  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  Warmwasserführung, andererseits über das, 200 m darüber geplante Rekuperationsbauwerk mit höchstens  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  Warmwasserführung,  $Q = 132+100 = 232 \text{ m}^3/\text{s}$ .

*Alleiniger Betrieb von Paks II (2037-2085)*

Kaltwasserentnahme und Warmwasserrückführung,  $Q = 132 \text{ m}^3/\text{s}$

### 12.2.2 BESCHREIBUNG DER ZU ERWARTENDEN VERÄNDERUNGEN ANHAND DER ANALYSE DES STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEITSFELDES DER DONAU

Die größte Kaltwasserentnahme und Warmwasserrückführung ist zwischen 2030 und 232 zu erwarten, mit einer Wasserführung von  $232 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $100 \text{ m}^3/\text{s}$  von den vorhandenen 4 Blöcken und  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  von den 2 neuen Blöcken).

Die neuen Wasserentnahmeanlage wird im zu erweiterndem Kaltwasserkanal untergebracht, so hat dies keine direkte Folgen auf den Strömungsbereich und das Flussbett der Donau, sondern hat nur geringfügige indirekte Folgen wegen dem Betrieb der Pumpen des Wasserentnahmewerks und des darauf führenden Kaltwasserkanals (Verschlammung, Rösche). Diese indirekten Folgen sind ähnlich wie die Folgen des derzeit betriebenen Kraftwerks, nur periodisch, und ihr Erstreckungsgebiet ist unbedeutend.

Das Warmwasser der vorhandenen vier Blöcke wird vom vorhandenen Warmwasserkanal über das vorhandene energiebrechende Bauwerk in die Donau (1526+250 fkm, rechtes Ufer) geleitet.

Zur Ableitung des Warmwassers der zwei neuen Blöcke wird eine neue Strecke des Warmwasserkanals gebaut, bei deren Donaumündung (Donau 1526+450 fkm) ein Rekuperationskraftwerk errichtet wird. Die geplante Art der Mündung des Warmwasserkanals betrifft die Strömungsverhältnisse und die lokalen Flussbettveränderungen der Donau direkt.

Die Wirkungen zeigen sich in lokalen strömungsverändernden Auswirkungen:

Die neue Richtung der Warmwassereinführung des Oberwassers verursacht direkt unter der Mündung des Kaltwasserkanals einen Rückstau, weil sie die mit dem Ufer fast parallele Strömung im Uferbereich der Donau bricht. Zwischen dem Kaltwasserkanal und der neuen Warmwassereinführung entstehen große Strudel im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn, mit einer fast vertikalen Achse, welche sich dynamisch drehen, und teilweise Strudelablösungen in der ufernahen rechten Spur der Donau verursachen. Unter der Warmwassereinführung entsteht ein großer Strudel, welcher den Warmwasserschweif in Richtung der Mittellinie der Donau schiebt. Dies verhält sich auch dynamisch, manchmal lösen sich Strudel ab und gleiten mit der Strömung der Donau in der Umgebung des rechten Ufers, bzw. in Richtung der Mittellinie der Donau.

Im Inneren der entstehenden großen Strudel ist die Strömung stillstehend, was die Absetzung des gleitenden Treibgutes, und die Aufschlammung des toten Winkels verursachen kann.

Im Gebiet der Veränderung der Strömungsrichtung kann eine geringfügige Veränderung der Strömungslinie erwartet werden, die Strömungslinie verschiebt sich aus der Nähe des rechten Ufers in Richtung der Mittellinie der Donau.

Die oben aufgeführten strömungsverändernde Wirkungen sind bei Niedrig- und Mittelwasser der Donau stärker, sie erscheinen markanter, während bei hohem Wasserstand der Donau die Wirkungen geringfügiger sind, und die Hauptströmung der Donau dominiert.

#### **12.2.2.1 2D Modelluntersuchung des extremen Niedrigwassers und Hochwassers der Donau**

Die Niedrigwasser und Hochwasser Modelluntersuchungen der Abfließens im Flussbett der Donau sind mit dem Delft3D-Flow hydrodynamischen Modell durchgeführt worden, unter den extremen - alle 20 000 Jahre wiederkehrenden - Niedrigwasser und Hochwasser Strömungsverhältnissen, für die 1500-1530 fkm Strecke des Flussbettes der Donau, in den maßgebenden Betriebszuständen der geplanten Entwicklung.

Die untersuchte Strecke der Donau beinhaltet die Oberwasser- und Unterwasserstrecken des vorhandenen und des geplanten Kraftwerkstandortes.

#### ***ERGEBNISSE DER 2D STRÖMUNGSUNTERSUCHUNGEN DER EXTREMEN HOCHWASSERFÄLLE DER DONAU***

##### *Betrieb des Kernkraftwerks von Paks*

Mit extremer, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden, permanenter Großwasserführung der Donau,  $Q_{\text{Duna}}=14\,799\text{ m}^3/\text{s}$  und einer maximalen Kühlwasserentnahme von  $100\text{ m}^3/\text{s}$ , mit einer Rückführung über das energiebrechende Bauwerk.

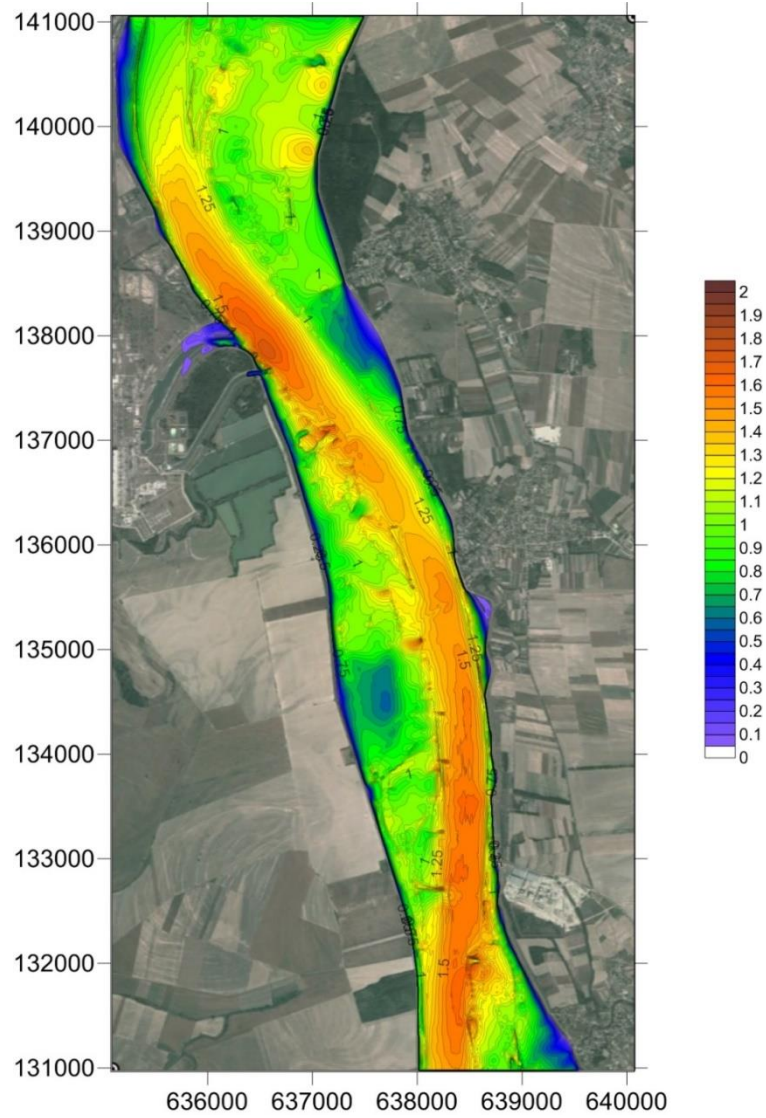


Abbildung 53: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donaustrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] – Kernkraftwerk von Paks, extremes Hochwasser ( $Q_{20\,000\text{Jahr}} = 14\,799\text{ m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme  $100\text{ m}^3/\text{s}$ ) – Kernkraftwerk von Paks alleine – mit EOV Koordinaten

### Gemeinsamer Betrieb des Kernkraftwerks von Paks und Paks II

Mit extremer, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden, permanenter Hochwasserführung der Donau,  $Q_{\text{Duna}}=14\,799\text{ m}^3/\text{s}$  und einer maximalen Kühlwasserentnahme von  $232\text{ m}^3/\text{s}$ . Die Rückführung des Wassers über das sich am Ende des vorhandenen Warmwasserkanals befindende energiebrechende Bauwerk, mit einer maximalen Warmwasserführung von  $100\text{ m}^3/\text{s}$ , und 200 m darüber, über das geplante Rekuperationsbauwerk mit einer maximalen Warmwasserführung von  $132\text{ m}^3/\text{s}$ .

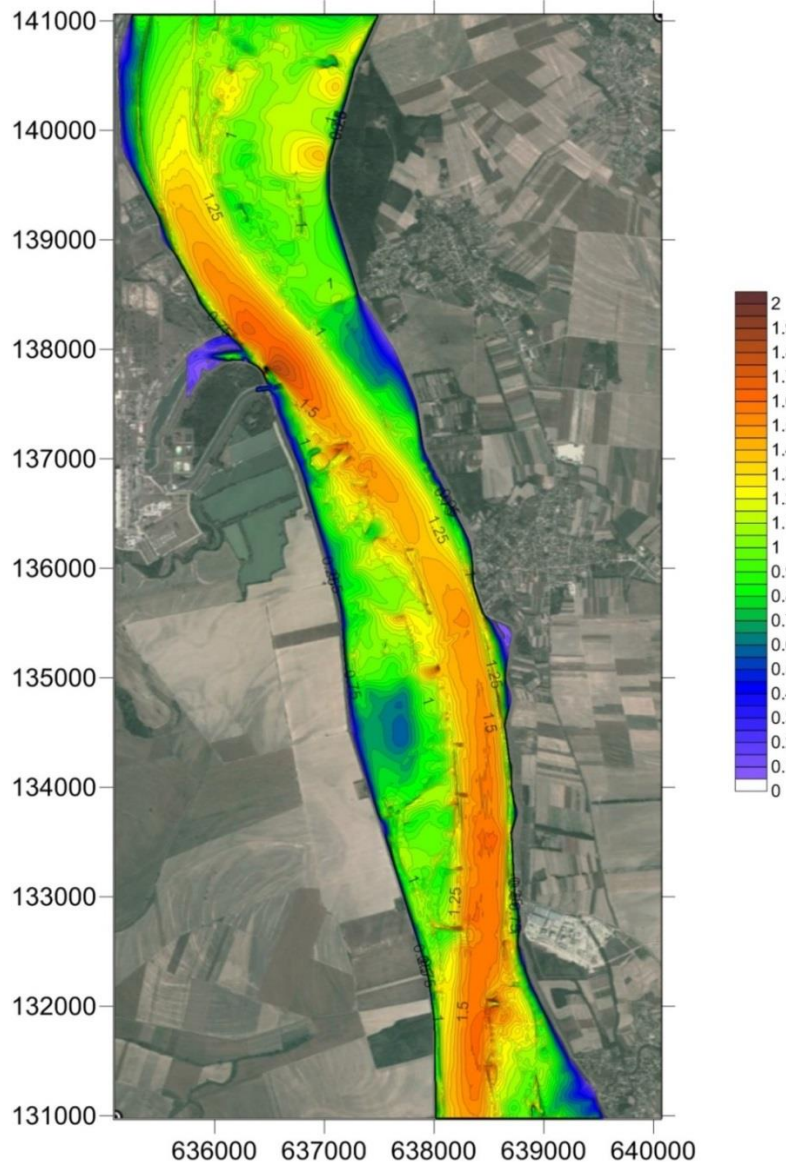


Abbildung 54: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donaustrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] – maßgebender Normalbetrieb, extremes Hochwasser ( $Q_{20\,000\text{Jahr}} = 14\,799\text{ m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme  $232\text{ m}^3/\text{s}$ ) – Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen – mit EOV Koordinaten

### Hochwasserereignisse

Bei der Untersuchung der Hochwasserereignisse ist die obere (Wasserführung) Rahmenbedingung (Donau 1530 fkm) die alle 20 000 Jahre vorkommende Flutwelle der Donau mit einer Volumenströmung von  $Q=14\,799\text{ m}^3/\text{s}$  (wenn die Flutwelle kulminiert). Der untere Wasserstand, als Rahmenbedingung (Donau 1500 fkm) liegt während der Berechnungen bei 81.55 mBf.



Während der Berechnungen ist zu Gunsten der Sicherheit angenommen worden, dass die derzeitigen Hochwasserdämme in der Zukunft weiterentwickelt werden, bzw., dass mit Hilfe des Hochwasserschutzes die Abfließende Flutwelle innerhalb der Hochwasserdämme gehalten werden kann.

Anhand der Modellberechnungen wird der höchste Pegel der Donau in der Umgebung des vorhandenen und des geplanten Standortes während eines extremen Hochwassers (alle 20 000 Jahre wiederkehrende Wasserführung) unter den ungünstigsten Bedingungen bei 96,90 mBf liegen. Wenn der Hochwasserdamm am rechten Ufer der Donau bei diesem Wasserpegel durchbrechen sollte, oder eine der Schutzdämme des Kaltwasserkanals oder des Warmwasserkanals verletzt werden sollte, dann könnte das auf der folgenden Abbildung dargestellte Überschwemmungsszenario erfolgen.

Wie man sieht wird auch dadurch das vorhandene, oder das geplante Betriebsgelände nicht mit einer statischen Überschwemmung direkt gefährdet, deren Höhe bei 97,00 mBf liegt, aber wenn die Wellenbewegungen aus irgendeinem Grund intensiv werden sollten, dann kann dies einen Notfall generieren, wenn dies auf der Oberfläche, oder über die Tunnel der öffentlichen Versorger verletzliche Objekte betreffen kann. Deshalb ist es empfehlenswert die verletzlichen Objekte in der Nähe der Oberfläche mit aktivem Schutz (Parapet-Wand usw.) zu versehen, und im Falle der geplanten Entwicklung diese auszubauen.



Abbildung 55: Statisches Überflutungsbild der Donau bei 96,90 mBf

Der oben aufgeführte extreme Fall gilt als Havarie, denn die Entwicklung der Dämme auf den rechten und linken Ufern des betroffenen Abschnittes der Donau durch Erhöhung des Kronenniveaus ist auch langfristig nicht zu erwarten, denn die maßgebenden (bis 1%, also alle 100 Jahre vorkommend) Hochwasserpegel befinden sich unter dem Ausbauniveau der Dammkronen.

Bei den eindimensionalen Havarie Hochwasser Modelluntersuchungen ist zu sehen, dass bei einer aus Richtung Bratislava kommenden, maximalen - zwischen den Dämmen bleibenden - extremen Flutwelle, unter Berücksichtigung der Möglichkeit der Folgen von Erdbeben, dem Einbrechen des Ufers der maximale Pegel der Donau in der Umgebung des Standortes unter 96,30 mBf bleibt. Daher könnte in der Umgebung des Standortes eventuell (in Folge der Beschädigung der Hochwasser Schutzdämme) nur eine Überschwemmung mit einem Wasserpegel von 96,30 mBf entstehen, was auf der folgenden Abbildung gezeigt wird.



Abbildung 56: Statisches Überflutungsbild der Donau bei 96,30 mBf

### **ERGEBNISSE DER 2D STRÖMUNGSUNTERSUCHUNGEN DER EXTREMEN NIEDRIGWASSERFÄLLE DER DONAU**

Bei der Untersuchung der extremen Niedrigwasserereignisse ist die obere (Wasserführung) Rahmenbedingung (Donau 1530 fkm) der alle 20 000 Jahre vorkommenden, maßgebenden Wasserführung der Donau von  $Q=579 \text{ m}^3/\text{s}$  Strömungsvolumen (in permanenter Lage).

#### *Betrieb des Kernkraftwerks von Paks*

Mit extremer, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden, permanenter Niedrigwasserführung der Donau,  $Q_{\text{Duna}}=579 \text{ m}^3/\text{s}$  und einer maximalen Kühlwasserentnahme von  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , mit einer Rückführung über das energiebrechende Bauwerk.



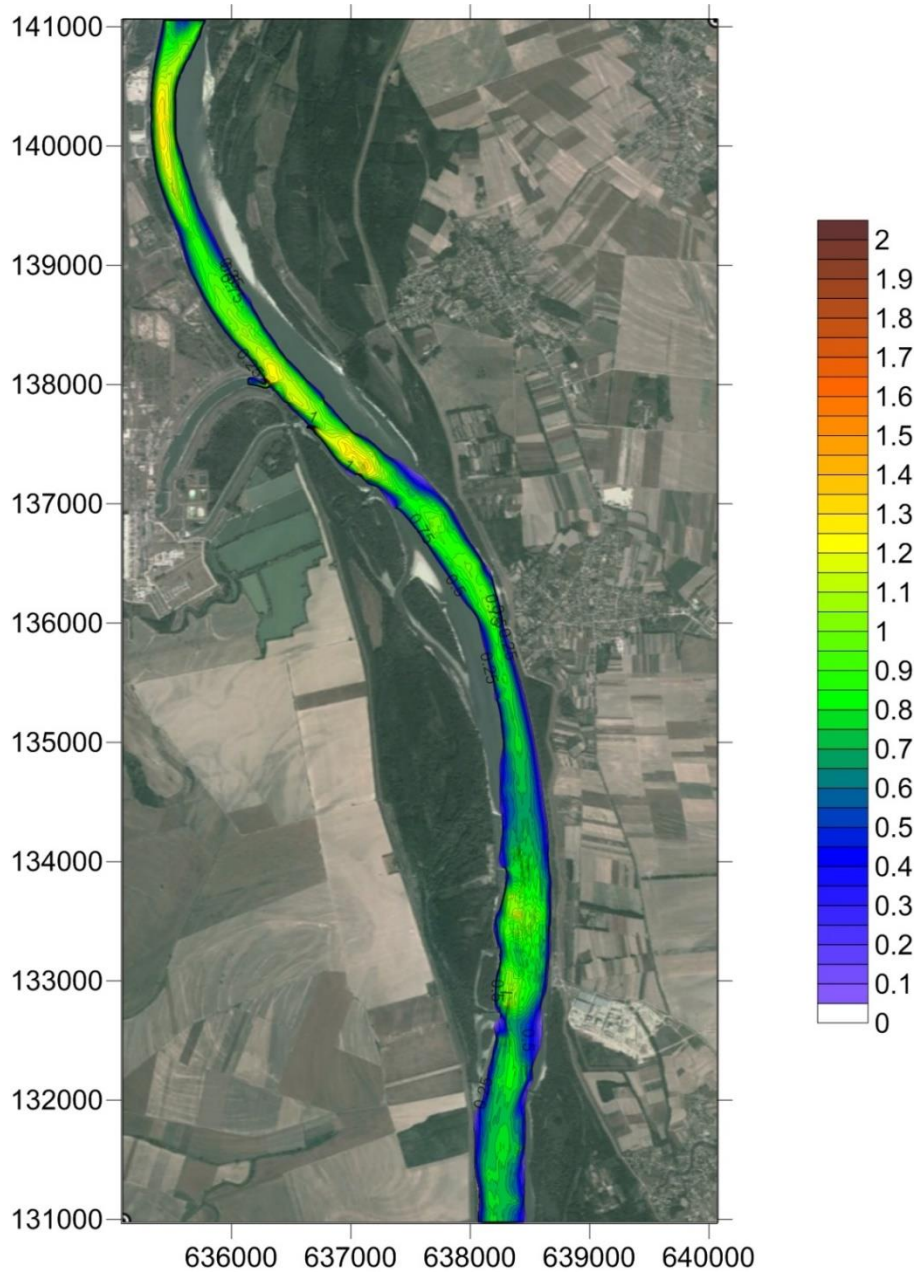


Abbildung 57: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donaustrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] – Kernkraftwerk von Paks alleine, extremes Niedrigwasser ( $Q_{20\ 000\text{Jahr}} = 579\ \text{m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme  $100\ \text{m}^3/\text{s}$ ) – mit EOV Koordinaten

Gemeinsamer Betrieb des Kernkraftwerks von Paks und Paks II

Mit extremer, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden, permanenter Niedrigwasserführung der Donau,  $Q_{\text{Donau}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$  und einer maximalen Kühlwasserentnahme von  $232 \text{ m}^3/\text{s}$  (über die geplante Erweiterung des vorhandenen Kaltwasserkanals zu realisierende Donaumündung). Die Rückführung des Wassers erfolgt einerseits über den vorhandenen Warmwasserkanal, über das energiebrechende Bauwerk mit einer maximalen Warmwasserführung von  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , und 200 m darüber, über das geplante Rekuperationsbauwerk, mit einer Einführung am rechten Ufer, mit einer maximalen Warmwasserführung von  $132 \text{ m}^3/\text{s}$ .

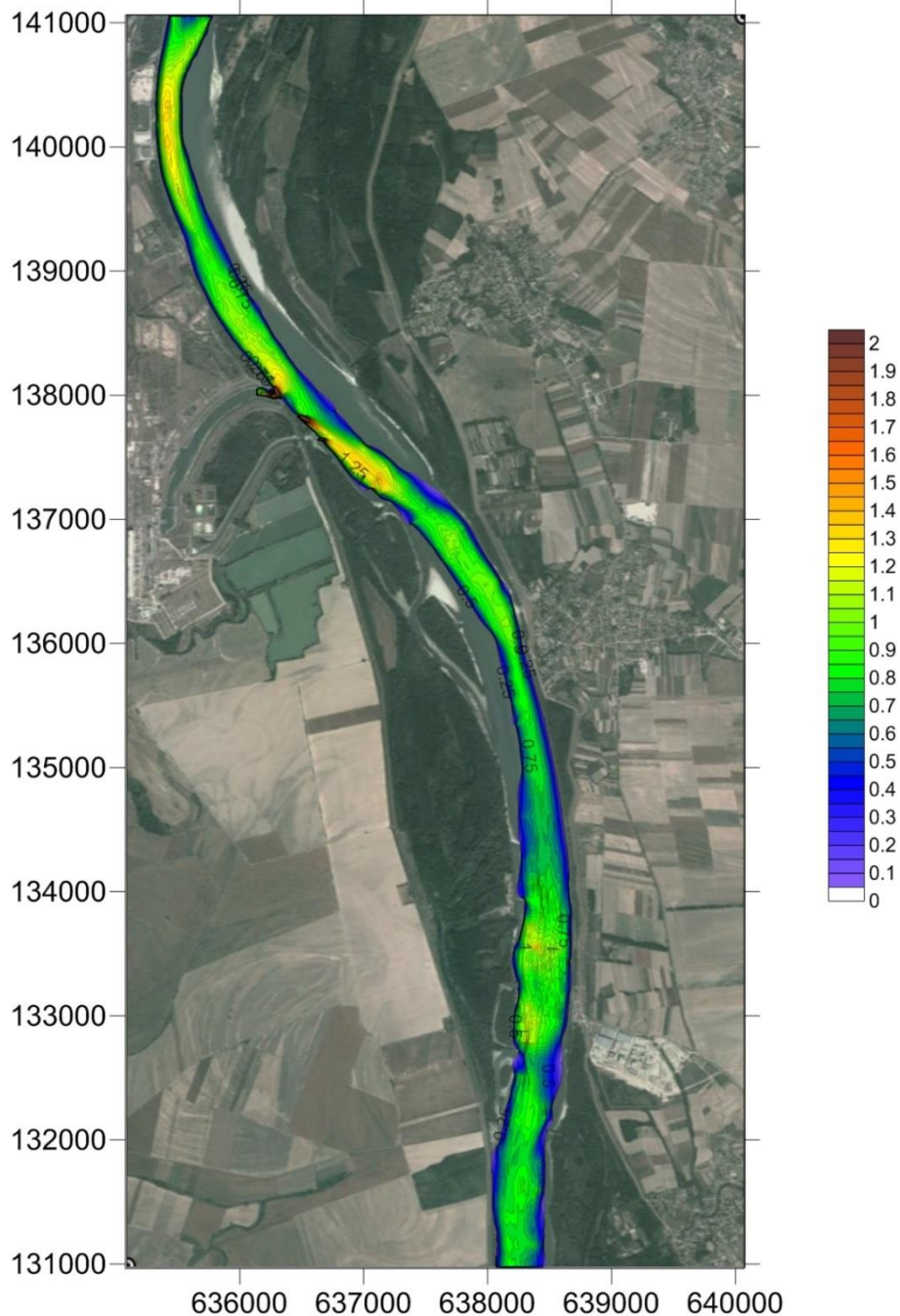


Abbildung 58: Absolute Strömungsgeschwindigkeitsverteilung der Donaustrecke zwischen 1519-1530 fkm [m/s] –maßgebender Betriebszustand, extremes Niedrigwasser ( $Q_{20\,000\text{Jahr}} = 579 \text{ m}^3/\text{s}$ , Wasserentnahme  $232 \text{ m}^3/\text{s}$ ) – Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen – mit EOV Koordinaten

### 12.2.2.2 Zusammenfassende Bewertung der 2D hydrodynamischer Wirkungen der extremen Niedrigwasser und Großwasser Ereignisse (Donau 1500-1530 fkm)

- Im Grundzustand (der derzeitige Zustand) werden die alle 20 000 Jahre wiederkehrenden Flutwellen auf dem linken Ufer der Donau, dessen Hochwasserschutz-Kronenniveau ca. 0,5 m tiefer liegt, Probleme der Dammüberschwämmung verursachen. Diese Folge kann in Kenntnis der Höhe des Kronenniveaus des Damms auch nicht mit Hilfsdämmen vermieden werden.
- Im Querschnittsegment des Kraftwerks bleiben, auch im Fall einer zukünftigen Dammerhöhung die extremen Hochwasserpegel unter der geplanten Lage-Höhe (97 mBf) des geplanten Standortes.
- Wenn ein Dammbruch am linken Ufer angenommen wird - der auf "natürliche Art und Weise", oder in Folge einer Notfallentscheidung entsteht, dann bleiben die Folgen dessen, am oberen Rand der untersuchten Strecke unter 20 cm -, in diesem Fall verläuft die Flutwelle unter der Höhe des vorhandenen und des geplanten Kraftwerks.
- Die geplante Erhöhung der Kühlwasserentnahme - bei einer Realisierung der Erweiterung - verursacht im Fall eines extremen Niedrigwassers einen Wasserrückgang von weniger als 12 cm, bei einem Großwasser bleiben die Folgen dessen unter 3 cm.
- Bei der Version eines Erdbebens wird der Wasserpegel über dem Kaltwasserkanal gestaut und erhöht. Auf der Strecke unter dem Erdbeben sinkt der Wasserpegel wegen der sich in der Enge beschleunigenden Wasserbewegung.
- Die Folgen eines, das Hauptflussbett verengenden Erdbebens sind sowohl Wasserpegel erhöhend, als senkend (unter, bzw. über dem Ort des Erdbebens), im Falle eines Großwassers, wie auch bei einem Niedrigwasser. Die Wasserpegel erhöhende Wirkung kann bei Niedrig-, bzw. Großwasser 5, bzw. 3 cm erreichen.

### 12.2.3 UNTERSUCHUNG DER ZU ERWARTENDEN FOLGEN DER GEPLANTEN ENTWICKLUNG AUF DIE FLUSSBETTVERÄNDERUNGEN DER DONAU

Den Trend der Mittelwasser Flussbettveränderungen der Donau Strecke bei Paks bestimmen die Ereignisse der vergangenen Jahrzehnte (in erster Linie das Ausbaggern des Flussbettes aus industriellen Gründen, die Regelung des Niedrig- und Mittelwassers der Donau, die Verringerung des angeschwemmten Treibguts). Der trendmäßige Rückgang des Niedrig- und Mittelwassers der Donau muss als Gegebenheit der Zukunft betrachtet werden, daher muss man dies von den, als Folge der geplanten Entwicklung entstehenden lokalen Flussbettveränderungen trennen.

#### 12.2.3.1 Untersuchung der lokalen morphodynamischen Folgen

Die zu erwartenden Flussbettveränderungen der Donau in den maßgebenden Betriebszuständen sind mit einem zweidimensionalen (2D) morphodynamischen (Delft3D-Flow) Modell untersucht worden.

Anhand der Ergebnisse der Modelluntersuchung kann festgestellt werden, dass die hauptsächliche Wirkungskraft der morphodynamischen Veränderungen durch die jahrelange durchschnittliche Wasserführung der Donau entsteht, die Flutwellen mit geringerer Haltbarkeit beeinflussen dies weniger.

Hydrologische Zeiträume (hängt von der jährlichen Niederschlagsmenge im Wasserspeichergebiet der Donau ab):

- Zeitraum mit einem durchschnittlichem Abfluss im Flussbett (1 - 5 Jahre) - Wasserführung Donau:  $Q = 2\,300\text{ m}^3/\text{s}$
- Deutlich feuchter hydrologischer Zeitraum (1 - 5 Jahre) - Wasserführung Donau:  $Q = 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$

### 12.2.3.2 Veränderung der Strömungslinie der Donau

#### *Betrieb des Kernkraftwerks von Paks (2014-2025)*

Die im derzeitigen Strömungszustand der Donau maßgebende Strömungslinie in der Umgebung des Standortes befindet sich in der Nähe des rechten Ufers des Hauptbettes der Donau. Ihre Lage kann sich in Abhängigkeit der Wasserführung der Donau in geringem Maß verändern.

#### *Gemeinsamer Betrieb des Kernkraftwerks von Paks und Paks I (2030-2032)*

Die Strömungslinie verschiebt sich im Vergleich zum derzeitigen Zustand um höchstens 25 m in Richtung der Mittellinie der Donau, verläuft aber weiterhin in der Nähe des rechten Ufers. Die Strömungslinien weichen bei einer jahrelangen durchschnittlichen Wasserführung der Donau (2 300 m<sup>3</sup>/s) auf einer Länge von etwa 1000 m voneinander ab. Das Auswirkungsgebiet ist also in der Nähe des Standortes eine Spur von ca. 150 m am rechten Ufer der Donau, auf einer Länge von 1 000 m in Richtung der Strömung der Donau gemessen.

#### *Betrieb von Paks II alleine (2037-2085)*

Die Strömungslinie weicht von der derzeitigen Strömungslinie nur auf einer Länge von 500 m ab, die maximale Abweichung beträgt auch 25 m. Das Auswirkungsgebiet ist also in der Nähe des Standortes, bei einer jahrelangen durchschnittlichen Wasserführung der Donau (2 300 m<sup>3</sup>/s) eine Spur von ca. 150 m am rechten Ufer der Donau, auf einer Länge von 500 m in Richtung der Strömung der Donau gemessen.



Lage der Strömungslinie der Donau ohne morfodynamische Veränderungen, in einem Jahr mit durchschnittlichem Verlauf, im Jahr der Inbetriebsetzung



Abbildung 59: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien im Fall einer Donau-Wasserführung von  $2\,300\text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittliches hydrologisches Jahr), in drei Betriebszeitpunkten: Kernkraftwerk von Paks alleine, Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen, Paks II alleine

In feuchten hydrologischen Jahren ist die durchschnittliche Wasserführung der Donau  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  (1,3 Mal so viel, wie die durchschnittliche Wasserführung). In diesem Fall verändert sich der Auswirkungskreis in der Längsrichtung gering, er wird um ca. 10 % (1 100 m) größer, während die Umlagerung der Strömungslinien Richtung der Mittellinie der Donau um ca. 10 % (22 m) kleiner wird.

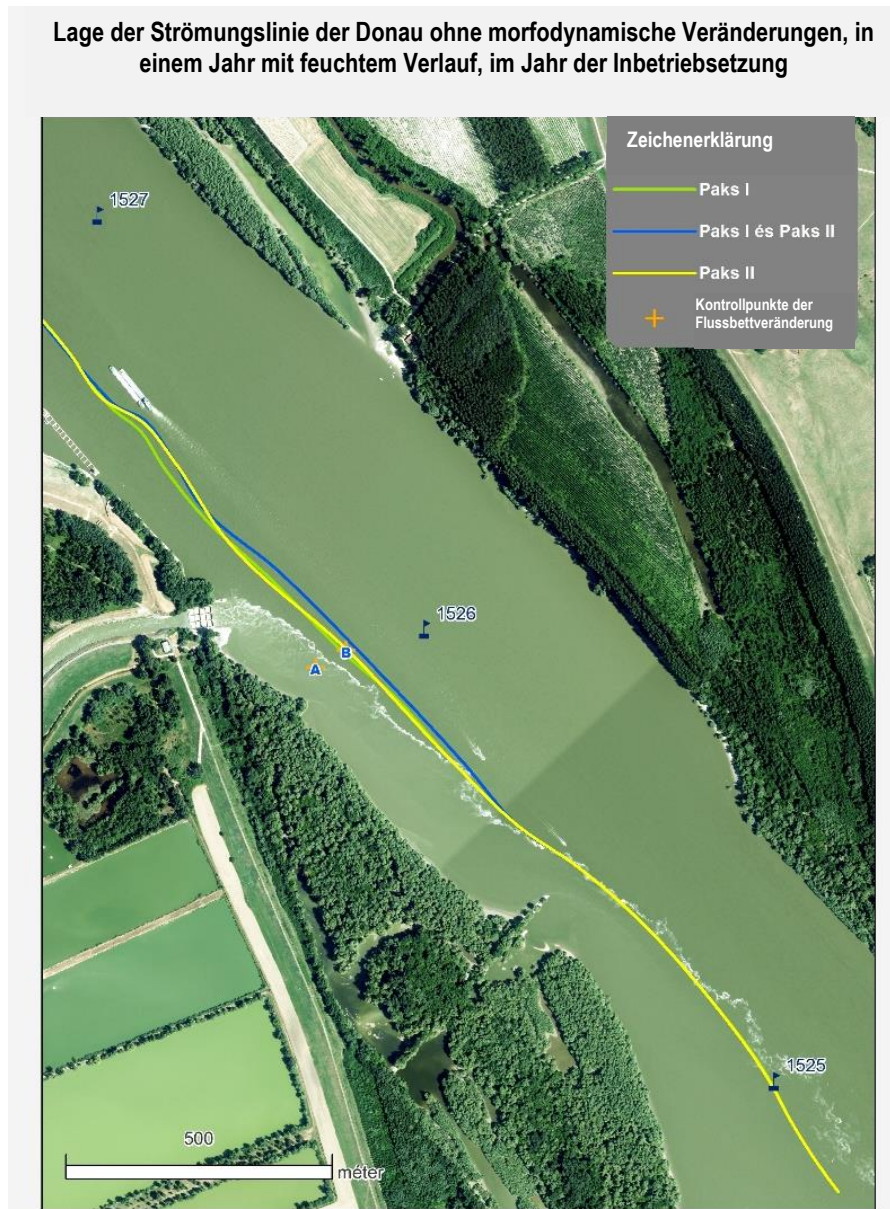


Abbildung 60: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien im Fall einer Donau-Wasserführung von 3 000 m<sup>3</sup>/s (feuchtes hydrologisches Jahr), in drei Betriebszeitpunkten: Kernkraftwerk von Paks alleine, Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen, Paks II alleine

Die Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten, wie auch die Umlagerung der Strömungslinie, sind in der Anfangsphase der veränderten maßgebenden Betriebszustände die größten. Mit Verlauf der Zeit verringern die Flussbettveränderungen die Strömungsanomalien, nach etwa 5 Jahren passt sich das Flussbett der veränderten Strömungssituation an (wird aufgefüllt, bzw. vertieft), die Flussbettveränderung nimmt ab, bzw. es kommt zu keinen weiteren Flussbettveränderungen.

### 12.2.3.3 Zu erwartenden lokale Veränderungen im Flussbett der Donau in Folge der geplanten Entwicklung

Folgende Abbildungen zeigen die für 5 Jahre berechneten Flussbettveränderungen. Auf den Abbildungen ist die Schattierung der Flussbettveränderung durchsichtig markiert worden, und sie ist auf die am 22. Juli 2013 gemachten Luftaufnahmen erstelltten Ortofotos draufgelegt worden. Bei der Erstellung der Bilder aus der Luft am 22.07.2013 war die gemessene Wasserführung der Donau (Wassermaß Dombori) ~2000 m<sup>3</sup>/s, die Berechnungen sind für die jahrelange durchschnittliche Wasserführung von 2300 m<sup>3</sup>/s durchgeführt worden.



### BETRIEB DES KERNKRAFTWERKS VON PAKS (2014-2025)

Wasserführung der Donau:  $Q_{\text{Donau}} = 2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittlich), Kühlwasserentnahme:  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

Folgende Abbildung (Abbildung 61: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien nach 5 Jahren Betrieb, im Fall einer Donau-Wasserführung von  $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittliches hydrologisches Jahr) und  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  Kühlwasserentnahme, Kernkraftwerk von Paks alleine) zeigt, dass die Grenze der neben des Warmwasserschweifes entstehenden Flussbettveränderungen am nördlichem Rand des energiebrechenden Bauwerks, sich vom, in den Strömungsraum hereinreichenden Ableitungswerk (vom kleinem Sporn) ablösend, und im, durch die im treibenden Strudel des Strömungsraumes schäumendem Donau-Wasser verläuft.

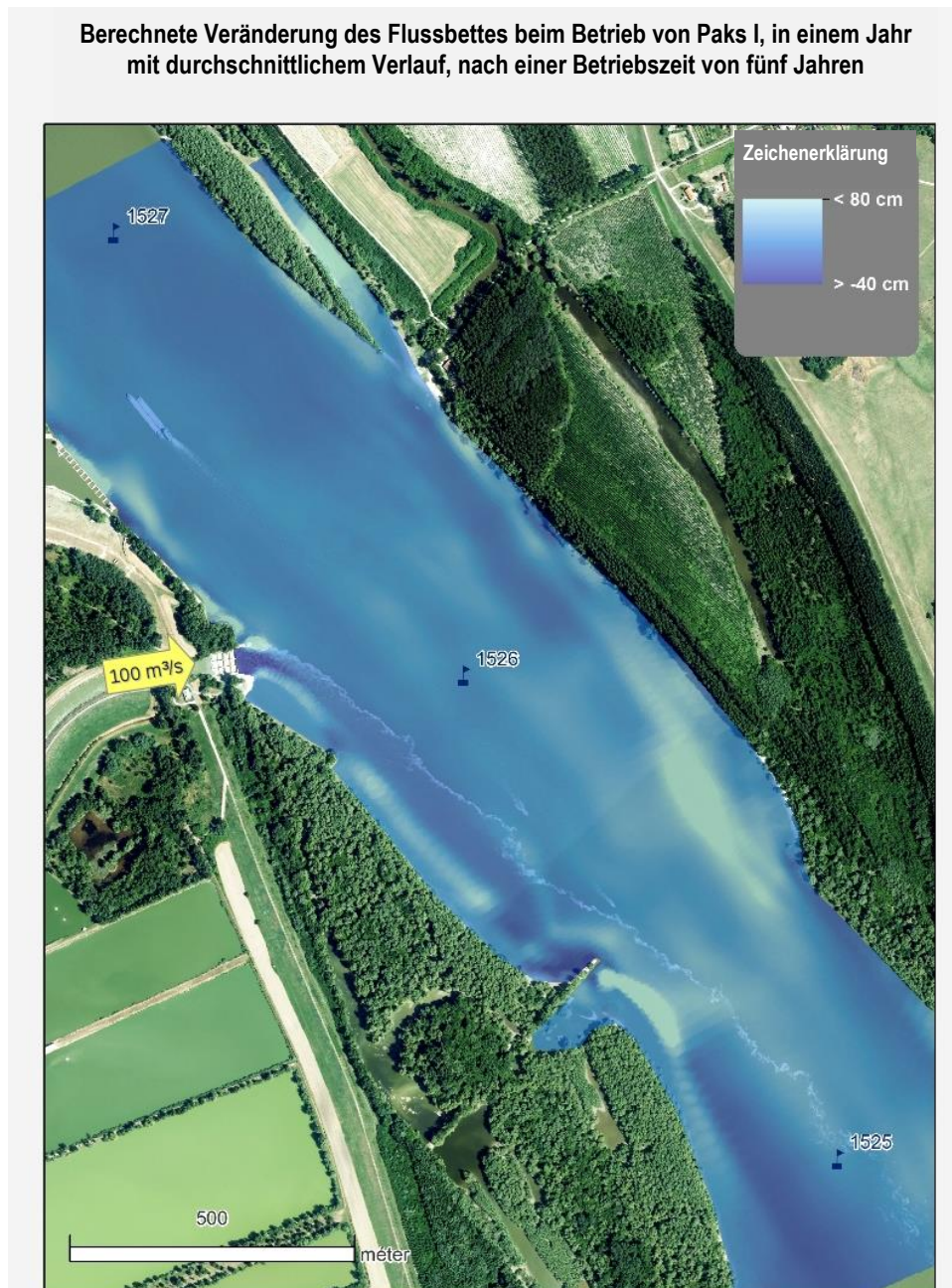


Abbildung 61: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien nach 5 Jahren Betrieb, im Fall einer Donau-Wasserführung von  $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittliches hydrologisches Jahr) und  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  Kühlwasserentnahme, Kernkraftwerk von Paks alleine (2014-2025)



Bei den, für die im Fall überdurchschnittlich feuchter hydrologischer Jahre berechneter Flussbettveränderungen ist der maximale Wert der lokalen Vertiefungen geringer als 40 cm, und die Auffüllung liegt unter 80 cm.

### **GEMEINSAMER MAßGEBENDER BETRIEB DES KERNKRAFTWERKS VON PAKS UND PAKS II (2030-2032)**

Wasserführung der Donau:  $Q_{\text{Donau}} = 2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittlich), Kühlwasserentnahme:  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s} + 132 \text{ m}^3/\text{s} = 232 \text{ m}^3/\text{s}$

Die auf eine Frist von 5 Jahren betrachteten Flussbettveränderungen zeigen im Fall des gemeinsamen Betriebs des Kernkraftwerks von Paks und Paks II, im Vergleich zu den Veränderungen bezüglich des Betriebs des Kernkraftwerks von Paks alleine eine Vertiefung von 10 cm im Bereich des vorhandenen Wärmeschweifes in der Donau, auf der 200 m langen Strecke zwischen dem vorhandenen und dem geplanten Eiführungspunkt des Warmwassers, anhand des Schweifes ist mit einer Vertiefung von ca. 40 cm zu rechnen. Zwischen dem Schweif und dem Ufer ist eine minimale Auffüllung zu erwarten. Die lokalen Auswirkungen sind in der Umgebung des 1525+500 fkm Abschnittes der Donau kaum mehr zu spüren (Querdamm, am rechten Ufer der Donau errichtetes, in den Strömungsraum hereinreichendes Werk).

**Berechnete Veränderung des Flussbettes beim gemeinsamen Betrieb von Paks I und Paks II, in einem Jahr mit durchschnittlichem Verlauf, nach einer Betriebszeit von fünf Jahren**



Abbildung 62: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien nach 5 Jahren Betrieb, im Fall einer Donau-Wasserführung von  $2\,300\text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittliches hydrologisches Jahr) und  $100\text{ m}^3/\text{s}$  Kühlwasserentnahme (Zustand zwischen 2030-2032), Kernkraftwerk von Paks und Paks II zusammen (2030-2032)

### MARGEBENDER BETRIEB VON PAKS II ALLEINE (2037-2085)

Wasserführung der Donau:  $Q_{\text{Donau}} = 2300 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittlich), Kühlwasserentnahme:  $Q = 132 \text{ m}^3/\text{s}$

Die auf eine Frist von 5 Jahren betrachteten Flussbettveränderungen zeigen im Fall des Betriebs von Paks II, im Vergleich zu den Veränderungen bezüglich des Betriebs des Kernkraftwerks von Paks eine Vertiefung von 5 cm im Bereich des vorhandenen Wärmeschweifes in der Donau. Auf der 200 m langen Strecke zwischen dem vorhandenen und dem geplanten Einführungspunkt des Warmwassers, anhand des Schweifes ist mit einer Vertiefung von ca. 10 cm zu rechnen - denn durch das Verschwinden des unteren Schweifes, verschwindet seine Stauwirkung. Zwischen dem Schweif und dem Ufer ist eine minimale Auffüllung zu erwarten. Die lokalen Auswirkungen sind unter 1525 fkm Abschnittes der Donau zu vernachlässigen.



Abbildung 63: Veränderung der berechneten Donau-Strömungslinien nach 5 Jahren Betrieb, im Fall einer Donau-Wasserführung von  $2\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (durchschnittliches hydrologisches Jahr) und  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  Kühlwasserentnahme (Zustand zwischen 2037-2085), Paks II alleine (2037-2085)



### 12.2.3.4 Zusammengefasste Ergebnisse der Untersuchungen der lokalen Flussbettveränderungen

Als Ergebnis der Berechnungen der lokalen Flussbettveränderungen kann festgestellt werden, dass nach dem fünf (5) jährigen - sich der Konsolidierung des Flussbettes nähernden - Betrieb:

- Die treibende Hauptkraft der Flussbettveränderungen, das am meisten bestimmende Merkmal die jahrelange durchschnittliche Wasserführung der Donau ist, welche durch Flutwellen mit geringerer Dauer nur gering beeinflusst wird.
- Während überdurchschnittlich feuchter Betriebsjahre (3000 m<sup>3</sup>/s) steigt das Ausmaß der Flussbettveränderungen im geringen Maß im Vergleich zu der jahrelangen durchschnittlichen Wasserführung der Donau (2300 m<sup>3</sup>/s).
- Die lokale Auffüllung betrug höchstens 80 cm, während die lokale Vertiefung höchstens 40 cm erreichte. Ihre räumliche Ausdehnung ist nicht bedeutend.
- Das Maß der Differenz zwischen der Flussbettveränderung während des selbstständigen Betriebs des Kernkraftwerks von Paks (2014-2025), bzw. des selbstständigen Betriebs von Paks II (2037-2085) ist minimal.
- Bei dem gemeinsamen Betrieb des Kernkraftwerks von Paks und Paks II (2030-2032) sind erwähnenswerte Unterschiede bei der Flussbettveränderung, im Vergleich zu den selbstständigen Betrieben zu sehen. Diese Wirkung verringert sich aber nach 2 Jahren, denn wegen des Austretens der Blöcke des Kernkraftwerks von Paks laut dem Zeitplan ihrer Betriebsdauer sinkt die Wasserentnahme- und Rückführung pro Block mit 25 m<sup>3</sup>/s, und bis 2037 wird der Zeitraum des selbstständigen Betriebs von Paks II erreicht.

Maßgebende Betriebszustände der geplanten Entwicklung (Paks II)	Bestimmung des morphodynamischen und Strömungsauswirkungskreises, im Fall der Realisierung der geplanten Entwicklung, im Vergleich zum Grundzustand	
	Länge des Auswirkungsgebietes in Richtung der Hauptströmung der Donau [Donau fkm] [m]	Breite des Auswirkungsgebietes vom rechten Ufer der Donau entlang des Quersegments [m]
Kernkraftwerk von Paks und Paks II gemeinsam (232 m <sup>3</sup> /s)	1525+500 - 1527+000 fkm (1500 m)	maximal 300 m
Paks II alleine (132 m <sup>3</sup> /s)	1526+000 - 1527+000 fkm (1000 m)	maximal 200 m

Tabelle 36: Bestimmung des morfodynamischen und Strömungsauswirkungskreises im Vergleich zum aktuellem Zustand

### 12.2.4 EINFÜHRUNG DES AUFGEWÄRMTE KÜHLWASSERS IN DIE DONAU

Das aufgewärmte technologische Kühlwasser der neuen Blöcke wird am rechten Ufer des 1526+450 fkm Abschnittes der Donau, auf der Oberwasser Seite des derzeitigen Einführungspunktes, ~200 m vom vorhandenen Warmwasserkanal, über dem nördlich zu errichtenden neuen Einführungspunkt, über ein Rekuperationsbauwerk eingeführt werden.

Folgende Tabelle fasst den geplanten Zeitverlauf des Betriebs des Kernkraftwerks von Paks und der geplanten Entwicklung zusammen.

Zeitraum [Jahre]	Maximaler Warmwasserertrag [m³/s]	Zahl der sich in Betrieb befindenden Blöcke [Stück]	Maßgebende Zeitpunkte [Jahre]	Geschätzte Höchsttemperatur der Donau [°C]
2014. (Gegenwart)	100	4 vorhandene Blöcke des Kernkraftwerks von Paks	Jahr 2014	25,61 [°C]
Von 2014 – bis 2025	100	4 vorhandene Blöcke des Kernkraftwerks von Paks		
Von 2025 - bis 2030	166	4 vorhandene Blöcke des Kernkraftwerks von Paks + 1 neuer Block		
Von 2030 – bis 2032	232	4 vorhandene Blöcke des Kernkraftwerks von Paks + 2 neue Blöcke	Jahr 2032	26,38 [°C]
Von 2032 – bis 2034	207	3 vorhandene Blöcke des Kernkraftwerks von Paks + 2 neue Blöcke		
Von 2034 – bis 2036	182	2 vorhandene Blöcke des Kernkraftwerks von Paks + 2 neue Blöcke		
Von 2036 – bis 2037	157	1 vorhandener Block des Kernkraftwerks von Paks + 2 neue Blöcke		
Von 2037 – bis 2085	132	2 neue Blöcke	Jahr 2085	28,64 [°C]
Von 2085 – bis 2090	66	1 neuer Block		
Von 2090	0	-		

Tabelle 37: Verlauf des Warmwasserausstoßes ( $Q$  m³/s) im Fall der Verwirklichung der geplanten Entwicklung, mit der höchsten zu erwartenden Wassertemperatur der Donau ( $T_{Dona}$ , °C) in den maßgebenden Betriebszeitpunkten

Laut dem pessimistischerem Szenario (DMI-B2 PRODUCE: Erwärmung der Erde zwischen den Jahren 2000 und 2100 um 1,8 °C) beträgt in den maßgebenden Zeitpunkten (2014, 2032 und 2085) die zu erwartende Dauer der Überschreitung der als maßgebend aufgenommenen höchsten Hintergrund-Wassertemperatur der Donau nur 1 Tag/Jahr im Bereich einer Wasserführung der Donau unter 1500 m³/s.

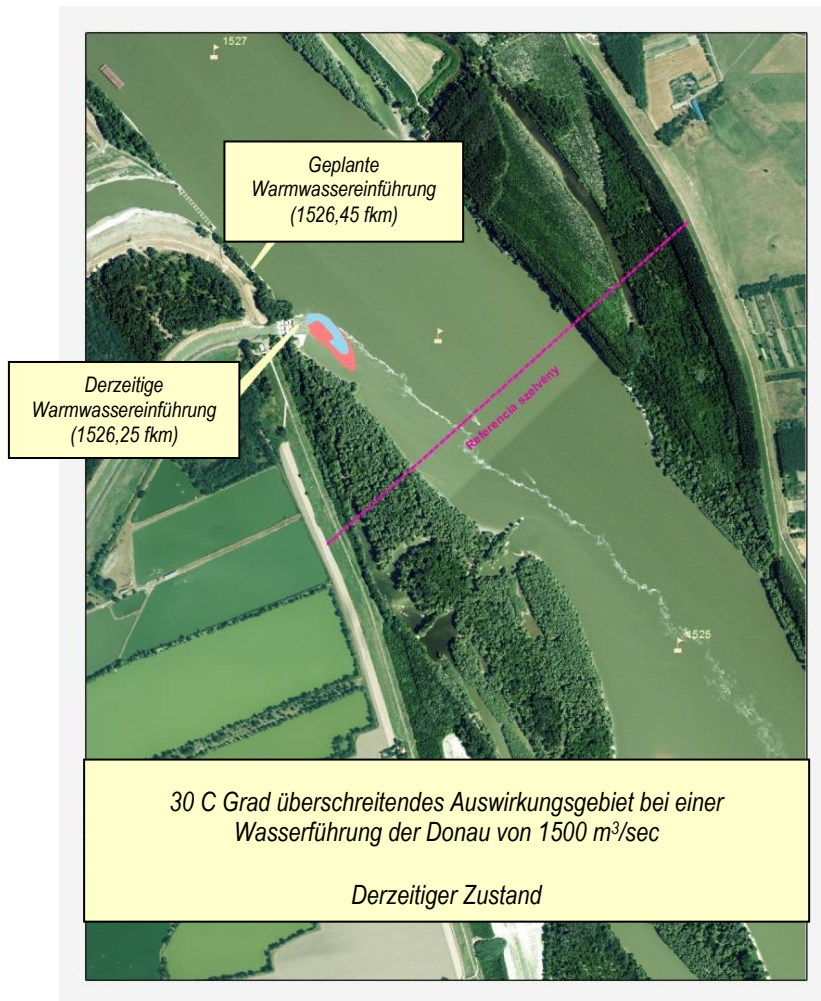
#### 12.2.4.1 Bestimmung des durch einer 30 °C übersteigenden Wassertemperatur der Donau betroffenen Auswirkungskreises, bei einer Wasserführung der Donau von 1 500 m³/s

Folgende drei Abbildungen zeigen die von einer 30 °C übersteigenden Wassertemperatur betroffenen Bereiche der Donau, und die Auswirkungsgebiete des berechneten Wärmeschweifes in den maßgebenden Zuständen in den Jahren 2014, 2032 und 2085.

##### **BESTIMMUNG DES AUSWIRKUNGSKREISES IM MAßGEBENDEN ZUSTAND VON 2014, BEI EINER WASSERFÜHRUNG DER DONAU VON 1 500 M³/S**

- Hintergrundtemperatur der Donau ( $T_{Donau}$ ) 25,61°C,
- Der Kühlwasserertrag ( $q$ ) 100 m³/s, fließt am derzeitigen Einführungspunkt in die Donau,
- Temperatur des aufgewärmten Kühlwassers:
  - (Fall 1)  $T_{Warmwasser}=33^{\circ}C$  und
  - (Fall 2) bei Einführung mit einer Wärmestufe von 8°C ( $T_{Warmwasser} = T_{Donau}+8^{\circ}C = 33,61^{\circ}C$ ).

Die für 2014 berechnete maßgebende, voraussichtlich 1 Tag/Jahr Dauer betragende Wassertemperatur-Verteilung der Donau, kann mit einer Wassertemperatur von über 30 °C charakterisiert werden, wie das auf folgender (Abbildung 64: Auswirkungskreis des Wärmeschweifes über) dargestellt ist.



Anmerkung:  
Blau: Warmwasserausstoß 33°C, rot: Wärmestufe 8°C

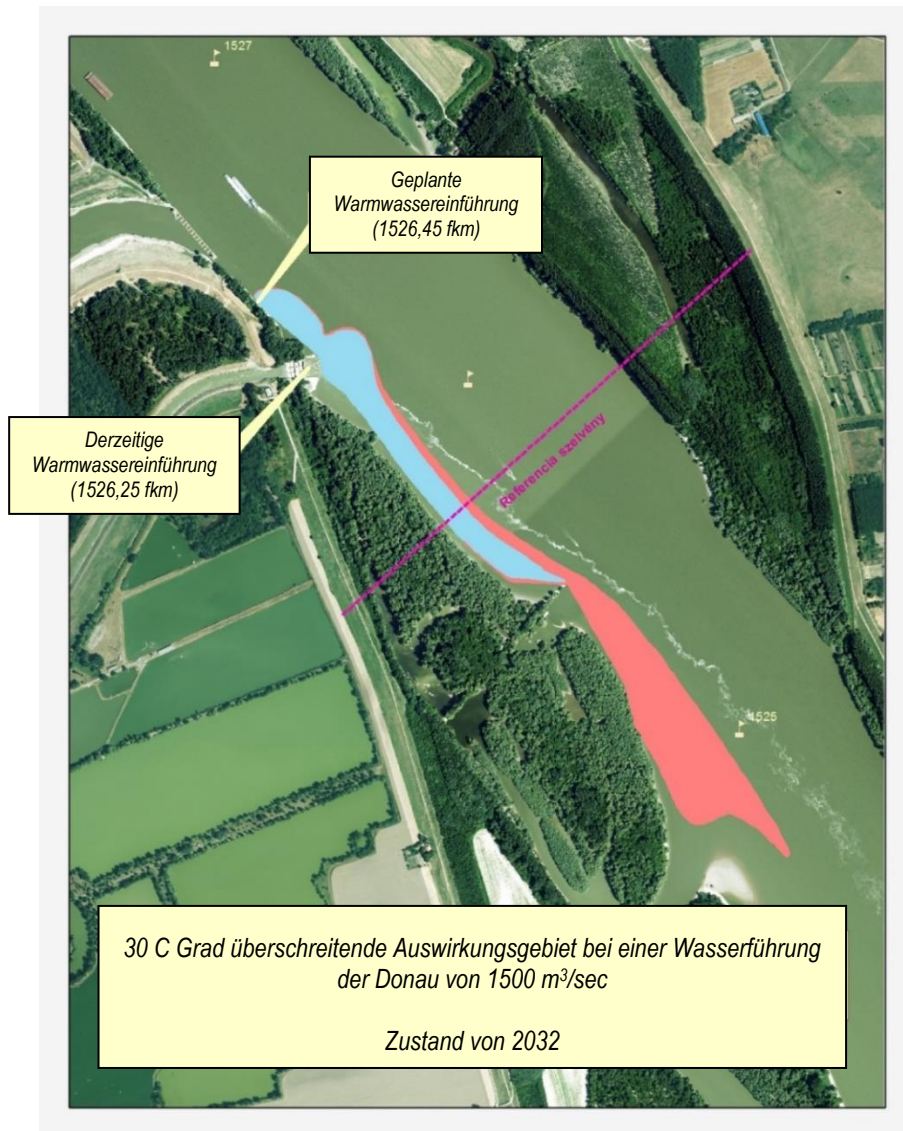
Abbildung 64: Auswirkungskreis des Wärmeschweifes über 30 °C – aktueller Zustand ( $T_{Duna,max}=25,61$  °C,  $Q_{Duna}= 1500$  m<sup>3</sup>/s, Warmwasserertrag: 100 m<sup>3</sup>/s)

### **BESTIMMUNG DES AUSWIRKUNGSKREISES IM MAßGEBENDEN ZUSTAND VON 2032, BEI EINER WASSERFÜHRUNG DER DONAU VON 1 500 M<sup>3</sup>/S**

- T Donau=26,38°C,
- Durch den gleichzeitigen Betrieb des Kernkraftwerks von Paks und Paks II ist  $q$  derzeitig=100 m<sup>3</sup>/s am derzeitigen Einführungspunkt und  $q_{2032}$ =132 m<sup>3</sup>/s, fließt auf der Oberwasser Seite des derzeitigen Einführungspunktes (200 m höher) am geplanten Einführungsort in die Donau, über das Rekuperationsbauwerk,
- Temperatur des aufgewärmten Kühlwassers:
  - (Fall 1) T Warmwasser =33°C und
  - (Fall 2) T Warmwasser =34,38°C (Wärmestufe von 8°C).

Der eine Wassertemperatur von 30 °C überschreitende Bereich des Wasserkörpers, der für 2032 berechneten maßgebenden, voraussichtlich 1 Tag/Jahr Dauer betragenden Wassertemperatur-Verteilung der Donau wird auf der folgenden Abbildung dargestellt.





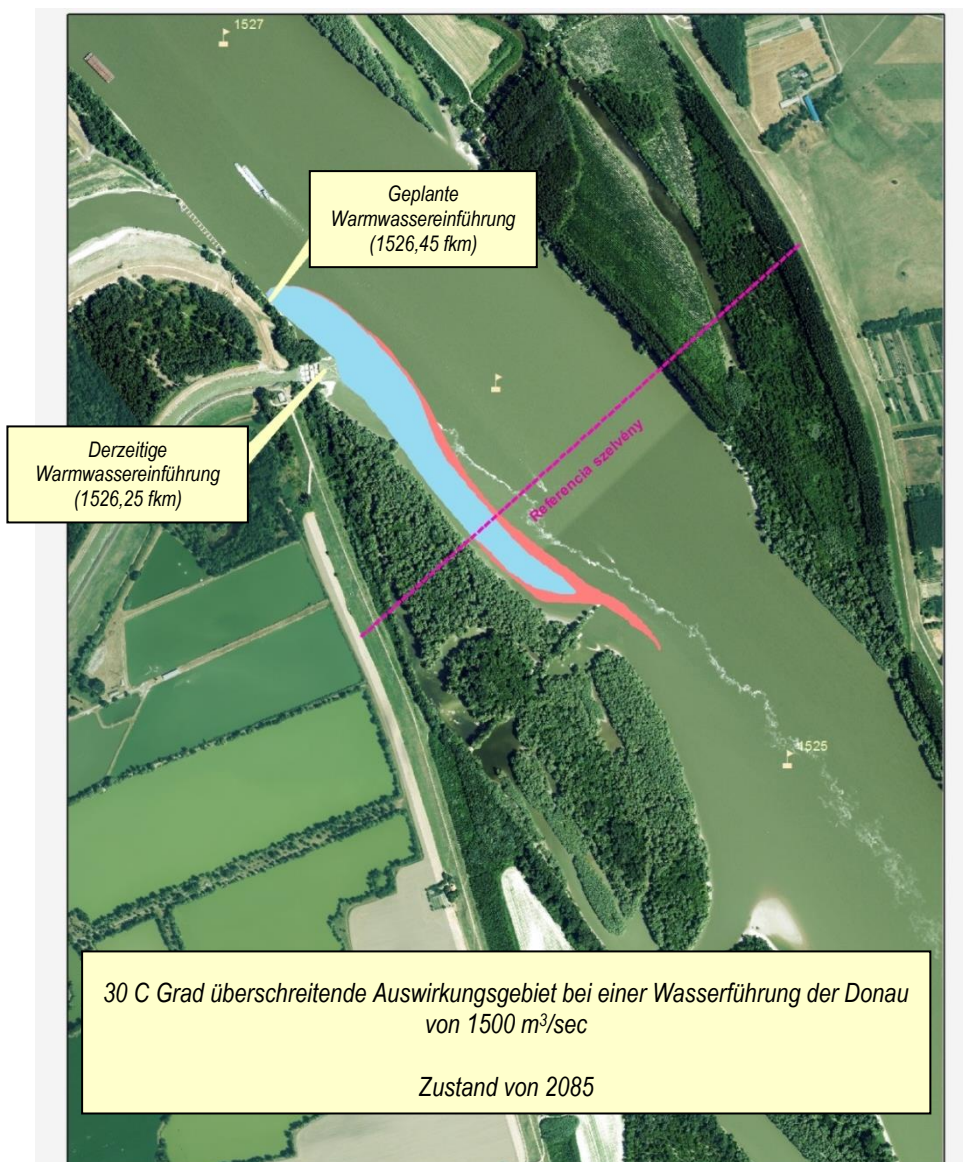
Anmerkung:  
Blau: Warmwasserausstoß 33°C, rot: Wärmestufe 8 °C

Abbildung 65: Auswirkungskreis des Wärmeschweifes über 30 °C – Zustand 2032 ( $T_{Duna,max}=26,38$  °C,  $Q_{Duna}= 1500$  m<sup>3</sup>/s, Wärmertrag: 100 <sup>3</sup>/s + 132 m<sup>3</sup>/s)

**BESTIMMUNG DES AUSWIRKUNGSKREISES IM MAßGEBENDEN ZUSTAND VON 2085, BEI EINER WASSERFÜHRUNG DER DONAU VON 1 500 M<sup>3</sup>/S**

- T Donau=28,64°C,
- $q_{2085}$  =132 m<sup>3</sup>/s, fließt auf der Oberwasser Seite des derzeitigen Einführungspunktes am geplanten Einführungsort in die Donau, über das Rekuperationsbauwerk,
- Temperatur des aufgewärmten Kühlwassers:
  - (Fall 1) T Warmwasser =33°C, bzw.
  - (Fall 2) T Warmwasser =36,64°C (Wärmestufe von 8°C).

Der eine Wassertemperatur von überschreitende 30 °C Bereich des Wasserkörpers der für 2085 berechneten maßgebenden, voraussichtlich 1 Tag/Jahr Dauer betragenden Wassertemperatur-Verteilung der Donau wird auf der folgenden Abbildung dargestellt.



Anmerkung:  
Blau: Warmwasserausstoß 33°C, rot: Wärmestufe 8 °C

Abbildung 66: Berechneter Auswirkungskreis des Wärmeschweifes über 30 °C - maßgebender Zustand 2085 ( $T_{Duna,max}$ =28,64 °C,  $Q_{Duna}$ = 1 500 m<sup>3</sup>/s, Wärmertrag: 132 m<sup>3</sup>/s) – Paks II alleine

Anhand der oben dargestellten Abbildungen kann festgestellt werden, dass im derzeitigen Zustand im 500 m Donau Abschnitt (Donau 1525,75 fkm) der Höchstwert der Wassertemperatur des Donau-Wassers nicht den Grenzwert von 30 °C erreicht. In den maßgebenden Jahren 2032 und 2085 - bei einer maßgebenden Wasserführung der Donau von 1 500 m³/s - ist, bei einem Warmwasserausstoß von 33 °C, im Referenzabschnitt der Donau eine geringfügige Überschreitung des Grenzwertes zu sehen. Eine größere Überschreitung erfolgt bei der Wassereinführung mit einer Wärmestufe von 8 °C.

### 1.1.1.1 Dauer, Haltbarkeit der Überschreitung des 30 °C Grenzwertes im +500 m Referenzabschnitt

#### KERNKRAFTWERK VON PAKS + PAKS II (2032)

Folgende Tabelle fasst den Verlauf der Höchsttemperatur der Donau im 500 m Referenzabschnitt, und anhand des pessimistischeren Klimamodells (DMI-B2 PRODUCE) berechnete Dauer und Haltbarkeit der Überschreitung zusammen. Bei der als Grundlage genommenen Hintergrund-Wassertemperatur der Donau (26,38 °C) beträgt die Dauer einer Wasserführung der Donau unter 1500 m³/Tag etwa 1 Tag/Jahr, aber zu Gunsten der Sicherheit sind hier die zu 2800 m³/s gehörenden höheren Werte der Haltbarkeit berücksichtigt worden.

Der mit einem Eingriff zu behandelnde Bereich der Grenzwertüberschreitung	2014		2032	
	8 [°C] Wärmestufe	33 [°C] Warmwasserausstoß	8 [°C] Wärmestufe	33 [°C] Warmwasserausstoß
Voraussichtliche Hintergrund-Höchsttemperatur des Donau-Wassers [°C]	25,61 [°C]		26,38 [°C]	
Berechnete Höchsttemperatur des Donau-Wassers [°C]	26,11 [°C]	26,36 [°C]	24,31 [°C]	25,11 [°C]
Geschätzte Zeit der Überschreitung, ihre Haltbarkeit [Tage] - bei einer Wasserführung der Donau unter 2800 m³/Tag	0,2 [Tag/Jahr]	0,1 [Tag/Jahr]	13 [Tage/Jahr]	7 [Tage/Jahr]

Tabelle 38: Dauer, Dauerhaftigkeit der Überschreitung der Grenzwerte (2032.) – Kernkraftwerk von Paks + Paks II.

#### Paks II alleine (2085)

Bei dem alleinigen Betrieb von Paks II wird am neuen Einführungspunkt, über das Rekuperationsbauwerk 132 m³/s Kühlwasser in die Donau geleitet. Die Wärmebelastung ist zwar geringer, als in 2032, aber wegen der aus der Klimaveränderung resultierenden maximal vorkommenden zeitlichen Anstiegs kann der Grenzwert von 30 °C - bei einer Wasserführung der Donau unter 1500 m³/s, mit einer Dauer von voraussichtlich 1 Tag/Jahr - nur nach dem Querdamm eingehalten werden, denn in diesem Fall beträgt die erlaubte Zusatztemperatur des Schweißes im 500 m Referenzabschnitt nur 30 - 28,64 = 1,36 °C.

Folgende Tabelle fasst den Verlauf der Höchsttemperatur der Donau im Kontrollabschnitt (+500 m) in den maßgebenden Betriebszuständen, und anhand des pessimistischerem Klimamodells (DMI-B2 PRODUCE) der Überschreitung des 30 °C Grenzwertes, die berechnete Dauer und Haltbarkeit der Überschreitung zusammen. Bei der als Grundlage genommenen Hintergrund-Wassertemperatur der Donau (28,64 °C) beträgt die Dauer einer Wasserführung der Donau unter 1500 m³/Tag etwa 1 Tag/Jahr, aber zu Gunsten der Sicherheit sind hier die zu 2800 m³/s gehörenden höheren Werte der Haltbarkeit berücksichtigt worden.

Der mit einem Eingriff zu behandelnde Bereich der Grenzwertüberschreitung	Maßgebender Zustand (2014)		Maßgebender Zustand (2085)	
	8 [°C] Wärmestufe	33 [°C] Warmwasserausstoß	8 [°C] Wärmestufe	33 [°C] Warmwasserausstoß
Voraussichtliche Hintergrund-Höchsttemperatur des Donau-Wassers [°C]	25,61 [°C]		28,64 [°C]	
Berechnete Höchsttemperatur des Donau-Wassers [°C]	26,11 [°C]	26,36 [°C]	23,81 [°C]	25,23 [°C]
Geschätzte Zeit der Überschreitung, Haltbarkeit [Tage] - bei einer Wasserführung der Donau unter 2800 m³/Tag	0,2 [Tag]	0,1 [Tag/Jahr]	40 [Tage/Jahr]	20 [Tage/Jahr]

Tabelle 39: Dauer, Dauerhaftigkeit der Überschreitung der Grenzwerte (2085) – Paks II. alleine

Möglichkeiten der Vermeidung der Grenzwertüberschreitung:

- Rückbelastung,
- Stilllegen der Blöcke,
- Instandhaltung der Blöcke.

#### 12.2.4.2 Temperaturverteilung im Donau Abschnitt an der südlichen Landesgrenze (Donau 1433 fkm), bei einer Wasserführung der Donau von 1 500 m³/s

Vom Einführungspunkt des Warmwassers (Donau 1433 fkm) bis zum Abschnitt an der südlichen Landesgrenze (Donau 1526,25 fkm) fließt die Donau in ihrem Flussbett etwa ~93 km in durchschnittlich 24 Stunden - bei einer mittlerem Wasserführung (2300 m³/s), bei geringerer Wasserführung erhöht sich die beanspruchte Zeit.

Anhand des gemeinsamen Vorkommens der Wasserführung und der Wassertemperaturen der Donau, unter Berücksichtigung der in der Zukunft zu erwartenden klimatischen Veränderungen kann festgestellt werden, dass die Dauer der Überschreitung der maßgebenden Wassertemperaturwerte, in den maßgebenden Untersuchungszeitpunkten, durchschnittlich voraussichtlich 1 Tag/Jahr betragen wird.

Folgende Tabellen fassen die für den Abschnitt an der südlichen Landesgrenze, in den maßgebenden Jahren 2014, 2032 und 2085 berechnete höchste Temperaturveränderungen zusammen.

Folgen der Warmwassereinführung mit 33 °C im Abschnitt an der südlichen Landesgrenze

Die größte Temperaturveränderung im Abschnitt der Donau an der südlichen Landesgrenze (Donau 1433 fkm) T Warmwasser = 33 °C, Q Donau= 1500 m³/s $\Delta T_{Max} = T_{Max} - T_{Hintergrund} [°C]$		
Maßgebender Zustand von 2014	Maßgebender Zustand von 2032	Maßgebender Zustand von 2085
$T_{Max} = 26,08 [°C]$	$T_{Max} = 28,13 [°C]$	$T_{Max} = 28,95 [°C]$
$T_{Hintergrund} = 25,61 [°C]$	$T_{Hintergrund} = 26,38 [°C]$	$T_{Hintergrund} = 28,64 [°C]$
$\Delta T_{Max} = 0,47 [°C]$	$\Delta T_{Max} = 1,75 [°C]$	$\Delta T_{Max} = 0,31 [°C]$

Tabelle 40: Größte Temperaturveränderung im südlichen Landesgrenzenabschnitt der Donau,  $T_{Warmwasser} = 33 °C$  (maßgebender Zustand in den Jahren 2014, 2032 und 2085)

Folgen der Warmwassereinführung mit einer Wärmestufe von 8 °C im Abschnitt an der südlichen Landesgrenze

Die größte Temperaturveränderung im Abschnitt der Donau an der südlichen Landesgrenze (Duna 1433 fkm)		
$\Delta T_{\text{Wärmestufe}} = 8 \text{ °C}$ , $Q_{\text{Donau}} = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$		
$\Delta T_{\text{Max}} = T_{\text{Max}} - T_{\text{Hintergrund}} \text{ [°C]}$		
Maßgebender Zustand von 2014	Maßgebender Zustand von 2032	Maßgebender Zustand von 2085
$T_{\text{Max}} = 26,40 \text{ [°C]}$	$T_{\text{Max}} = 28,24 \text{ [°C]}$	$T_{\text{Max}} = 29,55 \text{ [°C]}$
$T_{\text{Hintergrund}} = 25,61 \text{ [°C]}$	$T_{\text{Hintergrund}} = 26,38 \text{ [°C]}$	$T_{\text{Hintergrund}} = 28,64 \text{ [°C]}$
$\Delta T_{\text{Max}} = 0,79 \text{ [°C]}$	$\Delta T_{\text{Max}} = 1,86 \text{ [°C]}$	$\Delta T_{\text{Max}} = 0,91 \text{ [°C]}$

Tabelle 41: Ausmaß der größten Temperaturveränderung im südlichen Landesgrenzenabschnitt der Donau,  $\Delta T_{\text{Spreizung}} = 8 \text{ °C}$  (maßgebender Zustand in den Jahren 2014, 2032 und 2085)

## 12.2.5 AUSSTOß VON GEKLÄRTEM KOMMUNALEM ABWASSER IM BETRIEBSZEITRAUM

Die Kapazität der anhand der durch die Aufsicht genehmigten Wasserrecht-Betriebsgenehmigung betriebenen, vorhandenen Kraftwerk-Kläranlage beträgt 1870 m<sup>3</sup>/Tag, was ausreichend ist für den Empfang und die Reinigung des in der Phase der Errichtung und des Baus zu erwartenden maximalen kommunalen Belastungsanstiegs.

Der zusätzliche kommunale Abwasserertrag, welcher durch den Betrieb von Paks II entsteht beträgt durchschnittlich 67 m<sup>3</sup>/Tag, der Höchstausstoß ist alle zehn (10) Jahre während der großen Instandhaltungen mit 95 m<sup>3</sup>/Tag zu erwarten.

Da die durchschnittliche Menge des auf dem Gebiet des Kernkraftwerks von Paks entstehendem kommunalen Abwassers derzeit ~300 m<sup>3</sup>/Tag beträgt (Betrieb des Kernkraftwerks von Paks), wird der Abwasserertrag beim gemeinsamen Betrieb des Kernkraftwerks von Paks und Paks II voraussichtlich auch nicht 400 m<sup>3</sup>/Tag erreichen, worüber noch eine freie Kapazität von ~1 470 m<sup>3</sup>/Tag übrig bleibt.

## 12.2.6 UNTERSUCHUNG DER AUSWIRKUNGEN VON EXTREMEN DONAU UMWELT- UND KÜNSTLICHEN UMSTÄNDE AUF DIE HOCHWASSERBETROFFENHEIT DES STANDORTES UND AUF DIE SICHERHEIT DER KÜHLWASSERENTNAHME

Als Havarie Fälle sind solche Fälle modelliert worden, deren Wirkungsfaktoren aus den natürlichen und künstlichen Gegebenheiten der Umgebung der Donau entstehen können, und nicht als Folge der geplanten Entwicklung. Folgende Fälle sind untersucht worden:

- ✓ Hochwasser-Betroffenheit des Standortes bei einem Bruch des Stauwerkes von Dunacsúny bei einem kritischem Wasserpegel der Donau, und einer extremen partiellen Verschließung des Flussbettes der Donau, weiterhin in Folge der Entstehung von durch extremes Eistreiben am Flusses entstehende Eiswasser-Flut.
- ✓ Der mögliche Verlauf der Sicherheit der Kühlwasserentnahme in der Zeit von extrem niedrigen Wasserpegel der Donau, in Folge eines nicht betriebsmäßigen Betriebs des Stauwerkes von Dunacsúny (Bruch des Speichers mit Wasserrückhaltung bei Niedrigwasser der Donau), weiterhin in Folge eventueller extremer Abrutsche der Ufer Wandung, Erdbeben und Eisblockaden auf dem Oberwasser.

### 12.2.6.1 Auswirkungen extremer natürlicher und künstlicher Umstände auf die Hochwasser Betroffenheit des Standortes

Folgende Tabelle zeigt die im Falle des ungünstigsten Verlaufs einer - auf der Donau Strecke unter Bratislava, zwischen den Dämmen bleibenden - Flutwelle, bezüglich des Terrains des Standortes des Kernkraftwerks von Paks (Donau Abschnitt 1526,5-1527 fkm) und der sich dort befindenden Hauptanlagen maßgebende, vom Kraftwerk auch registrierte, die Sicherheitsstufen überschreitende Überflutungsdauer (T Überschreitung).

Gefährdete Hauptobjekte (auf dem Gebiet des Kernkraftwerks von Paks, In der Umgebung von Donau 1527 fkm)	Maßgebende Wasserpegel (Donau 1527 fkm) [mBf]	Dauer der Überschreitung (beim Verlauf der ungünstigsten Flutwelle von 1965) [Tage]
Niveau der Dammkrone in der Umgebung des Kraftwerks, rechtes Ufer	96,30 mBf	0,0
Niveau der Dammkrone in der Umgebung des Kraftwerks, linkes Ufer *	95,80* mBf	16,0
Höhe des Terrains des Kraftwerks	97,00 - 97,10 mBf	0,0
Höhe des Fussboden der ZLAB Ausladehalle	92,30 mBf	68,5
Höhe des Fussboden des Transformatorgebäudes neben dem südlichem-Gurtkanal	93,30 mBf	59,5
Höhe des Terrains der Kläranlage	94,00 mBf	57,0
Schwellenniveau des Überläufers des Kalkschlamm-Speichers	97,00 mBf	0,0
<b>Stufen des Hochwasserschutzes**</b> (anhand des Pegelmaßes an der Wandung des Kernkraftwerks von Paks, Donau 1526,5 fkm)		
Stufe I	91,50 mBf	108,0
Stufe II	93,00 mBf	61,0
Stufe III	94,00 mBf	56,5
<b>Maßgebende Hochwasserstände</b>		
Höchster Wasserpegel ohne Eis (LNV) 11.06.2013	94,06 mBf (8750 m³/s)	56,0
MÁSZ <sub>2010</sub> (Anhand der ab 08.08.2014 gültigen 11/2010 (IV.28.) KvVM Verordnung über den "Maßgebenden Hochwasserpegel von Flüssen)	94,14 mBf (anhand der Werte der Verordnung, linear interpoliert)	55,1

Anmerkungen zu der oben angeführten Tabelle:

\* Quelle der in der Tabelle angeführten Angaben bezüglich der Höhe: die Höhe der Dammkrone ist durch Messungen bestimmt worden, mit der Anwendung der RTK GPS Messstation.

\*\* Verordnung von Hochwasserschutz Bereitschaft: die Hochwasserschutz Bereitschaft verordnet und organisiert die durch die gefährliche Wassersituation (Flutwelle) betroffene regional zuständige Direktion für Wasserwesen (Vízügyi Igazgatóság, VIZIG), und sie leitet die Schutzarbeiten. Wenn bei einem bestimmten Hochwasserverlauf zwei, oder mehrere Direktionen für Wasserwesen von einer Bereitschaft der Stufe III betroffen sind, kommt die Steuerung der Schutzarbeiten in die Zuständigkeit des Nationalen Technischen Steuerungsstamms (Országos Műszaki Irányító Törzs, OMIT) der Nationalen Hauptdirektion für Wasserwesen (OVF, Országos Vízügyi Főigazgatóság).

Tabelle 42: Zu erwartende Dauer der Überschreitung einiger bedeutenderer Schutzstufen, im Fall einer Überflutung der ungünstigsten Stufe der Umgebung des Kraftwerkes (96,30 mBf)

Eine additive Flutwelle der Donau, die beim Bruch des Stauwerks von Dunacsúny in der kritischsten Wasserstand Lage der Donau, bei vollständig aufgefülltem Speicher und Betriebswasserkanal-Volumen entsteht, verringert nicht die Hochwasser Sicherheit des Standortes. Die additive Flutwelle übersteigt nur die I. Stufe des Hochwasserschutzes (91,50 mBf) für eine kurze Zeit, sie betrifft keine Objekte des Standortes, und es sind keine Maßnahmen erforderlich.

Im Falle der extremen (alle 20 000 Jahre wiederkehrenden) Hochwasserereignisse ist die 1500-1530 fkm Strecke der Donau mit 2D Modellen untersucht worden. Als Havarie Fall ist in der maßgebenden Donau Wasserentnahme- und



Wasserrückleitungsanlage des Jahres 2032, die an einem unerwünschtem Platz (unter dem Warmwasserkanal) erfolgende teilweise Verschließung des Hauptflussbettes, in Folge eines Erdbebens untersucht worden.

Für die hydrodynamische Modelluntersuchung von Betriebsstörungen, Unfällen und Havarien ist die Untersuchung einer längeren Donau Strecke notwendig, deshalb ist hier ein 1D hydrodynamisches Modell verwendet worden.

### **FOLGEN DER BESCHÄDIGUNG DER KONSTRUKTIONEN ZUR REGULIERUNG DES WASSERS AUF DEM OBERLAUF**

Als ungünstigste Lage ist die unter der Donau Strecke von Bratislava verlaufende, zwischen den Hochwasserschutzdämmen bleibende Flutwelle aus dem Jahr 1965 auf einen Höchstwassertrag von 14 000 m<sup>3</sup>/s transformierte Flutwelle untersucht worden. Ein, die Überflutungsgrenze der Dammkrone am rechten Ufer der Donau am Standort des Kernkraftwerks von Paks (96,30 mBf) übersteigende, dieses Niveau überschreitende Wasserstand ist auch in Folge dieser oben untersuchter extremen Großwasserbelastung nicht entstanden.

### **UNTERSUCHUNG DER FOLGEN DES DURCH DEN ERDRÜTSCH DES STEILUFERS VERURSACHTEN FLUSSBETTVERÄNDERUNGEN DER DONAU**

Bei der Modelluntersuchung ist ein, an zwei Stellen stattfindender Erdbeben untersucht worden, einer über dem Kernkraftwerk von Paks, und einer bei Dunaszekcső. An beiden Stellen ist eine, durch den Erdbeben verursachte, große Versperrung angenommen worden, auf einer Länge von etwa 1 000 m, und die als maßgebend betrachtete (alle 20 000 Jahre wiederkehrende), in Budapest auf 12 200 m<sup>3</sup>/s transformierte Flutwelle von 1926 ist simuliert worden. In beiden Fällen kann festgestellt werden, dass die Folgen der angenommenen Erdbeben nicht bedeutend sind, im Fall des Erdbebens über Paks sinken die maximalen Wasserpegel um 5 cm, bei dem Erdbeben in Dunaszekcső steigen die höchsten Wasserstände um 13 cm.

### **PROGNOSE EINES EISSTAUS, UNTERSUCHUNG DER GROßWASSERWIRKUNG DURCH DIE ANWENDUNG EINES STRÖMUNGSMODELLS**

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, dass die Betroffenheit des Gebietes des Kernkraftwerks von Paks durch Eis-Hochwasser in Folge eines Eisstaus unter dem Kraftwerks bestimmt wird, und zwar in dem ungünstigstem eisigem Großwasser, bzw. durch eine Eissperre oder einem Eisstau verursachten großem Anstieg des Wasserstandes (was im allgemeinen in der Winterzeit bei einer geringen oder mittleren Wasserführung erfolgen kann).

Abgesehen von den derzeitigen Klimaveränderungstendenzen, ist bei den Untersuchungen die maßgebende Eissituation (Eisstau) aus dem Jahr 1965 als Grundlage genommen worden, außerhalb der damaligen maßgebenden Hochwasserpegel des Eistreibens, ist entsprechend der früheren Erfahrungen die Entstehung einer Eissperre auf einer Länge von etwa 5 km generiert worden, trotz der aus den Flussbettverhältnissen der Donau Strecke resultierenden Unempfindlichkeit bezüglich der Verstaung von Eisfeldern.

Als Ergebnis der hydraulischen Untersuchung kann auf jeden Fall festgestellt werden, dass die als ungünstigste beurteilten Großwasserstände von vereistem Wasser in der Umgebung des Kernkraftwerkes von Paks sich in einer Ebene der Kronenebene des Hochwasser Schutzwalls (95,90mBf) befinden. Anhand früherer Erfahrungen und Eishydraulik-Untersuchungen kann festgestellt werden, dass die Dauer der eine ungünstige Stufe erreichenden Eisverdeckung höchstens 2-3 Tage beträgt, wonach der den Stau verursachenden Eisstau/Eissperre zusammenbricht. In der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks muss man nicht mit einer Überschwemmung durch vereistes Wasser rechnen.

Das letzte große Hochwasser mit vereistem Wasser fand 1956 statt. In der Umgebung des Kernkraftwerks von Paks muss man mit einer Überschwemmung durch vereistes Wasser, wegen der klimatischen Veränderungen, dem Betrieb der Oberlauf Stauwerke, unter Berücksichtigung der Einsetzbarkeit der Eisbrecher-Flotte nur mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit rechnen. Die Eisbrecher Schiffe werden derzeit von den Organen für Wasserwesen (OVF und VIZIG) aufrecht erhalten, die Donau Flotte besteht aus 9 Schiffen.

## 12.2.6.2 Auswirkung der extremen natürlichen und künstlichen Umstände auf die Sicherheit der Kühlwasserentnahme bei extremen Niedrigwasser der Donau

### FOLGEN DER BESCHÄDIGUNG, DER NICHT BETRIEBSMÄßIGEN FUNKTION DER DEN OBERLAUF REGULIERENDEN BAUWERKE

Während einer nicht betriebsmäßigen Funktion des Stauwerkes von Dunacsúny (Wasserrückhalt zum Zwecke des Auffüllens des Speichers) - bei einem extremen Niedrigwasser der Donau - entstehen Ebbe-Wellen und diese erweitern sich in der Strömungsrichtung der Donau. Folgende Abbildung zeigt die mit einem eindimensionalen (1D) Strömungsmodell berechneten Ebbe-Wellen.

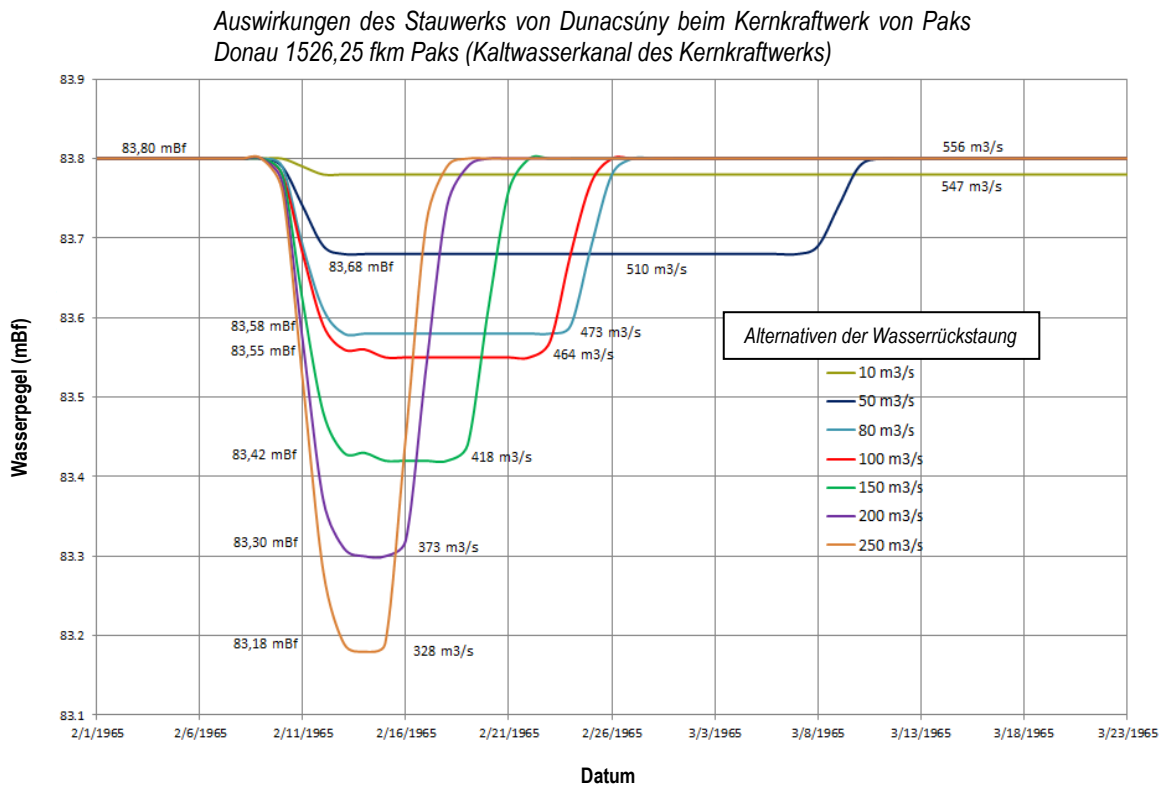


Abbildung 67: Auswirkung des mit Alternativen gekennzeichneten Wasserrückhaltes des Dammwerkes in Dunacsúny / Bős im alle 20000 Jahre vorkommenden Niedrigwasserzeitraum auf die Sicherheit der Wasserentnahme des Kernkraftwerks von Paks (Donau, 1526,5 fkm)

Die Wasserentnahmeniveaus für das Betriebs- und Sicherheitskühlwasser in der Wandung des vorhandenen Wasserentnahmewerks verlaufen folgendermaßen:

- ❖ Kritisches Wasserentnahmeniveau der Pumpen für Betriebskühlwasser (Kondensator Kühlwasser): 83,60 mBf, am Wandungswassermaß 83,60 mBf, in Abschnitt 1526,5 fkm der Donau 83,71 mBf (bei dem Wasserstandmaß von Paks, bei Abschnitt 1531,3 fkm der Donau: 83,98 mBf).
- ❖ Über einem Wasserrückhalt des Stauwerks von Bős von mehr als ~50 m³/s kann bezüglich der Betriebswasserentnahme ein kritisches Niveau entstehen, bei einer extremen, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden Niedrigwasserführung der Donau von 556 m³/s.
- ❖ Kritisches Wasserentnahmeniveau der Pumpen für Sicherheitskühlwasser: 83,50 mBf, am Wandungswassermaß, 83,50 mBf, in Abschnitt 1526,5 fkm der Donau 83,61 mBf (bei dem Wasserstandmaß von Paks, bei Abschnitt 1531,3 fkm der Donau: 83,88 mBf).
- ❖ Über einem Wasserrückhalt des Stauwerks von Bős von mehr als ~70 m³/s kann bezüglich der Sicherheitswasserentnahme ein kritisches Niveau entstehen, bei einer extremen, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden Niedrigwasserführung der Donau von 556 m³/s.

## **AUSWIRKUNG VON IN FOLGE VON EISSTAU, EISSPERREN ENTSTEHENDEN SITUATIONEN**

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, dass die Betroffenheit des Kraftwerks durch vereistes, extremes Niedrigwasser, in Folge einer über der Wasserentnahmestelle des Kraftwerks entstehenden Eissperre, zur Charakterisierung des Verlaufs der Kühlwasserentnahme bestimmt wird.

Eine Eissperre ist die extremste Form von einem Eisstau, sie schließt den gesamten Querschnitt eines Flusses ab. In solchen Fällen hört das Durchfließen des Wassers (zumindest theoretisch) für eine gewisse Zeit vollständig auf, die durchfließende Wasserführung fällt auf null zurück. Dieser Zustand besteht solange bis der Wasserpegel des vor der Eissperre aufgestauten Flusses das Kronenniveau der Eissperre erreicht, und das Wasser über die Sperre wegfließen kann. Danach wächst der Wasserertrag des Unterlaufes ständig, bis er den Ausgangswert seiner Wasserführung wieder erreicht.

Die Modellberechnungen sind für zwei alternative Höhen der Eissperren durchgeführt worden. Die Höhe der ersten Sperre betrug 15,34 m (Kronenhöhe von 93,0 mBf) welche das Hauptflussbett vollständig versperrt hat, vom tiefsten Punkt bis zur Kante des Ufers des Hauptbettes. Im zweiten Fall ist eine kleinere, realistischere Sperrengröße gewählt worden, die aber immer noch 10,34 m hoch gewesen ist (Kronenhöhe von 88,0 mBf).

Beide Berechnungen sind für eine, zum 84,24 mBf Niveau gehörenden, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden extremen Niedrigwasserführung von 544 m<sup>3</sup>/s (Donau 1580,6 fkm, Wasserstandmaß Dunaújváros) durchgeführt worden. Nach dem extremen Niedrigwasser der Donau im Jahr 1983 hat die VITUKI 1985 Berechnungen bezüglich den extremen Niedrigwasser-Situationen der Donau durchgeführt, über der Donau-Mündung des Kaltwasserkanals, unter der Annahme der Entstehung eines Eisstaus. (VITUKI, 1985.)

Bei den Untersuchungen wird zu Gunsten der Sicherheit von der Anrechnung der Folgen der Wassererträge der Donau aus den unterirdischen Gewässern abgesehen. Zu Gunsten der Sicherheit ist auch davon abgesehen worden, dass nach der Entstehung der Eissperren, ihre Folgen mit entsprechenden Eingriffen (Eisbrecher, Explosion) schneller verringert werden können.

Man kann in den Folgen der zwei, durch die Eissperren mit unterschiedlichem Kronenniveau verursachten Wellen der Ebbe große Unterschiede feststellen. Bei der Eissperre mit der Kronenhöhe von 93,0 mBf muss man mit einer Haltbarkeit des Sinkens des Wasserstandes von  $\Delta t = 60$  Stunden rechnen. Bei der niedrigeren Eissperre, mit der Höhe von 88,0 mBf verringert sich die Dauer des die Niedrigwasserpegel unterschreitenden Wasserstandes auf  $\Delta t = 40$  Stunden.

Die Kühlwasserversorgung kann im größeren Maß nur eine über dem Kaltwasserkanal entstehende Eissperre beeinflussen, dies aber auch nur im Falle vom extremen Niedrigwasser der Donau. Auf so ein Ereignis kann man sich aber mit großer Gewissheit vorbereiten. Zwischen dem Eistreiben und der Entstehung einer Eissperre müssen bis zu 10-15 sehr kalte Tage (tägliche Mitteltemperatur unter -10 C°) vergehen. Wenn all dies neben einer, alle 20 000 Jahre wiederkehrenden extremen Niedrigwasserführung (544 m<sup>3</sup>/s) erfolgt, dann muss dem eine mehrere Monate andauernde niederschlagslose Periode vorangegangen sein.

Auf der ungarischen Strecke der Donau wird der Schutz gegen das Eistreiben von einer Eisbrecher Flotte unterstützt. Wenn das oben aufgeführte, unerwartete Ereignis stattfinden sollte, dann kann mit Hilfe der Eisbrecher die Entstehung der Eissperre vermieden werden.

Man muss weiterhin erwähnen, dass nach dem Stauwerk von Dunacsúny und der Errichtung des Kraftwerks von Gabčíkovo auf der oberen Strecke der ungarischen Donau die Eisentstehung von "Null" beginnt. Das auf der oberen, österreichischen, slowakischen Strecke entstandene Eis wird vom Speicher in Hrusovi aufgehalten, so fließt unter dem Kraftwerk/Stauwerk sauberes Wasser ohne Eis runter. Die Eisentstehung startet also unter dem Kraftwerk erneut, wozu nur am Ende sehr kalter (es gibt noch keine Erfahrungen, wie kalt dies sein muss) Perioden so viel und ein so starkes Eis entstehen kann, was zur Entstehung einer Eissperre oder eines Eisstöpsels ausreichen würde.

Bei einem vorübergehenden Verlust des Kühlwassers, wenn bei den Betriebspumpen ein Wasserstand von 83,60 mBf, bei den Sicherheitspumpen ein Wasserstand von 83,50 mBf (Wandungswassermaß) nicht sichergestellt werden kann, und Wasserstände der Donau in der Höhe der Bodenniveaus des Bettes des Kaltwasserkanals von 81,0 - 81,5 mBf entstehen, kann die für eine Sicherheitskühlung erreichbare Wasserbasis der Wasserkörper der Donau und die Wasserbasisanlagen mit Filtern am Ufer an der Donau sein. In den extremen Situationen, wenn der Wasserstand der Donau 3-4 Tage lang extrem niedrig bleibt, nimmt die Wasserförderungsfähigkeit der Wasserbasisanlagen mit Filtern am

Ufer nicht spürbar ab, denn in diesen Fällen verstärkt sich der Nachschub der Grundwassergrande aus dem Hintergrund. Die Entleerung und die erneute Auffüllung der unterirdischen Grande ist ein deutlich langsamerer Prozess, der nicht nur durch die Donau beeinflusst wird.

### **BEWERTUNG DER FOLGEN VON EINSTÜRZEN UND ERDRUTSCHEN DES FLUSSUFERS**

Bei der Modelluntersuchung ist ein Erdbeben an einer Stelle untersucht worden - obwohl die Chance seiner Entstehung fast ausgeschlossen werden kann -, welches oberhalb der Wasserentnahmestelle des Kernkraftwerks von Paks entsteht. Es wurde ein Erdbeben angenommen, welches eine große Absperrung des Donaubettes auf einer Länge von etwa 1000 m verursacht, und ein als maßgebend betrachteter Zustand der Donau ist simuliert worden, welches einer extrem niedrigen Wasserführung von 579 m<sup>3</sup>/s (alle 20 000 Jahre wiederkehrend beim Wassermaß von Dombori, Donau 1506,8 fkm) entspricht. Man kann feststellen, dass die Folgen des angenommenen Erdbebens nicht bedeutend sind, unter der Stelle des Erdbebens ist ein Rückgang des Wasserstandes von einem (1 cm) Zentimeter zu beobachten, und darüber steigt der Wasserpegel um 30 cm, was sich etwa fünfzehn Kilometer höher schon vollständig in die Wasseroberfläche einfügt.

Die Auswirkungen auf die Sicherheit der Kühlwasserentnahme der außerordentlichen Ufer-Einstürze, oder Erdbeben am Ufer sind unbedeutend und vorübergehend, weil die Strömung der Donau dies ständig erodiert, wegträgt.

### **12.3 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNGEN AUF DIE DONAU BEI DER STILLLEGUNG VON PAKS II**

Die bei der Stilllegung von Paks II zu erwartenden Folgen bleiben hinter den Folgen der Errichtung und des Betriebs zurück. Eine detailliertere Analyse ist nur anhand der Stilllegungspläne (geplante Eingriffe und ihr zeitlicher Betrieb) des Standortes möglich.

## **13 UNTERSUCHUNG DER WASSERQUALITÄT DER DONAU UND ANDERER OBERFLÄCHENGEWÄSSER ANHAND DER WASSER RAHMENRICHTLINIE**

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) der Errichtung und des Betriebes von Paks II. haben wir im Laufe von 2012 und 2013 erfolgreiche Untersuchungen und Bewertung nach der Rahmenleitlinie für Gewässer in den Abschnitten 1560,6 und 1481,5 laufender Flußlaukilometer (fkm) der Donau, weiterhin in mehreren, mit der Donau unmittelbar oder mittelbar in Verbindung stehenden Gewässerkörper durchgeführt.

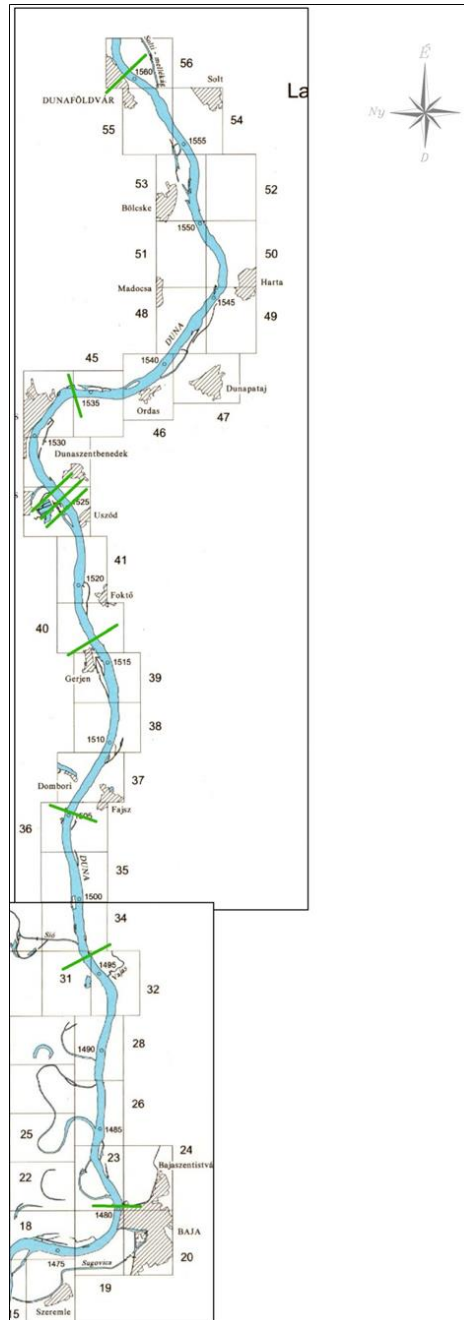


Abbildung 68: Übersichtslagezeichnung der in den Jahren 2012 und 2013 untersuchten Donauabschnitte

Zielsetzung der Untersuchung ist die Prüfung der Umwelteinflüsse während der Errichtung, des Betriebes und der Stilllegung der Investition Paks II., die Bestimmung dieser auf der Grundlage der Gesichtspunkte der Rahmenleitlinie für Gewässer. Den Untersuchungsplan haben wir diesen grundsätzlichen Erfordernissen entsprechend so gestaltet, dass wir die folgenden gleichermaßen beachtet und abgestimmt haben:

- (1) die Ausführungen der Regierungsverordnung 314/2005. (XII.25.) über die Umweltverträglichkeitsstudien und das Genehmigungsverfahren der Nutzung der Umwelt,
- (2) das Betrachtungssystem der Rahmenleitlinie für Gewässer Nr.: 2000/60/EG, des Landesplanes für Bewirtschaftung des Wassereinzugebietes und der darin enthaltenen Standards, Empfehlungen des Monitoring,
- (3) der bezogenen Regel der Verordnung 31/2004 (XII. 30.) KvVM bezüglich einzelnen Regelungen über die Beobachtung und Zustandsbewertung der oberirdischen Gewässer, weiterhin
- (4) die Ergebnisse der früheren Forschungen auf dem Gebiet,

- (5) die im Vorhergehenden Konsultationsdokumentum (EKD) formulierte behördliche Auffassung Nr.: 8588-32/2012 der Aufsicht für Umweltschutz, Naturschutz von Süd-Transdanubien,  
 (6) die theoretischen, praktischen Überlegungen des Monitoring der untersuchten biologischen Elemente.

### 13.1 UNTERSUCHUNGEN DES IST-ZUSTANDES

Im Rahmen der Untersuchung der Donau in den Jahren 2012 und 2013 wurde die Analyse der unten stehenden physikalischen und chemischen Komponenten durchgeführt.

Komponente	Maßeinheit	Gruppen der Gewässerqualität nach VKI
pH		Zustand Versäuerung
Leitfähigkeit	µS/cm	Salzgehalt
Gelöster Sauerstoff	mg/l	Sauerstoffhaushalt
Sauerstoffsättigung	%	Sauerstoffhaushalt
BOI5	mg/l	Sauerstoffhaushalt
KOIk	mg/l	Sauerstoffhaushalt
Ammonium-N (NH4+-N)	mg/l	pflanzliche Nährstoffe
Nitrit-N (NO2--N)	mg/l	pflanzliche Nährstoffe
Nitrat-N (NO3--N)	mg/l	pflanzliche Nährstoffe
Gesamt N	mg/l	pflanzliche Nährstoffe
Ortophosphat (PO4-P)	µg/l	pflanzliche Nährstoffe
Gesamt Phosphor	µg/l	pflanzliche Nährstoffe
Cd	µg/l	Metalle
Hg	µg/l	Metalle
Ni	µg/l	Metalle
Pb	µg/l	Metalle
As	µg/l	Spezifische Verunreinigungen (gefährliche chemische Elemente)
Zn	µg/l	Spezifische Verunreinigungen (gefährliche chemische Elemente)
Cr	µg/l	Spezifische Verunreinigungen (gefährliche chemische Elemente)
Cu	µg/l	Spezifische Verunreinigungen (gefährliche chemische Elemente)
TPH	µg/l	
Wassertemperatur	0C	
Schwebmaterial gesamt	mg/l	
Basizität gesamt	mmol/l	
Nitrat (NO3-)	mg/l	
Nitrit (NO2-)	mg/l	
Ortophosphat	µg/l	
Ammonium (NH4+)	mg/l	
Zyanid gesamt	mg/l	

Tabelle 43: Auflistung der physischen und chemischen Elemente bezüglich der Donau, mit VKI Wasserqualitätsgruppen

Im Falle der angeführten Komponente haben wir angegeben, in welche VKI Einstufungsgruppe die gegebene Komponente gehört. Während der früheren Untersuchungen haben wir nicht nur nach VKI eingestuft, deshalb sind unter diesen Untersuchungen solche Elemente vorhanden, die laut der Verordnung nicht in die Gruppen der Gewässerqualität einbezogen wurden.

Von den biologischen Elementen haben wir sämtliche Lebewesengruppen - Phytoplanktons (FP), Phytobenton (FB), Makrophyten (MF), makroskopische wirbellose Wasserlebewesen (MZB), Fische laut der Rahmenleitlinie für Gewässer (Leitlinie 2000/60/EG), bzw. der Verordnung 31/2004 (XII. 30.) KvVM über einzelne Regeln der Beobachtung und Zustandsbewertung der oberirdischen Gewässer untersucht.

Bezüglich der physikalischen und chemischen Parameter geben wir jene Donauabschnitte bekannt, in denen im Rahmen des Programmes die in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführten Untersuchungen (PR), weiterhin jene, in denen uns die Ergebnisse von Grundnetz für Gewässerqualität (VmTH) verarbeitet haben.



I.Nr.	Bezeichnung des Abschnittes	Donau fkm	Nummer des Abschnittes	Unterungsjahr	Nummer der untersuchten PR	Bemerkung
1	Dunaföldvár (Straßenbrücke)*	1560.6	0	2013	2	entfernter Donau Obergewässer abschnitt PR+VmTH Untersuchungen.
2	Paks (Fähre)	1534,0	1	2012	12	Abschnitt nahe Donau Obergewässer PR Untersuchungen.
3	Paks Warmwasserkanal	1526,0	2	2012	12	direkte Wirkungen Untergewässerabschnitt PR Untersuchungen.
4	Nagysarkantyú	1525.3	3	2012	12	direkte Wirkungen Untergewässerabschnitt PR Untersuchungen.
5	Uszód	1524.7	4	2012	12	direkte Wirkungen Untergewässerabschnitt PR Untersuchungen.
6	Gerjen-Foktó	1516,0	5	2012	12	direkte Wirkungen Untergewässerabschnitt PR Untersuchungen.
7	Fadd-Dombori*	1506.8	6	2013	6	entfernter Unterwasserabschnitt. PR+VmTH Untersuchungen
8	Sió-Süd (Gemenc)	1496,0	7	2013	6	entfernter Unterwasserabschnitt. PR Untersuchungen
9	Baja (Straßenbrücke)	1481.5	8	2013	2	entfernte Unterwasserabschnitt PR Untersuchungen

Tabelle 44: Untersuchte Donau-Abschnitte und ihre sonstigen Merkmale

Dier Abgrenzung der Untersuchungsgebiete haben wir bezüglich der biologischen Elemente in neun Abschnitten der Donau zwischen den laufenden Kilometer 1560,6 und 1481,5 durchgeführt, ein Oberwassersegment Dunaföldvár, Paks Fähre), eine naher Unterwassersegment (Warmwasserauslauf, Buhne, Uszód), ein mittelfernter (Gerjen, Dombori) und ein entfernter Unterwassersegment Sió-Süd (Gemenc).

Die Anzahl der Entnahmestellen der Proben war im Falle von Phytoplanktons drei (rechter Ufer, Mitte, linker Ufer), bei den anderen Gruppen der Lebewesen zwei (rechter Ufer, linker Ufer). Der untersuchte Donauabschnitt gehört zu dem Wasserkörper mit der Bezeichnung HURWAEP444 "Donau zwischen Szob-Baja". Darüber hinaus ist dieser Abschnitt der Donau Teil des Gebietes der HUDD20023 der Tolnaer Donau mit der Bezeichnung SCI NATURA 2000. Neben der Donau haben wir die "Tote Donau" von Fadd (HULWAIH066) in zwei Abschnitten, den Anglerteich von Paks und den Kondor-See (HULWAIH066) in je einem Abschnitt, die "Nördliche Tote Donau" von Tolna (HULWAIH136) in zwei Abschnitten, weiterhin den Siókanal (HURWAEP959) in einem Abschnitt untersucht.

Zeitpunkt der Entnahme der Proben war 2012. Darüber hinaus haben wir je nach territorialer Erweiterung auf den mittleren-entfernten Unterwasserabschnitten der Donau, weiterhin auf der Nördlichen Toten-Donau von Tolna und auf dem Siókanal Proben entnommen. Die Methode der Probeentnahme entspricht bezüglich aller Gruppen der Lebewesen den Erfordernissen von VKI, es ist quantitativ gewesen. Die Qualifizierung der Gewässerkörper geschah ebenfalls nach dem System der Gesichtspunkte von VKI. Im Falle von jenen Typen von Gewässerkörpern, bei denen es keine allgemein anerkannte Methode der Qualifizierung vorhanden ist, haben wir die individuelle Qualifizierung nach Gesichtspunkten von VKI angewendet. Solche ist im Falle von Makrozoobenton die Qualifizierung von stehenden Gewässern auf der Grundlage des in der internationalen Literatur allgemein verbreiteten Familienpunktsystems, weiterhin bei Fischen die Qualifizierung von stehenden Gewässern nach der auch im Plan für Bewirtschaftung des Wassereinzugsgebietes vorhandenen Methode (Halasi-Kovács et al 2009).

### 13.1.1 BEWERTUNG DER DATEN DES NATIONALEN ARCHIVS BEZÜGLICH DER UNTERSUCHTEN DONAU-STRECKE

#### 13.1.1.1 Physikalische-chemische Variablen

Der untersuchte Abschnitt der Donau, der vom Standort des Kernkraftwerkes Paks nördlich liegt - das ist der Oberwasserabschnitt, - erstreckt sich 34 km, und nach Süden - das ist der Unterwasserabschnitt, - etwa 45 km. Zu diesem Abschnitt gehören zwei Stammnetzsegmente, die Stationen Dunaföldvár und Fajsz. Die Qualifizierung nach VKI Vorschriften bezüglich des Donauabschnittes für die Zeitperiode haben wir durch die Verarbeitung der archivierten wasserchemischen Daten 2007-2011 (Fajsz-2012) charakterisiert und durchgeführt.

Die Aufbereitung durch die Methode der linearen Tendenzuntersuchung der Untersuchungsergebnisse liefert die Grundlage für die Untersuchung der zu erwartenden zeitlichen Veränderung der wasserchemischen Komponente bedingt durch die Erhöhung der Wassertemperatur der Donau.

Im Rahmen der Untersuchung der durch die Erhöhung der Wassertemperatur verursachten Veränderung untersuchen wir die folgenden Komponentengruppen.

Zustand der Versäuerung: pH

Salzgehalt: Leitfähigkeit

Charakteristik des Sauerstoffhaushaltes: gelöster Sauerstoff, Sauerstoffsättigung BOI5, KOIk, Ammonium-N ( $\text{NH}_4^{++}\text{-N}$ ), Nitrit-N ( $\text{NO}_2^{--}\text{-N}$ )

Pflanzliche Nährstoffe: Nitrat-N ( $\text{NO}_3^{--}\text{-N}$ ), Gesamtstickstoff, Gesamtphosphor, Orthophosphat ( $\text{PO}_4^{3--}\text{-P}$ ),

Metalle: Cd, Hg, Ni und Pb

Spezifische Verunreinigungen (gefährliche chemische Elemente): Zn, Cu, Cr, As

#### AUF DER GRUNDLAGE VON ARCHIVDATEN DURCHGEFÜHRTE QUALIFIZIERUNG DES DONAUABSCHNITTES NACH ZERTIFIZIERUNG VON VKI

Die Zertifizierung des untersuchten Donauabschnittes (1560.6-1507.6 fkm) haben wir zwischen 2007-2011. im Falle von Fajsz auf der Grundlage der Durchschnittswerte der bis 2012 durchgeführten Untersuchungen erstellt.

Zu der Bewertung der Archivdaten haben wir auch die 2007 fertiggestellte, in den Anlagen von VGT-k 5\_1 angeführte, aus der Tabelle der Zustandsanalyse nach dem landesweiten Grenzwertsystem der VKI der Wasserkörper entnommene Zertifizierung bezüglich der physikalisch-chemischen Elemente des Wasserkörpers für den Abschnitt der Donau zwischen Szob und Baja beigefügt. In dieser Tabelle haben wir zur Information auch die Zertifizierung bezüglich des Wasserkörpers der Donau HURWAEP445 zwischen Baja-Hercegszántó mitgeteilt.

Den Zustand der Versäuerung stufen wir auf der Grundlage des Durchschnittes der Untersuchungsergebnisse in der Untersuchungsperiode als gut ein.

Den Zustand des Salzgehaltes stufen wir auf der Grundlage des Durchschnittes der Untersuchungsergebnisse in der Untersuchungsperiode als ausgezeichnet ein.

Der Durchschnittswert des Zustandes von Sauerstoffhaushalt ist 4,5. Aufgrund der Methodik der VKI Bewertung stufen wir es als gut ein.

Der Durchschnittswert der Zustandsklasse von den pflanzlichen Nährstoffen beträgt 4,2. Aufgrund der Methodik der VKI Bewertung stufen wir es als gut ein.

Der Durchschnittswert der Zustandsklasse von den Metallen beträgt 4,5. Aufgrund der Methodik der VKI Bewertung stufen wir es als gut ein.

Wir können den Abschnitt der Donau Dunaföldvár-Fajsz aufgrund der zwischen 2007-2011 (2012) durchgeführten Untersuchungen der Wasserqualität hinsichtlich des ökologischen Zustandes als gut, bezüglich der spezifischen Verschmutzungen (gefährliche chemische Elemente) als gut, zufriedenstellend einstufen. Die Einstufung bezüglich der physikalisch-chemischen Elementengruppen der Donau zwischen Baja-Hercegszántó stimmt mit dem Abschnitt der Donau zwischen Dunaföldvár-Fajsz überein.

Dieses Bewertungsergebnis (ausgenommen die Versäuerung - gut) stimmt mit dem der 2010 fertiggestellten, in der Anlage VGT 5\_1 angeführten Ergebnis laut der Zustandsanalyse laut Grenzwertsystem der Wasserkörper der VKI überein, was wir in der Tabelle 46: Bewertung des VKI Zustandes des Wasserkörpers angegeben haben.

	Kode der Probeentnahmestelle	101180039		101178210		101178933		101179653		101178232		Gruppen der Gewässerqualität
	Ort der Monitoring	Dunaföldvár						Fajsz		Hercegszántó		laut VKI
		linker Ufer		Strömungslinie		rechter Ufer						
	Abschnittsnummer der lfd. Donau km	1560.6 fkm		1560.6 fkm		1560.6 fkm		1507.6 fkm		1433.0 fkm		
KAJ	Parameter der Wasserqualität	St	Durchschn.	St	Durchschn.	St	Durchschn.	KAJ	Parameter der Wasserqualität	St	Durchschn.	
156075	pH (Labormessung)	97	8.2	97	8.2	97	8.2	156075	pH (Labormessung)	97	8.2	
155201	Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	86	23.7	86	24.1	86	24.4	155201	Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	86	23.7	mg/l
159469	Leitfähigkeit	97	405	97	414	97	424	159469	Leitfähigkeit	97	405	µS/cm
158420	Sauerstoff (gelöst) (O <sub>2</sub> )	97	10.0	97	10.0	97	9.8	158420	Sauerstoff (gelöst) (O <sub>2</sub> )	97	10.0	mg/l
159487	gelöster Sauerstoff (Sauerstoffsättigung in %)	97	91.9	97	91.9	97	90.5	159487	gelöster Sauerstoff (Sauerstoffsättigung in %)	97	91.9	%
158970	Biochemischer Sauerstoffbedarf (BOI <sub>5</sub> )	97	2.7	97	2.7	97	2.7	158970	Biochemischer Sauerstoffbedarf (BOI <sub>5</sub> )	97	2.7	mg/l
159001	original Sauerstoffverbrauch (KOI <sub>d</sub> )	97	12.0	97	11.9	97	11.9	159001	original Sauerstoffverbrauch (KOI <sub>d</sub> )	97	12.0	mg/l
156754	Ammoniak-Ammonium-Stickstoff (NH <sub>3</sub> -,NH <sub>4</sub> --N)	97	0.074	97	0.064	97	0.064	156754	Ammoniak-Ammonium-Stickstoff (NH <sub>3</sub> -,NH <sub>4</sub> --N)	97	0.074	mg/l
160551	Nitrit-Stickstoff (NO <sub>2</sub> -N)	97	0.026	97	0.020	97	0.019	160551	Nitrit-Stickstoff (NO <sub>2</sub> -N)	97	0.026	mg/l
160560	Nitrat-Stickstoff (NO <sub>3</sub> -N)	97	2.0	97	2.0	97	2.0	160560	Nitrat-Stickstoff (NO <sub>3</sub> -N)	97	2.0	mg/l
159405	Gesamtstickstoff (N)	97	2.6	96	2.7	97	2.7	159405	Gesamtstickstoff (N)	97	2.6	mg/l
	Ortosphosphat-P (PO <sub>4</sub> -P)	97	57.1	97	58.0	97	53.5		Ortosphosphat-P (PO <sub>4</sub> -P)	97	57.1	µg/l
158154	Gesamtphosphor (P)	97	0.11	97	0.11	97	0.11	158154	Gesamtphosphor (P)	97	0.11	mg/l
157601	Cadmium (gelöst) (Cd)	57	0.090	56	0.060	57	0.062	157601	Cadmium (gelöst) (Cd)	57	0.090	µg/l
157472	Quecksilber (gelöst) (Hg)	57	0.075	56	<0,05	57	0.050	157472	Quecksilber (gelöst) (Hg)	57	0.075	µg/l
157885	Nickel (gelöst) (Ni)	57	0.7	56	0.8	57	0.7	157885	Nickel (gelöst) (Ni)	57	0.7	µg/l
158099	Blei (gelöst) (Pb)	57	1.9	56	<0,5	57	<0,5	158099	Blei (gelöst) (Pb)	57	1.9	µg/l
157665	Chlorophyll-a	96	28.0	96	27.9	96	28.3	157665	Chlorophyll-a	96	28.0	µg/l
120498	Arsen (As)	6	1.8	6	1.6	6	1.6	120498	Arsen (As)	6	1.8	µg/l
157050	Zink (gelöst) (Zn)	57	4.9	56	5.5	57	4.7	157050	Zink (gelöst) (Zn)	57	4.9	µg/l
120434	Chrom insgesamt (Cr)	6	0.6	6	0.7	6	0.5	120434	Chrom insgesamt (Cr)	6	0.6	µg/l
156204	Kupfer(gelöst) (Cu)	57	3.7	56	1.8	57	1.7	156204	Kupfer(gelöst) (Cu)	57	3.7	µg/l

Tabelle 45: Durchschnittswerte der Stammnetzuntersuchungen zwischen 2007 und 2011, mit einer Bewertung entsprechend der VKI Gesichtspunkten

VGT- 5-1.1. Anhang: Zustand der oberirdischen Wasserkörper - ökologischer Zustand der fließenden Wasserkörper

Untereinheit	Direktion der Wasserwirtschaft	Wasserkörper-kategorie	vt-VOR	Bezeichnung des Wasserkörpers	physikalisch-chemische Elemente					
					organische Stoffe	Nährstoffe	Salzgehalt	Säuregehalt	Zustand der physikalisch-chemischen Komponenten	Die Zuverlässigkeit der physikalisch-chemischen Klassifizierung
1-10	3	natürlich	AEP444	Donau zwischen Szob-Baja	gut	gut	hoch	hoch	gut	Durchschnitt

Tabelle 46: Bewertung des VKI Zustandes des Wasserkörpers HURWAEP444 der Donau zwischen Szob-Baja (Typ 24)

### 13.1.1.2 Biologische Elemente

Neben der Bewertung der Ergebnisse der Untersuchungen haben wir auch die Archivdaten bezüglich des untersuchten Abschnitts der Donau zwischen Dunaföldvár-Baja zusammengestellt und bewertet. Man konnte aus diesen die folgenden Feststellungen ableiten.

- Man hat in dem gegebenen Abschnitt der Donau, hervorgehoben die Umgebung des Kernkraftwerkes Paks in den letzten 15 Jahren regelmäßig hydrobiologisch Untersuchungen durchgeführt. Als Ergebnis dieser verfügen wir über Archivdaten von Phytoplanktons, Phytobenton, Makrozoobenthos und Fischgemeinschaften. Die früheren Makrophyten Untersuchungen liefern Informationen ausschließlich über das terrestrische Gebiet des Kernkraftwerkes Paks.
- Die zur Festlegung des umfassenden, den Rahmenleitlinien für Gewässer entsprechenden ökologischen Zustandes ermöglichenden, kohärenten Archivdatenreihen stehen als Ergebnis der 2009-2010 durchgeführten Untersuchungen (Kék Csermely Kft. 2010) zur Verfügung, dagegen kann man bezüglich der einzelnen Lebewesengruppen bewertbare Daten laut VKI nur sporadisch finden.
- Die Zustandsbewertung laut VKI Gesichtspunkten der Erhebung zwischen 2009-2010 signalisiert, dass in dem Donauabschnitt bei Paks die Phytoplanktons (FP) guten, die Phytobenton (FB) gemäßigten, die Makrozoobenthos (MZB) gemäßigten und die Fischgemeinschaften guten Zustand aufweisen. Nach dem Grundprinzip der Bewertung "eins ist schlecht, alle sind schlecht" folgend ist der ökologische Zustand der Donau gemäßigt. Laut der Bewertung nach VKI Gesichtspunkten kann es zwischen dem Oberwasser und dem Unterwasser nach der Ausstoß von dem KKW Paks keine nachweisbare - einen Klassenunterschied bewirkende Differenz nachgewiesen werden.
- Die Archivdaten beweisen, dass sich der Donauabschnitt mit der Bezeichnung HURWAEP444 zwischen Dunaföldvár-Baja in gemäßigtem ökologischem Zustand befindet. Innerhalb dessen widerspiegeln die Phytoplanktons und die Fische charakteristisch einen guten, die Daten der Phytobenton und die Makrozoobenthos einen gemäßigten Zustand.
- Auf der Grundlage des Bewirtschaftungsplanes des Teil-Wassereinzugsgebietes der Donau ist der ökologische Zustand des gesamten einheimischen Abschnittes der Donau gemäßigt. Dies kann man teilweise auf qualitative, aber auch mit ähnlichem Gewicht auf hydromorphologische Gründe zurückführen. Der gute ökologische Zustand des Abschnittes der Donau mit der Bezeichnung HURWAEP444 kann laut der Pläne bis 2027 erreicht werden (VKKI 2010).
- Bezüglich der Emission des Kühlwassers vom Kernkraftwerk Paks haben wir ebenfalls Archivdaten. Die physiologischen Untersuchungen von Algen weisen darauf hin, dass die Intensität der Photosynthese von Algen in dem Warmwasserkanal geringer als in dem Kaltwasserkanal ist, damit ist bewiesen, dass die Biomasse der Algen während des Durchlaufs durch das Kühlsystem in kleinem Ausmaß geschädigt wird. Gleichzeitig aber haben die Entnahmen von Proben aus der Donau den Einfluss der Emission weder bezüglich der Phytoplanktons (FP) noch der Phytobenton (FB) nachgewiesen. Auf der Grundlage der Ergebnisse der ökologischen Untersuchungen der Makrozoobenthos (MZB) und der Fischgemeinschaften mit feiner Skala konnte die Wirkung der Temperaturbelastung durch das emittierte Kühlwasser etwa in einem Abschnitt von 2 km nachgewiesen werden (Halasi-Kovács 2005, Kék Csermely Kft. 2010). Es hat bezüglich von MZB primär qualitative, wobei bei den Fischgemeinschaften eher quantitative Veränderungen bewirkt.
- Wir haben die Daten der Nutzung durch Fischerei und Angeln des Abschnittes Paks der Donau von 2000 an untersucht. Diese all zeigen den stufenweisen Rückgang des Fanges durch die Fischerei und Angeln gleichermaßen. Der Rückgang ist in den Jahren 2011 und 2012 zum Stehen gekommen, in diesen Jahren war ein geringfügiger Anstieg erneut zu beobachten. Man kann insgesamt einerseits wegen der bedeutenden Unsicherheit der Fangdaten durch das kleine Gebiet, andererseits durch die für die Donau charakteristische, von den Aussetzungs- und Fangdaten der anderen großen Flüsse in großem Maße abweichende Struktur (Halasi-Kovács és Váradí 2012) keinen Zusammenhang zwischen der quantitativen Veränderung in dem Nutzungsergebnis der Donaufische nachgewiesen.
- Teilweise wegen der sporadischen Art der Archivdaten, weiterhin wegen ihrer geringeren Zuverlässigkeit, teilweise dadurch bedingt, dass die Grunddaten der in den Jahren 2012-2013 durchgeführten Untersuchungen in entsprechender Menge und Qualität, die noch dazu von den früheren Untersuchungen auf abweichende Art durchgeführt wurden, eine vollständig kohärente Datenreihe zur Durchführung der Analysen bereitgestellt haben, hat man während der Umweltverträglichkeitsprüfung von Paks II. die von den Archivdaten ableitbaren

Schlussfolgerungen beachtet, aber für die Analysen haben wir ausschließlich die Ergebnisse der 2012-2013 durchgeführten Untersuchungen genutzt. Die Ergebnisse der Enthemme von Proben von 2009-2010 haben wir während der Bewertung als Kontrolle genutzt.

### 13.1.2 IST-ZUSTAND DER UNTERSUCHTEN DONAU-STRECKE (1560.6 FKM-1481.5 FKM)

Wir haben den untersuchten Donauabschnitt aufgrund der Archivuntersuchungen von 2006-2011, weiterhin der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen von 2012 und 2013 charakterisiert. Die hydrologischen Charakteristiken dieser Zeitperiode zeigen wir auf den unten folgenden Abbildungen.

Die Bewertung der Abschnitte haben wir auf der Grundlage der Grenzwerte der VKI bezogen auf das Donauwasser durchgeführt.

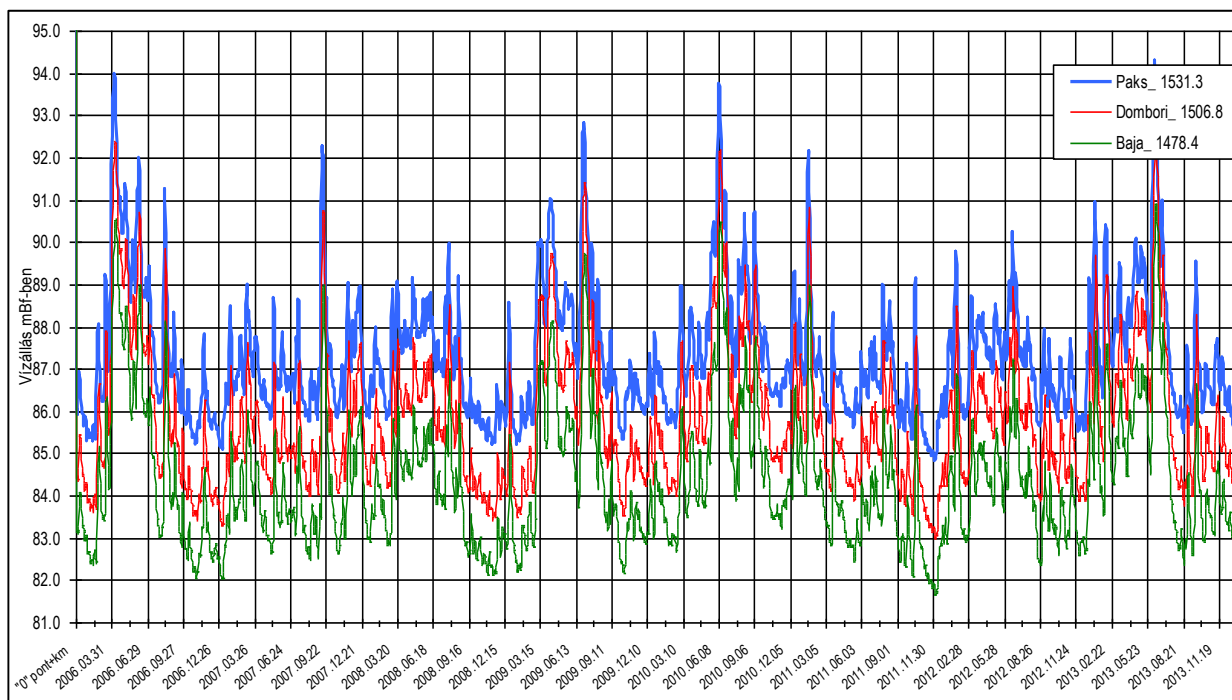


Abbildung 69: Flussregiem der Donau (Paks-Dombori-Baja) zwischen 2006-2013



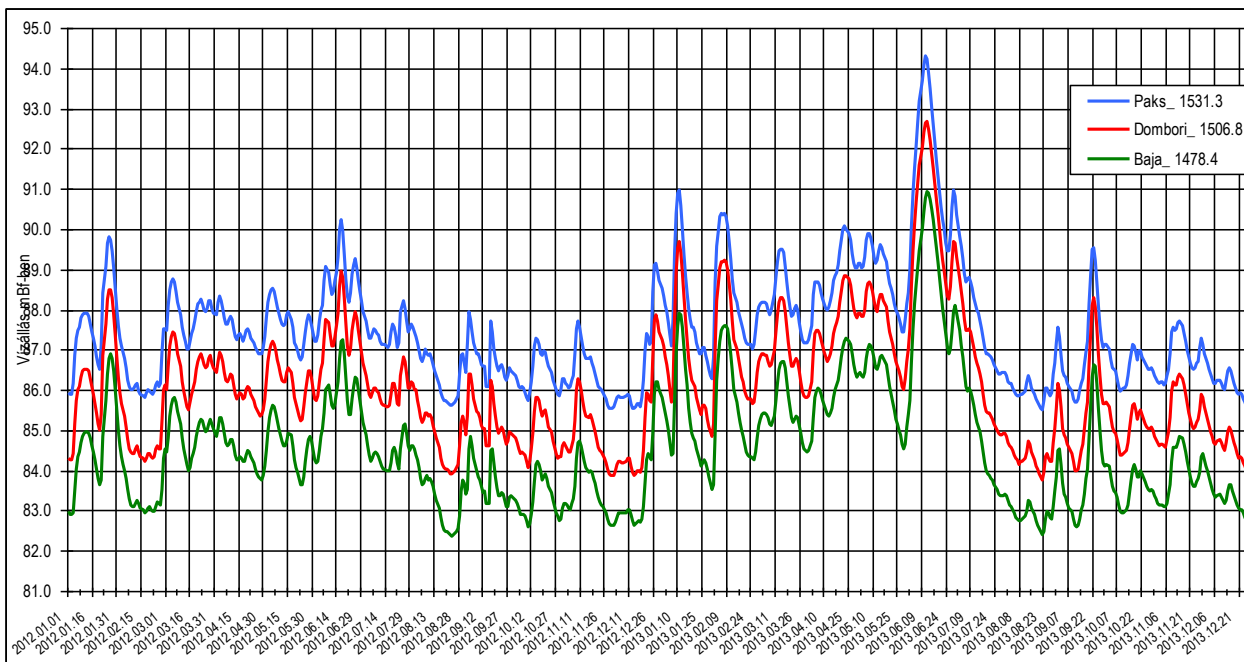
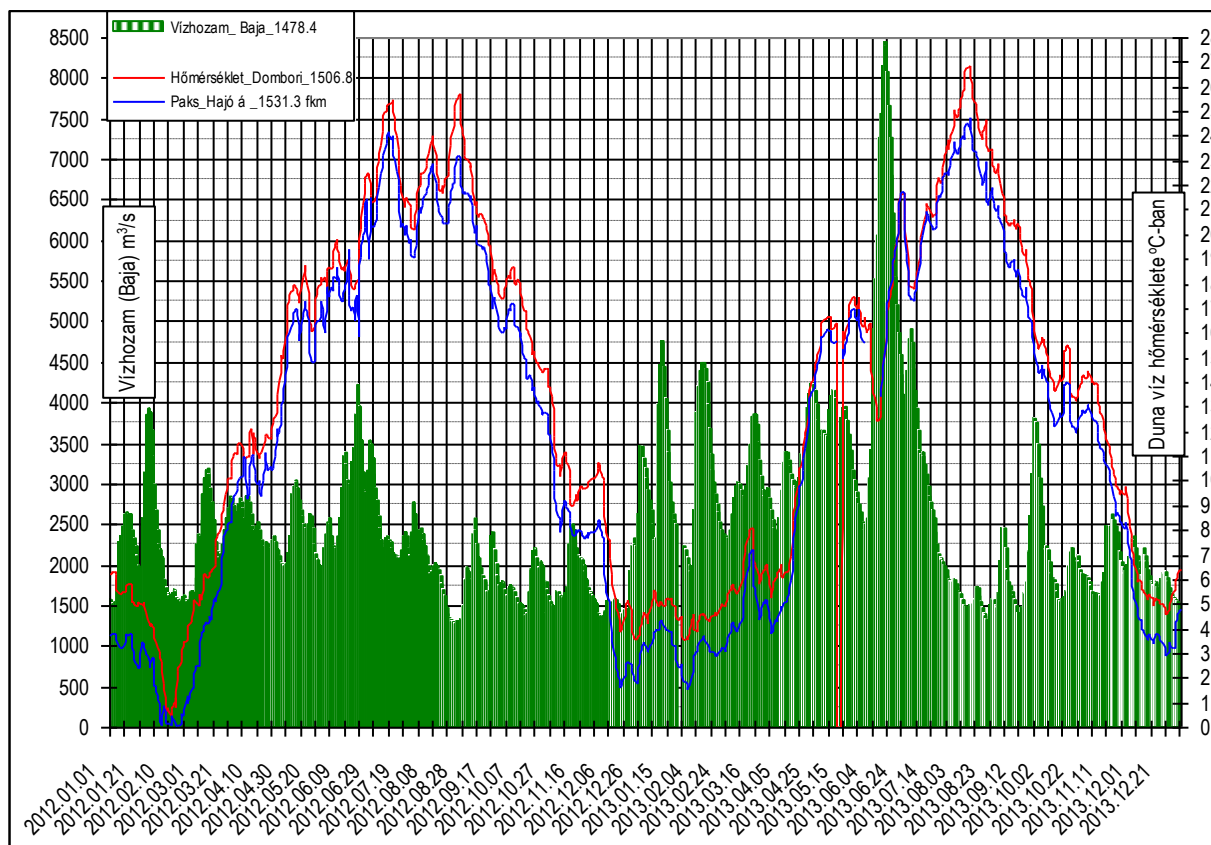
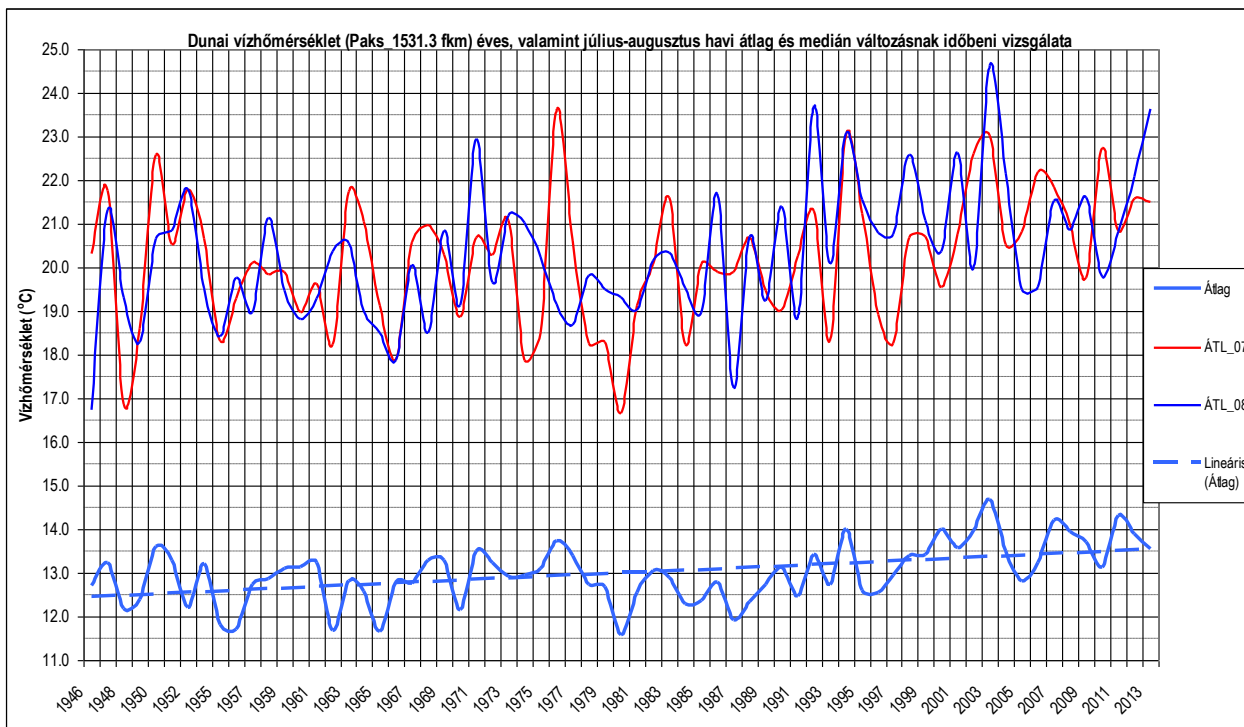


Abbildung 70: Flussregiem der Donau (Paks-Dombori-Baja) zwischen 2012-2013



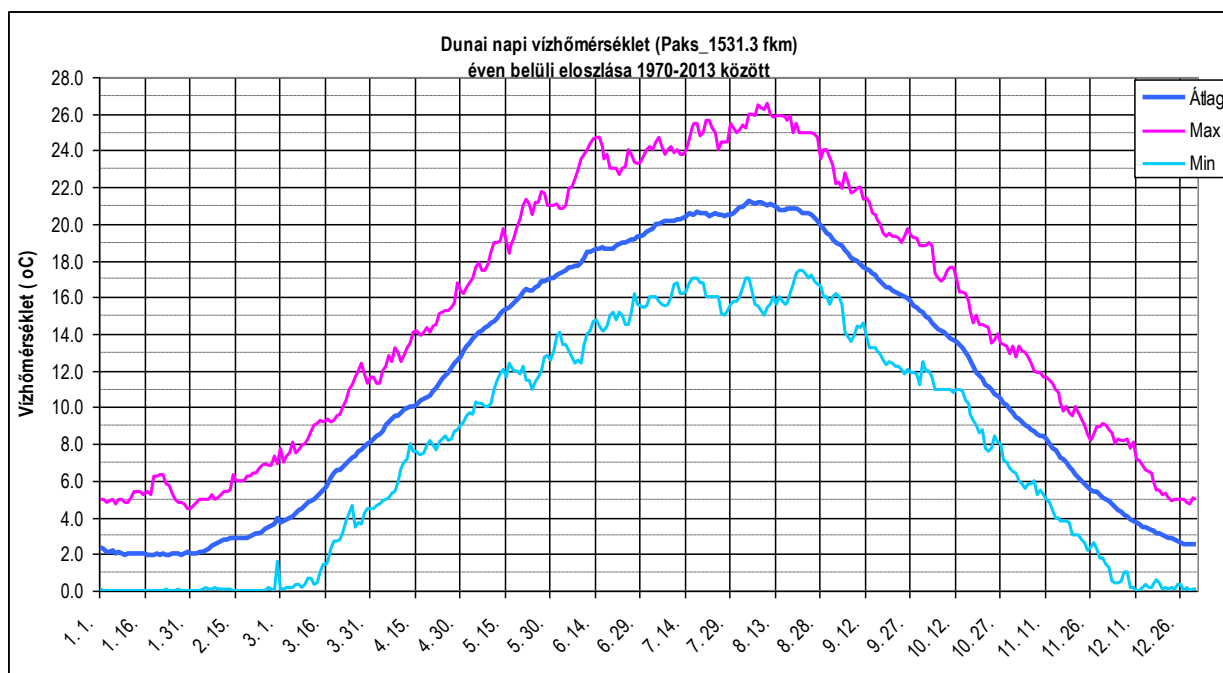
Vizhozam – Wasserführung  
 Duna víz hőmérséklete – Wassertemperatur der Donau

Abbildung 71: Veränderung der Wasserführung und der Wassertemperatur der Donau (Paks-Dombori-Baja) in 2012-2013



átlag – Durchschnitt  
 vízhőmérséklet – Wassertemperatur

Abbildung 72: Zeitliche Untersuchung der jährlichen durchschnittlichen Veränderung der Wassertemperatur der Donau (Paks) zwischen 1970-2013



átlag – mittlere  
 vízhőmérséklet – Wassertemperatur

Abbildung 73: Untersuchung der täglichen Wassertemperatur der Donau (Paks) innerhalb des Jahrws, zwischen 1970-2013

## **BEWERTUNG DES OBERWASSERABSCHNITTES DER DONAU**

Dunaföldvár	1560.6 fkm	guter Zustand
Paks Fähre	1533.5 fkm	guter Zustand

Tabelle 47: Oberwasser Donauabschnitt anhand physischer-chemischer Parameter (1560.6-1533.5 fkm) VKI Bewertung

### **Der Abschnitt 1560,6-1533,5 fkm der Donau (HURWAEP444 Wasserkörper) ist aufgrund der Ergebnisse der Bewertung der physikalisch-chemischen Parametern laut VKI in gutem Zustand.**

In dem Oberwasserabschnitt gehören die dominanten Komponenten der Biomasse in allen Zeitperioden zu der Ordnung der Centrales gehörenden Kieselalgen. Die Probeentnahmeeinheiten zeigen bezüglich der Konzentration der Biomasse und Chlorophyll-a sogar in der identischen Zeitperiode bedeutendere Streuung. Die Ergebnisse der Probenahme von 2012 und 2013 signalisieren das, dass in der gleichen Zeitperiode im Jahre 2012 höhere Biomassenwerte charakteristisch waren. Gleichzeitig kann man bei den Abweichungen unter den Jahren von Zeit zu Zeit größere Veränderungen registriert werden. Die bekräftigt gleichzeitig die Tatsache, dass die Ergebnisse der in zwei unterschiedlichen Jahren entnommenen Proben sich gegenseitig bekräftigen, diese liefern auch für längere Zeitebenen fundierte Ergebnisse. Die mit dem höchsten Biomassenwert zu charakterisierende Zeit sind März und August, dagegen die geringsten Biomassawerte haben sich September, Oktober und November ergeben.

Auf der Grundlage der Zustandsbewertung der Mustereinheiten des Oberwasserabschnittes kann man die folgenden Feststellungen ableiten.

- (1) Unter den einzelnen Mustereinheiten können auch in der gegebenen Zeitperiode der Entnahme von Proben Abweichungen mit Klassenunterschied vorkommen.
- (2) In den untersuchten Abschnitten kann der höchste Biomassenwert in allen Perioden charakteristisch in der Strömungslinie gemessen werden, gleichzeitig ist aber dieser Abweichung nicht so groß, dass dies eine Veränderung von Klassenunterschied laut des Querschnittes bewirken würde.
- (3) Eine Abweichung mit Klassenunterschied konnte auch zwischen den in der gleichen Periode des gegebenen Jahres entnommenen Proben nachgewiesen werden.
- (4) Die jahreszeitliche Dynamik der FP Biomasse widerspiegeln die Werte der Bewertung gut.
- (5) Die robuste, fünfstufige Skala von VKI ist für die feineren Veränderungen nicht empfindlich.
- (6) Bezüglich der Wirkungsstudie bedeutet den meistkritischen Zustand die Sommerperiode. Der Ökologische Zustand des Abschnittes ist gut.

Auf der Basis der Phytobenthonuntersuchungen kann es festgestellt werden, dass (1) zwischen den Proben von dem rechten und linken Ufer auch in der identischen Zeitperiode Abweichungen mit Klassenunterschied vorkommen. (2) In der Periode der Entnahme von Proben im Sommer hat der geprüfte Abschnitt Dunaföldvár ein um eine Klasse schwächere Ergebnis gezeigt, wie der 2012 geprüfte Abschnitt Paks Fähre gezeigt, wobei im Herbst kein Klassenunterschied vorhanden ist, gleichzeitig aber zeigt der Abschnitt Dunaföldvár insgesamt einen etwas besseren Zustand. (3) Die Bewertungsergebnisse des Abschnittes stehen mit den Ergebnissen der 2009-2010 durchgeführten Untersuchungen in Einklang. Die oben angeführten Tatsachen untermauern ähnlich, wie bei dem Phytoplankton beschriebenen, dass ein stabiles Ergebnis die Bewertung mit der Verwendung der Durchschnittswerte der möglichst meisten Daten liefert. Die robuste, fünfstufige Skala von VKI ist für die feineren Veränderungen auch auf dieses Taxon nicht empfindlich. Der ökologische Zustand des Oberwasserabschnittes aufgrund von Phytobenton ist gemäßigt.

Wir haben während der Erhebung im Sommer und Herbst auf dem Oberwasserabschnitt der Donau insgesamt 9 Arten identifiziert. Unter den im Abschnitt der Probeentnahme vorgefundenen Arten gibt es keine geschützte Art. Von den vorgefundenen Arten gelten gleich mehrere fremdländisch (amerikanischer Esche, lanzenblättrige Herbstrose), deren massenweises Erscheinen auf die Verstörtheit des Gebietes hinweist. Die markierende Pflanzenart des NATURA 2000 Gebietes ist die Kriechender Sellerie (*Apium repens*). Diese Art ist auf der Strecke der Probeentnahme nicht vorgekommen. Die Ergebnisse sind bezüglich der Bewertung von kleiner Zuverlässigkeit, nachdem entlang der Ströme - so auch während der vorliegenden Probeentnahme - die Makrophytons nur in kleinen Mengen erscheinen, der auf der Grundlage ihrer Bewertung durchgeführte Bestimmung des ökologischen Zustandes ist unsicher. Dementsprechend hat die Anzahl und die Menge der Pflanzenarten in der der Strecke der Probeentnahme die genaue Bewertung nicht

ermöglicht, weil diese den minimalen Wert nicht erreicht haben. Die so erhaltenen Werte sind nur vom Informationscharakter. Wegen dieser Unsicherheiten haben wir zur Feststellung der Umweltbeeinflussung bezogen auf die gesamte Untersuchungsstrecke auch die Analyse der Daten auch mit einer feineren Skala durchgeführt. Der ökologische Zustand der Oberwasserstrecke ist auf der Grundlage der Makrophyten gemäßigt.

Ein bedeutender Teil des vorgefundenen wirbellosen Taxon ist invasiv, sich kräftig und aggressiv ausbreitende fremdländische Elemente. Man kann von ihnen die massenweise vorkommende Schneckenart Fluss-Steinkleber (*Lithoglyphus naticoides*), die Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*), die Grobgerippte Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*) und von den Krebsen der Dikergammarus villosus hervorheben. Während der Probeentnahmen ist auch die geschützte Libellenart *Gomphus flavipes* in kleiner Anzahl vorgekommen. Die das Gebiet HUDD20023 SCI markierende Art der Makrozoobenthons die Bachmuschel (*Unio crassus*) ist während der Probeentnahmen nicht vorgefunden worden. Die nach der HMMI (Hungarian Macroinvertebrate Multimetric Index) durchgeführte ökologischer Zustandserhebung lässt keinen saisonalen Unterschied zu beobachten: die Werte der Herbstproben sind geringer, gleichzeitig bewirkt dies keinen qualitativen Klassenunterschied. Auf der Basis der Ergebnisse der Untersuchung kann es festgestellt werden, dass der ökologische Zustand der Oberwasserstrecke auf der Grundlage der makroskopischen wirbellosen Wasserlebewesen gemäßigt ist.

Während der Erhebung im Sommer und Herbst haben wir in den 4 festgelegten Mustereinheiten der Donau bei Paks die Bestimmung von insgesamt 2.489 Exemplaren von 28 Arten durchgeführt. Von den in der Mustereinheit vorgefundenen Arten sind vier Arten, der Weißflossiger Gründling (*Romanogobio vladkovi*), Bitterling (*Rhodeus amarus*), Donaukaulbarsch (*Gymnocephalus baloni*) und der Schräzler (*Gymnocephalus schraetser*) geschützt, weiterhin zwei Arten sind besonders geschützt: der Donau Bachneunauge (*Eudontomyzon mariae*) und der Zingel (*Zingel zingel*). Aus der Strecke sind von den NATURA 2000 markierenden Arten der *Eudontomyzon mariae*, der Balin (*Aspius aspius*), Zingel zingel, *Gymnocephalus baloni* und der *G. schraetser* angetroffen. Aufgrund dessen kann es festgestellt werden, dass die den Hauptflussbett charakteristischen NATURA 2000 markierenden Fischarten in der Oberwasserstrecke nachgewiesen werden können. Von den während der Probeentnahme vorgekommenen 28 Arten sind von 24 Arten auch Brut gefunden worden. Dies bedeutet, dass 86% der Arten auch in der Altersklasse von Brut anwesend ist, was die Stabilität der Populationen signalisiert. Das Ergebnis der Untersuchung der Oberlaufstrecke der Donau zeigt, dass die Artenvielfalt der gefangenen Fische eine große Ähnlichkeit mit den Ergebnissen der früheren Untersuchungen zeigt. Die Ergebnisse der in der Sommer- und Herbstperiode durchgeführten Probeentnahmen liefern zuverlässige Daten zu der Beurteilung der Wasserqualität nach VKI. Die ökologische Einstufung der Wasserqualität auf der Basis der Fischgemeinschaft des Streckenabschnittes haben wir auf der Grundlage der in Ungarn anerkannten EQIHRF Methode durchgeführt. Bezüglich des Ergebnisses der Einstufung haben wir die Sommerergebnisse als maßgebend anerkannt. Der ökologische Zustand des mit dem Warmwasser nicht kontaminierten Oberlaufabschnittes ist auf der Basis der Fischgemeinschaft gut.

#### ***BEWERTUNG DER DIREKTEN UNTERLAUFABSCHNITTES DER DONAU (1534-1516 FKM)***

Paks Warmwasserkanal	1526.0 fkm	guter Zustand
Nagy sarkantyú	1525.3 fkm	guter Zustand
Uszod	1524.8 fkm	guter Zustand
Gerjen-Foktő	1516.0 fkm	guter Zustand

*Tabelle 48: VKI Bewertung des direkten Unterwasser Donau-Abschnittes anhand physicher-chemischer Parameter (1526-1516 fkm)*

**Der Abschnitt 1534-1516 fkm (HURWAEP444 Wasserkörper) der Donau gehört anhand der physikalisch-chemischer Parameter zu dem guten Zustand.**

Die Ergebnisse der Probeentnahmen von Phytoplankton auf dem Unterwasser zeigen dem Oberwasser sehr ähnlichen Zustand.

- (1) Der meistdominante Anteil in der Biomasse in der naheliegenden Strecke des Unterwassers sind in allen Zeitperioden die zu der Ordnung Centrales gehörenden Kieselalgen.
- (2) Die Biomassenwerte zeigen jahreszeitliche Trends.
- (3) Die mit dem höchsten Biomassenwert charakterisierbare Zeitperiode ist der Monat März, daneben August, dagegen haben sich die geringsten Biomassenwerte in den Monaten September und November ergeben.

Der ökologische Zustand des nahen Unterwassers zeigt nach der Bewertung von Phytoplanktons März und Juni guten und September und November einen ausgezeichneten Zustand. In der Periode August ist der ökologische Zustand gemäßigt. Die Fluktuation auf der naheliegenden Unterwasserstrecke ist mit den Erfahrungswerten der Oberwasserstrecke in völligem Einklang. Die jahreszeitlichen Zustandswerte - und damit zusammen auch der gesamten Zeitperiode - stimmen mit den in der Oberwasserstrecke gemessenen Ergebnissen überein. Der ökologische Zustand des nahen Unterwasserabschnittes ist aufgrund vom Phytoplankton gut.

Der Unterwasserabschnitt ist aufgrund der Bewertung durch die Phytobentongemeinschaft in der Sommerperiode mittelmäßig, und im Herbst zeigte es einen schwachen ökologischen Zustand. Zwischen den rechten (von Warmwasseremission betroffen) und den linken (nicht betroffen) Probeeinheiten haben wir während sämtlicher Probeentnahme mindestens einen Klassenunterschied erfahren. Die Werte der von der Emission betroffenen Probeeinheiten der rechten Uferseite sind tendenziös stets geringerer ausgefallen. Gleichzeitig zeigt aber auch das Ergebnis des Oberwasserabschnittes Paks Fährabschnitt ein diesem ähnliches Bild bei der Probeentnahme im Herbst. Der geringe - gemäßigte - Bewertungswert befindet sich mit den Ergebnissen der früher, in identischer Zeitperiode durchgeführten Untersuchungen überein. Der durchschnittliche Wert der Bewertung stimmt mit den erfahrenen Werten auf dem Oberwasserabschnitt überein. Durch gemeinsame Beachtung der Daten beider Zeitperioden ergibt sich ein Durchschnittswert, was dem gemäßigten ökologischen Zustand entspricht.

In dem nahen Unterwasserabschnitt haben wir während der Erhebung im Sommer und Herbst in den sechs Mustereinheiten 51 Makrophytonart gefunden. Unter den im Abschnitt der Probeentnahme vorgefundenen Arten gibt es keine geschützte Art. Ähnlich, wie im Oberwasserabschnitt, der Auftritt des fremdländischen Rot-Esche und Lanzettblättrige Aster war massenhaft, was auf die Gestörtheit des Gebietes hinweist. Die das Gebiet markierende Pflanzenart ist auch in diesem Areal nicht gefunden worden. Das Ergebnis des nahen Unterwasserabschnittes stimmt mit dem des im Oberwasserabschnitt erfahrenen überein. Auf der Basis der Ergebnisse der Untersuchung kann es festgestellt werden, dass der ökologische Zustand des nahen Unterwasserabschnittes der Donau nach der Bewertung durch die Makrophytons gemäßigt ist.

In den an den 6 Probeentnahmepunkten genommenen Proben von Makrowirbellosen haben wir insgesamt 44 unterschiedliche Taxon nachgewiesen. Ähnlich wie beim Oberwasser, ein bedeutender Teil des nachgewiesenen makrowirbellosen Taxon sind invasive Arten. Von diesen ist das Dikerogammarus villosus in bedeutenderen Anzahl unter dem unmittelbaren Zulauf des Kühlwassers auf der rechten Seite betroffenen Mustereinheit vorhanden. Auf den Sandbänken unter dem Auslauf kann man in großer Zahl leere Muschelschalen antreffen (z.B. Corbicula fluminea, Dreissena polymorpha, Sinanodonta woodiana), dies kann grundsätzlich mit der Strömung in Zusammenhang gesetzt werden. Auf den Strecken mit langsamer Strömung hinter den Bühnen mit Rückstrudel legen sich in größerer Anzahl die leeren Muschelschalen ab. Von den geschützten Arten konnte man die Libelle Gomphus flavipes und die Schneckenart Fagotia acicularis antreffen. Gleichzeitig war aber, ähnlich wie im Oberwasser, die NATURA 2000 markierende Bachmuschel nicht angetroffen worden. Mehrere Arten (z.B. Lithoglyphus naticoides, Corophium curvispinum) zeigten in der Nähe des Auslaufs ein Vermeidungsverhalten. Das multimetrische HMMI Kennzeichen ist, ähnlich, wie die in der EU genutzten, auf die allgemeine Degradation empfindlich, so ist mit den zur Verfügung stehenden qualitativen Index die alleinige Wirkung der Thermobelastung (-Verseuchung) ziemlich zweifelhaft. Deshalb haben wir die ökologische Bewertung der Abschnitte auch mit feinerer Skala durchgeführt. Der Wert der Bewertung stimmt gleichzeitig mit dem Ergebnis der am Oberwasser gerechneten Bewertung überein. Der ökologische Zustand des vom Warmwasser betroffenen nahen Unterwasserabschnittes ist aufgrund der makroskopischen, wirbellosen Gemeinschaft gemäßigt.

Wir haben in dem nahen Unterwasserabschnitt die Bestimmung von 3.679 Exemplaren von insgesamt 33 Fischarten durchgeführt. Die Fischartenstruktur dieses Donauabschnittes zeigt ein ähnliches Bild, wie die früheren, mit ähnlicher Zielsetzung angesetzten Untersuchungen (Halasi-Kovács 2005, SCIAP Kft. 2010), und auch mit den Ergebnissen des Oberwasserabschnittes. Von den im Probeentnahmeabschnitt vorgefundenen Arten sind fünf geschützt: der Donau-

Weißflossengründling (*Romanogobio vladykovi*), Bitterling (*Rhodeus amarus*), Goldsteinbeißer (*Sabanejewia balcanica*), Donaukaulbarsch (*Gymnocephalus baloni*), Schrätzer (*Gymnocephalus schraetser*), weiterhin sind zwei erhöht geschützte der Donau Bachneunauge (*Eudontomyzon mariae*) und der Zingel (*Zingel zingel*). Die von den die NATURA 2000 markierenden fünf Arten, die auch im Oberwasser nachgewiesen wurden, konnten auch hier aufweisen (*Eudontomyzon mariae*, *Aspius aspius*, *Gymnocephalus baloni*, *Gymnocephalus schraetser*, *Zingel zingel*).

Auf der Grundlage der Artenstruktur der Probeentnahmeeinheiten das ist zu sehen, dass die Wirkung des Warmwassers von dem Donau Bachneunauge (*Eudontomyzon mariae*), Aalrutte (*Lota lota*), Schleie (*Babka gymnatrachelus*) eigen eine geringfügige Vermeidung, wobei die Präferenz des Warmwassers zeigen Rapfen (*Aspius aspius*), Ukelei (*Alburnus alburnus*), Güster (*Blicca bjoerkna*), Ukelei (*Chondrostoma nasus*), Barbe (*Babrus barbuis*), Silberkarausche (*Carassius gibelio*), Flussbarsch (*Perca fluviatilis*) und Schwarzmund-Grundel (*Neogobius melanostomus*). Dieses Ergebnis steht auch mit den Ergebnissen der Untersuchungen von 2010 im Einklang. Während der Probeentnahmen sind Brutexemplare von 27 Arten in Erscheinung getreten. Dies bedeutet, dass wir die Brutexemplare von 82% der Arten registriert haben. Dieses Verhältnis, ähnlich wie beim Oberwasser, ist hoch. Der gesamte Fangwert auf die Einheit der Länge der Probeentnahme (100 m) zeigt auf der Grundlage der Ergebnisse der Probeentnahmen im Sommer in den Probeeinheiten auf der rechten Seite, also in den von der Warmwasseremission betroffenen Probeeinheiten von den im Jahre 2012 untersuchten Abschnitten den allerhöchsten Wert. Gleichzeitig zeigen die linksseitigen, also vom Warmwasser nicht betroffenen Probeentnahmeeinheiten eine große Ähnlichkeit mit den Werten der Probeentnahmeeinheiten des Oberwassers. Der ökologische Zustand des nahen Unterwasserabschnittes der Donau ist auf der Basis der fischgemeinschaft gut.

#### **BEWERTUNG DES ENTFERNTEN UNTERWASSER-DONAU-ABSCHNITTES (1506,8-1481,5 FKM)**

Abschnitt Dombori-	1506.8 fkm	guter Zustand
Sió Süd (Gemenc)	1496 fkm	guter Zustand
Abschnitt Baja	1481.5 fkm	guter Zustand

Tabelle 49: VKI Bewertung des entfernten Unterwasser Donau-Abschnittes (1506.8-1481.5 fkm) anhand physischer-chemischer Parameter

#### **Der Abschnitt (HURWAEP444 Wasserkörper) der Donau 1506,8-1481,5 fkm gehört anhand physischer-chemischer Parameter zu dem guten Zustand.**

Die Phytoplanktonergebnisse der zwei mittelfernen und fernen Unterabschnitte des fernen Unterwasserabschnittes zeigen große Ähnlichkeit. Die Ergebnisse des Phytoplanktons des Abschnittes zeigen gleichzeitig auch einen größtenteils ähnlichen Zustand, bzw. Tendenz sowohl zu dem Oberwasser als auch zu dem nahen Unterwasser. In der Biomasse des Phytoplanktons ist die Menge der Kieselalgen bestimmend. Die mit der höchsten Biomasse charakterisierbare Zeitperiode ist März, daneben August, dagegen die geringsten Biomassenwerte haben sich in den Monaten September und November ergeben. Aufgrund des Durchschnitts der Werte der Probeentnahmestellen ist der ökologischer Zustand des mittelfernen Unterwasserabschnittes nach der Bewertung mittels Phytoplankton in den Monaten März und Juni gut, September und November sogar ausgezeichnet. Die geringsten Werte haben wir während der Probeentnahme in August erhalten. In dieser Periode ist der ökologische Zustand mäßig. Die jahreszeitlichen - und damit zusammen der gesamte Periode - Zustandswerte stimmen mit den gemessenen Ergebnissen des Oberwassers, bzw. den Ergebnissen des nahen Unterwasserabschnittes. Der ökologische Zustand des mittelfernen und fernen Unterwasserabschnittes ist aufgrund von Phytoplankton gleichermaßen gut. Insgesamt kann man auch das feststellen, dass im Vergleich zu dem Oberwasser die Warmwasseremission des Kernkraftwerkes Paks im Falle von Phytoplankton auf dem Unterwasser keine Veränderung mit Klassenunterschied bewirkt.

Die Ergebnisse der Bewertung der zwei Unterabschnitte des fernen Unterwasserabschnittes auf der Basis der Kieselalgenbestände zeigen identische Werte sowohl mit dem Oberwasserabschnitt als auch mit dem nahen Unterwasserabschnitt. Die Tendenzen der Werte der Bewertung sind ebenfalls mit den Erfahrungen der weiter oberen Abschnitte übereinstimmend. Für beide Abschnitte ist der mäßige ökologische Zustand charakteristisch. Insgesamt kann auch das festgestellt werden, dass im Vergleich zu dem Oberwasser die Warmwasseremission des Kernkraftwerkes Paks im Falle von Phyto benton auf dem Unterwasser keine Veränderung mit Klassenwert bewirkt.



Auf dem mittelfernen Unterwasserabschnitt haben wir insgesamt 31, auf dem fernen Unterwasserabschnitt 19 Pflanzenarten festgehalten. Von den in den Probeentnahmeabschnitten gefundenen Arten ist keine einzige geschützt. Gleichzeitig ist das Vorkommen der fremdländische Amerikanische Esche, Lanzettblättrige Aster massenhaft. Die markierende Pflanzenart des Gebietes, die Kriechender Sellerie hat man auf dem fernen Unterwasserabschnitt nicht vorgefunden. Aufgrund der Makrophytonen ist der ökologische Zustand sowohl der mittelfernen als auch des fernen Unterwasserabschnitt der Donau mäßig, die Bewertung stimmt mit den Erfahrungen des Oberwasser-, weiterhin des nahen Unterwasserabschnittes überein. Es kann weiterhin auch festgestellt werden, dass im Vergleich zu dem Oberwasser die Warmwasseremission des Kernkraftwerkes Paks keine Veränderung mit Klassenwert auf dem Unterwasser bewirkt.

Auf dem mittel-fernen Unterwasserabschnitt konnten wir während der Probeentnahmen im Sommer und Herbst insgesamt 42, dafür auf dem fernen Unterwasserabschnitt 37 makrowirbellose Taxon von unterschiedlichem Rang nachweisen. Die Anwesenheit der auch auf den vorhergehenden Abschnitten nachgewiesenen invasiven Taxonarten war auch hier nachweisbar. Es kann die Schneckenart *Lithoglyphus naticoides* hervorgehoben werden, die in gewaltiger Zahl der Exemplare vorhanden ist. Es ist weiterhin die Anwesenheit der invasive Süßwasser Borstenwurm, *Hypania invalida* mit Ponto-Kaspischem Ursprung und die in unserer Heimat nur noch von wenigen Stellen bekannte Muschelart *Dreissena bugensis*, Quagga-Dreikantmuschel erwähnenswert. In dem Abschnitt war die Libellenart *Gomphus flavipes*, weiterhin die Schneckenart *Fagotia acicularis* auch vertreten. Die das Gebiet NATURA 2000 markierende Makrozoobentonart, die Quagga-Dreikantmuschel ist während der Entnahme der Proben nicht vorgekommen. Auf der Grundlage der makrowirbellosen Gemeinschaft ist der mittelferne Unterwasserabschnitt von mäßigem Zustand. Der ferne Unterwasserabschnitt ist ebenfalls von mäßigem Zustand. Der Bewertungswert des Abschnittes stimmt mit dem auf dem Oberwasser und nahen Unterwasser registrierten. Man kann insgesamt auch das feststellen, dass im Vergleich zu dem Oberwasser die Warmwasseremission des Kernkraftwerkes Paks keine Veränderung mit Klassenwert auf dem Unterwasser bewirkt.

Wir haben während der Untersuchung auf dem mittel-fernen Abschnitt die Bestimmung von insgesamt 34 Arten mit 3.367 Exemplaren, auf dem fernen Abschnitt des Unterwassers von 33 Arten mit 4.151 Exemplaren durchgeführt. Von den im Abschnitt der Probeentnahme vorgefundenen Arten sind fünf geschützt - Frauenerfling (*Rutilus pigus*) oder auch Pigo, Weißflossiger Gründling, (*Romanogobio vladkovi*), Bitterling (*Rhodeus amarus*), Donaukaulbarsch (*Gymnocephalus baloni*), Schrätzer (*Gymnocephalus schraetser*) - weiterhin zwei erhöht geschützt - Donau Bachneunauge (*Eudontomyzon mariae*), Zingel (*Zingel zingel*) -. Von den Markierfischarten des Gebietes HUDD 20023 - SCI ist nur in diesem Abschnitt Frauenerfling (*Rutilus pigus*) oder auch Pigo vorgekommen, die weiteren Markierarten sind identisch mit den in den oberen Abschnitten nachgewiesenen. Auf dem mittel-fernen Abschnitt sind Bruten von 27 Arten vorgekommen. Dies ist 79% der nachgewiesenen Arten. Diese Verhältnisse sind einerseits ähnlich mit den anderen untersuchten Abschnitten, andererseits es kann als ähnlich hoher Wert angesehen werden. Aufgrund der Entnahme von Proben kann es festgestellt werden, dass die Artenvielfalt des fernen Unterwasserabschnittes keine Abweichung zu oberen Abschnitten aufweist, die Struktur der Fischarten der untersuchten Abschnitte ist vom gleichen Schlag. Dies bedeutet also, die Warmwasseremission des Kernkraftwerkes Paks bewirkt keine Veränderung der Artenstruktur. Durch Wirkung dessen verschwindet keine einzige Art, aber es erscheint auch keine neue. In der Probeentnahme in der Sommerperiode war in beiden Jahren eine höhere Anzahl von Exemplaren zu beobachten gewesen. Dies ist charakteristisch für alle untersuchten Abschnitte.

Insgesamt gesehen liefern die Ergebnisse beider Perioden der Entnahme von Proben entsprechende Daten zur Beurteilung der Wasserqualität nach VKI. Der ökologische Zustand des fernen Abschnittes stimmt mit dem Bewertungswert des Oberwasser- und der nahen Unterwasserabschnittes überein, es zeigt einen guten Zustand. Insgesamt kann auch das festgestellt werden, dass im Vergleich zu dem Oberwasser die Warmwasseremission des Kernkraftwerkes Paks keine Veränderung mit Klassenwert auf dem Unterwasser bewirkt.

Es war bereits auch anhand der Ergebnisse früherer Untersuchungen – 2009-2010 – jene Tatsache nachweisbar, ähnlich zu den Ergebnissen der Rezentuntersuchungen, dass das robuste Bewertungssystem von NKI mit der fünfteiligen Skala die feineren strukturellen Veränderungen nicht nachweisen vermag. Deshalb haben wir auch die ökologische Bewertung der Abschnitte mit einer feineren Skala durchgeführt.

**ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DES SCHUTZES DER LEBENDIGEN WELT DES ZU DEM WASSERKÖRPER HURWAEP444 GEHÖRENDE DONAUABSCHNITTES UND SEINE BEWERTUNG NACH VKI GESICHTSPUNKTEN**

Wir haben die Bewertung des gegebenen Donauabschnittes nach ECOSTAT guidance document no. 13. (ECOSTAT 2005: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), weiterhin unter Beachtung der Grundsätze der Prinzipien der während der Projektierung der landesweiten Bewirtschaftung der Wasserreserven-Speicherung vom Jahre 2008. durchgeführt. Während der Bewertung der Donau nach Gesichtspunkten von VKI folgten wir dem Prinzip „*eins ist schlecht, alle sind schlecht*“ auf der Ebene der Elemente und Elementengruppen. Dies bedeutet, dass der Wert der Bewertung von dem Element mit der schlechtesten Bewertung festgelegt wird. Die Bewertung von Makrophyten hat nur einen informativen Charakter.

DONAUABSCHNITTE	physiko-chemische Parameter	Phytoplankton	Phytobenton	Makrophyten	Makro-Zoobenton	Fische
OBERWASSER	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	gut
NAHE UNTERWASSER	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	gut
FERNE UNTERWASSER	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	gut
		gut	mäßig	mäßig	mäßig	gut

Tabelle 50: VKI Bewertung der untersuchten Donau-Strecke

Aufgrund der Bewertungen ist der ökologische Zustand des Wasserkörpers der Donau mit der Bezeichnung HURWAEP444 im Abschnitt zwischen Szob-Baja nach den im Laufe von 2012-2013 durchgeführten Untersuchungen nach den Gesichtspunkten VKI insgesamt MÄßIG.

Das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung stimmt mit den zu Verfügung stehenden Bewertungswerten der Archivdaten. Es kann behauptet werden, dass die Emission des Kernkraftwerkes Paks in die Donau keine Veränderung bezogen auf die Untersuchungsgruppen keinerlei Veränderung mit Klassenwert bewirkt.

Damit zusammen weist eine Analyse der Daten mit feinerer Struktur auf die Tatsache hin, dass die Emission einen Einfluss auf die Struktur der Lebewesengemeinschaften des Unterwassers ausübt, so ist die Bewertung der VKI allein nicht geeignet die präzise Beurteilung der Wirkungen der Emission des Kraftwerkes zu ermitteln. Deshalb halten wir es auf jedem Fall für wichtig, dass während der weiteren Untersuchungen die Planung der Entnahme von Proben weiterhin auf der Grundlage von VKI Gesichtspunkten bleibt, die Beurteilung erfolgt, aber die Planung und Durchführung der Entnahme von Proben auch die ökologischen Analysen mit feinerer Auflösung, so auch die präzisere Bewertung der ökologischen Wirkungen der Emission zulassen.

**THEORETISCHE WIRKUNGEN DES ERWÄRMTE KÜHLWASSERS DES KERNKRAFTWERKES PAKS AUF DIE PARAMETER DER WASSERQUALITÄT DES UNTERSUCHTE DONAUABSCHNITTES**

Auf der Grundlage der Ergebnisse der zwischen 1979-2004 in den Abschnitten des Stammnetzes durchgeführten Untersuchungen kann es festgestellt werden, dass die Veränderung der Wasserqualität bezüglich der meisten Komponenten viel markanter in Abhängigkeit der Zeit als des Ortes erscheint.

Unter Beachtung der Entnahmestellen der Proben oberhalb und unterhalb des Kernkraftwerkes Paks sind die Verhältnisse der Wasserqualität an den meisten Entnahmestellen der Proben und bei den meisten Parameter der Wasserqualität günstig verlaufen. An den Entnahmestellen unterhalb des Kernkraftwerkes Paks (Fajsz, Baja, Mohács, Hercegszántó) hat die Qualität des Wassers im Allgemeinen keine Abweichung zu der darüber liegenden (Dunaföldvár) gezeigt. Dies bedeutet, dass das Kernkraftwerk bezüglich der bewerteten Komponente in dem Verlauf der Wasserqualität bisher keine beachtenswerte Rolle gespielt hat.

### 13.2 AUSWIRKUNGEN DER PAKS II INVESTITION AUF DIE BIOSPHÄRE DER DONAU

Bezüglich der Investition Paks II. - Errichtung, Betrieb und Stilllegung - haben wir während der Abschätzung der Einwirkungen auf den ökologischen Zustand der Donau die potenziellen Wirkungsfaktoren, die zu erwartenden Wirkungen, den Charakter der Wirkung, die Objekte der Wirkung bestimmt und bewertet. Darüber hinaus haben wir Vorschläge zur durchzuführenden Maßnahmen zur Wahrung des ökologischen Zustandes der oberirdischen Gewässer verfasst.

Aufgrund der Bewertung des Grundzustandes kann es festgestellt werden, dass die potenziellen Wirkungen der Investition Paks II. sich nicht mal auf die nahen oberirdischen Wasserkörper erstrecken können. Dementsprechend haben wir im Laufe der Abschätzung der Wirkungen nur noch Feststellungen ausschließlich für die von den Emissionen von Paks potenziell betroffenen Wasserkörper der Donau (HURWAEP444) formuliert.

Bezüglich der Wirkungen und Wirkungsbereiche auf der Grundlage der bezogenen Rechtsnorm (314/2005 (XII. 25.) Korm. r.) unterscheiden wir die direkten, indirekten und die über die Landesgrenzen hinausgehenden Wirkungen, bzw. ihre Gebiete. Während der Abschätzung der Wirkungen haben wir den Charakter der Wirkung lebewesenorientiert (also bezüglich der Wasserlebewesen untersuchend) in Bezug auf ihre Dauerhaft, Ausprägtheit und Bedeutung bestimmt. Unter Beachtung der Gesichtspunkte von VKI haben wir als Objekt der Auswirkungen die lebendige Welt betrachtet. Während der Abschätzung haben wir als Objekte der Auswirkungen jene biologischen Elemente benannt, die während der Zustandsbewertung nach Gesichtspunkten von VKI relevant sind. Die physikalischen, chemischen Eigenschaften, oder das Wasser der Donau selbst betrachten wir nicht als Objekt der Auswirkungen, aber diese liefern Schlüsselinformationen zur Bewertung des ökologischen Zustandes.

Im Zuge der Investition Paks II. haben wir die potentiell wirksamen Faktoren in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Potentielle Wirkfaktoren	Errichtung	Betrieb	Stilllegung	Havarie
gefördertes Grundwasser während der Grundwassersenkung	X		X	
Emission vom geklärten Kommunalabwasser	X	X	X	
Errichtung eines Rekuperationswasserkraftwerkes	X			
Schadhaftigkeit des Dieseltanks während der Errichtung				X
Betriebsstörung mit Havariecharakter der kommunalen Kläranlage des Abwassers				X
Wasserentnahme aus der Donau		X		
Einleitung des erwärmten Kühlwassers in die Donau		X		
Einleitung des technologischen Abwassers in die Donau		X		
Einleitung des gereinigten Niederschlagwassers in die Donau		X		
Schadhaftigkeit von Chemikaliertanks, Abfüllanlagen, Dieseltreibstoff für Generatoren				X
Austritt vom Altöl und sonstiger flüssigen Abfälle				X
Emission von industriellem Abwasser ohne Klärung				X

Tabelle 51: Potentielle Wirkung ausübende Faktoren im Laufe der Paks II Investition

## **Errichtung**

Während der Ausführung der Blöcke von Paks II. werden gleich mehrere Gebäude mit Tiefgrundierung unter dem Niveau des Grundwassers ausgeführt. Die Arbeiten werden unter dem Niveau des Grundwassers vollendet. Die Trockenlegung der Arbeitsgrube ist in dieser Periode erforderlich. Die Menge der geförderten Wassers beträgt nach Berechnungen der Isotoptech Zrt. 13 000 – 18 000 m<sup>3</sup>/Tag (max. 0,2m<sup>3</sup>/s). Das geförderte Grundwasser wird in den Kaltwasserkanal eingeleitet, von wo aus es durch die Kühlkreise in den Warmwasserkanal, und zum Schluss in die Donau gelangt. Der pflanzliche Nährstoffgehalt des Grundwassers - primär Stickstoffformationen - ist erwartungsgemäß höher als die des Donauwassers. Deshalb wird die lebendige Welt des Kaltwasserkanals Objekt der Auswirkungen. Als Ergebnis der mehr als 500fachen Verdünnung und Mischung ist aber gleichzeitig keine direkte oder indirekte Wirkung bezogen auf den ökologischen Zustand der Donau zu erwarten.

### Emission vom geklärten Kummunalabwasser

Der maximale Bedarf an Trinkwasser, und damit zusammen auch das Abwasser meldet sich in der Errichtungsphase von Paks II. in der Zeit der Aufnahme des Betriebes des ersten Blocks und der gleichzeitigen Bauarbeiten des zweiten Blocks, planmäßig in einer Periode von 5 Jahren. Aufgrund der Berechnungen von der VITUKI Hungary Kft. beträgt die Menge des maximalen kommunalen Abwassers in dieser Periode 614 m<sup>3</sup>/Tag. Die Durchschnittsmenge des auf dem Gebiet vom Kernkraftwerk Paks entstehenden Abwassers beträgt gegenwärtig 300 m<sup>3</sup>/Tag. Die Menge des zu klärenden kommunalen Abwassers zu Gunsten der Sicherheit nach oben aufgerundet ist also insgesamt 1000 m<sup>3</sup>/Tag. Die nominale Kapazität der eigenen Kläranlage des Kernkraftwerkes Paks mit der Technologie der totalen Oxidation und Bioklärschlamm beträgt 1.870 m<sup>3</sup>/Tag. Das geklärte Abwasser gelangt durch eine Rohrleitung unmittelbar in den Warmwasserkanal und von da aus weiter in die Donau. Auf der Grundlage des Vermischungsmodells der VITUKI Hungary Kft. bei extrem kleinen Wasseraufkommens der Donau von 579 m<sup>3</sup>/s, was alle 20.000 Jahre vorkommt, kann es festgestellt werden, dass die Werte der verunreinigende Parameter bereits 10 Meter unterhalb des Einlaufpunktes unter den Nachweisgrenzwerten der zu ihrem Nachweis benutzten analytischen Methoden laut der ungarischen Standards bleiben. Die Konzentration und die Zusammensetzung der restlichen Nährstoffe in dem geklärten Abwasser werden wahrscheinlich in geringem Maße über die der Donau hinausgehen, bzw. weichen von denen der für die Donau natürlicherweise charakteristischen ab. Die im Warmwasserkanal sich vollziehende, etwa 9fache Verdünnung, weiterhin der natürliche Prozess der Selbstreinigung mindert diese Wirkung noch weiter. Deshalb wird die Emission des geklärten Abwassers keine nachweisbare direkte bzw. indirekte Wirkung auf die ökologische Struktur der aquatischen Organismen der Donau haben. In Anbetracht der Emissionsmenge wird die hydrologische Wirkung nicht nachweisbar sein.

### Errichtung eines Rekuperationswasserkraftwerkes

Die Errichtung eines Rekuperationskraftwerkes ist mit der Errichtung von Paks II. verbunden. Deshalb haben wir es in die Reihe der potentiellen Wirkungsfaktoren aufgenommen, aber diese Investition ist auch an sich eine Wirkungsuntersuchung auf die Umwelt, bzw. die wasserrechtliche Errichtungsgenehmigung ist eine genehmigungspflichtige Tätigkeit, so verzichten wir auf die weiteren Bewertungen in dem gegenwärtigen Dokument.

### Schadhaftigkeit des Dieseltanks während der Errichtung

Die Verbreitung des auf dem Standort eventuellen Austretens von verunreinigenden Materialien und die Folgen dessen hat die Isotoptech Zrt. untersucht. Als Zusammenfassung dessen kann es festgestellt werden, dass die Zeiten des Erreichens zwischen dem Standort und der Donau in den Bereich von 10-20 Jahren fallen. Im Falle der Schadhaftigkeit des Dieseltanks während der Errichtung kann das auslaufende Öl mit sofortiger lokaler Schadensbekämpfung gesichert werden, damit die in das Freie gelangten Schadstoffe die Donau nicht erreichen können. Dementsprechend übt ein solcher Havariefall auf die oberirdischen Gewässer weder eine direkte, noch eine indirekte berechenbare Wirkung aus.

### Betriebsstörung mit Havariecharakter der kommunalen Kläranlage des Abwassers

Potenzieller Havariefall der Periode der Errichtung und des Betriebes ist der Austritt des entstandenen, ungeklärtem kommunalen Abwasser in die Donau bedingt durch die Schadhaftigkeit der Kläranlage. Die allerhöchste Menge ist auch in diesem Fall in der 5jährigen Periode der Errichtung zu erwarten. Dementsprechend erfolgte auch die Modellierung der

Havariesituation mit 1000 m<sup>3</sup>/Tag kommunalem Abwasser bei extrem niedrigen Wasserstand der Donau mit 579 m<sup>3</sup>/s Wasseraufkommen. Als Grundlage der Konzentration des abgeführten Abwassers hat man den höchsten Konzentrationswert der vergangenen zwei Jahre genommen. In diesem Fall erreichen in dem 1.500 m Unterwasserabschnitt sämtliche Parameter den nach dem ungarischen Standard vorgeschriebenen Grenzwert der Nachweisbarkeit.

Die Schadhafteigkeit der Kläranlage bedeutet eine reale Bedrohung für die Natur der Donau. Die Emission des ungeklärten kommunalen Abwassers in der Menge von ~1000 m<sup>3</sup>/Tag in den Warmwasserkanal, dann in die Donau, bewirkt im Vergleich zum normalen Betrieb eine höhere Konzentration von Nährstoffen und schwebendem Material, und führt zur Erhöhung der Trübheit. In Anbetracht der etwa 9fachen Verdünnung des Warmwasserkanals, weiterhin die etwa weitere zehnfache Verdünnung der Donau auch beim kritischen kleinsten Wasserstand (LKV) kann es auf die Natur der Donau eine geringe, sublaterale Wirkung haben. Der Biomassenwert von Phytoplankton wird im Schweiß des verunreinigten Wassers einen Anstieg zeigen. Im Schweiß kann theoretisch die Fischbiomasse ansteigen. Durch Wirkung der Verunreinigung können unter den Phytobentonorganismen in der Umgebung der Emission die für die Belastung durch organische Stoffe weniger empfindsame Arten in höherem Anteil erscheinen. Infolge der Verdünnung erreicht die ungeklärte Abwasseremission die letale Schwelle auch bei den Makrozoobenton-Organismen (MZB) nicht. Die MZB Arten werden einerseits durch Vermeidung, teilweise durch Veränderung der Zahl der Organismen auf die Belastung durch organische Stoffe, bzw. in Abhängigkeit ihrer Toleranz bezüglich des Sauerstoffniveaus reagieren. Die Emission des ungeklärten Abwassers in dem Gebiet der Emission wird bei den empfindlicheren Fischarten eher eine Vermeidung bewirken, dagegen können die gegenüber der Nährstoffen mehr tolerante Arten in höherer Anzahl erscheinen. Bedingt durch den bedeutenden Mengenunterschied des entstehenden Abwassers und des eingeleiteten Kühlwassers kann man auch in diesem Fall nur mit einer lokalen Wirkung rechnen. Dementsprechend ist die Wirkung kurzfristig, ist nur von mittelmäßig starker bis kleiner Bedeutung. Gleichzeitig ist es aber die Errichtung einer solchen Pufferkapazität in der Abwasserkläranlage zu empfehlen, was die Verhinderung der unmittelbar ein Freisetzung verhindert. Das Gebiet der unmittelbaren Wirkung auf die Donau beträgt <500 m. Mit einem größeren mittelbaren Wirkungsgebiet können wir nicht rechnen.

## **Betrieb**

### Wasserentnahme aus der Donau

Die Entnahme vom Wasser aus der Donau erfolgt zwecks Sicherung des Kühlwassers durch den Kaltwasserkanal. Die Menge der Wasserentnahme stimmt mit der Menge des durch den Warmwasserkanal zurückgeführten Warmwassers. In dem gegenwärtigen Betriebszustand des Kernkraftwerkes Paks ist dieser Wert pro Block 25 m<sup>3</sup>/s, insgesamt 100 m<sup>3</sup>/s. Im Falle der neu zu errichten Blöcke wird es 66 m<sup>3</sup>/s, insgesamt 132 m<sup>3</sup>/s sein. Die größte Wasserentnahme ist während des gemeinsamen Betriebes der beiden Objekte zwischen 2030 und 2032 zu erwarten. Um diese Zeit wird die Menge des entnommenen Wassers 232 m<sup>3</sup>/s sein. Die Wasserentnahme verändert die Wasserergiebigkeit der Donau nur zwischen dem Kaltwasserkanal und Warmwasserkanal. Die Menge des entnommenen Wassers bedeutet nicht mal bei Niedrigwasser einen bedeutenden Eingriff für diesen Flußabschnitt. Auf der Basis des Maßes der von der VITUKI Hungary Kft. berechneten Veränderungen der Flussbettmorphologie rechnen wir bezüglich der Natur weder mit einer direkten noch indirekten Wirkung.

### Einleitung des erwärmten Kühlwassers in die Donau

Die Kühlsysteme der geplanten neuen Blöcke des Kernkraftwerkes können in drei Hauptteile gegliedert werden: (1) Kondensatorkühlwasser, (2) technologisches Kühlwasser und (3) Sicherheitskühlwasser. Die bestimmende Menge bezüglich der Thermobelastung bedeutet das auf 132 m<sup>3</sup>/s berechnete Kondensatorkühlwasser der beiden Blöcke.

Mit dem größten Volumenstrom des Warmwassers kann man in der Periode zwischen 2030-2032 rechnen.

Die unterschiedlichen Arten vom Kühlwasser und die sonstigen Abfallgewässer gelangen durch den etwa 1500 Meter langen Abschnitt des Warmwasserkanals in den Hauptarm der Donau. Dies verändert an diesem Emissionspunkt die Strömungsverhältnisse der Donau. Demzufolge sind in der Umgebung der Emission auf der Grundlage der Ergebnisse der Wirkungsstudie fundierenden Forschungen der nachweisbare Anstieg der Phytobenton, nachweisbarer Weise des Makrozoobenton - und die Modifizierung der Artenstruktur der Fischgemeinschaften - und zumindest teilweise - der Anstieg ihrer Abundanzwerte anzunehmen. Diese Wirkung ist langfristig, sie ist von mittlerer Stärke, aber von kleiner Bedeutung. Das Gebiet der mittelbaren und unmittelbaren Wirkungsgebietes beträgt <250 m. Im Interesse des Schutzes

der Fischgemeinschaft kann die Einführung eines Verbots der Fischerei und des Angelns im Umkreis von 250 m Radius der Emission vorgeschlagen werden.

Seit der Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Paks befasst man sich mit der Frage der Thermobelastung durch das in die Donau zurückgeleitete Kühlwasser kontinuierlich. Ihre Feststellungen können in den folgenden zusammengefasst werden.

- (1) Die sommerliche maximale Wassertemperatur der Donau, die bezüglich der Thermobelastung maßgebend ist, beträgt im allgemeinen 21-24°C, ausnahmsweise sogar Werte über 25 C .Die Zeitreihe der Wassertemperaturen sind charakteristisch, die Maximalwerte fallen auf eine gut bestimmte Zeitperiode von Anfang Juli bis Ende August.
- (2) Die Wasserführung (Volumenstrom) der Donau ist im jährlichen Verlauf weniger regelmäßig, aber es ist eindeutig, dass das Maximum der relativen Thermobelastung des Flusses bedeutende niedrige Wasserstände wahrscheinlich in der Herbst-Winterperiode mit der größten Wahrscheinlichkeit vorkommen.
- (3) Eine Eigenart der Donau, was die Gefahr der Thermobelastung senkt, ist, dass die hohen Wassertemperaturen fast ausschließlich Juli-August, und Niedrigwasser annähernd 1000 m<sup>3</sup>/s meistens nur von September an vorkommen.

Diese statistisch untermauerte, wahrscheinliche Situation haben die Jahre zwischen 1992-2003 durch außerordentlich trockene und warme Sommerwitterung modifiziert, weil die Wassertemperaturen im Laufe Juli-August zwischen 20–26 C° bewegt haben.

Die früheren Untersuchungen haben insgesamt festgestellt, dass bis 2015 keine solche Veränderungen der Wasserqualität zu erwarten sind, die unmittelbar durch die Einleitung des behandelten Nutzwasser des Kernkraftwerkes Paks in die Donau und eine Veränderung bezüglich der Klasseneinstufung der Wasserqualität der Donau hervorrufen würden.

Untersuchung der Beziehungen der Wassertemperaturen und der wasserchemischen Parameter der Donau und ihre Vorhersage für die bestimmenden Zeitpunkte in dem Raum von Dunaföldvár, Fadd und Hercegszántó.

Wir haben die Vorhersage der zu den kritischen Wassertemperaturwerten gehörenden in den wasserchemischen Parametern der Donau auftretenden Veränderung, das Intervall ihr Vorkommen mit statistischen Methoden bestimmt. Im Rahmen der Messungen im Stammnetz wurden mit monatlicher Häufigkeit, meistens jährlich 12mal Untersuchungen der verschiedenen Komponente durchgeführt. Die monatlichen Untersuchungen waren dafür geeignet, dass man auch den jährlichen saisonalen Veränderungen folgen konnte. Im Rahmen der Untersuchung mit hoher Stückzahl haben wir auf der Grundlage der Analyse der Streuung des linearen Trends festgestellt, ob das gegebene Element sich in einer linearen Trendbeziehung zu den Temperaturänderungen steht, oder von diesen unabhängig ist. Soweit es eine solche Beziehung gibt, es kann mit statistischen Methoden der zu den unterschiedlichen Temperaturwerten gehörende zu erwartende Wert errechnet werden. Wenn es keine Korrelationsbeziehung zu dem gegebenen Komponente und der Wassertemperatur der Donau besteht, so kann man es annehmen, dass der Durchschnitt und die Verteilung des Komponenten in den vergangenen sieben Jahren auch mit dem Wert und der Verteilung der zukünftigen Periode übereinstimmt.

Im Interesse dessen haben wir den Korrelationsfaktor und die Parameter des ausgleichenden linearen Trends bestimmt. Der Korrelationsfaktor hat die Festigkeit der Beziehung parametrisiert, die Gleichung der ausgleichenden Gerade hat dafür die Möglichkeit geboten, dass wir im Falle unterschiedlicher Temperaturszenarios den zu erwartenden Wert bestimmen. Im Rahmen der statistischen Untersuchungen haben wir die Streuung des gegebenen Elementes bestimmt, die von den jahreszeitlichen Temperaturänderungen, Donauwasserständen und den jeweiligen zu ihnen gehörenden Wasseraufkommen beeinflusst haben, weiterhin die in der Untersuchungsperiode vorgekommenen Minimal- und Maximalwerte. Unter Beachtung des die Korrelationsbeziehung repräsentierenden Korrelationsfaktors haben wir auf der Basis der Streuungswerte, weiterhin aufgrund der bisher vorgekommenen Minimum- und Maximalwerte den zu erwartenden Wert des Auftretens des gegebenen Elementenkomponentes und das Intervall des Wertes geschätzt.

Die Einstufung nach VKI haben wir auf der Basis der zu erwartenden Wertes und des berechneten zu erwartenden Intervalls gleichermaßen durchgeführt.

Zwecks des Vergleiches haben wir auch von den Unterwasserabschnitten auf der Basis der Wasserqualitätsdaten des Abschnittes Fadd die Berechnungen bei der Großbuhne maximal zugelassene 30 0C Thermobelastung bezogenen Berechnungen durchgeführt.



### Zusammenfassung der Folgen der Zuleitung des erwärmten Kühlwassers in die Donau

Auf der Basis der Zusammenfassung der früheren Untersuchungen kann die Erhöhung der Thermobelastung auf der Basis der Wasserqualität, Wasserführung und der Wassertemperaturverhältnisse der Donau so verwirklicht werden, dass es nicht auf Beschränkungen des Schutzes der aufnehmenden Wasserqualität stößt, bzw. es auch den Gesichtspunkten des Naturschutzes nicht widerspricht. Die wasserchemischen und wasserphysikalische Qualitäten der Donau werden während des Betriebes bezüglich der Thermobelastung unter Einhaltung der Beschränkungen laut Vorschriften wegen der Emissionen vom Kernkraftwerk Paks II. nicht mal im Falle von ungünstigen Situationen im Vergleich zu dem gegenwärtigen Zustand verändert werden.

Aus den Ergebnissen der an den Punkten des Stammnetzes zwischen 2006-2011, weiterhin der 2012-2013 durchgeführten Untersuchungen der Wasserqualität kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die Thermobelastung nach der Verwirklichung der geplanten Leistungserhöhung nach den Berechnungen in geringem Maße ansteigt.

Durch Wirkung der Leistungserhöhung kann aber in der Zukunft eine grundsätzliche Veränderung der die Wasserqualität der Donau kennzeichnende, von der Temperaturerhöhung in kleinerem-größerem Maße abhängenden Parameter (Versäuerung, Salzgehalt, Sauerstoffhaushalt und Pflanzennährstoffe) erwartet werden.

Durch die Aufnahme des vom Kernkraftwerk in den Fluss geleiteten erwärmten Kühlwassers beschleunigen sich zwar die Prozesse des Abbaus des organischen Materials in dem Fluss, die mit Sauerstoffverbrauch, Entzug vom Sauerstoff verbunden sind, aber diese können durch die hydraulischen und Mischungsverhältnissen des Flusses, weiterhin durch den charakteristisch hohen gelösten Sauerstoffgehalt kompensiert werden. Diese erwähnten Auswirkungen werden wahrscheinlich nicht bedeutend, sie dürfen aber von der Warte des Schutzes der Wasserqualität nicht außer Acht gelassen werden, deshalb schlagen wir eine Monitoring in der Zukunft auch weiterhin vor.

Während der Bewertung des Grundzustandes war etwa in 2 km Länge die Wirkung des Warmwassers in den Abschnitten auf der rechten Seite im Falle von Phytobenton- bedingt, und den Makrozoobenton- und Fischgemeinschaften unbedingt nachweisbar gewesen. Dies bedeutet die Nachweisbarkeit einer Temperaturerhöhung von  $\Delta t=2,5$  °C im Falle von diesen Taxons. Gleichzeitig hat die Temperaturerhöhung keine nachweisbare Wirkung in der Struktur der planktonartigen Algengemeinschaften gezeigt. Die Ergebnisse der ökologischen Analysen zeigen, dass die nachgewiesene Wirkung als langfristige Wirkung zu deuten ist. Aufgrund der Analysen ist es erwiesen, dass die Wirkung des Warmwassers auch unter optimalen Bedingungen der Entnahme von Proben sich an der Grenze der Nachweisbarkeit bewegt. Die Wirkung der Emission des Kernkraftwerkes Paks kann auch die natürliche Vielfaltigkeit der Umweltgegebenheiten der Donau überschreiten. Die Wirkung selbst ist viel mehr wegen der Dauerhaftigkeit der Exposition als wegen ihres Wertes bedeutend.

Die physikalischen und chemischen Ergebnisse der durchgeführten Grundzustandsuntersuchungen des Wassers auf den betroffenen Donauabschnitten beweisen, dass durch die Erhöhung der physikalischen Leistung in der Zukunft die für den Zustand der Wasserqualität der Donau charakteristischer Versäuerungszustand, Salzgehaltpegel, Zustand des Sauerstoffhaushaltes und Parameter des Zustandes der Pflanzennährstoffe, also grundsätzlichen Veränderungen der vom Anstieg der Temperatur in kleinerem-größerem Maße abhängigen Parameterwerte nicht zu erwarten sind.

Für den ökologischen Zustand der Donau bedeutet das emittierte erwärmte Kühlwasser den bedeutendsten Umwelteinfluss. Dieser Einfluss wird in dem Zeitraum zwischen 2030-2032 am stärksten. Über die während der Grundzustandsanalyse bestimmte drei betroffenen Taxon (Phytobenton, Makrozoobenton, Fische) hinaus kann man wahrscheinlicher Weise auch in diesem Zeitraum mit weiteren Lebewesengruppen rechnen, die diese Wirkungen direkt vertragen müssen. Die Wirkung durch die Thermobelastung ist langfristig, stark und von großer Bedeutung. Gleichzeitig kann man auf der Basis der ökologischen Untersuchungen darauf folgern, dass die Wirkung der Thermobelastung (und der gemeinsame Betrieb der insgesamt sechs Blöcke) in dem betroffenen Donauabschnitt im Falle von keiner einzigen Lebewesengruppen eine Verschlechterung mit Klassenunterschied auf der Basis der Bewertung von VKI Gesichtspunkten bewirken wird. Die Wirkung des Betriebes vom Rekopationskraftwerk wird bezüglich der Temperatur wahrscheinlicher Weise positiv sein. In den sommerlichen Kleinwasserperioden könnte die Rückbelastung des Blockes erforderlich werden. Nach dem für die gemeinsame Betriebsperiode angefertigten Modell wird das Gebiet der direkten Wirkung auf dem Unterwasser der Emission in die Donau etwa in 11 km Entfernung, in der Höhe von 1515,8 km der Donau sein. Aufgrund der Modellberechnung wird der durch Isotherm  $\Delta t=2,5$  °C charakterisierbare Thermoschweif die Mittellinie der Donau erreichen, diese aber nicht bedeutend überschreiten.

Die indirekte Wirkung der thermischen Belastung bedeuten die strukturelle Modifikationen, die durch die Lebewesengemeinschaften sich verbreitenden teilweise als Folge der Veränderung des Nährstoffwechsels in der Gemeinschaft der Verbraucherorganisationen, teilweise durch den relativen, oder absoluten Anstieg der Abundanz der invasiven Arten auftretende Konkurrenz, bzw. Konkurrenz in den betroffenen Gemeinschaften auftreten. Als Ergebnis der früheren Untersuchungen (Halasi-Kovács 2005, SCIAP 2010) und der Erhebung des Grundzustandes kann es nämlich die Tatsache festgestellt werden, dass als direkte Wirkung der Warmwasseremission Wassergebiete des betroffenen Abschnittes als Zentrum der Vermehrung der invasiven Arten dienen könnten, dadurch einen Beitrag zur weiteren Ausbreitung dieser Arten leisteten. In der Zeitperiode des gemeinsamen Betriebes weicht das indirekte Wirkungsgebiet bezüglich des Nährstoffkreislaufs bezogen auf die biologischen Elemente von dem direkten Wirkungsgebiet nicht ab. Bezüglich der Emission der invasiven Arten kann auf der überindividuellen (superindividuell) Ebene die Ausbreitung des Wirkungsgebietes nicht gedeutet werden, deshalb registrieren wir zwar die Wirkung, aber ein dazu gehörendes Wirkungsgebiet legen wir nicht fest. Das gesamte Wirkungsgebiet stimmt demzufolge mit dem unmittelbaren Wirkungsgebiet überein.

In der Periode der selbständigen Tätigkeit von Paks II. (2037-2085) kann man mit einer geringeren thermischen Belastung als der Wert des Grundzustandes rechnen. Trotz all dem ist die Wirkung bedingt durch die thermische Belastung auch in dieser Zeitperiode langfristig, mittelstark und von großer Bedeutung. Auf der Grundlage der Untersuchungen des Grundzustandes kann es behauptet werden, dass die Wirkung der thermischen Belastung während der Zeit des selbständigen Betriebes im Falle von keiner einzigen Lebewesengruppen eine Verschlechterung mit Klassenwert auf der Basis der Bewertung nach Gesichtspunkten der Rahmenleitlinien für Gewässer (VKI) auf dem betroffenen Abschnitt der Donau verursachen wird. Auf der Grundlage der Berechnungen des von der VITUKI Hungary Kft. erstellten Modells befindet sich das Gebiet der direkten Wirkung in dieser Zeitperiode auf dem Unterwasser der Emission in einer Entfernung von etwa 1000 m, wo es in der Breite die Mittellinie der Donau erreicht. Für die indirekte Wirkung, bzw. für deren Gebiet die im vorhergehenden Absatz geschriebenen sind gültig.

#### Einleitung des technologischen Abwassers in die Donau

Während der Nutzung der technologischen Wässer entstehen unterschiedliche radioaktive und traditionelle industrielle Abwässer, deren Menge in der Periode des selbständigen Betriebes 50 m<sup>3</sup>/h beträgt. Davon sind 10 m<sup>3</sup>/h radioaktiv und 40 m<sup>3</sup>/h ist die Menge des traditionellen Abwassers. Unter den normalen Betriebsbedingungen werden diese Verunreinigungen während der Klärverfahren entfernt. Die so entstehenden, niedrigere Konzentration als die Grenzwerte aufweisenden Abwässer gelangen durch den Warmwasserkanal in die Donau. Ein Teil der während der Nutzung infiltrierten Verschmutzungen ist auch nach der Klärung in nachweisbarer Menge im Abfallwasser anwesend. Gleichzeitig erleidet ein Teil der Verunreinigungen eine weitere biologische Degradation in dem Warmwasserkanal, bzw. in einer mit dem Kühlwasser in bedeutendem Maße verdünnten Verhältnis (1:0,0001) gelangt es in die Donau als Aufnahmemedium. Diese Wirkung des Kernkraftwerkes Paks auf den ökologischen Zustand der aquatischen Organismen konnte man während der Grundzustandsanalyse nicht nachweisen. Deshalb wird die Wirkung der emittierten Abwässer während des Normalbetriebes auf die Struktur der aquatischen Organismen nicht nachweisbar sein. Während des Normalbetriebes muss man stets bestrebt sein einen immer höheren Wirkungsgrad der Reinigung zu erreichen, bzw. das laufende Monitoring der Emission ist wichtig.

Die Menge des emittierten Abwassers beträgt in der Periode des gemeinsamen Betriebes ca. 90 m<sup>3</sup>/h, gleichzeitig aber modifiziert sich ihre Konzentration infolge der Ergebnisse der Klärung nicht. Auf dieser Grundlage gelten die Feststellungen für die Betriebsperiode von Paks II. auch für den Zustand des gemeinsamen Betriebes.

#### Einleitung des gereinigten Niederschlagwassers in die Donau

Das auf dem Gebiet des Betriebes herunterfallende Niederschlagwasser wird durch die Ölfallen von den nördlichen und südlichen Niederschlagwasser-Gürtelgräben gesammelt, und von da aus wird es in den nördlichen Kaltwasserkanal, südlichen Warmwasserkanal überleitet. Laut Untersuchung des Grundzustandes hat die Einleitung des Warmwassers in die Donau bezüglich der Mineralölderivate keine nachweisbare Wirkung.

### Schadhaftigkeit von Chemikaliertanks, Abfüllanlagen, Dieseltreibstofftanks, Austritt vom Altöl und sonstiger flüssigen Abfälle

Die Unterbringung von Tankbehältern für Chemikalien, Abfüllanlagen, Aufbewahrung von Altöl und sonstiger flüssigen Abfälle hat man in geschlossenen Bauten geplant. Im Freien befindet sich der Dieseltreibstofftank für die Generatoren. Als Zusammenfassung der Untersuchung der Verbreitung des eventuellen Austritts von Verunreinigungsmaterialien am Standort kann es festgestellt werden, dass die Durchlaufzeiten zwischen dem Standort und der Donau in den Bereich von 10-20 Jahren fallen. Bei eventueller Schadhaftigkeit der Chemikaliertanks, Abfüllanlagen, der Aufbewahrung von Altöl und sonstiger flüssigen Abfälle kann das auf die Erdoberfläche auslaufende Öl durch lokale Schadensbehebung sofort gesichert werden, damit die ausgelaufenen Verunreinigungsmaterialien die Donau nicht erreichen können. Demzufolge hat ein solcher Havariefall auf die oberirdischen Gewässer keinen direkten oder indirekten berechenbaren Einfluss.

### Emission von industriellem Abwasser ohne Klärung

Der Schadensfall der Kläranlage(n) von industriellen Abwässern bedeuten an sich das Gelangen der ungeklärten industriellen Abwässern in die Donau, bzw. in andere oberirdische Gewässer, weil diese erst durch Becken des Gumpenwassers zuerst in den Warmwasserkanal und dadurch in die Donau gelangen. Die endgültige Klärung erfolgt im Bereich Gumpenwasser-Kläranlagen. Eine Schadhaftigkeit deren kann real gesehen keine oberirdische Wasserverseuchung, nur eine Grundwasserverseuchung bewirken. Wenn man die Einleitung der ungeklärten industriellen Abwässer in die Donau von der theoretischen Seite her betrachtet, man kann die folgenden feststellen. Die Einleitung in die Donau während der Verunreinigung durch den Warmwasserkanal wird wahrscheinlich wegen der bedeutenden Verdünnung (1:0,0003) sogar bei Emission ohne Klärung das Absterben der Lebewesen bewirken, ihre Wirkung ist wahrscheinlich subletal, die vorübergehend Vermeidung durch die bewegungsfähigen Lebewesen kann beobachtet werden. Die emittierten toxischen Stoffe können aber durch ihre lange Abbauzeit auch langfristig eine Wirkung auf die aquatischen Organismen haben. Diese Wirkung, in Anbetracht der Verdünnung auch durch die Donau überschreitet nach Meinung von Experten keine 50 km.

## **13.3 BEWERTUNG DER PAKS II INVESTITION IM SPIEGEL BEWIRTSCHAFTUNGSPLANES DES WASSEREINZUGGEBIETES**

Aufgrund der Bewirtschaftungsplanes der Teilwassereinzuggebietes der Donau (VKKI 2010) ist der ökologischer Zustand der Donau auf der gesamten einheimischen Strecke mäßig, es erreicht nicht den guten Zustand. Dies kann teilweise auf qualitativen, aber mit ähnlichem, oder mit noch höherem Gewicht auf hydromorphologische Gründe zurückgeführt werden, weil, ja, die Donau nach dem chemischen Zustand die gute Bewertung hat. Die Bewertung der Donau ist auf der Grundlage von Phytoplankton und Phytobenton auf der Strecke Szob-Baja und auf dem Abschnitt südlich von Baja gut. Aufgrund der Bewertung nach den Makrozoobenton und Fisch Lebewesengruppen erreicht die Bewertung keines einzigen Wasserkörpers der Donau den guten Zustand. Diesbezüglich ist die Angabe von Wirkungen des Hochwasserschutzes, der Flußbettgestaltung und der Hydromorphologie von entscheidender Bedeutung, nachdem aufgrund der die organischen Verunreinigungen anzeigenden Elementen alle Abschnitte die Beurteilung gut erhalten haben. Laut Bewertung der wirbellosen Grundbewohner auf der Basis der von ICPDR anerkannten Untersuchung zeigen die Donau und ihre meisten Nebenflüsse einen mittlere-kritischen Verunreinigungswert. Auf der Grundlage der im Plan für Wasserwirtschaft (VGT) erfassten Tatsachen kann es festgestellt werden, dass das Erreichen eines guten ökologischen Zustandes auf der ungarischen Strecke der Donau nur als Ergebnis des gemeinsamen Auftrittes der Anrainerstaaten des Wassereinzuggebietes erreicht werden kann. Der mäßige ökologische Zustand als Ergebnis der hydromorphologischen Eingriffe und der Emission von verunreinigenden Stoffen kann nur als Ergebnis von sehr kostenspieligen Eingriffen mit einem Wert von Klassenunterschied verbessert werden. Der gute ökologische Zustand des mit dem Zeichen HURWAEP 444 bezeichneten Abschnittes der Donau Szob-Baja kann laut der Pläne bis 2027 erreicht werden (VKKI 2010).

Die Ergebnisse der in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführten Erhebungen des Grundzustandes nach den Gesichtspunkten von VKI haben es bestätigt, dass die Bewertungswerte der Untersuchungselemente (physikalischen und chemischen Kennziffer des Wassers: gut; FP: gut, FB: mäßig, MF: mäßig, MZB: mäßig, Fisch: gut) der in dem Plan für Wasserwirtschaft (VGT) erfassten Werten entsprachen, einen schlechteren Zustand hat kein einziges Element gezeigt. Der untersuchte Donauabschnitt entsprach insgesamt gesehen dem im VGT festgehaltenen mäßigen Zustand.

Die Analysen mit einer feineren Auflösung haben aber gleichzeitig gezeigt, dass der Betrieb des Kernkraftwerkes Paks durch die thermische Belastung des emittierten Warmwassers in der Struktur der Makrozoobenton, weiterhin der Fische eine nachweisbare Wirkung zeigt, solange aber die gleiche Wirkung im Falle von Phytobenton nicht ausgeschlossen werden konnte. Die in den Kennziffern der Struktur der Lebewesengemeinschaften manifestierte Wirkung kann bis zu der Temperaturveränderung  $\Delta t=2,5^{\circ}\text{C}$  nachgewiesen werden. Die Veränderung der Temperatur zeigt sich während des Betriebes des Kernkraftwerkes Paks in 2 km Länge im betroffenen rechten Uferabschnitt der Donau. Als Ergebnis der Untersuchungen konnte auch das bewiesen werden, dass die ausgewiesene Wirkung im ökologischen Zustand des gegebenen Abschnittes der Donau keine Verschlechterung mit Klassenunterschied bewirkt.

Während der Investition Paks II. bedeutet die thermische Belastung den bedeutendsten Einfluss auf die Umwelt. Mit der größten nachweisbaren thermischen Belastung kann man zwischen 2030-2032 rechnen. In dieser Zeitperiode werden sowohl die vier Blöcke vom Kernkraftwerk Paks und auch die zwei Blöcke von Paks II. im Betrieb sein. Das gesamte Wirkungsgebiet der thermischen Belastung kann auf dem Unterwasser der Emission in der Donau mit einer maximalen Entfernung von 11 km angegeben werden. Dieser Punkt ist in der Höhe von 1515,8. fkm der Donau zu finden. Aufgrund dessen kann es festgestellt werden, dass bezüglich der thermischen Belastung keine Verseuchung über die Landesgrenze zu erwarten ist.

Aufgrund der Ausführungen der früheren Kapitel die unmittelbaren Objekte der Wirkung werden die Phytobenton, Makrozoobenton und die Fische sein. Als Objekte der indirekten Wirkung können primär Organisationen der Nahrungsaufnahme - Makrozoobenton, Fische - erscheinen. Die stärkste indirekte Wirkung könnte das Warmwasser durch seine Rolle in der Ausbreitung invasiven Arten spielen. Die Wirkung durch die thermische Belastung ist langfristig, stark und von großer Bedeutung auf dem Wirkungsgebiet. Aufgrund der Ergebnisse der ökologischen Untersuchungen kann man darauf folgern, dass die Wirkung der thermischen Belastung im Falle von keiner einzigen Gruppe der Lebewesen eine Verschlechterung mit Klassenunterschied auf dem betroffenen Unterwasserabschnitt laut Bewertung nach Gesichtspunkten der VKI bewirken wird. Damit zusammen gilt die gleiche Feststellung auch für den zusammengefassten ökologischen Zustand.

Während des selbständigen Betriebes von Paks II. wird das Maß der thermischen Belastung laut Ergebnisse der Modellberechnungen die gegenwärtige Höhe der Emission des Kernkraftwerkes Paks. Die Ausdehnung des Wirkungsbereiches auf dem Unterwasser der Emission wird  $\sim 1$  km sein. Dies bedeutet gleichzeitig auch das, dass man ab 2037 mit einem günstigeren Umweltzustand als heute auf dem Unterwasser der Emission rechnen kann.

Aufgrund der Untersuchungen kann es festgestellt werden, dass die Zielsetzungen des gegebenen Wasserkörpers der Donau, das Erreichen des guten ökologische Zustandes des betroffenen Wasserkörpers der Donau die Investition Paks II. nicht hindert, deshalb ist der Zeitpunkt der Zielsetzung zu modifizieren nicht erforderlich.

## **14 GEOLOGISCHES GESTEIN UND UNTERIRDISCHES WASSER AM STANDORT UND IN DER DIREKTEN UMGEBUNG**

Die Bestimmung und die Charakterisierung des geologischen Gesteins und des Zustandes des unterirdischen Wassers erstrecken sich auf das Gebiet des Kernkraftwerkes Paks, das festgelegte Gebiet der Erweiterung und auf dessen engbestimmte Umgebung (3 km, die allernächste Wasserbasis, Csámpa).

Die Charakterisierung der unterirdischen Umgebung der Gewässer erstreckte sich auf das Grundwasser innerhalb des untersuchten Gebietes, auf die Wasserbasis der möglichen Uferbrunnen mit natürlicher Filterumgebung und auf die Schichtwasser. Die horizontale Ausbreitung bestimmen das auf dem Gebiet des Kernkraftwerkes und in seiner Umgebung auch heute aus mehr als 220 Stück aktiven Brunnen, unterirdischen Wasserpegel- und Monitoringsystem der Wasserqualität bestehendes System, weiterhin das Wasserwerk Csámpa. Die Untersuchungen - unter Beachtung der Lieferanten vom Schichtwasser - betrafen vertikal gesehen die geologische Schichten von der Oberfläche bis zu 210 m Tiefe.

In der Umgebung kommen zwei Arten von unterirdische Gewässer vor: Schichtwasser in den pannonischen Sandschichten, die tief unter den wasserisolierenden Schichten liegen, und darüber in dem Pleistocen-Holocen Verbund befindliches zusammenhängendes Grundwasser.

Am Standort ist bis zu dem Grundwasser eine Aufschüttung mit unterschiedlicher Stärke und Zusammensetzung anzutreffen, was unter der Donau aus den Überschwemmungen der Donau stammendes Neuholocen Schüttton, Schüttsand, Schüttschlamm angesiedelt ist. Von dem Flussbett der Donau entfernend bedeckt das Originalgelände altholocen Treibsand. Durch die obengenannten Schichten gesickert kann der Niederschlag bis zum Grundwasser durchdringen. Das niedrige Hochwassergelände wird von den aufgefüllten Mäandern (abgeschnürtes Flussbett) benetzt. Von den Überschwemmungen des Hochwassers wird das Gebiet gegenwärtig von 96-97 mBf (?) entfernend ausgebauten Hochwasserdämmen geschützt, aber die Pegeländerungen der Donau - primär durch das Material des abgeschnürten ehemaligen Flussbetts - beeinflusst lebhaft den Verlauf des Grundwassers.

Über das obere und mittlere Pleistocenalluvium der Donau erhebt sich etwa um 6-8 m deren altholocen Terrasse, dessen Material klein- und mittelkörniger Sand durch feinkörnige Kiesschichten gegliedert ist. Dessen Oberfläche wird erneut vom Neuholocen Treibsand bedeckt. Das Verhältnis der Grundwasserstände der Terrasse beeinflusst die Donau bereits weniger, oder sogar kaum.

Das Tal der Donau wird vom NW von einem Lößplateau bis zur 160-180 mBf (?) umsäumt. Der auf die Oberfläche des Lößplateaus niederfallende und einsickernde Niederschlag wird sich über die Wasserdichten Schichten ansammelnd in den meist porösen Schichten in Richtung der Erosionsbasis (Donau) weitergeleitet. Dies ist der Nährboden des Grundwassers im Donautal. Die wassersperrende untere Schicht der Grundwasser speichernden Schicht bilden oberpannonischen Ablagerungsschichten auf dem ganzen Gebiet, sie bestehen auf dem Ganzen Gebiet aus Sand-, Tonmergel-, margenartiger Gesteinsmehl, d.h. aus Wechselfolge von wasserspeichernden und wassersperrenden Schichten. Der vertikale Sickerkoeffizient seines oberen 20-30 m dicken Teils beträgt  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  m/s. Die Stärke der oberpannonischen Gebilde beträgt auf dem Gebiet etwa 500 m. Wegen der Druckverhältnisse des in den wasserspeichernden Schichten gelagerten Wassers können die Grundwasser nicht zu den Schichtwassern vordringen.

Das Grundwasser bildet auf dem Gebiet ein zusammenhängendes System, das durchschnittliche Grundwasserniveau verläuft in den oberen feinen klastischen (sandigen, gesteinsmehligen) Gebilden unterhalb der Geländeoberfläche in einer Tiefe von 8-10 Meter. Den jeweiligen Stand des Grundwassers bestimmt der aktuelle Wasserstand der Donau entscheidend.

Beim hohen Wasserstand, Hochwasser führt der Fluss die wasserspeichernden Schichten zu, das vom Hintergrund absickernde Grundwasser staut sich zurück, und das Niveau des Grundwassers steigt an. Die Wirkung der Veränderung der Wasserstände der Donau - das Pegelspiel geht über 8,5 m hinaus - meldet sich nach Angaben der Grundwasser-Kontrollbrunnen in einer 200-500 m breiten Streifen entlang des Flusses am stärksten, aber diese Wirkung ist sogar 1500 m entfernt von der Uferkante nachweisbar. Die Wirkung ist verzögert, sie meldet sich nur zu Zeiten der langanhaltenden Hochwasser in der gesamten Zone, das Maß der Wasserspiegelerhöhung ist sich von dem Ufer entfernend stets kleiner. Zu Zeit kurzanhaltenden Hochwasserwellen ist es bedeutungslos. Die Erhöhung des Grundwasserspiegels bedingt durch die Hochwasserwellen meldet sich von dem Ufer 100-200 Meter entfernt ca. nach 2 Tagen.

Die maximalen Grundwasserspiegel sind neben dem Kaltwasserkanals um etwa 94 mBf zu erwarten. Auf den von der Donau weiter entfernten Gebieten des Kraftwerkes beträgt die mehrjährige saisonale durchschnittliche Wasserspiegelbewegung etwa 2 m. Die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers ist nicht gleichmäßig, sie ändert sich in Abhängigkeit der Körnchenzusammensetzung der wassergebenden Schicht.

Das Wasser ist hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung Kalzium-Wasserstoffcarbonathaltig. Der gesamte Gehalt an gelösten Materialien des Wassers ist 300-400 mg/l, sein pH etwas basisch, seine Gesamthärte 15-25 nk°, die Chloridionkonzentration ist charakteristisch 20-30 mg/l, Sulfat-longehalt im Durchschnitt 100-150 mg/l. Der erhöhte Eisen- (0,5-1,0 mg/l) und Mangangehalt (0,3-0,8 mg/l) ist charakteristisch.

## **14.1 HERRSCHENDE PROZESSE DER STRÖMUNG DER SICH IN DER UMGEBUNG DES STANDORTES BFEINDENEN UNTERIRDISCHEN GEWÄSSER**

### **Grundwasser**

Wir haben komplexe Schichtwasser-Strömungs-Modelluntersuchungen in dem engeren Umkreis des Kernkraftwerkes Paks, bzw. der dazu gehörenden Analyse der Ausbreitung des allermobilsten radioaktiven Isotops des Triziums ( $^3\text{H}$ ) durchgeführt. Nachdem das Kraftwerk am Ufer der Donau liegt, der wichtigste Faktor der Strömung des in seiner Umgebung vorherrschenden Grund- und Schichtwassers sind die Donau selbst und der damit eng verbundene Kaltwasserkanal. Neben den beiden Hauptfaktoren spielen der Kondor-See und das westliche Lößplateau eine starke Wirkung. Die gemeinsame Wirkung von all diesen bestimmt in der Nähe des Standortes die Strömungsverhältnisse der unterirdischen Gewässer.

Das Gebiet kann mit den folgenden umfassenden Geschwindigkeitsbereichen charakterisiert werden:

In der Nähe der nördlichen Seite des Hauptgebäude und des Kaltwasserkanals entstehen meistens höhere Grundwasser-Strömungsgeschwindigkeiten als an der südlichen Seite. Der Unterschied kann sogar 1-2 Größenordnungen betragen.

An der südöstlichen Seite treffen sich zwei entgegengesetzt strömende Bereiche. Deshalb entsteht in nördlicher Richtung vom O5 Brunnen ein sich langsam bewegendere Bereich.

Im Falle der Brunnenreihe T (östlich von der Brunnenreihe O) entsteht eine Strömung von der Richtung des Kondor-Sees.

Auf der Grundlage des Vergleiches der maximalen Geschwindigkeiten kann es behauptet werden, dass die geringste Geschwindigkeit bei mittleren Wasserständen der Donau entsteht,  $V_{\min} = 7,7 \cdot 10^{-6}$  m/s. Die größten Geschwindigkeiten gehören zu den niedrigen Wasserständen der Donau,  $V_{\max} = 1,6 \cdot 10^{-5}$  m/s. Die oben angeführten Geschwindigkeiten sind entlang der Donau und des Kaltwasserkanals charakteristisch, in der unmittelbaren Umgebung des Hauptgebäudes ist die Strömung des Grundwassers langsamer. Dies bedeutet die tägliche Zurücklegung von 0,66 – 1,38 Meter in der Nähe des Kaltwasserkanals. Der Unterschied der gemessenen Geschwindigkeiten in der Umgebung des Hauptgebäudes und des Kaltwasserkanals kann sogar größer als eine Größenordnung betragen. Die in der Umgebung des Hauptgebäudes berechneten zurückgelegten Strecken pendeln in Abhängigkeit des Ortes und der Zeit zwischen 0,028 – 0,53 Meter. In der ungesättigten Zone haben wir auch vertikale, oszillierende Fortbewegungen erfahren. Ihre Geschwindigkeit ist um mehrere Größenordnungen kleiner als die in der gesättigten Zone entstandene Geschwindigkeit.

Zur Auswertung der gegenseitigen Wirkung des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer auf den Standort und auf dessen unmittelbares Umfeld bei extremen Wasserständen der Donau haben wir ein die bestehenden Verhältnisse anwendendes hydrologisches Modell ausgearbeitet. Die ausragenden Werte haben wir aus den dreizehnjährigen (2000-2013) Datenreihen des Wasserpegels Paks und des an dem Kaltwasserkanal befindlichen Wasserwerkes ausgewählt. Der niedrigste Wasserstand hat sich am 03.12.2011. gezeigt. Am Wasserpegel Paks hat man einen Stand von 84,81 mBf gemessen, dabei am Kaltwasserkanal 84,3 mBf Wasserniveau festgestellt. Der höchste Wert zeigte sich am 11.06.2013. Am Wasserpegel Paks hat man einen Stand von 94,29 mBf gemessen, dabei am Kaltwasserkanal 94,01 mBf Wasserniveau festgestellt.

Beim extrem niedrigen Wasserstand folgen die Prozesse den bei niedrigem Wasserstand definierten Prozessen, d.h. von den Fischteichen in Richtung der Donau eine östliche Strömung, in Richtung des Kaltwasserkanals dagegen eine nord-westliche Strömung kann beobachtet werden. Von dem Gebiet des gegenwärtigen Kraftwerkes kann eine nord-östliche, vom Gebiet des geplanten Kraftwerkes eine östliche Strömung beobachtet werden, wobei von der Richtung des westlichen Lößplateaus das Grundwasser in Richtung des Kaltwasserkanals strömt. Dies bedeutet, dass im Falle der niedrigen Wasserstände der Donau die Fischteiche sich als Quelle, dagegen die Donau und der Kaltwasserkanal als Schluckbrunnen benehmen.

Beim extrem hohen Wasserstand folgen zwar die Prozesse den bei hohem Wasserstand definierten Prozessen, aber die Rückstauung ist viel stärker. Neben den Standort an der Donau kann an dessen südlichen Teil eine Stauwirkung in westliche Richtung in Richtung der Fischteiche beobachtet werden. An der östlichen Seite des Kaltwasserkanals kann eine südwestliche Stauwirkung ebenfalls in Richtung der Fischteiche beobachtet werden. Südlich vom Kaltwasserkanal beim Gürtelkanal treffen sich die nach Westen und Osten (von der Richtung des Lößplateaus) verlaufenden Strömungen. An der westlichen Seite des Kaltwasserkanals (Erweiterungsgebiet) kann eine nord-westliche Strömung



beobachtet werden, die sich nach dem Aufeinandertreffen der von Richtung des westlichen Lößplateaus eintreffenden südöstlichen Strömung beruhigt. In diesem Fall bilden die Donau und der Kaltwasserkanal die Quellen, dagegen die Fischteiche, bzw. der Gürtelkanal sind die Schluckbrunnen.

Den Geschwindigkeitsraum des Modells haben wir mit solchen Orten verbunden, von denen wir angenommen haben, dass der gegebene Ort, z.B. Gelände unter dem Block, technologische Systeme, gegebener Abschnitt von Pipelines als Quelle von Triziums dienen könnten. Während der Errechnung der Triziumlinse haben wir angenommen, dass an den ausgewählten Orten, wegen der Infiltration des Triziums in den Boden eine stets bestimmte, höhere als für das unbelastete Gebiet charakteristische Konzentration entstehen könnte. Das Modell hat an diesen Orten die weitere Ausbreitung der Menge des an den einzelnen Orten angenommenen und den Messdaten angepassten als Ausgangsvoraussetzung eingebrachten Triziums gerechnet. Die als Ausgangsvoraussetzung vorhandene Triziumlinse haben wir aus einer der in der Zeit sich verändernden (transienten) Berechnung vorausgehenden, in der Zeit befestigten die entsprechenden Gleichungen lösenden „steady state“ Simulation erhalten. Im Falle der Berechnungen von Trizium haben wir uns primär auf die Umgebung des Hauptgebäudes konzentriert. Die Erreichungszeiten zwischen dem Hauptgebäude und den zu ihm am nächsten liegenden Beobachtungsbrunnen des Grundwassers betragen 1-6 Monate, wobei zwischen dem Hauptgebäude und der Donau in Abhängigkeit der Wasserstände der Donau 12-21 Jahre. Diese Daten haben wir über die Modellberechnung hinaus mit Trizium von hoher Empfindlichkeit und aus Heliumisotopen berechneten  $^3\text{H}/^3\text{He}$  Alter des Wassers validiert.

### **Schichtwasser**

In der Umgebung von Paks speichern die porösen Schichten des Ober-Pannon Lößgebildes Schichtwasser. Die Durchschnittliche Menge der Schichtwasser ist 1,0-1,5 l/s/km<sup>2</sup>. Die Tiefe der angezapften Ober-Pannon wassergebenden Schichten verändert sich zwischen 60–229 m. Der Pegel der Brunnen im Ruhestand - in der Zeit ihrer Errichtung - hat sich regelmäßig über das gegebenen Erdgleichgewicht eingestanden, also wir können hier über Brunnen mit positivem Druck sprechen. Das Maß der Druckebenen bewegte sich zwischen +0,1 – +6,7 m. Die spezifischen Wassererträge bewegten sich zwischen 5,2–87,7 l/Minute/m, die Temperaturen der geförderten Wasser bewegten sich in Abhängigkeit der Tiefe der wassergebenden Schichten zwischen 14–23°C.

Aufgrund der obigen Ausführungen bilden die seichten Schichtwasser des Ober-Pannon Ablagerungsgebilde wahrscheinlich mehrere, voneinander unabhängige hydraulische Systeme. Aufgrund der Druckverhältnisse kann eine Kommunikation nur von der Seite der Schichtwasser in Richtung Grundwasser möglich sein.

Die Qualität der Schichtwasser hängt primär von der materiellen Zusammensetzung der Schichten ab. Der Grundtyp der Wasser ist im allgemeinen Calcium-Magnesium-Wasserstoff Carbonat, pH is basisch. Die Gesamtmenge des gelösten Materials erreicht im Allgemeinen die Konzentration von 1000 mg/l nicht. Die aus tieferen Schichten stammenden Wasser beinhalten im Allgemeinen mehr gelöstes Salz. Der Chloridgehalt (10–190 mg/l) steigt in Abhängigkeit der Tiefe an. Die Wasser sind praktisch frei von Sulfaten. Wegen des bedeutenden Eisen- und Mangangehaltes ist die Behandlung des Wassers erforderlich.

Das Wasserbasis Csámpa-Puszta versieht das Kernkraftwerk Paks mit Trinkwasser. Gegenwärtig bilden 4 Stück Produktions- und 3 Stück Reservebrunnen das System der Wasserförderung und -Beobachtung. Der Gesamtertrag der Produktionsbrunnen bewegt sich um 800 m<sup>3</sup>/Tag, was sich in der Errichtungsphase von Paks II. auf der Grundlage der vorläufigen Berechnungen auf etwa 1400-1500 m<sup>3</sup>/Tag erhöht. Der Anstieg macht etwa 650 m<sup>3</sup>/Tag aus. In den vergangenen 10 Jahren zeigt die Menge der Förderung eine sinkende Tendenz, als Folge dessen sind sowohl die Ruhe- und auch die Betriebspegel angestiegen. Wir haben die entstehenden Strömungsrichtungen, die 50jährige Zulaufbahnen, bzw. die wegen der erhöhten Förderung entstehenden Depressionstrichter in dem Umfeld der Produktionsbrunnen bestimmt. Auf der Grundlage des hydrologischen Modells der Wasserbasis ist der Zulauf des Grundwassers unterhalb des Kernkraftwerkes in die Wasserbasis Csámpa-puszta ausgeschlossen. Dies ist nämlich ein Gebiet der Aufwärtsströmung, also der Druck erhöht sich mit der Tiefe. Die Anwesenheit von eventuellen Frischwasserkomponenten in den Schichtwasser haben wir auch mit Kontrollmessungen von hoher Präzision im Laboratorium ausgeschlossen, und dies sowohl bei den Brunnen in Csámpa als auch bei den auf dem Gebiet des Kraftwerkes befindlichen Schichtwasserbrunnen.

## **14.2 AUSWIRKUNGEN DER ERRICHTUNG UND DES BETRIEBS VON PAKS II AUF DAS GEOLOGISCHE GESTEIN, BZW. AUF DIE UNTERIRDISCHEN GEWÄSSER**

Man hat in der Projektierungsphase mit ernsthafteren Arbeiten von großem Volumen nicht zu rechnen. So hat man auch mit ihnen im Zusammenhang mit Auswirkungen bezüglich der geologischen Umgebung nicht zu rechnen. Es sind nur Abholzungen und kleinere Erdarbeiten bezüglich der Verlegung von kommunalen Versorgungsnetzen zu erwarten. Auf dem Gelände der Investition und auch des Aufmarschgebietes befinden sich mehrere Beobachtungsbrunnen, man hat für ihre Stilllegung/Umsetzung zu sorgen.

Die aus dem für die Grundierung der neuen Bauten zu errichtenden Arbeitsgruben ausgehobenen Böden gelten im allgemeinen als Abfall, aber ihre Unterbringung auf dem Baugelände kann gesichert werden. Für die Behandlung der humushaltigen Schichten muss man im Voraus einen Plan der Beseitigung von Humus erstellen. Die selektiv abgehobene humushaltige Kulturschicht kann auf dem Gelände der Investition in Deponie verlegt und später für die Begrünung verwendet werden. Eine andere Möglichkeit wäre, dass sie vom Baugelände wegtransportiert auf einem ähnlich gelagerten Gebiet zur Verstärkung der Kulturschicht eingesetzt wird. Die Wirkung der Vorbereitungsarbeiten ist neutral. Die Wirkung des Abbaus der humushaltigen Böden während der Bauarbeiten ist einmalig, es kann zeitlich gut abgegrenzt werden. Die gegenwärtig verschütteten humushaltigen Böden werden nützlich, so kann diese Wirkung als verbessernd angesehen werden.

Durch die Errichtung der Arbeitsgruben, Böschungen und Aufmarschwege gelangt auch die Freisetzung vom Staub der Böden in den Vordergrund. Diese Wirkung gilt nur von der Oberfläche gerechnet bis zur Tiefe von 20 cm. Die durch die Arbeitsgruben erschlossenen Böden haben eine sich zwischen 0,1–0,3 mm verändernde, durchschnittliche und maßgebende Körnchengröße. Deshalb neigen diese Böden durch die Zusammensetzung ihrer Körnchengröße zum Ausstauben. Das Ausstauben der Böden meldet sich insbesondere in der trockenen, warmen Sommerperiode. Im Winterhalbjahr bedingt durch die niedrigeren Temperaturen und der hohe relativer Feuchtigkeitsgehalt ist diese nicht bedeutend. Das Ausstauben der Böden als Wirkung ist bezüglich der Luftqualität ungünstig, und es ist in der engeren Umgebung der Erdarbeiten negativ, ihr Wirkungsgebiet hängt vom Volumen der Arbeitsgruben ab. Die Erscheinung des Ausstaubens ist vorübergehend, sie ist nur mit den Arbeitsgruben verbunden, ihre ungünstige Wirkung kann durch Sprengen, bzw. durch Verlegung vom Kiesbelag auf die Straßen gedrosselt werden.

Die Beständigkeit der Arbeitsgruben der Fundamente werden - oberhalb des Niveaus des Grundwassers - primär durch intensive Niederschläge gefährdet. Die sandigen Böden sind auf die Erosion sehr empfindlich, der entsprechende Zustand der Arbeitsgruben kann nur durch die fachmännische Ableitung des Niederschlagswasser gesichert werden (Gräber, Schächte, Bodenstabilisierung, Spundwände).

Auf dem Gebiet der Bebauung kann bedingt durch das Gewicht der Bauten der Anstieg der Schichtbelastung erwartet werden. Folge der Steigenden Schichtbelastung ist die stufenweise Verdickung, Kompaktion der Böden. Das Volumen der sandigen Ablagerungen kann bereits nach der Ablagerung - durch einfache Neuordnung der Körnchen sogar um 20% zurückgehen. Zum größten Maße werden die Ablagerungen mit organischen Stoffen, feinem Perlit zusammengepresst, soweit die Ablagerungen mit gröberem Körnchen und Abbruch (sandiger Kies) verdicken. Auf dem Gelände der Investitionen sind all diese Formationen vorzufinden, aber die belastenden Wirkungen der Bauten können primär die sandige Ablagerung betreffen. Während der Gründungsarbeiten kann ihre Wirkung als neutrale Wirkung angesehen werden, sogar wären einige bodenphysikalischen Eigenschaften (z.B. Dichte, Wasserleitfähigkeit) noch günstiger. Gleichzeitig können die mit der Verdickung zusammengehenden Bodensenkungen für die Struktur der Bauten schädlich sein.

Die Entwässerung der während der Errichtung des neuen Kraftwerks für die Grundierung ausgehobenen Arbeitsgruben wird das Grundwasserniveau beeinflussen, bzw. man wird durch die Entwässerung große Mengen vom Grundwasser entfernen, was in die Donau gelangt. Auf der Grundlage der technischen Grundrisszeichnungen haben wir die geplanten Bauten mit Tiefgrundierung der Blöcke, die wir in dem Zustand nach der Errichtung als inaktive Zellen (aus der Strömung der unterirdischen Gewässer ausgesperrten Zellen) in Betracht gezogen haben. Aufgrund der technischen Angaben kann die tiefe der Fundierungen der erwähnten Bauten zwischen 16 und 20 m angenommen werden. Während unserer Untersuchung haben wir auf konservative Art einheitlich mit einer Tiefe von 20 m gerechnet. Die Fundierung der neuen Blöcke wird wahrscheinlich nicht gleichzeitig geschehen, deshalb haben wir ihre Wirkungen auch in dem Modell getrennt untersucht (zuerst Paks II. 1. Block, dann 2. Block).

Die Arbeitsgrube, die vom Modell als inaktive Zelle betrachtet wird, haben wir mit einem Drenagenetz ummantelt. Die Menge des durch das Drenagenetz fließenden Wassers ist identisch mit der Menge des zu entfernenden Wassers. In der Praxis wird es wahrscheinlich erforderlich sein am Rande der Arbeitsgrube eine Art Schutzwand oder Palisadenwand anzubringen, deren Aufgabe in der Bremsung der Rückfüllung, bzw. in der physikalischen Stabilisierung der Böschungen erscheinen wird. Im Modell haben wir die Arbeitsgrube mit einer Mauer umgeben, deren Tiefe um einige Meter die tiefe von 20 Meter Tiefe der Arbeitsgrube überschreitet.

Der durchschnittliche Wert der gemessenen jährlichen Wasserspiegelschwankungen der auf dem gesamten Gelände des Standortes befindlichen Beobachtungsbrunnen beträgt etwas mehr als 3 Meter. Der gemessenen jährlichen Wasserspiegelschwankungen der auf dem nördlichen Bereich des Standortes, auf dem Bau- und Aufmarschgelände befindlichen Monitoringbrunnen sind im Durchschnitt etwas mehr als 4 Meter. Zur Begrenzung des Wirkungsbereiches haben wir die Wirkung der Entwässerung der Arbeitsgrube mit dem durchschnittlichen Wert der jährlichen Wasserspiegelschwankungen aller Monitoringbrunnen ( $\sim 3,12 \text{ m} = 3 \text{ m}$ ) definiert.

In der unmittelbaren Nähe der nördlichen Seite des gegenwärtigen Kraftwerkes ergeben sich Werte von 3-3,5 Meter Absaugung. Dies wird mit großer Wahrscheinlichkeit keine statischen Probleme bei der nördlichen Seite des Hauptgebäudes bewirken, weil sich der Boden unter dem Gewicht des Gebäudes im Lauf der Jahre konsolidiert hat, beziehungsweise auch gegenwärtig ist er mindestens solchen Wirkungen durch Wasserspiegelschwankungen der Donau ausgesetzt. Während der Entwässerung der Arbeitsgrube des zweiten Blockes ist eine kleinere Senkung des Wasserspiegels zu beobachten, weil die Grundfläche der zu dem 2. Block gehörenden Bauten kleiner ist. Das Wirkungsgebiet erstreckt sich nicht bis zur nördlichen Grenzlinie des gegenwärtigen Blocks, so ist auf dem Gebiet des vorhandenen Blocks überhaupt keine Wirkung zu erwarten. Gleichzeitig hat man aber bei der Gründung des ersten Blockes die Wirkung der Entwässerung des zweiten Blockes beachten.

Die durch die Entwässerung der Arbeitsgruben verursachte Depressionstrichter "zieht das Wasser aus der Umgebung auf sich zu", womit auch das meistmobile Verunreinigungsmaterial, das Trizium bewegt. Der Triziumschweif bewegt sich im Grundzustand in Richtung des Kaltwasserkanals, in nord- nordöstliche Richtung. Durch Wirkung der Entwässerung nimmt der Schweif nördliche Richtung an

Von dem hydrologischen Modell des Standortes können die zwei Schlussfolgerungen eindeutig abgeleitet werden, dass die Entwässerung eine nur sehr stark begrenzte Wirkung hat (ein Wirkungsgebiet um einige 10 Meter), weiterhin die jeglichen Verunreinigungsmaterialien können nur auf indirektem Weg (Grundwasser→Donau) in die benachbarten Länder gelangen. Das Eindringen von jeglicher Verunreinigung ins Grundwasser während des Normalbetriebes ist nicht genehmigt. Im Allgemeinen kann auch das behauptet werden, dass sogar im Falle von Betriebsstörungen die Menge der ins Grundwasser gelangenden Verunreinigungen nur ein Bruchteil der geplanten flüssigen Emission ist, so wird dies keine über die Landesgrenzen hinausgehenden Wirkungen verursachen, bzw. innerhalb der Fehlergrenze modifizieren sie der ansonsten durch die Ausbreitung durch die Atmosphäre verursachten Wirkungen nicht.

Die Schilderung der aus dem modifizierten (ergänzt mit den Positionen der neuen Blöcke, der Erweiterungen des Warm- und Kaltwasserkanals, Position sonstiger Bauten, die die gegenwärtigen Strömungsverhältnisse modifizieren können) hydrologischem Model des Standortes abgeleiteten Strömungsbahne, Durchlaufzeiten erfolgte in Anpassung der typischen Niedrigwasser-, Mittelwasser- und Hochwasserstände der Donau. Die Modelldarstellungen zeigen einen permanenten Zustand, was bedeutet, dass der Wassertand der Donau während der gesamten Betriebsperiode von Paks konstant ist. Der selbständige Betrieb von Paks II. erstreckt sich von 2037 bis 2090. Zwischen den einzelnen Betriebsperioden werden wahrscheinlich Überlappungen vorkommen. Die Wirkung von Paks II. auf die Richtung der Richtung des Grundwasserstromes bzw. -Geschwindigkeit wird nur in dem Volumen unter dem Gebäude mit Tiefgründung, bzw. in seine unmittelbare Umgebung zu beobachten sein. An den Seiten der Bauten wird die Strömung umgeleitet, aber die vorherrschende Richtung wird auch so in Richtung des Kaltwasserkanals führen. In dem Volumen unter den Bauten wird aber die Geschwindigkeit der Strömung ansteigen, weil es eine Schicht mit mehr Ton ist, und zwischen den Fundamenten das Wasser durch einen kleineren Querschnitt durchströmen kann. Die Richtungen weichen bei Klein- und Mittelwasserständen der Donau von der vorhin erwähnten Richtung nicht ab, nur die Geschwindigkeiten verändern sich, und zwar so, dass beim Kleinwasser die höchsten Geschwindigkeiten in Richtung des Kaltwasserkanals entstehen. Wir betonen, dass die permanenten Modellabbildungen pessimistische Schätzungen sind und sich auf 53 Jahre beziehen. Solche Klein- und Hochwasser können auf der Donau nie entstehen, die sogar länger als ein halbes Jahr währen würden, weil die Wasserführung und der Wasserstand des Flusses sich ständig ändert.

Aufgrund der angenommenen Positionen der Strömungsbahne und der technologischen Systeme haben wir Vorschläge für die Ansiedlungsorte des zum Monitoringsystem gehörenden Verbandes der Beobachtungsbrunnen unterbreitet. Man hat die Beobachtungsbrunnen so zu positionieren, dass egal an welcher Stelle ein unkontrolliertes Eindringen in das Grundwasser, oder eventuell in der gesättigten Zone vorkommt, das Monitoringsystem soll in der Lage sein dies mit großer Sicherheit zu detektieren, u.zw. innerhalb der erreichbaren kürzesten Zeit und noch lange vor dem Ankommen der Verunreinigung in die Donau. Bei der Gestaltung der Brunnen haben wir beachtet, dass die Wirkung der beiden Kraftwerke eindeutig getrennt werden kann. Das Brunnennetz haben wir in zwei Gruppen gegliedert: sofort realisierbare, bzw. Brunnen in der Nähe der Blockgebäude, deren Fertigstellung erst nach Beendigung der Fundierungsarbeiten und der nachträglichen Regelung des Terrains zu gestalten zweckmäßig ist. Bei den Schichtwasserbrunnen muss man beachten, dass ein Fehler der Bohrtechnik, bzw. die drastische Minderung des Druckniveaus des Schichtwassers nicht mal durch gemeinsame Wirkung die Migration der eventuellen Verunreinigung in die Wasserbasis bewirken können. Nachdem diese Brunnen weder in der Phase der Errichtung noch in der späteren Betriebsphase keinen wesentlichen Mehrinformationen liefern, schlagen wir vor, Schichtwasserbrunnen nur in begrenzter Anzahl zu bauen.

Nachdem beim Normalbetrieb die von den zwei neuen Blöcken, bzw. von den vier alten und zwei neuen Blöcken gemeinsam emittierte Radionuklide die gesamte Alpha-Aktivität der Donau  $0,1 \text{ Bq/dm}^3$  weitestgehend nicht, die gesamte Betaaktivität aber mit  $1 \text{ Bq/dm}^3$  Aktivitätskonzentration erhöhen, Trizium wird das einzige wirksame Isotop sein. Die beiden Blöcke können die Trizium Aktivitätskonzentration der Donau maximal um  $0,96 \text{ Bq/dm}^3\text{-el}$ , und die gemeinsam in Betrieb befindlichen vier alten und zwei neuen Blöcke um  $2,14 \text{ Bq/dm}^3\text{l}$  beim Kleinwasser erhöhen. Zum Vergleich, Die Trizium Aktivitätskonzentration des gegenwärtigen Niederschlages ist  $0,5\text{-}2 \text{ Bq/dm}^3$ , dagegen der Trinkwassergrenzwert  $100 \text{ Bq/dm}^3$ , also es hat keine bedeutende Wirkung weder auf die Donau noch auf die teilweise das Donauwasser nutzenden Wasserbasen mit Uferfiltration. Das Wirkungsgebiet kann nicht gedeutet werden.

### **14.3 BETRIEBSSTÖRUNGEN, HAVARIEN**

Nachdem die einzelnen Drehbücher das Eindringen von radioaktiven Verunreinigungen in das Grundwasser nicht für wahrscheinlich halten, so ist die Verseuchung der Grundgewässer nur in indirekter Form möglich: Infiltration aus der Atmosphäre, bzw. Auswaschen auf die Bodenoberfläche → dann Vordringen in die ungesättigte Zone bis zum Ankommen in der gesättigten Zone. Dieser Prozess wird keine Wirkung auf das Grundwasser wegen der hohen Absorptionsfähigkeit des Bodens, bzw. wegen der isotopenspezifischen, sogar mehrere hundert Jahre währenden Durchlaufzeit (die Zeit des Absickerns kann sogar für Trizium von einigen Jahren bis zum Bereich 10 Jahre dauern). Gleichzeitig aber auch das ist wahr, dass nach dem eventuellen Ankommen in der gesättigten Zone wegen der vorherrschenden Strömungsverhältnisse das endgültige Aufnahmeobjekt des Grundwasser-Durchlaufzeiten zwischen dem Standort und der Donau sogar für das mit dem Grundwasser zusammen fließenden Trizium in den Bereich 12-20 Jahre fällt, stehen für die Handhabung der eventuellen Ereignisse, für Schadenbehebung ausreichend Zeit zur Verfügung noch bevor die emittierten Verunreinigungen die Donau erreichen könnten. So wird dieses Ereignis keine Wirkung auf die Wasserbasen mit Uferfiltration haben.

Auf dem geplanten Gebiet der geplanten neuen Blöcke sind die wahrscheinlichsten potentiellen Quellen von Verunreinigungen die Chemikalienlagerungen, das Transformatorenöl, bzw. die Lagerung vom Dieselöl.

Die Ausbreitung von Ölverschmutzungen bestimmen grundsätzlich 4 Prozesse, der advective Transport, die Dispersion, Sorption bzw. die Biodegradation. Solange im Sickerbereich nach Abschluss der Versickerung vom Öl nur das an die Bodenkrumme absorbierten (von kleinen Menge) Ölgehalt bleibt, wird die im kapillaren Bereich verbleibende freie Ölmenge angereichert, und ihre Bewegung wird durch die Wirkung der Kapillarkraft beschränkt. So lange im Sickerbereich sich das Öl relativ schnell bewegt, kann im kapillaren Bereich das Öl monatelang, sogar auch nach Jahren in größeren Mengen verweilen. Die größte Verbreitungsgeschwindigkeit der Öllinse kann in der charakteristischen geologischen Formation maximal in den Bereich von  $10^{-8} \text{ m/s}$  fallen. Das Betriebsgelände befindet sich etwa 1000 m von der Kante des Donauufers entfernt, also die migrierende Öllinse könnte etwa in 3000 Jahren die Donau erreichen. Nachdem die Ölverschmutzungen im Wasser weniger löslich sind ( $20\text{-}80 \text{ mg/l}$ ), wird der direkte Transport mit dem Grundwasser kein bestimmender Faktor sein, obwohl auch das in etwa 12-20 Jahren die Donau erreichen könnte. Die für Ölderivate charakteristische Halbzeit der Biodegradation fällt in den Bereich 1-2 Jahre (bei Sicherung des entsprechenden Sauerstoffgehaltes), so verbleiben für die Abgrenzung und Schadenbeseitigung der angenommenen Öllinse ausreichend Zeit, bevor es die Donau erreichen würde.

Die in großen Mengen genutzten (gelagerten) Chemikalien sind die folgenden: Borsäure (in fester Form und vorwiegend innerhalb vom Container), Hydrazin, Ammonium, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Salzsäure und Salpetersäure. Die Umfüllstation wird so gestaltet, dass bei der Abfüllung von Chemikalien nicht zum Austritt, Sichern von Chemikalien kommen kann. Damit die Chemikalien infolge von Havariefällen nicht in die Umwelt gelangen können, es werden entsprechende Schadenbehebungsbecken ausgebildet, so hat man mit Belastung des Bodens, Grundwassers dadurch nicht zu rechnen.

## 15 GEOLOGISCHES GESTEIN, UNTERIRDISCHES WASSER IM DONAU-TAL

Laut Punkt 2.c des Anhangs der Regierungsverordnung 219/2004. (VII.21.) über den Schutz von Gewässern gilt die Umgebung des Kernkraftwerkes Paks bezüglich des Zustandes der unterirdischen Gewässer zu den empfindlichen Gebieten. Die Wirkung von Paks II. wird aber sich wegen der hydrogeologische Gegebenheiten des Donautales auf die unterirdischen Gewässer außerhalb des Standortes nur auf indirekte Art, durch die Donau erstrecken können.

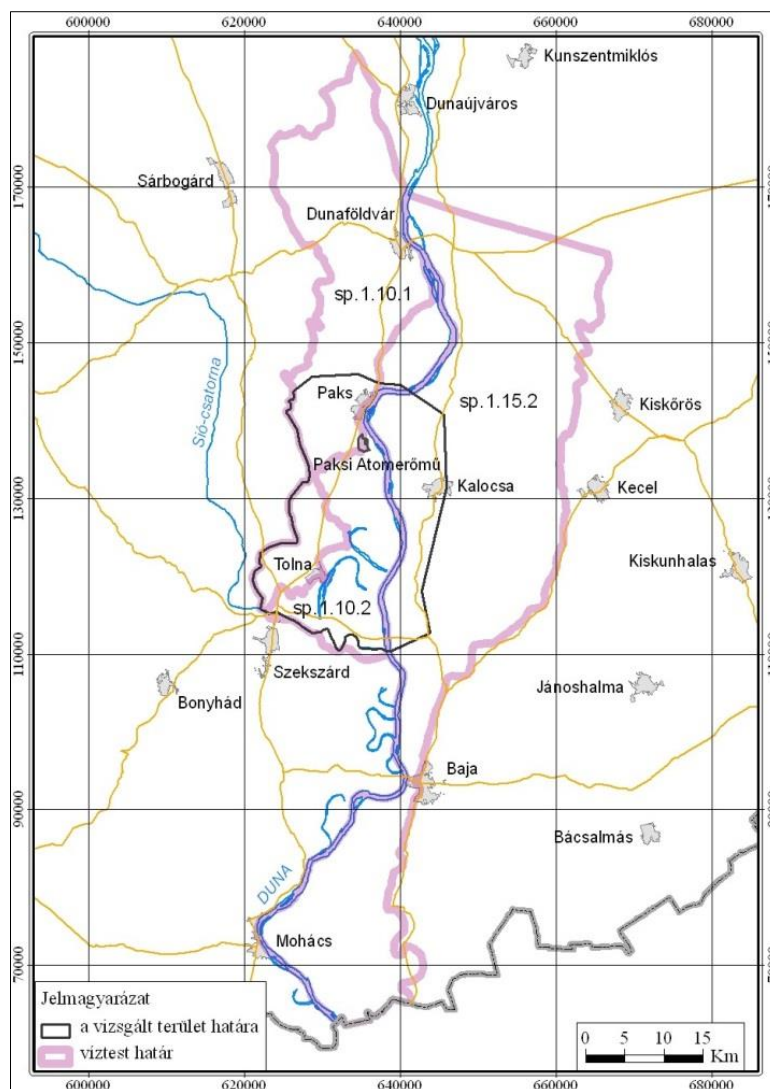
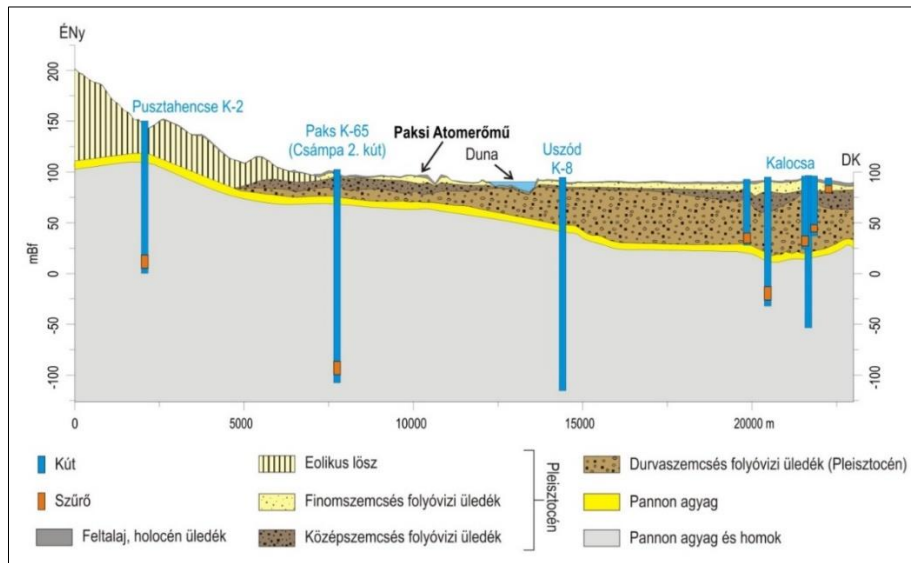


Abbildung 74: Beziehung der betroffenen Wasserkörper und des untersuchten Gebietes

Die Beziehung des Flusses Donau und des Grundwassersystems ist vielschichtig, von dem Wasserstand der Donau abhängig wirkt sie auf unterschiedliche Art und in unterschiedlichem Maß auf das Grundwasser.

In dem Donautal wird das Grundwasser von dem alluvialen, kieshaltigen, sandigen Gebilde aus dem Pleistozän, Holozän gespeichert. Die allgemeine Strömungsrichtung des Grundwassers folgt der Neigung des Bodenreliefs, auf der

rechten Seite der Donau von NW nach SO, dagegen auf der linken Seite verläuft die Strömung von O nach W. Die höchsten Grundwasserniveaus können wir westlich von Paks auf dem Lößplateau finden. Der hydraulische Gradient senkt sich vom Mezőföld in Richtung der Donau bedeutend.

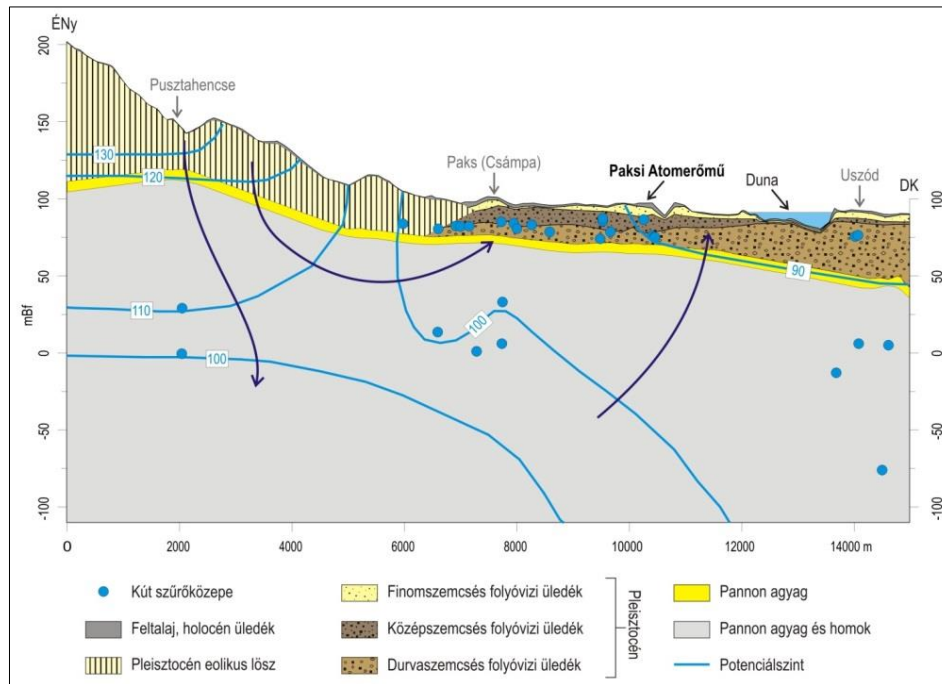


- kút - Brunnen
- szűrő - Filter
- feltalaj, holocén üledék - Oberflächenboden, holozän Ablagerung
- eolikus lösz - äolisches Löß
- finomszemcsés folyóvízi üledék - feinkörnige Flussablagerung
- középszemcsés folyóvízi üledék - mittelkörniger Flussablagerung
- durvaszemcsés folyóvízi üledék (pleisztocén) - grobkörniger Flussablagerung (Pleistozän)
- Pannon anyag - Pannon-Ton
- Pannon anyag és homok - Pannon-Ton + Sand

Abbildung 75: NW-SO hydrologischer Abschnitt durch das untersuchte Gebiet!

Unter natürlichen Potentialverhältnissen zapft die Donau die vom Hintergrund eintreffenden unterirdischen Gewässer an. Die Donau steuert mit ihren im Vergleich zu den Wasserniveauänderungen der Grundgewässer sehr schnellen Niveauänderungen das Niveau der ufernahen Grundgewässer. Die Ausbreitung des Drucks führt unter natürlichen Sickerbedingungen nur selten zu einer tatsächlichen Einströmung in die Schicht der Grundwasserhaltung. Die Druckwelle der Donau staut die Grundgewässer eher charakteristisch zurück, viel weniger kommt es zum Zurückpressen.





kút szűrőközepe - Mittelpunkt des Brunnens  
 feltalaj, holocén üledék - Oberflächenboden, holozän Ablagerung  
 eolikus lösz - äolisches Löß  
 finomszemcsés folyóvízi üledék - feinkörnige Flussablagerung  
 középszemcsés folyóvízi üledék - mittelkörniger Flussablagerung  
 durvaszemcsés folyóvízi üledék (pleisztocén) - grobkörniger Flussablagerung (Pleistozän)  
 Pannon anyag - Pannon-Ton  
 Pannon anyag és homok - Pannon-Ton + Sand  
 Potenciálszint - Potentialniveau

Abbildung 76: PotentiellerAbschnitt durch das Kernkraftwerk von Paks

Aufgrund der Analyse der in dem auf dem Gebiet des Kernkraftwerkes Paks und von den Direktiven für Wasserwirtschaft betriebenen Monitoringsystem gemessenen Wasserstand-Zeitreihen verläuft das hydrodynamische Wirkungsgebiet der Donau auf der rechten Seite ca. 1.000 m, auf der linken Seite 1.200 m-

Das hydrodynamische Wirkungsgebiet der Donau stimmt aber mit dem Verbreitungsgebiet der aus der Donau stammenden Verschmutzungen überein. Im größten Teil des Jahres sickert das Grundwasser vom Hintergrund in Richtung der Donau, die Donau zapft die Grundwasserreservoirs an. Im natürlichen Zustand sickert das Wasser nur bei hohen Flutwellen in den Verbund des Grundwasserspeichers. Das Wasser bewegt sich nur so lange in Richtung Hintergrund, bis der Wasserstand der Donau dieses umgekehrte Strömungssystem aufrecht hält.

Es gibt nur eine Wasserbasis mit Uferfiltration auf dem untersuchten Gebiet, es befindet sich auf dem linken Ufer der Donau, die Wasserbasis Foktő-Barákai (Kalocsa-Barákai), die Wasserversorgung der Stadt Kalocsa sichert. Gegenwärtig verfügt über eine theoretische Genehmigung der Errichtung die zukünftige Wasserbasis Gerjen Ezzat (Gerjen Nord), wohin man das Wasserwerk für die Versorgung von Szekszárd plant.

Die Uferstrecke unterhalb des Kernkraftwerkes Paks verfügt dank ihrer geologischen Struktur über große Mengen, qualitativ guten Wasserreservoirs mit Uferfiltration. Dementsprechend behandelt der Staat diese Wassermenge als potentiell erschließbare Wasserreserven. Die Wasserreserven sind langfristig zu schützen. Man hat sogenannte langfristige Wasserbasen festgelegt, deren Schutzgebiete laut der Regierungsverordnung 123/1997 (VII.18.) festgelegt wurden. Das Gebiet der Wasserbasen ist nach der Rechtsnorm erhöht empfindliches Gebiet. Von dem potenziell förderbaren Wassers der auf dem untersuchten Gebiet befindlichen, langfristigen Wasserbasen mit Uferfiltration bewegt sich der Anteil des Donauwassers nach Schätzungen um 50 %.

Das hydrodynamische Wirkungsgebiet der Donau stimmt nicht mit dem Wirkungsgebiet von Paks II. auf die unterirdischen Gewässer überein. Die Ergebnisse der Modelluntersuchungen des Standortes und der oberirdischen

Gewässer zeigen, dass weder während des Betriebes, noch im Falle von Betriebsstörungen breitet sich auf der Donau keine solche Verunreinigung aus, mit deren direkten Wirkungen man während der Untersuchung rechnen sollte.

Die indirekte Wirkung von Paks II. auf die Grundgewässer des Donautals offenbart sich durch seine thermische Wirkung.

Die Temperatur der ufernahen Grundgewässer beeinflusst die sich jahreszeitlich verändernde Temperatur der Donau. Die Art und das Maß der thermischen Wirkung verlaufen nach dem Ergebnis der stets vorherrschenden hydrologischen und thermischen Zustände. Die natürlichen Zustände werden durch die von Paks II. ausgehende thermische Belastung modifiziert. Wir haben die in dem unterirdischen Wasser in der Zukunft im Raum und Zeit eintretenden Veränderungen mit numerischen hydrodynamischen und Wärmetransport-Modelluntersuchungen studiert.

Im Gegensatz zu den oberirdischen Gewässern verfügen die Rechtsnormen nicht über den oberen Wert der Temperatur des Grundwassers, bei deren Erreichen das Grundwasser die Zustandszensur schlecht zu erhalten hat. Deshalb beurteilen wir die Wirkung von Paks II. auf der Basis der bewirkten Temperaturveränderung ( $\Delta T$ ). Als Grundzustand betrachten wir den Zustand ohne den Betrieb von Paks II. (2014). Die Wirkung haben wir bezogen auf den gemeinsamen Betrieb vom Kernkraftwerk Paks und Paks II. 2032 und auf den selbständigen Betriebes von Paks II. 2085 (Stilllegung des ersten Blocks) untersucht. Die Temperaturparameter der Donau für diese Periode lieferten die Ergebnisse der Modellierung des Oberflächenwassers der Donau.

Während der Untersuchung der Wirkungen haben wir wegen der konservativen Einschätzung, also wegen der Bestrebung auf größere Sicherheit die extremen hydraulischen Fälle (langanhaltender Niedrigwasserzustand im Sommer, Durchzug einer Flutwelle nach dem sommerlichen Niedrigwasser) untersucht.

Wir können jene Konklusion ableiten, dass die indirekte Wirkung von Paks II. nicht mal bei konservativer Einschätzung eine monotone, andauernde Erhöhung der Wassertemperaturen in dem Grundwassersystem bewirkt. Die Erhöhung der Temperatur des Grundwassers um einige °C kann auch nur in der Sommerperiode in der hydraulischen Situation des anhaltenden Niedrigwassers erfolgen. Laut des hydrodynamischen Modelles kann während der Zeit der größten Belastung, im Falle des gemeinsamen Betriebs vom Kernkraftwerk Paks und Paks II. (2032) in der Nähe der Einleitung des Warmwassers, in den von dem natürlichen Wasserlauf der Donau am stärksten beeinflussten Schichten in der Nähe der Oberfläche eine Erhöhung der Temperatur auch in den schlechtesten Fällen nur um 2,8 °C zu erwartet werden. An der Grenze des Untersuchungsgebietes, in der Linie des Sió-Kanals kann gleichzeitig eine Temperaturerhöhung um einige Zehntelprozent °C wahrscheinlich gemacht werden.

Während des alleinigen Betriebs von Paks II. (2086) sinken diese Werte auf identische Höhe, wie sie in dem gegenwärtigen Grundzustand sind. Eine Erhöhung der Temperatur zeigt sich in der Linie des Sió-Kanals nicht mehr.

In den bezüglich der Wasserförderungsanlagen besonders wichtigen sandig-kiesigen Schichten ist die Erhöhung der Temperatur im Wesentlichen kaum nachweisbar, sie bleibt unter 1 °C.

*Laut unserer gegenwärtigen Kenntnisse bewirkt eine Erhöhung der Temperatur um einige °C in der Temperatur des Grundwassers die Verschlechterung des Qualitätszustandes der Wasserkörper nicht. Sie bewirkt keinen Schaden in den natürlichen Systemen, aber auch nicht in den von den Wasserwerken genutzten Schichten. Sie hat keine schädliche Wirkung auf die Produktion der Wasserwerke.*

## 16 LÄRM UND VIBRATION

### 16.1 LÄRM- UND VIBRATIONSBELASTUNGSMESSUNGEN DES IST-ZUSTANDES

Von den in der Umgebung des Kraftwerkes untersuchten Lärmbelastungen durch den Verkehr kann berichtet werden, dass die Lärmemission des Verkehrs auf den neben den bewohnten Ortschaften verlaufenden verkehrsreichen Straßen sehr bedeutend ist. Die Umwelt-Lärmsituation bestimmt der vom Verkehr betroffenen Gebieten die Verteilung und die Dichte des Verkehrs eindeutig. In den vom Verkehr betroffenen, oder zu den verkehrsreichen Straßen naheliegenden Wohngebieten beträgt die Grundbelastung von Lärm auch in mehreren Fällen die für das Gebiet gültigen Grenzwerte der Lärmbelastung. Die verkehrsreichsten Zeiten sind die Periode zwischen 5 und 8-9 Uhr morgens und am Nachmittag die Zeit zwischen 15.00-18.00 Uhr. In der Zwischenzeit lässt der Verkehr an den meisten Messpunkten nach, und in der Nachtperiode kommt er meistens sogar zum Stillstand. So können die Lärmbelastungen und auch die Überschreitungen der Grenzwerte mit diesen Perioden der Spitzenzeiten verbunden werden. In der Umgebung der von verkehrsreichen Straßen freien Wohnhäuser am Donauufer liegt die Lärm-Grundbelastung überall unten den zugelassenen Werten der Grenzwerte der Lärmbelastung.

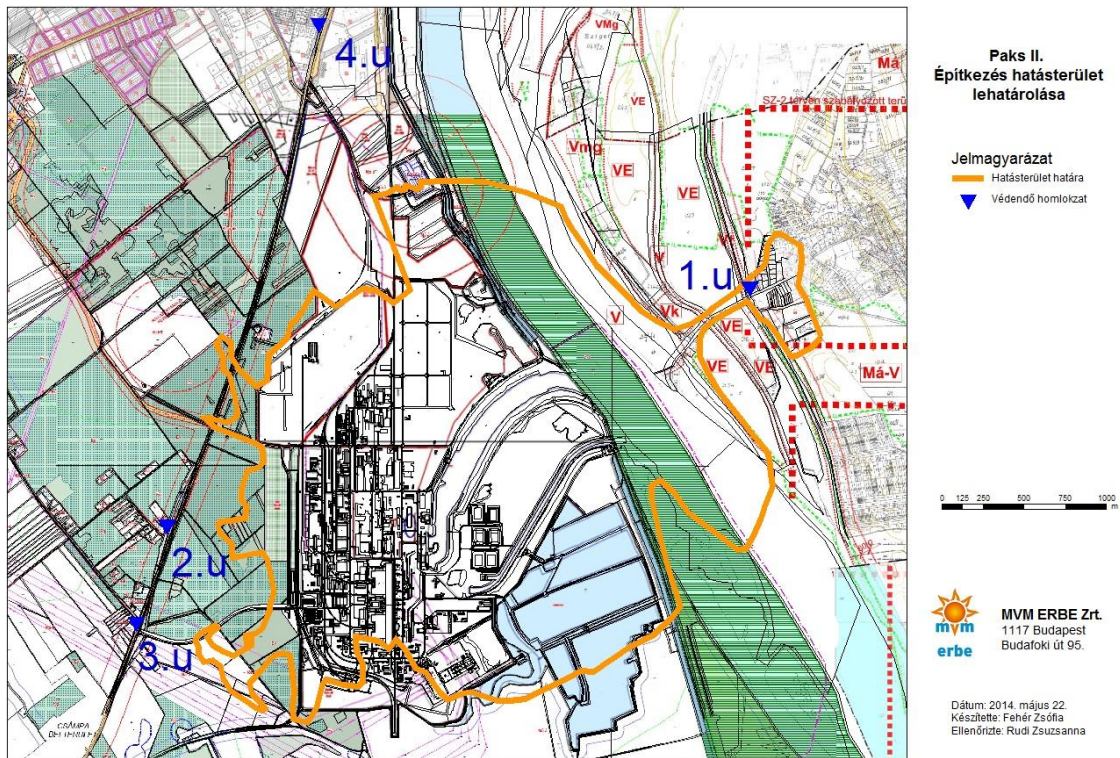
Bezüglich aller untersuchten Messpunkte für Vibration im Zusammenhang mit der Verwirklichung der Investition kann behauptet werden, dass von der Vibrationsquelle induzierte Vibration, Vibrationsbelastung infolge des Straßen- und Eisenbahnverkehrs auf dem zu erwartenden Wirkungsgebiet von Paks II. einen Anstieg bewirkt hat. Nach Auswertung aller Daten der Untersuchung der Vibrationsbelastung im Grundzustand kann festgestellt werden, dass die auf die Mess-/Beurteilungszeit bezogene Vibrationsbelastung in alle drei orthogonalen Richtungen kleiner als der Grenzwerte war, weiterhin der Höchstwert der Vibrationsbelastung in alle drei orthogonalen Richtungen kleiner als der Schwellenwert der Lärmuntersuchung war.

### 16.2 AUSWIRKUNGEN DER ERRICHTUNG VON PAKS II AUF DAS AUSWIRKUNGSGEBIET

Die für die zu schützenden Gebiete, bzw. zu schützenden Gebäude gültigen Grenzwerte der Lärmbelastung auf dem Gebiet des Betriebes, bzw. entlang der Fernleitungen können in allen Phasen der Bautätigkeit gehalten werden. An den zu schützenden Punkten neben der M6 Autobahn können die Grenzwerte der Lärmbelastung sowohl bezüglich der Grundbelastung, aber auch mit dem Zuwachs der Lärmbelastung infolge der sich ergebendes Verkehrsaufkommens bedingt durch die Errichtung von Paks II. mit einem Anstieg von 0,6-0,8 zusammen gehalten werden. Entlang der zu schützenden Punkten neben der Landstraße 6 haben die Berechnungen (und auch die Messungen des Grundzustandes) bestätigt, dass die Errichtung von Paks II. die Werte des Grundzustandes voraussichtlich mit 0,8-2,1 dB erhöhen wird. Im Falle des Vorbeifahrens von einem Güterzug in der Periode der Errichtung können die Grenzwerte an den zu schützenden Punkten gehalten werden.

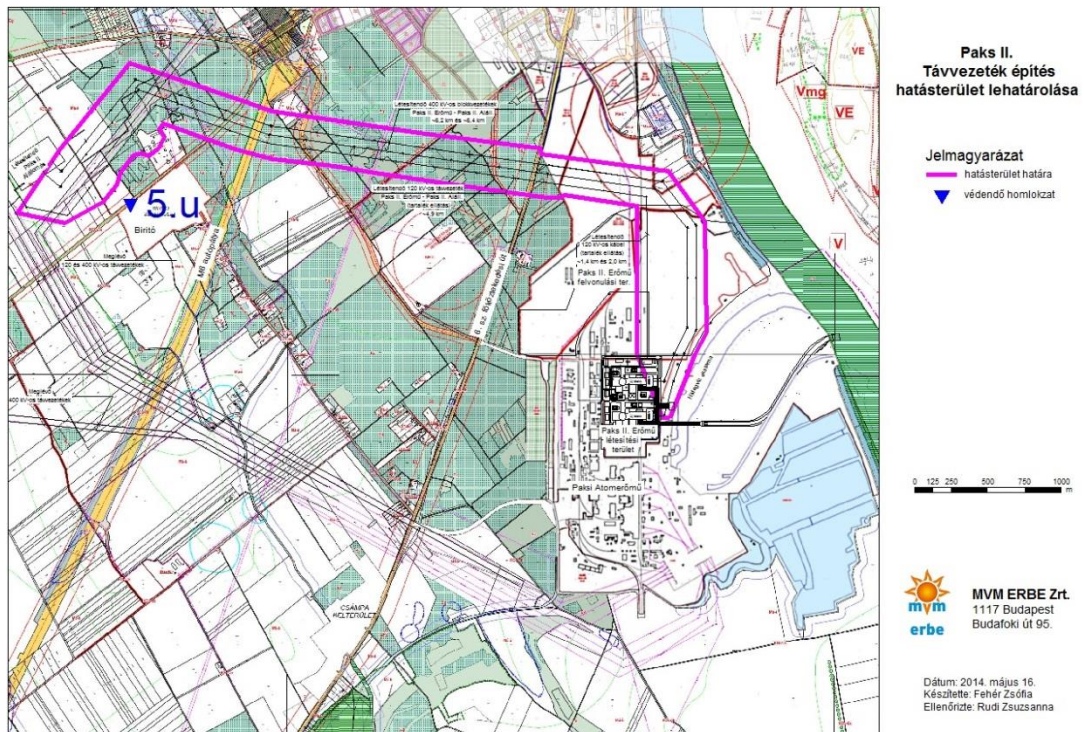
Das zusammengefasste Wirkungsgebiet der auf dem Betriebsgelände zu verwirklichende Bautätigkeit erstreckt sich auf den Standort des Kernkraftwerkes Paks, auf die nicht bewohnten umliegenden Gebiete, auf die Donau und auf die am westlichen Rand von dem Dorf Dunaszentbenedek liegenden Wohnhäuser. (Abbildung 77.) Das zusammengefasste Wirkungsgebiet der Errichtung von Leitungen erstreckt sich auf ca. 70 m auf Gewerbegebieten, ca. 100-150 m auf vor Lärm nicht zu schützenden Umgebung, und 120-300 m in Richtung Biritó (Abbildung 78.). Die Veränderung der Lärmbelastung infolge vom Straßenverkehr bewegt sich in der Periode der Errichtung zwischen 0,6-2,1 dB, demzufolge kann als indirekte folge der Investition in der Periode der Errichtung und des Rückbaus als Wirkungsgebiet nach der Verordnung auf den Verkehr auf die öffentlichen Straßen nicht definiert werden. Die theoretische Grenze der Wirkungsgebiete erreicht bezogen auf keine einzigen untersuchten Siedlung des zu schützenden Gebiet, oder zu schützenden Gebäude, also der vorübergehende, und ausschließlich mit der Fundierungstätigkeit verbundener Wassertransport - was von kleiner Intensität ist, pro Tag eine Schubschiff mit 6 geschobenen Schubkähnen - hat kein Wirkungsgebiet. Auf dem zu schützenden Gebiet, bzw. bei den zu schützenden Fassaden gibt es während der Zeit der Errichtung kein bedingt durch der Eisenbahntransport - Vorbeifahrt von täglich 1 Güterzug - resultierende Wirkungsgebiet. Aus der Errichtung von Paks II. kann eine Lärmwirkung über die Landesgrenze hinaus nicht als wahrscheinlich angesehen werden.





Paks II. Építkezés hatásterület lehatárolása - Paks II. Abgrenzung des Auswirkungsgebietes der Errichtung  
 Jelmagyarázat - Zeichenerklärung  
 Hatásterület határa - Grenze des Auswirkungsgebietes  
 védendő homlokzat - zu schützende Fassade

Abbildung 77: Summierter Auswirkungskreis des Betriebsbaugebietes



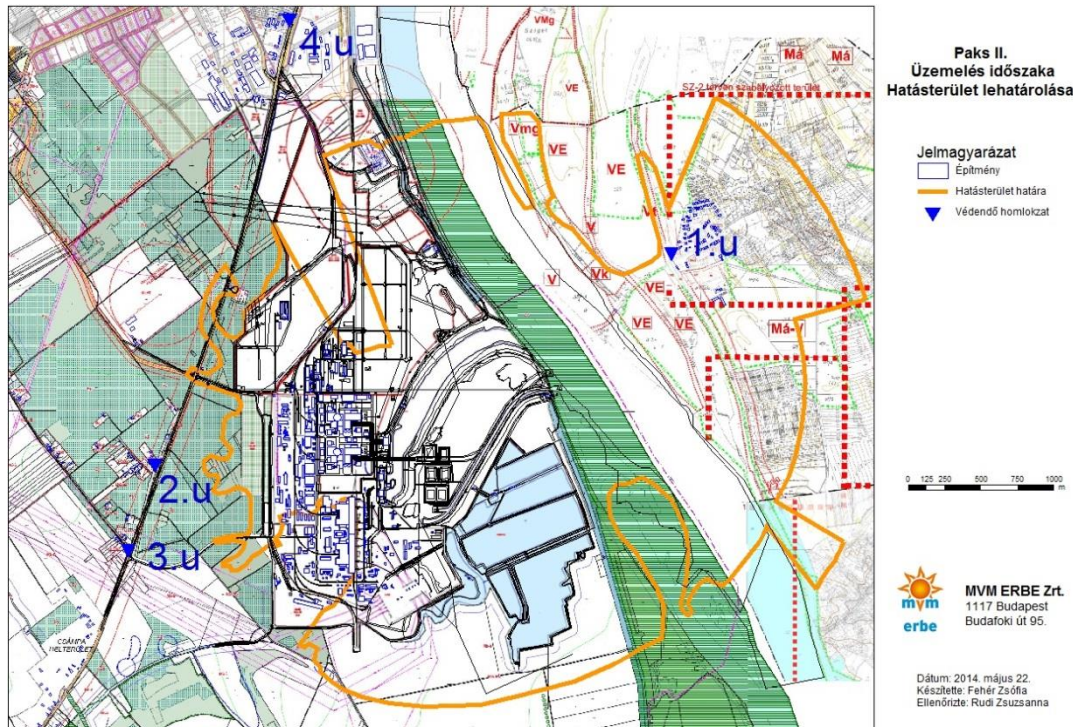
Paks II. Távvezeték építés hatásterület lehatárolása - Paks II. Abgrenzung des Auswirkungsgebietes der Fernleitung  
 Jelmagyarázat - Zeichenerklärung  
 Hatásterület határa - Grenze des Auswirkungsgebietes  
 védendő homlokzat - zu schützende Fassade

Abbildung 78: Summiertes Auswirkungskreis des Fernleitungsbaus



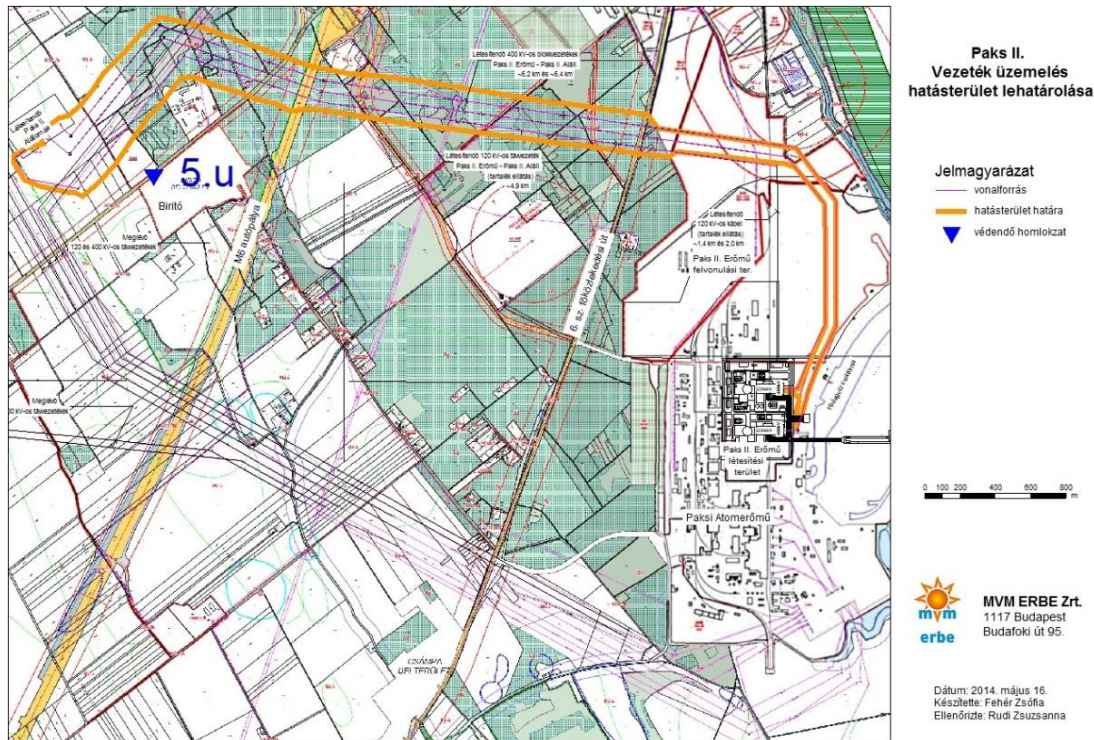
### 16.3 AUSWIRKUNGEN DES BETRIEBS VON PAKS II AUF DAS AUSWIRKUNGSGBIET

Die Lärmemission des Kraftwerkes - durch Verwirklichung der notwendigen Maßnahmen der Lärmpegelsenkung - bleibt innerhalb der für bewohnte Gebiete gültigen Grenzwerte der Lärmbelastung. Das Maß der sich vom Betrieb der Fernleitungen ergebenden Lärmbelastung ist bei der zu schützenden Fassade minimal. Die aus dem zusätzlichen Verkehrsaufkommen während der Betriebszeit von Paks II. stammende Lärmbelastung bewirkt keine spürbare Veränderung.



Paks II. Üzemelés időszaka, Hatásterület lehatárolása - Zeitperiode des Betriebes, Abgrenzung des Auswirkungsgebietes  
Jelmagyarázat – Zeichenerklärung  
Építmény - Bauten  
Hatásterület határa - Grenze des Auswirkungsgebietes  
védendő homlokzat - zu schützende Fassade

Abbildung 79: Auswirkungskreis des Betriebes



Paks II. Vezeték üzemelés, Hatásterület lehatárolása - Abgrenzung des Auswirkungsgebietes des Fernleitung Betriebes  
Jelmagyarázat – Zeichenerklärung  
vonalforrás - Linienquelle (Fernleitung)  
Hatásterület határa - Grenze des Auswirkungsgebietes  
védendő homlokzat - zu schützende Fassade

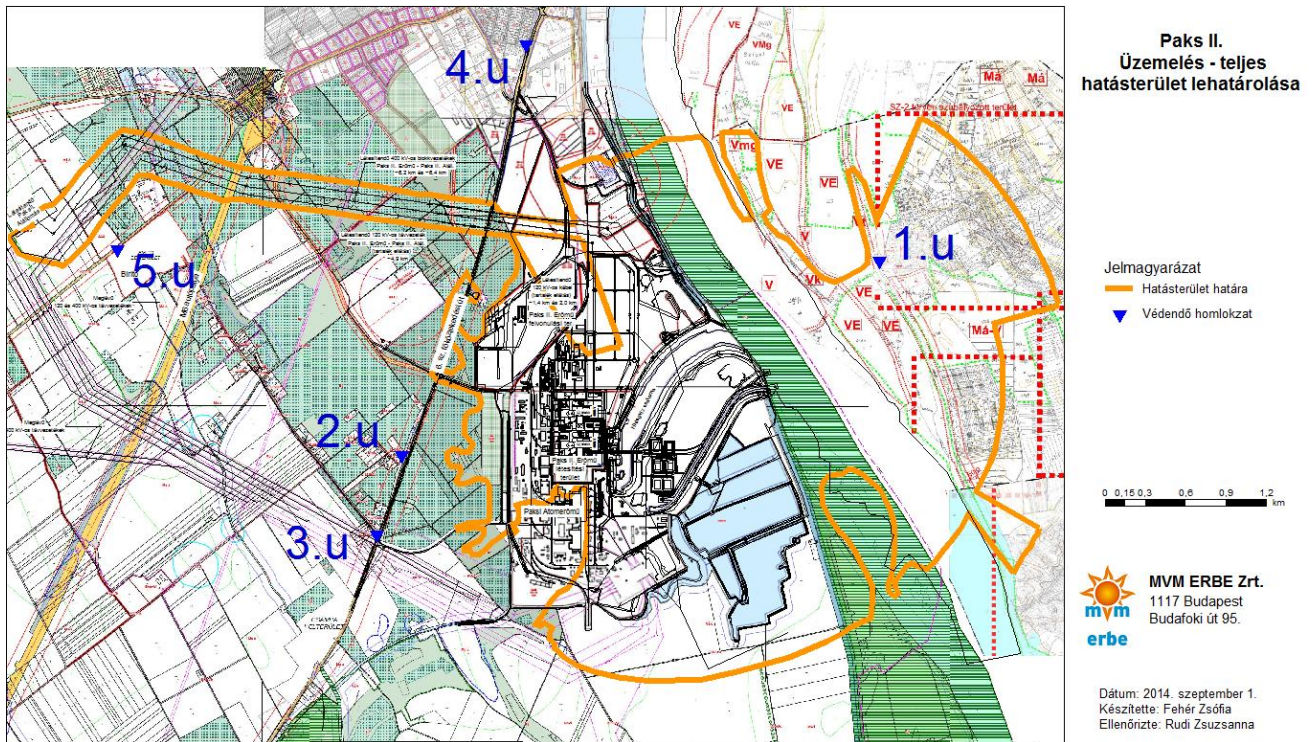
Abbildung 80: Auswirkungskreis des betriebes der Fernleitung

Das Wirkungsgebiet vom Betrieb von Paks II. (ohne die Fernleitungen) erstreckt sich auf den Standort der Kernkraftwerkes Paks, auf die nicht bewohnten umliegenden Gebiete, auf die Donau und auf einzelne Immobilien des Dorfes Dunaszentbenedek und teilweise auch auf die nordwestliche Ecke von Uszód. (Abbildung 79) Das Wirkungsgebiet der Fernleitung ist auf den Wirtschaftsflächen die unmittelbare Fläche unter den Leitungen, auf den nicht geschützten Gebieten die von den Leitungen gemessenen Gebiete bis zu 40-70 m, in Richtung Birtó max. 80 m. (Abbildung 80) Als indirekte Wirkung kann das Wirkungsgebiet durch den Verkehr der sich in der Betriebszeit der Investition zeigende zusätzliche Lärmbelastung nicht definiert werden. Die aus dem zusätzlichen Verkehrsaufkommen während der Betriebszeit von Paks II. stammende Lärmbelastung über die Landesgrenzen hinaus kann nicht wahrscheinlich gemacht werden.

## 16.4 DAS GESAMTE AUSWIRKUNGSGBIET DES BETRIEBS VON PAKS II

Das gesamte Wirkungsgebiet des Betriebes ist die Summe der Bereiche der direkten und indirekten Wirkungen, was die Abbildung 81. zeigt.





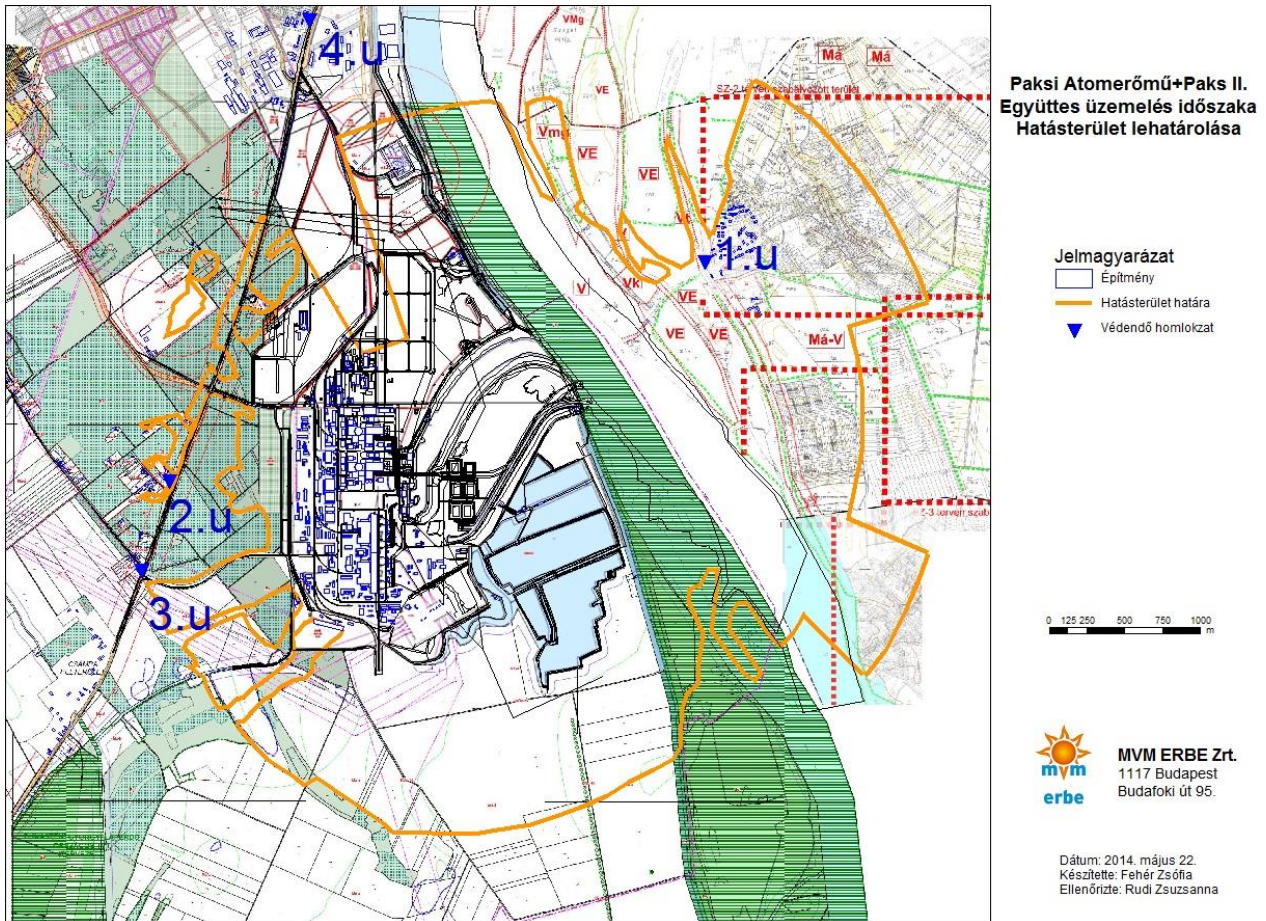
Paks II. Üzemelés - teljes hatásterület lehatárolása - Abgrenzung des gesamten Auswirkungsgebietes des Betriebes  
Jelmagyarázat – Zeichenerklärung  
Hatásterület határa - Grenze des Auswirkungsgebietes  
védendő homlokzat - zu schützende Fassade

Abbildung 81: Gesamter Auswirkungskreis des Betriebes

### 16.4.1 AUSWIRKUNG UND AUSWIRKUNGSGBIET DES GEMEINSAMEN BETRIEBS VON PAKS II UND DEM KERNKRAFTWERK VON PAKS

Das zu erwartende Maß der Lärmbelastung aus dem gemeinsamen Betrieb des Kernkraftwerkes Paks und Paks II. - bei Verwirklichung der erforderlichen Maßnahmen der Lärmpegelsenkung - bleibt bei den zu schützenden Fassaden innerhalb des für das Gebiet gültigen Grenzwertes. Das gemeinsame Wirkungsgebiet des gemeinsamen Betriebes des Kernkraftwerkes Paks und Paks II. (ohne die Fernleitungen) erstreckt sich auf den Standort des Kernkraftwerkes Paks, auf die nicht bewohnten umliegenden Gebiete, auf die Donau und auf einige Immobilien der Ortschaften Dunaszentbenedek und Uszód. (Abbildung 82.)





Paksi atomerőmű+Paks II. Együttes üzemelés időszaka, Hatásterület lehatárolása - Abgrenzung des gemeinsamen Auswirkungsgebietes des Betriebes vom Kernkraftwerk Paks und Paks II.  
Jelmagyarázat – Zeichenerklärung  
Építmény - Bauten  
Hatásterület határa - Grenze des Auswirkungsgebietes  
védendő homlokzat - zu schützende Fassade

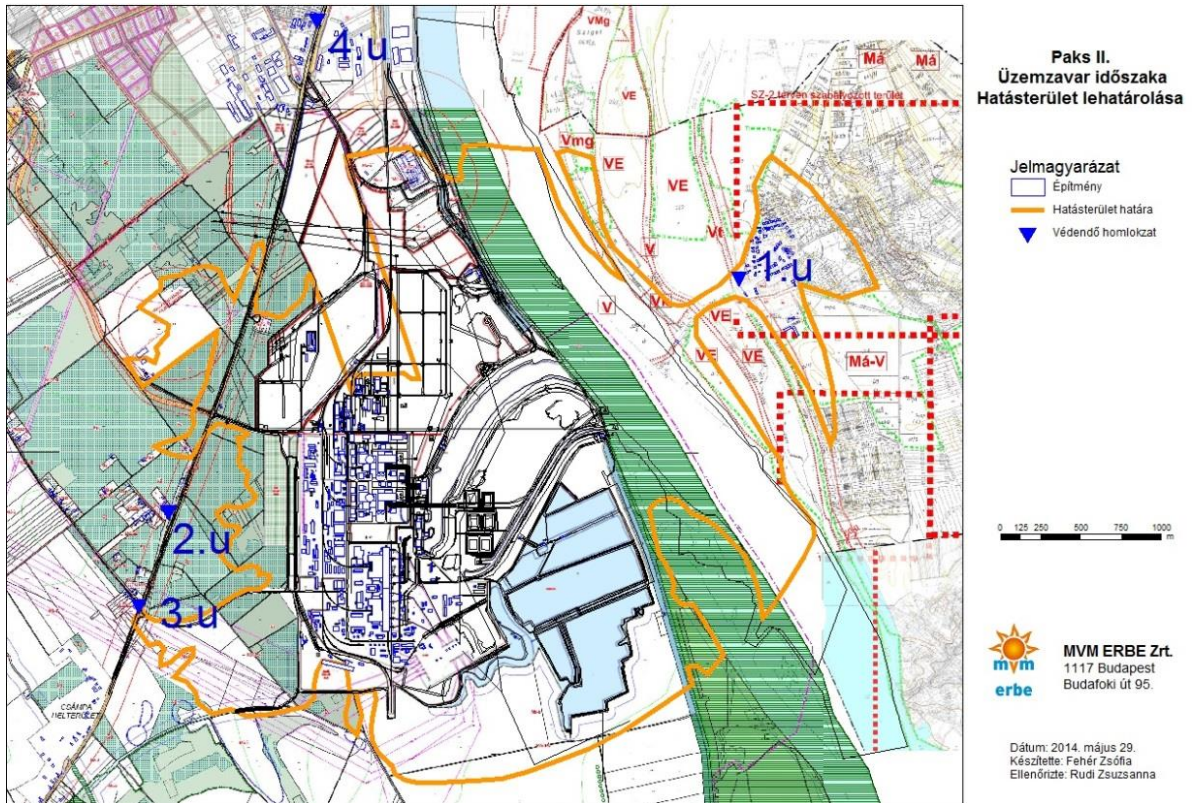
Abbildung 82: Gemeinsamer Auswirkungskreis des Kernkraftwerks von Paks und Paks II

Die Stärke des Personals des geplanten Kraftwerkes ist gemessen an der Stärke des gegenwärtigen Kraftwerkes kleiner, deshalb wird wahrscheinlich die Lärmbelastung aus dem Verkehr auch geringer ausfallen, was eine nicht spürbare Erhöhung des Verkehrsaufkommens und keine nachweisbare Veränderung auf dem Wirkungsgebiet verursacht. Paks II. ist selbständig, bzw. aus seinem gemeinsamen Betrieb mit dem Kernkraftwerk Paks kann eine Lärmwirkung über die Landesgrenze hinaus nicht als wahrscheinlich angesehen werden.

## 16.4.2 AUSWIRKUNG VON HAVARIEN AUF DAS AUSWIRKUNGSGEBIET

Eine bedeutende Abweichung bezüglich der Lärmemission des Betriebes abweichend vom Normalbetrieb tritt bei geplanten Betriebsstörungen mit sehr geringer Häufigkeit auf. Diesen Fall bedeutet der Ausfall der externen Versorgung mit elektrischem Strom. In solchen Fällen wird die Versorgung der Verbraucher durch Starten von Dieselgeneratoren zum sicheren Herunterfahren, Abstellen der Verbraucher gesichert.

Die Lärmemission des Kraftwerkes bleibt während der Zeit der Betriebsstörung innerhalb des für das Gebiet gültigen Grenzwertes der Lärmbelastung. Das Wirkungsgebiet der Betriebsstörung erstreckt sich auf den Standort des Kernkraftwerkes Paks, auf nicht bewohntes umliegendes Gebiet, auf die Donau und auf einzelne Immobilien der Gemeinde Dunaszentbenedek. (Abbildung 83)



Paks II. Üzemzavar időszaka, Hatásterület lehatárolása - Abgrenzung des Auswirkungsgebietes während Havarien  
Jelmagyarázat – Zeichenerklärung  
Építmény - Bauten  
Hatásterület határa - Grenze des Auswirkungsgebietes  
védendő homlokzat - zu schützende Fassade

Abbildung 83: Auswirkungskreis einer Betriebsstörung in Paks II

## 16.5 AUSWIRKUNGEN DER STILLEGUNGSARBEITEN AUF DAS AUSWIRKUNGSGEBIET

Während der Ausübung der Tätigkeit der Stilllegung können die für die schützenden Gebiete, bzw. zu schützenden Gebäude gültigen Grenzwerte der Lärmbelastung eingehalten werden. Das direkte Wirkungsgebiet der Periode der Stilllegung erstreckt sich auf den Standort vom Atomkraftwerk Paks, auf nicht bewohntes umliegendes Gebiet, auf die Donau und auf einzelne Wohnhäuser am westlichen Rand der Gemeinde Dunaszentbenedek. Ein Anstieg der vom öffentlichen Straßenverkehr stammenden Lärmbelastung kann nicht definiert werden.



## 17 LUFT

### 17.1 UNTERSUCHUNGEN DES IST-ZUSTANDES

Zur Charakterisierung des Grundzustandes des Gebietes haben wir in den Jahren 2012-2013 Grundzustandsmessungen in der Umgebung des Standortes durchgeführt. Aufgrund der Messungen haben wir den Luftverschmutzungszustand des Gebietes bestimmt, und dann auf dieser Grundlage die Belastbarkeit des Gebietes ausgemacht.

Die zur Bestimmung des Luftverschmutzungszustandes festgelegten Messpunkte waren die folgenden:

- ❖ auf dem Standort auf 1 Punkt (1. LMp - Zielgebiet der Kraftwerkentwicklung)
- ❖ neben der Anschlussstraße Nord auf 1 Punkt (2. LMp - neben der Anschlussstraße Nord)
- ❖ neben der Anschlussstraße Süd auf 1 Punkt (2. LMp - neben der Anschlussstraße Süd, Meteorologische Station)
- ❖ in der Gemeinde Paks-Csámpa, bei den Wohnimmobilien neben der Hauptstraße Nr. a 6 auf 1 Punkt (4. LMp - Csámpa, Kis utca)
- ❖ auf dem linken Ufer der Donau auf 1 Punkt (5. LMp - Dunaszentbenedek, 2/3 Gátórház /Gebäude der Dammwache/)
- ❖ in der Stadt Paks, in der Umgebung der Straße Kölesdi út auf 1 Punkt (6. LMp - OVIT Siedlung, Dankó Pista u. 1.)

Während der Auswahl der Messpunkte war primärer Gesichtspunkt, dass die Messpunkte zu den in dem technischen Anhang des Vertrages festgelegten Punkten möglichst nahe liegen sollten, sekundärer Gesichtspunkt ist es gewesen, dass die Stromversorgung und die Vermögenssicherheit der zu den Messungen eingesetzten Mittel gelöst werden kann.

Positionen der Messpunkte

Die Positionen der festgelegten Messpunkte können auf der unten folgende Google Earth Aufnahme identifiziert werden.

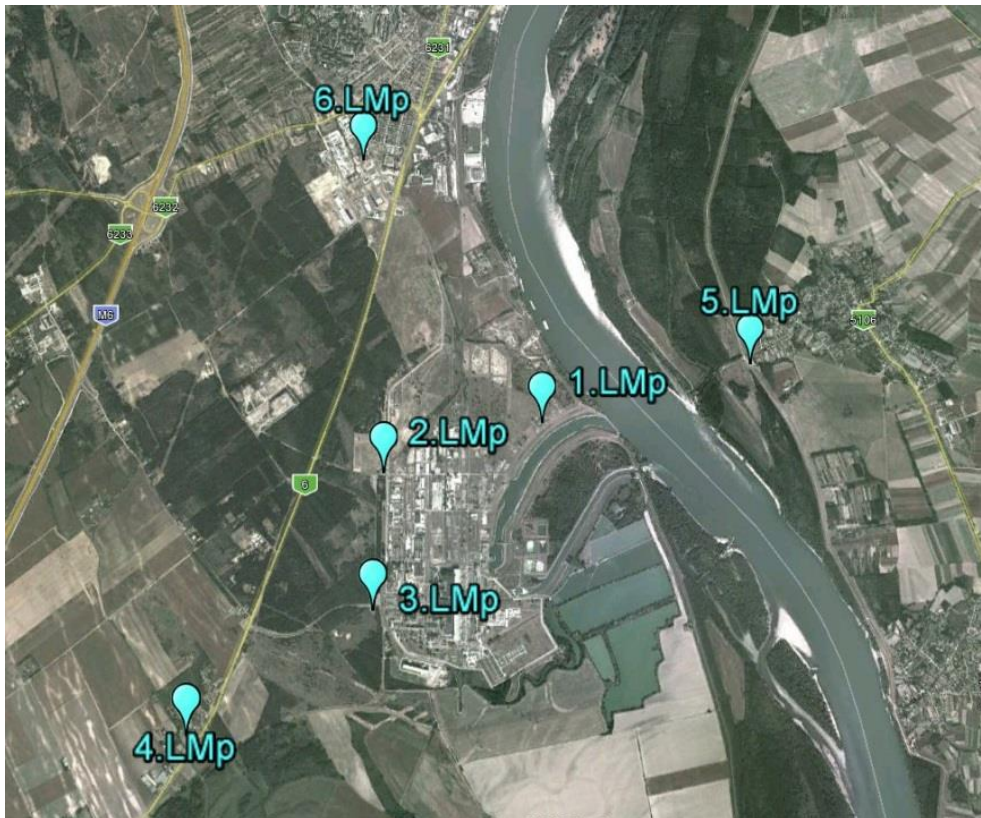


Abbildung 84: Anordnung der Luftverschmutzungsmesspunkte

Die zwischen dem 24. Januar 2012 und 28. März gemessenen NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, TSPM, Sedimentationsstaub, O<sub>3</sub> Konzentrationen waren niedrig, die für PM<sub>10</sub> bezogenen Grenzwertüberschreitungen blieben unter dem genehmigten Niveau.

Auf der Grundlage der Messergebnisse kann behauptet werden, dass die Qualität der Umweltluft im Falle von den Luftverunreinigungen SO<sub>2</sub>, CO ausgezeichnet, bezüglich NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> und O<sub>3</sub> gut ist.

Auf der Grundlage der Analyse der Messergebnisse haben wir die Belastbarkeitswerte des Gebietes dem Punkt 2. § 40. der Regierungsverordnung 306/2010. (XII. 23.) über den Schutz der Luft festgelegt.

Das Niveau der Belastbarkeit der Luft ergibt die Differenz des Grenzwertes der Luftverschmutzung und der Grundbelastung der Luft nach den folgenden.

Luftverschmutzungsmaterial	Grenzbelastung der Luft	Grenzwert der Luftverschmutzung pro Stunde	Belastbarkeit
	(µg/m <sup>3</sup> )		
Schwefeldioxyd (SO <sub>2</sub> )	2	250	248
Stickstoffdioxyd (NO <sub>2</sub> )	24	100	76
Stickstoffdioxyds (NO <sub>x</sub> )	30	100	70
Kohlenmonoxyd (CO)	525	10 000	9 475
schwebender Staub (PM <sub>10</sub> )	27	50	23
schwebender Staub TSPM	35	200	165

Tabelle 52: Zusammenfassende Bewertung des Ausgangszustandes von 2012

## **17.2 DIREKTE AUSWIRKUNGEN UND AUSWIRKUNGSGBIETE DER ERRICHTUNG UND DES BETRIEBS VON PAKS II**

Zur Feststellung der Schätzung der Verteilung der im Zusammenhang mit dem Betrieb von Paks II. in die Atmosphäre gelangenden nicht radioaktiven Verunreinigungen, zur Vorhersage der Luftqualität und zur Feststellung der Auswirkungsgebiete haben wir ein Modell vom Typ Gauß genutzt. Zu den konservativen Einschätzungen haben wir die für das Gebiet charakteristischen Klimadaten, bzw. die meisttypischen Werte beachtet.

Mit echter meteorologischer Datenbasis haben wir für ein volles Jahr Modellsimulationen unter Beachtung der stündlichen Emissionen durchgeführt. Die punktuellen meteorologischen Daten haben zu der Simulation teilweise die Daten des auf dem Standort des Atomkraftwerkes Paks stehenden, 120 m hohen meteorologischen Messturms geliefert. Von dem Messturm Paks standen uns die Werte der Windrichtung und Windgeschwindigkeit zur Verfügung. Die zur Simulation erforderlichen sonstigen Daten (die auf der Grundlage der Turmmessungen nicht zur Verfügung standen) haben wir von den Outputfeldern des numerischen Vorhersagemodells des frei zugänglichen GFS (Global Forecasting System) (<http://www.emc.ncep.noaa.gov/GFS/doc.php>) generiert. Die Outputfelder des GFS Modells sind in  $0,5 \times 0,5$  Grad räumlicher und 3stündiger zeitlicher Auflösung erreichbar.

Zu den Simulationen haben wir die meteorologischen Daten des Jahres 2011 in Betracht gezogen, weil in diesem Jahr mehrmals zu Witterungssituationen kam, die bezüglich der Ausbreitung und Verdünnung der Verunreinigungen ungünstig waren (z.B. langanhaltendes Vorhandensein der sogenannten Situation des kalten Luftkissens im November 2011). Diesbezüglich bedeuten die Ergebnisse eine Hochschätzung.

Für die Modellierung standen die mit den Bauarbeiten, ortsgebundenen Quellen verbundenen bezogenen (punktuellen, bzw. Gebietsquellen) Emissionsdaten, weiterhin die Emissionsdaten im Zusammenhang mit den Zulieferungen. Für die Periode der Terrainplanierung und der Arbeiten der Fundierung war auch die Menge der bewegten Erde berechenbar.

Für die Zeit des Betriebes haben wir die Emissionen von den angegebenen Punktquellen und der Zulieferungen beachtet.

Die Simulationen der Ausbreitung haben wir für Kohlenmonoxyd (CO), Stickoxyde (NO<sub>x</sub>), Kohlenwasserstoffe (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) und für den schwebenden Staub (PM<sub>10</sub>) durchgeführt.

Während der Modellsimulationen haben wir für die unterschiedlichen Perioden, unterschiedlichen Emissionen die durch die Emissionen entstehenden Konzentrationsfelder, die Überschreitung der Grenzwerte und die Wirkungsgebiete bestimmt.

Die zur Untersuchung erforderlichen Grenzwerte haben wir nach der VM Verordnung 4/2011. (I.14.) über die Grenzwerte der Belastbarkeit der Luft und Emissionsgrenzwerte der ortsgebundenen punktuellen Quellen der Luftverschmutzung beachtet. Die nur teilweise entsprechenden Grenzwerte haben wir auf konservative Art geschätzt. Auf dieser Grundlage haben wir die Gesamtmenge der Stickoxyde (NO<sub>x</sub>) als NO<sub>2</sub> angenommen, weil der Grenzwert in der Verordnung für NO<sub>2</sub> angegeben ist.

Die Gesamtmenge der Kohlenwasserstoffe (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) haben wir in der Annahme als Benzol behandelt, weil der Grenzwert in der Verordnung nur für Benzol angegeben ist.

Das Wirkungsgebiet der untersuchten Luftverunreinigungsmaterialien haben wir auf der Grundlage der Regierungsverordnung 306/2010. (XII.23.) bestimmt.

## **17.3 DIREKTE AUSWIRKUNGEN UND AUSWIRKUNGSGBIETE DER ERRICHTUNG**

### **Errichtung**

Während der Zeit der Errichtung haben wir vier Perioden unterschiedet, diese sind die folgenden: *Rückbau, Terrainplanierung, Fundierung und Konstruktionsbau.*

Im Falle der Berechnungen mit echter meteorologischer Basis bleiben alle Verunreinigungsmaterialien und im Falle von allen Arbeitsphasen die Emissionen innerhalb von 500 m Entfernung vom Quellenpunkt.



Im Falle einer Berechnung mit konservativer meteorologischen Datenbasis bleiben alle berechneten Verunreinigungsmaterialien und in allen Arbeitsphasen die Emissionen innerhalb von 1000 m Entfernung vom Quellenpunkt.

Das Wirkungsgebiet der Verunreinigung von dem Verkehr ist im Falle von NO<sub>x</sub> die etwa 100 m Umgebung der Straße, im Falle der anderen Verunreinigungsmaterialien kann das Wirkungsgebiet nicht nachgewiesen werden. Das Wirkungsgebiet der Verunreinigungen während der Zeit des Betriebes kann nicht nachgewiesen werden. Das Maß der Verunreinigung übersteigt im Falle von CO nicht 0,1 % des Grenzwertes, im Falle von NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub>) und C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> (Benzol) 10 % der Grenzwerte.

Unter außerordentlich ungünstigen meteorologischen Bedingungen kann auch die Überschreitung der gesundheitlichen Grenzwerte vorkommen. Die meistens ungünstigen meteorologischen Bedingungen kommen charakteristisch in der Winterperiode vor, in einer Zeit, wo die Ausführungsarbeiten eventuell eingestellt werden, bzw. sie können aufgrund der meteorologischen Vorhersage ausgesetzt werden. Es ist zu bemerken, dass bei ähnlich ungünstigen (Kaltkissen) Situationen landesweit die Überschreitung des gesundheitlichen Grenzwertes zu erfahren ist.

### **Monitoringsystem in der Periode der Errichtung**

Das zu dem Baugelände Paks II. am nächsten liegende Wohngebäude von Csámpa ist 1.330 m, das Wohngebäude in Paks 2.960 m, das Wohngebäude in Dunaszentbenedek 2.590 m entfernt. Wegen der bedeutenden Entfernungen wäre auch auf diesen Untersuchungspunkten der Bau von Monitoringstationen für Luftverschmutzung nicht begründet.

In Anbetracht der Dimensionen der Investition, auf die Dauer von ~10 Jahren der Ausführung ist es zweckmäßig dem Verlauf der Luftverschmutzung bei den zu der Errichtung am nächsten liegenden Wohngebieten zu folgen.

Die vorgeschlagenen Messpunkte sind die folgenden:

- in der Siedlung Paks-Csámpa, bei den Wohnimmobilien
- neben der Hauptstraße 6 auf 1 Messpunkte
- auf des linken Ufers der Donau auf 1 Punkt
- in der Stadt Paks, in der Umgebung der Kölesdi Straße auf 1 Punkt

Das vorgeschlagene Monitoring der Luftverschmutzung ist das folgende:

Auf eine Durchschnittsstunde integrierte kontinuierliche Messung von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Stickoxyde (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid (CO) mit einem in einer mobilen Messstation untergebrachten Analysator.

Auf eine Durchschnittsstunde integrierte kontinuierliche Messung von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Stickoxyde (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid (CO) mit einem in einer mobilen Messstation untergebrachten Analysator.

Die Dauer der Messungen beträgt pro Messpunkte: 14 Tage, pro Jahreszeit 2, jährlich insgesamt 8mal (8 x 14 Tage).

Messung der Verunreinigung Fraktion unter 10 µm des schwebenden Staubes (PM<sub>10</sub>), des ganzen schwebenden Staubes (TSPM) durch Anwendung einer Expositionszeit von 24 Stunden mit aktiver Messtechnik.

Die Dauer der Messungen beträgt pro Messpunkte: 14 Tage, pro Jahreszeit 2, jährlich insgesamt 8mal (8 x 14 Tage).

Kontinuierliche Messung von der Konzentration von Ozon (O<sub>3</sub>) auf eine Stunde Durchschnittszeit integriert mit einem in die mobile Messstation angesiedelten Analysator.

Die Dauer der Messungen beträgt pro Messpunkte: 14 Tage, pro Jahreszeit 2, jährlich insgesamt 8mal (8 x 14 Tage).

Messung der Sedimentationsstaub-Verunreinigung mit passiver Messtechnik.

Die Dauer der Messungen beträgt pro Messpunkte: 30 Tage, pro Jahreszeit 1, jährlich insgesamt 4mal (4 x 30).

Parallel zur Messung der Luftverschmutzung schlagen wir auch die kontinuierliche Registrierung der in 1 Stunde Dauer integrierten meteorologischen Kennzeichen (Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt, Windgeschwindigkeit, Windrichtung) vor.

Die Messungen kann ein akkreditiertes Laboratorium mit Instrumenten von genehmigtem Typ durchführen.

Es ist zweckmäßig die Messungen bereits ein Jahr vor Beginn der Ausführungsphase zu beginnen, dadurch die Festhaltung der Grundverschmutzung des Gebietes als Vergleichspunkt sichern. Wir schlagen die Fortsetzung des

Messprogramms während der gesamten Zeit der Ausführung fortzusetzen vor, dadurch die Festhaltung und Dokumentierung des aktuellen Zustandes zu sichern.

Betrieb

Für die Periode des Betriebes haben wir die von den angegebenen punktuellen Quellen und Anlieferungen ausgehenden Emissionen in Betracht gezogen. Die Einspeisung der elektrischen Energie der Sicherheitssysteme im Falle von Betriebsstörungen sichern pro Block 4 Stück Dieselgeneratoren mit je ~7,5 MWe Leistung, Höhe der eingebrachten Heizwärme beträgt pro Einheit 18,75 MWth. Egal welcher der Dieselgeneratoren ist in der Lage die Einspeisung der erforderlichen elektrischen Energie im Falle eines eventuellen Notstops zu sichern. Die Dieselgeneratoren arbeiten - unter normalen Betriebsbedingungen - planmäßig nur im Test-, oder Probebetrieb. Die Quellen der ortsgebundenen, punktuellen Luftverschmutzungen sind die Schornsteine der Generatoren. Auf der Grundlage der Emissionszeit, bzw. der Menge der Verschmutzung ist die Überschreitung des Grenzwertes im Falle non keiner Luftverschmutzung zu erwarten.

	CO	NO <sub>x</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>
max. Konz. (µg/m <sup>3</sup> ):	107,2	15,3	3,8
Grenzwertüberschreitung	keine	keine	keine
Gebiet der Auswirkung	keine		

Tabelle 53: Auswirkungen des Probebetriebs der Dieselgeneratoren

Über die Wirkung der während des Betriebes durchgeführten Zulieferungen kann es festgestellt werden, dass eine Überschreitung des Grenzwertes weder mit echten, noch mit konservativen meteorologischen Verhältnissen rechnend nicht vorkommt, die entstehenden Konzentrationen in der Atmosphäre sind sehr gering.

Auswirkung des gemeinsamen Betriebes von Paks II. und des Kernkraftwerkes Paks

Die Grundbelastung der während 2012-2013 gemessenen Luftverschmutzung beinhaltet in sich auch die Auswirkungen der nicht radioaktiven Emissionen von dem Kernkraftwerk Paks. Wenn wir zu den Messergebnissen des Grundzustandes auch die Ergebnisse der Modelluntersuchungen des selbständigen Betriebes von Paks II. zurechnen, dann erhalten wir die gemeinsame Auswirkung von Paks II. und des Kernkraftwerkes Paks.

Luftverschmutzung	Grundbelastung der Luft	maximale Konzentration pro Stunde des Probebetriebes von Dieselgeneratoren von Paks II -	gemeinsame Auswirkung Paks II. und des Kernkraftwerkes Paks	Grenzwert der Luftverschmutzung pro Stunde
	(µg/m <sup>3</sup> )			
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	30	15	45	100
Kohlenmonoxyd (CO)	525	107	632	10 000

Tabelle 54: Direkte Auswirkung des gemeinsamen Betriebs von Paks II und des Kernkraftwerkes Paks auf die Luftqualität

Man kann von den Ergebnissen ableiten, dass die Auswirkung der nicht radioaktiven Emissionen weder von selbständigem Betrieb von Paks II. noch von dem gemeinsamen Betrieb von Paks II und des Kernkraftwerkes Paks die bestehenden Verhältnisse der Luftverschmutzung wesentlich nicht beeinflussen, sie wird auf die bewohnten Gebieten bezogen von der Bewertung her verträglich-neutral sein.

## 17.4 ZUSAMMENFASSUNG

Auf der Grundlage der detaillierten Ergebnisse der Modellierung kann es festgestellt werden, dass die Auswirkung der Errichtung sich auf den Standort und auf seine unmittelbare Umgebung sogar unter den Bedingungen der konservativen meteorologischen Verhältnisse erstreckt.

Es kann weder im Zusammenhang mit der Errichtung und des Betriebes von Paks II., noch aus dem gemeinsamen Betrieb von Paks II. und des Kernkraftwerkes Paks mit einer über die Landesgrenze hinausgehenden Auswirkung der nicht radioaktiven Emissionen gerechnet werden.

## 18 BIOSPHÄRE-ÖKOSYSTEM

### 18.1 VEGETATION UND FLORISTISCHE MERKMALE DER UMGEBUNG DES KRAFTWERKS

Das 3 km Umfeldes vom Kernkraftwerk Paks ist landschaftstrukturmäßig stark heterogen. Der Anteil der aufgeforsteten Laub- und Nadelholzwälder, weiterhin der landwirtschaftlichen Flächen ist bedeutend. Eine größere Fläche belegen die verschiedenen Wasserflächen und die stets mehr gefährdeten, wertvollen Rasenflächen auf Sandböden, daneben ist auch der Anteil der bebauten Flächen bedeutend. Die Degradation des Gebietes, der Rückgang der Rasennarben, bzw. ihr Verschwinden ist allgemein charakteristisch. Die Anwesenheit von landschaftsfremden Pflanzenarten, weiterhin das starke Vordringen der invasiven Arten ist bestimmend. Ein wertvoll, in größerer Ausdehnung zusammenhängendes natürliches Gebiet in der Umgebung sind die Donau und ihr Ufer, weiterhin der Moorwald von Dunaszentgyöry.

Durch Vergleich der Gruppenanteile der ökologischen Kennzeichen kann festgestellt werden, dass in den vergangenen mehr als 10 Jahren keine bedeutende Veränderung in der Charakteristik der Flora des Gebietes eingetreten ist. Die Gruppen der ruderalen Arten der sind vorherrschend auf dem untersuchten Gebiet, aber auch der Anteil der stressresistenten Arten ist bedeutend. All dies unterstützt, dass das Gebiet unter starker anthropogener Wirkung steht.

Auf dem Gebiet des geplanten Kraftwerkes stehen charakterlose trockenen und halbtrockenen Rasen. Der Rasen ist fast ohne Ausnahme gemähter Bestand mit vielen Unkrautarten, und obwohl sie teilweise auf Sandböden stehen, fehlen die Arten der Sandbödenrasen. Es ist auch das frische Umwühlen in den Beständen häufig.



Abbildung 85: Degradierter Rasen mit Steinplatten auf dem durch die Errichtung betroffenem Gebiet

Die meistcharakteristischen Pflanzengemeinschaften auf dem Aufmarschgebiet sind die charakterlosen trockenen und halbtrockenen Rasen, sandige Steppenwiesen, die alteingesessenen charakterlosen Weichholzwälder oder Pionierwälder und offene Sandpußta-Steppen. In der Umgebung des Kalt- und Warmwasserkanals kann man auf den mit Belag nicht versehenen Gebieten kurzgeschorene, oder sekundär auf der Oberfläche entstehende trockene, mit Unkraut verseuchte, frische Rasenbestände antreffen. Die Insel zwischen den Kanälen wird vorwiegend vom Weiden-Pappel Flutungsgebietwald belegt.

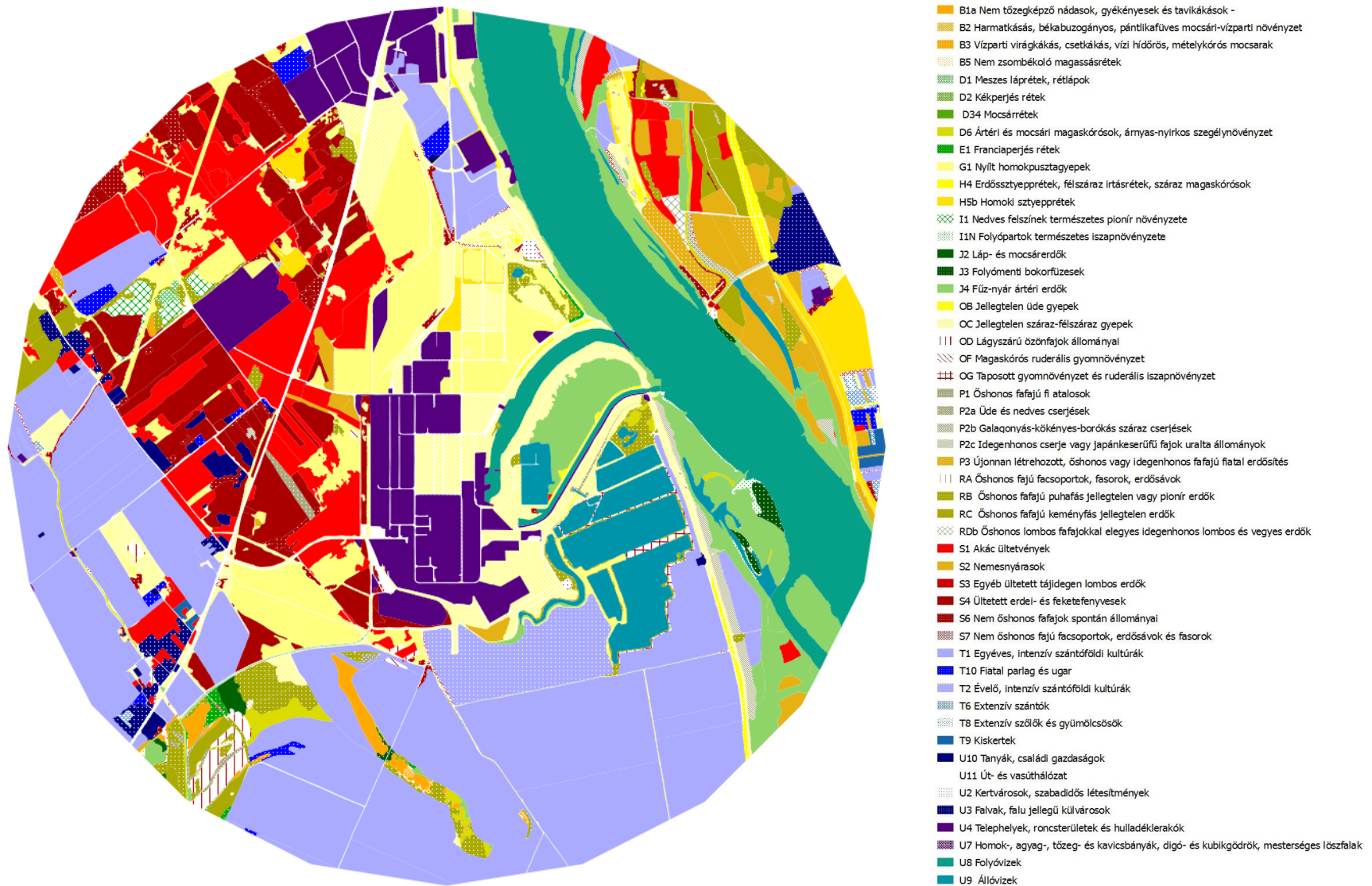


Abbildung 86: Vegetationskarte in der 3 km Umgebung des Kernkraftwerks von Paks



- B1a Nem tűzegképző nádasok, gyékényesek és tavikákások -
- B2 Harmatkásás, békabuzogányos, pántlikafüves mocsári-vízparti növényzet
- B3 Vízparti virágkákás, csetkákás, vízi hídörös, mételegkórós mocsarak
- B5 Nem zombékoló magassásrétek
- D1 Meszes láprétek, rétlápok
- D2 Kékerjés rétek
- D34 Mocsárrétek
- D6 Ártéri és mocsári magaskórósok, árnyas-nyirkos szegélynövényzet
- E1 Franciaperjés rétek
- G1 Nyílt homokpusztagyep
- H4 Erdősztyepprétek, félszáraz lirtásrétek, száraz magaskórósok
- H5b Homoki sztyepprétek
- I1 Nedves felszínnek természetes pionír növényzete
- I1N Folyópartok természetes iszapnövényzete
- J2 Láp- és mocsárerdők
- J3 Folyómenti bokorfűzések
- J4 Fűz-nyár ártéri erdők
- OB Jellegtelen úde gyepek
- OC Jellegtelen száraz-félszáraz gyepek
- OD Lágyszárú özőnfajok állományai
- OF Magaskórós ruderalis gyomnövényzet
- OG Taposott gyomnövényzet és ruderalis iszapnövényzet
- P1 Óshonos fafajú fi atalások
- P2a Úde és nedves cserjések
- P2b Galaqonyás-kökényes-borókás száraz cserjések
- P2c Idegenhonos cserje vagy japánkeserűfű fajok uralta állományok
- P3 Újonnan létrehozott, óshonos vagy idegenhonos fafajú fiatal erdősisítés
- RA Óshonos fajú facsoportok, faszorok, erdősávok
- RB Óshonos fafajú puhafás jellegtelen vagy pionír erdők
- RC Óshonos fafajú keményfás jellegtelen erdők
- RDb Óshonos lombos fafajokkal elegyes idegenhonos lombos és vegyes erdők
- S1 Akác ültetvények
- S2 Nemesnyárasok
- S3 Egyéb ültetett tájidegen lombos erdők
- S4 Ültetett erdei- és feketefenyvesek
- S6 Nem óshonos fafajok spontán állományai
- S7 Nem óshonos fajú facsoportok, erdősávok és faszorok
- T1 Egyéves, intenzív szántóföldi kultúrák
- T10 Fiatal parlag és ugar
- T2 Évelő, intenzív szántóföldi kultúrák
- T6 Extenzív szántók
- T8 Extenzív szőlők és gyümölcsösök
- T9 Kiskertek
- U10 Tanyák, családi gazdaságok
- U11 Út- és vasúthálózat
- U2 Kertvárosok, szabadiidős létesítmények
- U3 Falvak, falu jellegű külvárosok
- U4 Telephelyek, roncssterületek és hulladéklerakók
- U7 Homok-, agyag-, tűzeg- és kavicsbányák, digó- és kubikgodrők, mesterséges löszfalak
- U8 Folyóvizek
- U9 Állóvizek

Zeichenerklärung zur Abbildung 86:

- B1a nicht Torf bildender Schilf, Rohrkolben, Binse
- B2 Moore - Uferpflanzen mit Schwaden, Igelkolben, Bandgras
- B3 Moore mit Blumenbinse, Sumpfbirse, Wasserwegerich, Marsilie,
- B5 Hochwiesen ohne Ried
- D1 kalkhaltiges Moor, Marschtiefe
- D2 Wiesen mit Pfeifengras
- D34 Moorwiesen
- D6 Überschwemmungsgebiete und Moore mit Stengeln, schattig-feuchte Randpflanzen
- E1 Wiesen mit Wiesenhafer
- G1 offener Sandpußta-Rasen
- H4 Waldsteppenwiesen, halbtrockene Rodewiesen, trockene Stengeln
- H5b Sandsteppen
- I1 natürliche Pionierpflanzen von feuchten Flächen
- I1N natürliche Schlammflächen von Flussufern
- J2 Sumpf- und Moorwälder
- J3 Buschweiden an Flussufern
- J4 Überschwemmungswälder mit Weiden und Pappeln
- OB charakterloser frischer Rasen
- OC charakterloser trockener-halbtrockener Rasen
- OD Bestände von krautigen Pflanzen
- OF ruderalen Unkräuter, trockene Hochstengeln
- OG getrampelte Unkräuter und ruderalen Schlammflächen
- P1 Jungwälder mit einheimischen Arten von jungen Beständen
- P2a frischer und feuchter Niederholz
- P2b trockenes Niederholz mit Weißdorn, Schlehdorn, Wacholder
- P2c Bestände bestimmt von fremdländischen Strauchen oder japanischen Knöterich
- P3 neu aufgeforstete Gebiete mit einheimischen oder fremdländischen Baumarten
- RA Baumgruppen, Baumreihen, Baumstreifen mit einheimischen Baumarten
- RB charakterlose oder Pionierwälder mit einheimischen Weichholz-Baumarten
- RC charakterlose Wälder mit einheimischen Weichholz-Baumarten
- RDb gemischte Wälder von einheimischen Laubbaumarten und fremdländischen Laubbaumarten
- S1 Robinie-Pflanzungen
- S2 Edelpappelwälder
- S3 sonstige gepflanzte landschaftfremde Laubholzwälder
- S4 gepflanzte Kiefer und Waldkieferwälder
- S6 spontane Bestände von nicht einheimischen Baumarten
- S7 Baumgruppen, Waldstreifen und Baumreihen von nicht einheimischen Baumarten
- T1 einjährige, intensive Landwirtschaftskulturen
- T10 junges Brachland und Brache
- T2 mehrjährige intensive Ackerkulturen
- T6 extensives Ackerland
- T8 extensive Wein- und Obstplantagen
- T9 Kleingärten
- U10 Einzelgehöfte, Familienbetriebe
- U11 Straßen- und Eisenbahnnetz
- U2 Gartensiedlungen, Freizeitanlagen
- U3 Dörfer, Vorstädte mit dörflichem Charakter
- U4 Standorte, Schrotflächen und Abfalldeponien
- U7 Sand-, Ton-, Torf- und Kiesgruben, Welsche- und Erdentnahmestellen, künstliche Lößwände
- U8 fließende Gewässer
- U9 stehende Gewässer



## 18.2 NATURA 2000 GEBIETE IN EINEM UMKREIS VON 10 KM DES KRAFTWERKS

Die im Umkreis von 10 km des Kernkraftwerkes Paks befindlichen Natura 2000 Gebiete:

*Tolnai-Duna (HUDD20023): Ihr zum 10 km Umfeld gehörendes Gebiet*

*Moorwald von Dunaszentgyörgy (HUDD20072): 328,03 ha*

*Buntes Krokusgebiet von Paks (HUDD20071): 91,16 ha*

*Wiesen von Tengelic (HUDD20070): 466,35 ha*

*Wühlmauswiese von Paks (HUDD20069): 352,14 ha*

*Lößrasen von Kőzép-Mezőföld (HUDD20020): Einige 10 ha große Flächen im Südosten des 10 km Umfeldes*

Paks II. berührt unmittelbar ein Natura 2000 Gebiet, die Donau von Tolna. Der von dem geplanten Rekopationskraftwerk und des Objektes des Energiebrechers betroffene schmale Streifen des Ufers ist ein von den Wasserständen stark beeinflusster Moorwald im Überschwemmungsgebiet, und ein an der Seite des Dammes befindliche, sekundäre, über keinen Wert des Naturschutzes verfügende degradierte Rasen. Auf dem Gebiet des Natura 2000 ist keine geschützte und markierende Pflanzenart zu finden. Das Laubkronenniveau der Weiden-Pappel Moorwaldes bilden größtenteils Schwarzpappel und Weißweiden. In der Ebene des Niederholzes kommen Kratzbeere (*Rubus caesius*) und der Bastard-Indigo (*Amorpha fruticosa*) massenweise vor. Auf der von der Investition direkt betroffenen Strecke dominieren fast ausschließlich in der Rasenebene neben der invasiven Art Riesen-Goldrute (*Solidago gigantea*) stickstoff-frequente Arten.



Abbildung 87: Weidenbaum-Pappel Wald im Überschwemmungsgebiet auf der Insel zwischen den Kanälen

## 18.3 AUSWIRKUNGEN VON PAKS II AUF DIE PFLANZENWELT

### 18.3.1 AUSWIRKUNG UND AUSWIRKUNGSGBIET DER ERRICHTUNG

#### Betroffenheit der Pflanzenwelt

Während der Terrainregelung verschwinden auf dem Baugelände die charakterlosen trockenen-halbtrockenen Rasen. Diese Biotope sind stark versucht vom Unkraut, degradiert und aufgewühlt, ihre Natürlichkeit geht kaum über das niedrigste Maß, Kategorie 1 hinaus. Das Biomonitoring hat hier keine geschützten Arten gefunden. Auf dem von der der Investition ebenfalls direkt betroffenen in die Kategorie, "Schrottefelder, Betriebstätten, Abfalldeponien" Gebieten können Werte des Naturschutzes nicht gefunden werden.

Die Inanspruchnahme des Gebietes zwischen dem Kalt- und Warmwasserkanal und das Rekupationskraftwerk am Ufer der Donau, bzw. die Gestaltung des Energiebrecherobjektes geht mit der teilweisen Abholzung der Bäume des Weiden-Pappelbestandes vom Moorwald einher. Die Natürlichkeit des Waldes ist gut, eine Gemeinschaft mit schneller Dynamik, ihre Regenerationsfähigkeit ist - bei unveränderter Existenz der Wasserpegelverhältnisse - von günstiger Prognose.

Während der Errichtung der Fernleitungen im Zusammenhang mit der Investition sind die betroffenen wichtigsten Pflanzenarten: einjährige, intensive Ackerkulturen, charakterlose trockene-halbtrockene Rasen, spontane Bestände von nicht einheimischen Arten, Robinienplantagen, aufgeforstete Kieferwälder, unkarutbestückter, degradierter offener Rasen auf Sandboden. Die Festlegung der Orte der Masten erfolgte unter Beachtung der Gesichtspunkte des Naturschutzes, demzufolge hat man während der Errichtung der Maste mit der Vernichtung für den Naturschutz wertvollen Pflanzengemeinschaften nicht zu rechnen.

#### Schädigung der Biotope

Auf dem Aufmarschgebiet von Paks II. und in dem Streifen der Errichtung der Fernleitung werden wegen der Verdickung der Böden die Biotope ungünstiger, man hat während der Bauarbeiten mit dem Treten und der teilweisen Schädigung der Pflanze zu rechnen. Der Wasserhaushalt des verdichteten Bodens ist auch ungünstiger, die Pflanzen können die Trockenheit schwerer überwinden.



Abbildung 88: Rasen mit Spartgras auf dem Innengebiet des Atomkraftwerkes paks

#### Wichtigste betroffenen Biotope

Aufmarschgebiet: charakterloser trockener-halbtrockener Rasen, offener Rasen der Sandpußta, Sandsteppen, einheimische charakterlose Weichholz oder Pionierwälder, spontane Bestände von nicht einheimischen Arten, Wiesen mit gewöhnlichem Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*).

Die Spurlinie der Fernleitung: einjährige, intensive Ackerkulturen, charakterlose trockene-halbtrockene Rasen, spontane Bestände von nicht einheimischen Baumarten, Robinienplantagen, aufgeforstete Wald- und Schwarzkiefer, offene



Sandpußta-Rasen, einheimische charakterlose oder Weichholz-oder Pionierwälder, aufgeforstete Baumgruppen, Waldstreifen und Baumreihen von nicht einheimischen Baumarten, Sandsteppen, Straßen- und Eisenbahnnetz.

Bezüglich des Naturschutzes sind die interessanteren Gebiete die offenen Sandpußtarasen und die Sandsteppen. Diese Rasen sind in verschiedenem Maße degradiert, und dies bestimmt auch ihre Regenerationsfähigkeit. Die stärker natürlichen Flächen regenerieren sich gut, insbesondere dann, wenn es in der Nähe Propagolum-Quellen (Fortpflanzungseinheiten), Waldflächen (mit einheimischen Baumarten) gibt. Die stärker degradierten Rasen regenerieren sich weniger gut, bzw. schwer. Neben dem Niedertreten sind auch die Dürre und die Vermehrung der invasiven Arten ein Faktor der Behinderung.

#### Die Betroffenheit der geschützten Pflanzen

Die potentiell betroffenen Arten in den Biotopen der offenen Sandpußtarasen der Sandsteppen: Grauscheidiges Federgras (*Stipa pennata*), Sand-Federgras (*Stipa borysthenica*), Wiesen-Flockenblume (*Centaurea arenaria*), Wiesen-Flockenblume (*Silene borysthenica*)

Auf dem Gebiet des Kraftwerkes: Grauscheidiges Federgras (*Stipa pennata*), Sand-Federgras (*Stipa borysthenica*), Wiesen-Flockenblume (*Centaurea arenaria*), Sand-Federgras (*Silene borysthenica*)

In der Spurlinie der Fernleitung: Wiesen-Flockenblume (*Centaurea arenaria*), Glänzender Wanzeme (*Corispermum nitidum*), Grauscheidiges Federgras (*Stipa pennata*), Sand-Federgras (*Stipa borysthenica*), Spätnelke (*Dianthus serotinus*), Sand-Federgras (*Silene borysthenica*)



Abbildung 89: Spätnelken (*Dianthus serotinus*)

Das untersuchte direkte Wirkungsgebiet der Errichtung bezüglich der Pflanzengemeinschaften und der zu schützenden Pflanzenarten erstreckt sich auf das durch die Investition betroffene Aufmarschgebiet, auf alle angeschlossenen Baugebiete (inbegriffen auch die Insel und das Donauufer), weiterhin auf die Spurlinie der Errichtung der Fernleitung. Das direkte Wirkungsgebiet der die Vegetation beeinflussenden Prozesse erstreckt sich auf das durch die Investition betroffene Aufmarschgebiet, auf alle angeschlossenen Baugebiete (inbegriffen auch die Insel und das Donauufer), weiterhin auf die Spurlinie der Errichtung der Fernleitung).

Das indirekte Wirkungsgebiet der auf die Vegetation wirkenden Prozesse erstreckt sich auf das durch die Investition betroffene Aufmarschgebiet, auf alle angeschlossenen Baugebiete (inbegriffen auch die Insel und das Donauufer), das einige 100 m breite Areal um das Kernkraftwerk Paks (höchstens 500 m in Richtung W und ca. 300 m in Richtung S), weiterhin auf die Spurlinie der Errichtung der Fernleitung, und auf derer weiteren max. 100 m Umgebung. Die Errichtung von Paks II. hat keine über die Landesgrenzen hinausgehende Auswirkung.

## 18.3.2 AUSWIRKUNG UND AUSWIRKUNGSGBIET DES BETRIEBS

Während der Betriebsperiode kann man auf dem von Objekten des Kraftwerkes dicht bebauten Flächen in einer angelegten Umgebung von Parkanlagen die Entstehung von gesätem Rasen, bzw. von sekundären, degradierten Rasen annehmen. Auf dem Aufmarschgebiet kann sich nach Abschluss der Investition auf den bereits regenerierten, auf den von mit Zaun abgegrenzten Flächen, im weiteren mit entsprechender Bewirtschaftung der Landschaftspflege die Vegetation ungestört entwickeln, es kann den geschützten Pflanzen eine Herberge bieten. Während der Betriebszeit der mit der Investition verbundenen Fernleitungen werden in der Sicherheitszone der Leitungen Beschränkungen in der Art der Bearbeitung vorgeschrieben. Die zur Wasserpegelschwankungen und Temperaturänderungen führenden Auswirkungen des Kraftwerkes werden auf die Uferpflanzen keine nachweisbare Auswirkung herbeiführen. Die von dem Kraftwerk stammenden indirekten Auswirkungen, z.B. Wirkungen der Sedimentation der luftverschmutzenden Materialien sind bezüglich der Botanik von keiner Bedeutung.

Das direkte Auswirkungsgebiet des Betriebes erstreckt sich bezüglich der Pflanzengemeinschaften und der zu schützenden Pflanzen auf das gesamte Gebiet von Paks II. (auch auf das Aufmarschgebiet), auf den Sicherheitsstreifen der Fernleitungen und auf die Umgebung des Objektes des Energiebrechers und des Rekupationskraftwerkes. Das untersuchte indirekte Auswirkungsgebiet auf die Pflanzengemeinschaften und der zu schützenden Pflanzenarten stimmt praktisch mit dem direkten Auswirkungsgebiet überein, bzw. potentiell kann auch das mit dem Auswirkung der Luftverschmutzung identische Gebiet betroffen sein. Der Betrieb hat keine über die Landesgrenzen hinausgehende botanische Auswirkung.

### 18.3.2.1 Auswirkung und Auswirkungsgebiet von Betriebsstörungen, Unfällen

Die auf dem Standort lokal auftretenden Betriebsstörungen, Unfälle berühren keine wertvollen pflanzenbedeckte Gebiete des Naturschutzes. Während Havarien mit einer nicht radioaktiven Emission können die mit einem Brandfall verbundenen Ereignisse in Abhängigkeit des betroffenen Gebietes zur Schädigung, Vernichtung der Pflanzen führen. Die auf die mit der Donau verbundenen Gewässer, Gewässersysteme wirkenden Havarien können eine Schädigung der im Uferstreifen der Donau lebenden Pflanzen und Pflanzengemeinschaften bewirken. Die Emissionen von Havariefällen mit nicht radioaktivem Charakter haben bezüglich der Botanik keine über die Landesgrenzen hinausgehenden Auswirkungen.

## 18.3.3 AUSWIRKUNG UND AUSWIRKUNGSGBIET DER STILLEGUNGSARBEITEN

Man muss auf dem Gebiet des Rückbaus mit der Betroffenheit der während des Betriebes regenerierten Pflanzen und Biotope rechnen, bzw. Staub kann sich auf die Pflanzen absetzen, die Schadstoffe der Maschinen können in die Luft gelangen. Eine potentielle Quelle der Verbreitung der invasiven Arten kann die Schädigung durch den Rückbau sein. Das Maß der Rekultivierung bestimmt, in welchem Maße die Natur das Gebiet wieder erobern wird. Das Gebiet des Kraftwerkes ist aber insgesamt gesehen relativ klein dafür, dass die Stilllegung eine bedeutende Veränderung der Umwelt bewirke. Die Spurlinie der Fernleitungen ist ziemlich stark der Vermehrung von Unkräutern und dem Eindringen von invasiven Arten ausgesetzt, die größte Gefahr für die einheimischen Sandbiotopen bedeuten. Im Falle der Stilllegung des Kraftwerkes verschwinden die oben genannten negativen Auswirkungen.

## 18.4 AUSWIRKUNG VON PAKS II AUF DIE TIERWELT

### 18.4.1 AUSWIRKUNG UND AUSWIRKUNGSGBIET DER ERRICHTUNG

Während der Errichtung von Paks II. treffen zahlreiche Auswirkungen die Fauna. 37 % der makroskopischen wirbellosen Arten des untersuchten Donauabschnittes sind invasive Arten. Unter den geschützten Arten sind drei Schnecken-, 4 Muschel-, 2 Libellen und 1 Eintagsfliegenart.

Für die Gemeinschaft ist von hervorragender Bedeutung die Quagga-Dreikantmuschel (*Unio crassus*), die markierende Art Natura 2000 der Donau von Tolna ist, und einen landesweiten Schutz genießt. Ihr Vorkommen ist mehrmals bewiesen, aber wir wissen über die Größe ihrer Population und über ihre Populationsdynamik sehr wenig. Deshalb wäre es wichtig durch gezieltes Monitoring die Entwicklung der Populationen der Quagga-Dreikantmuschel auf dem

betroffenen Abschnitt zu verfolgen. Die Asiatische Keiljungfer (*Gomphus flavipes*) ist eine Indikatorart der unteren Abschnitte größerer Flüsse, Natura 2000 Markierart. Sie wird in allen Ländern Europas zurückgedrängt, aber auf dem untersuchten Gebiet lebt eine stabile Population von ihr. Die von den Eintagsfliegen vorgefundene Donau-Eintagsfliege (*Ephoron virgo*) ist ebenfalls eine geschützte Art.

Die Arbeiten während der Zeit der Erweiterung des Querschnittes vom Kalt- und Warmwasserkanal betreffen die Wasserqualität und die lebendige Welt im Wasser, darunter wahrscheinlich die vorhin erwähnten Arten in vieler Hinsicht, aber nur vorübergehend. Durch Auswirkung der während der Arbeiten der Erweiterung des Querschnittes vom Kalt- und Warmwasserkanal werden die Fische wahrscheinlich abwandern, aber nach Abschluss der Arbeiten könnten sie zurückkehren. Die Errichtung des neuen Warmwasserkanals kann für die Fische neuere, günstigere, wechselhafte Lebensbedingungen sichern.

Die detaillierter Untersuchung der Fauna der von den technischen Arbeiten beabsichtigt beeinflussten Abschnitte des Donauufers ist es empfehlenswert noch vor dem Beginn der Arbeiten durchzuführen, und während des Betriebs eine Monitoringtätigkeit zu sichern. (Es ist zu bemerken, dass die neue Streckenführung des Warmwasserkanals führt zu der Vernichtung von wendigeren Tierarten und Biotopen - inbegriffen auch die Amphibien - als die frühere, auf die Insel Uszód geplante Variante.

Die Inanspruchnahme des Gebietes durch Errichtung von Paks II. wird eine Auswirkung auch auf die mit der Flora eng verbundenen Insektengemeinschaften, Geradflügler, auf einzelne Schmetterlinge und Gelenkfüßler haben. Von den Geradflüglern sind besondere betroffene Arten die Gewöhnliche Nasenschrecke, *Calliptamus barbarus* und eine landesweit sehr raren Schneckenrad die *Omocestus minutus*. Man muss bemerken, dass die zwei vorhandenen geschützten Schreckenarten landesweit nicht zu den gefährdeten Arten gehören. Sie kommen z.B. auf der Tiefebene mancherorts in großer Dichte vor. Das Gebiet der Bauarbeiten und der Erweiterung des Kalt- und Warmwasserkanals ist schon vor dem Eingriff bezogen auf den Schmetterlingen sehr artenarm. Geschützte Schmetterlingsarten außer einigen Exemplaren des Großen Feuerfalter (*Lycaena dispar*) kommen in diesen Gegenden nicht vor. Deshalb besteht die Notwendigkeit des Eingriffes bezogen auf die Schmetterlinge auf dem Baugelände nicht. Die Populationen der auf der Insel vorkommenden geschützten Arten (Schwarzbrauner Trauerfalter (*Neptis sappho*), Tagpfauenauge (*Nymphalis io*), C-Falter (*N. c-album*), Admiral (*Vanessa atalanta*), Blaues Ordensband (*Catocala fraxini*), bzw. der besonders geschützter Schillerfalter (*Apatura metis*) sind nicht gefährdet. Nach der Störung werden sie von den umliegenden Gebieten schnell wiederkehren. Während des Abtragens des Kulturbodens muss man mit der Betroffenheit der auf den Gebieten vorkommenden Bodenfauna und der oberirdischen Tiere, mit erhöhtem Verkehr und Niedertreten rechnen. Es kommen zwei geschützte Arten auf dem Gebiet vor, der Körniger Laufkäfer (*Carabus granulatus*) und auf dem Aufmarschgebiet die Wolfspinne (*Geolycosa vultuosa*). Keiner von diesen beiden ist selten, an den für sie geeigneten Lebensräumen kommen sie überall vor. Der Rückgang der Insektennahrung schädigt die Ernährungsbasis der Fledermäuse.

Soweit auf den benachbarten Flächen der von den Bauarbeiten betroffenen Biotopen die Flora stehenbleibt, dort können die Arten dieser Gemeinschaften die Dauer der Errichtung mehr oder weniger überstehen, bzw. die Pioniergeneration der am Ort des Aufwühlens entstehende Vegetation kann als geeignete provisorische Biotop dienen, obwohl hier die Anreicherung der Flutunkräuter dies negativ beeinflussen kann. Soweit das gesamte Aufmarschgebiet als Biotop betroffen ist, werden die hiesigen, nachgewiesenen Populationsstärken dieser Arten auf den benachbarten, ähnlichen Gebieten wahrscheinlich auch weiterhin erhalten bleiben.

Wegen der Arbeiten zur Aufstellung der Fernleitungen werden die Pflanzen von großen Flächen entfernt. Die Entfernung des Kulturbodens und der Baumpflanzen wird auch eine Bedeutung auf die Vegetation haben. In der Spurlinie der Blockleitungen auf den Flecken des gestörten Sandrasen kommen wahrscheinlich auch die geschützte Gewöhnliche Nasenschrecke (*Acrida ungarica*), Costas Schönschrecke (*Calliptamus barbarus*) und der landesweit seltene Feldheuschrecke (*Omocestus minutus*) vor. Während der Bauarbeiten verschwindet ihr Lebensraum, wie auch die Lebensräume der hier vorkommenden Osterluzeifalter (*Zerynthia polyxena*), Tagpfauenauge (*Nymphalis io*), C-Falter (*N. c-album*), *Vanessa atalanta* (*Vanessa atalanta*), Kardinal (*Argynnis pandora*), Gestreifter Bärenschmetterling (*Euplagia quadripunctaria*), Falter (*Cucullia balsamitae*) und Silbermönch (*Cucullia argentea*) auch.



Abbildung 90: Gestreifter Bärenschmetterling (*Euplagia quadripunctaria*)

Während der Festlegung der Standorte der Masten der Fernleitungen hat man die wertvolleren Sandpußta-Rasenflächen beachtet, dadurch die Schäden bezogen auf die Geradflügler, Schmetterlinge und oberirdischen Insekten durch Platzierung der Masten minimalisiert. Man muss aber die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass auf den Flächen unter Hochspannungsleitungen durch entsprechende spätere Behandlung geeignete, sogar wertvolle Lebensräume der Sandpußta langfristig entstehen können. Die Eingriffe entlang der Spurlinie machen die Ausweitung der Rasenflächen zum Nachteil der nicht einheimischen Anpflanzungen möglich. In diesem Zusammenhang kann erwartet werden, dass an der Stelle der abzuholenden, sehr artenarmen Flächen der Robinie- und Kieferanpflanzungen auf dem entstehenden Rasen auch die geschützten Geradflüglern- und Schmetterlingen sich erneut niederlassen.

Auf dem Gebiet des Kernkraftwerkes Paks kommen relativ viele Arten von Amphibien und Reptilien vor, weil auf einem Teil des Gebietes (z.B. Aufmarschgebiet, Insel) seit der Errichtung relativ wenige Eingriffe erfolgten. Die Amphibien und Reptilien sind während der Erdarbeiten betroffen (insbesondere wenn die Arbeiten in der Ruhephase von November bis März ausgeführt werden).

Bei Arbeiten der Terrainregelung in der aktiven Zeit der Amphibien und Reptilien kann sich ein Teil der Exemplare vom Gebiet retten, ziehen sich an das Rande des Geländes zurück, wo sie vielleicht einen Lebensraum finden. Die Maschinen können Tiere überfahren. Nach Anbruch der Dunkelheit begeben sich die Reptilien auf das Asphalt, wo die Gefahr überfahren zu werden erhöht ist, weil die Arbeiten auf dem Gebiet des Kraftwerkes auch während der Nacht fortgesetzt werden.

Die Errichtung des Blocks von Paks II. betrifft die Futter- bzw. Nistplätze der auf dem Gebiet lebenden Vogelarten. Die Gebiete der Entwicklung und des Aufmarsches, weiterhin die Insel dienen zurzeit als sehr gutes Futtergebiet für zahlreiche Vogelarten mit gemeinschaftlicher Bedeutung (z.B. Schwarzstorch (*Ciconia nigra*), Brachpieper (*Anthus campestris*), Ziegenmelker (*Caprimulgus europaeus*), den auf dem Gebiet wahrscheinlich brütenden Schwarzspecht (*Dryocopus martius*) und Neuntöter (*Lanius collurio*).



Abbildung 91: Futternder Steinschmetzer (*Oenanthe oenanthe*) auf dem Entwicklungsgebiet

Die erhöhte Lärmbelastung wird auf die unten folgenden, gemeinschaftliche Bedeutung besitzenden, auf den betroffenen Gebieten brütenden und sich ernährenden Vogelarten eine Auswirkung haben: Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Schwarzspecht (*Dryocopus martius*), Mittelspecht (*Dendrocopos medius*), Heidelerche (*Lullula arborea*), Halsbandschnäpper (*Ficedula albicollis*), Ziegenmelker (*Caprimulgus europaeus*), Neuntöter (*Lanius collurio*),



Schwarzstorch (*Ciconia nigra*), Brachpiepe (*Anthus campestris*), Seeadler (*Haliaeetus albicilla*). All der während der Bauarbeiten entstehende Abfall kann eine Gefahrquelle für die dort brütenden und sich ernährenden Vogelarten werden, was sogar zu ihrem Tod führen kann (die Wasservögel, weiterhin Vögel mit größerem Körper können sich an den Verpackungsmaterialien verfangen, kleiner Abfallstücke können in den Magen-Darmkanal der Vögel gelangen, usw.).

Der Bau der Blockleitungen, die Fundamente der zu errichtenden Fernleitungen und die Flächen unter der Spurlinie der Leitungen werden auch auf die unmittelbar unter der Spurlinie und in ihrer entfernteren Umgebung lebenden brütenden und sich ernährenden Vogelarten eine Auswirkung haben, am meisten für die Individuen der Falkenartigen (*Falconiformes*), Sperlingsvögel (*Passeriformes*), Hühnervögel (*Galliformes*) und auf die Eulen (*Strigiformes*).

Die Errichtung der Elektrizitätssysteme wird die unten folgenden, gemeinschaftliche Bedeutung besitzenden Vogelarten direkt betreffen: Rotmilan (*Milvus milvus*), Schwarzmilan (*Milvus migrans*) und Rohrweihe (*Circus aeruginosus*). Darüber hinaus muss man mit einer Auswirkung auch auf die Ährenmaus (*Mus spicilegus*) rechnen.

Man braucht nicht damit zu rechnen, dass die indirekten Auswirkungen bezüglich der Wasserfauna und der Schmetterlingen bedeutend wäre, sie werden von der natürlichen Fluktuation abtrennbar sein. Im Zusammenhang der sich ändernden Struktur der Flora kann eine weniger wertvolle Fauna von Geradflüglern entstehen, und dies kann sich auf die nicht berührten Gebiete ausweiten. Die Veränderung der Gemeinschaft der Insekten bedingt durch die Veränderung der Flora kann für die Amphibien und Reptilien ungünstig sein, es kann eine Verminderung ihrer Nahrungsbasis bewirken. In der Gemeinschaft der oberirdischen Insekten können auch invasive, bzw. synatrophe (mit den Menschen verbundene) Arten erscheinen und sich ausbreiten. Der Rückgang der Anzahl der Exemplare der abgeschotteten Populationen kann dann zu ihrem lokalen Verschwinden, oder zu ihrer genetischen Veränderung führen. Die Abschottung (Fragmentation) der Arten kann auch für die Amphibien und Reptilien, in größerem Ausmaß für die Vögel mit kleinem Körperbau, für das an das Territorium gebundenen Vögel und für die auf dem Gebiet brütenden Arten potentielle Gefahr bedeuten. Die Fragmentation der Lebensräume wird primär die unten folgenden, für die Gemeinschaft Bedeutung besitzenden, auf dem betroffenen Gebiet brütenden Vogelarten direkt betreffen: Schwarzspecht (*Dryocopus martius*), Heidelerche (*Lullula arborea*), Halsbandschnäpper (*Ficedula albicollis*), Brachpiepe (*Anthus campestris*), Neuntöter (*Lanius collurio*), Ziegenmelker (*Caprimulgus europaeus*) und Wachtelkönig (*Crex crex*).

Wegen des Lärms, Staubs und der Luftverschmutzung wird die Mehrheit der Amphibien und Reptilien höchstwahrscheinlich auf entfernteren Gebieten Schutz suchen. Der aufsteigende Staub setzt sich auf die Pflanzen ab, was dadurch auf ihre Entwicklung eine direkte Wirkung ausübt, weiterhin indirekt auch auf die dort lebenden und sich ernährenden Vögel. Der Anstieg des Lärms könnte im Falle der Frösche ein Problem bedeuten, weil es die Orientation der in Richtung der Ruflaute der Männchen aufgebrochenen Weibchen irreführen kann, was auch den Erfolg der Vermehrung beeinflusst. Die den Lärm meidenden, wertvolleren Vögel (Schwarzstorch (*Ciconia nigra*), Brachpiepe (*Anthus campestris*), Seeadler (*Haliaeetus albicilla*) und Ziegenmelker (*Caprimulgus europaeus*)) verlassen ihren gegenwärtigen Lebensraum, an ihre Stelle treten andere den Lärm ertragende, weniger wertvolle Vogelarten. Durch die Auswirkung der Blockleitungen können Störungen in der embryonalen Entwicklung der Amphibien entstehen. Das künstliche Licht in der Nacht übt eine Wirkung auch auf die Orientation, Strategie der Nahrungsbeschaffung, Vermehrung, und Wachstum und auch auf die Entwicklung von Frösche, Molchen und Salamander aus.

Die in den vorhergehenden erwähnten direkten und indirekten Auswirkungen werden das gesamte Gebiet von dem Kernkraftwerk Paks und Paks II. betreffen, inbegriffen auch die Spurlinie der neuen Hochspannungsleitungen, derer ein- und zweihundert Meter Umgebung, die Anlieferungswege, den Donauabschnitt unterhalb des Zulaufs des Warmwasserkanals, bzw. die dort befindlichen Fauna.

Die während der Errichtung durchzuführenden Arbeiten werden wahrscheinlich keine über die Landesgrenzen hinausgehenden Umweltwirkungen auf die Fauna haben. Solche Auswirkungen sind auch während des gemeinsamen normalen Betriebes vom Kernkraftwerk Paks und Paks II. nicht zu erwarten.

Aufgrund der bisherigen Untersuchungen kann es behauptet werden, dass die Donau betreffenden Eingriffe eine Auswirkung auf die wertvolle makrowirbellose Fauna haben werden. Die Erfassung dieser, die Durchführung der erforderlichen Aufnahmen bezüglich der Fauna ist noch vor Beginn der Bautätigkeit entschlossen empfohlen. Konkrete Vorschläge zum Umweltschutz können in Abhängigkeit der Ergebnisse der Aufnahmen unterbreitet werden.



Abbildung 92: Muschel- und Schneckenschalen am Donauufer in Paks

Es kann im Allgemeinen behauptet werden, dass man während der das Flussbett der Donau betreffenden Arbeiten die natürliche Umwelt störenden, den Verlauf des Uferstreifens beeinflussenden Tätigkeiten möglichst auf das kleinste Gebiet zu beschränken hat. Es gibt während der möglichen Errichtung von Paks II. bezüglich der Fische keine erforderlichen Umweltmaßnahmen, weil die Mehrheit der Fische von den Uferstreifen betreffenden Abbaggerung- usw. Eingriffen abwandern kann.

Wegen der weiteren Existenz der wertvollen Arten der Geradflüglers ist auf den im Gebiet der Bauarbeiten, bzw. in ihrer Umgebung verbleibenden Flächen der Lebensräume die Aufrechterhaltung der für die Populationen günstigen Lebensbedingungen, bzw. die Verbesserung dieser Bedingungen zu verbessern erforderlich. Dies bedeutet in erster Reihe die Verbesserung der Lebensräume auf den sandigen Heiden in der Umgebung des Kernkraftwerkes Paks, den Stop, eventuell die Erhöhung des Rückganges dieser Flächen, die Zurückdrängung der Ausbreitung von der Gewöhnlichen Seidenpflanze (*Asclepias syriaca*) und Gewöhnlichen Robinie (*Robinia pseudoacacia*).

Die negativen Auswirkungen auf die Vögel durch den Bau der Blockleitungen kann man durch ihre entsprechende Isolierung mindern, dadurch wird die Anzahl der Stromschläge geringer. Die Wiederherstellung der ursprünglichen Sandvegetation und der damit verbundenen Fauna des Gebietes unter den Fernleitungen ist eine realisierbare Aufgabe der Lebensraumrekonstruktion, was eine komplexe Handhabung des Umweltschutzes verlangt. Wir würden die Aussaat von aus der Umgebung gesammelten Samen für zweckmäßig halten, um die Regeneration der Landschaft auch auf diese Art zu unterstützen. Diese Eingriffe werden auch die Rücksiedlung von den geschützten und wertvollen Insekten beschleunigen. Durch die Rekultivierung können Anzahl und Ausdehnung der Brut- und Futtergebiete der Vögel erhöht werden.

Von dem Gebiet der Bauarbeiten hat man die möglich höchste Anzahl von Amphibien, Reptilien und Fledermäuse fachmännisch einzufangen, und sie auf die nahen, ungestörten Lebensräume umzusiedeln. Nachdem Alle Arten von Amphibien und Reptilien geschützt sind, hat man darauf zu achten, dass die Erdarbeiten nicht in der Zeit der Hibernation, im Winter ausgeführt werden, sondern vom Frühjahr bis Herbst, wann die bereits aktiven Exemplare von dem Gebiet eventuell fliehen können. Die Arbeiten sollen möglichst von der Mitte des Gebietes nach außen voranschreiten, es sollen keine stagnierenden Wasserflächen entstehen, man müsste den Lärm vor allem in der Vermehrungsphase der Amphibien und Vögel mindern. Die günstige Zeit der Ausführung der Arbeiten ist bezogen auf die Vögel teilweise entgegengesetzt, wie bei den Amphibien und Reptilien. Bezüglich der Vögel ist die Ausführung der Arbeiten vom Herbst bis zum Frühjahr günstig, dagegen bei den Amphibien und Reptilien die Arbeiten vom Frühjahr bis Herbst. Das Problem kann fachlich, ökologisch laut Risikoanalyse nicht gelöst werden. Es ist bereit das Gebiet des Risikomanagements.



Abbildung 93: Reiche Vogelwelt in der Umgebung des Kraftwerks

Die für die bezüglich der Vögel ein zusätzliches Risiko bedeutenden Abfälle (Verzehr, mechanische Wirkungen) kann ihre negative Wirkung durch ihre entsprechende Aufbewahrung gemindert werden.

Für alle Tierarten ist es wichtig, dass während der Bauarbeiten möglich große Grünfläche erhalten bleibt. Nach Möglichkeit sollte man die Fragmentation, Zerstückelung der Lebensräume meiden. Man muss behilflich sein, damit die einzelnen Lebensräume miteinander in Verbindung bleiben (ökologischer Korridor). Auf der Seite der Donau neben dem Damm mit ursprünglicher Geländeoberfläche kann durch die Absonderung des Teilgebietes die Überlebendsmöglichkeit der Pflanzen- und Tierarten gesichert werden, was bezüglich der geschützten Arten besonders wichtiger Gesichtspunkt ist.

Das kontinuierliche biologische Monitoring des Gebietes ist von hervorragender Bedeutung. Die bisher durchgeführten Untersuchungen bedeuten eine richtige, korrekte Aufnahme des Ausgangszustandes (base-line), worauf das Monitoring mit Sicherheit aufgebaut werden kann. Durch Hilfe des Monitoring können die später eventuell auftretenden Probleme rechtzeitig erkannt und korrigiert werden.

#### 18.4.2 AUSWIRKUNG UND AUSWIRKUNGSGBIET DES BETRIEBS

Von den Wirkungsfaktoren des Normalbetriebes ist der in der Region der Donau lebenden makroskopischen wirbellosen Tieren die Auswirkungen der Einleitung des erwärmten Kühlwassers von primärer Bedeutung. Die Praxis der mehrere Jahrzehnte währenden Betrieb von dem Kernkraftwerk Paks zeigt, dass die Grenzwerte der Erhöhung der Wassertemperaturen auch in den Perioden des Zusammenfalls der höchsten Wassertemperaturen und niedrigsten Wasserstände aufrechterhalten werden konnten. Die Auswirkung des Wärmeschweifs betrifft die Gesamtheit des Abschnittes des Flusses unterhalb des Kraftwerkes (primäre Produktion, Rückbau, Sauerstoffhaushalt), aber in den Grenzsegmenten auf der rechten Uferseite prognostizierten höhere Temperaturen werden ganz sicher eine bedeutende Auswirkung auf die Lebensgemeinschaften der makroskopischen wirbellosen Tiere haben. Wegen der Unsicherheiten der Modells der Temperaturänderungen sind die prognostizierten Wassertemperaturen der Donau auf jedem Fall mahnend, aber ihre auf die im Uferstreifen lebenden Gemeinschaften der makroskopischen wirbellosen Tieren ausgeübte zukünftige Wirkung kann nur im allgemeinen gedeutet werden. Die Wirkung der gerechneten zusätzlichen Wärmebelastung gemessen am gegenwärtigen Zustand kann weniger vorausgesagt werden, was mit großer Wahrscheinlichkeit von den durch die Klimaveränderung bewirkten Prozesse bedingt durch Veränderung der Wassertemperatur nur schwer getrennt werden kann. Solange aber das vorhergehende auf dem Streckenabschnitt unterhalb des Einlaufs lokal in einer Entfernung von etwa 1000 m nur bis zur Mittellinie der Donau wirkt, verändert das letztere grundsätzlich, aber auf nicht bekannter Weise die Struktur der lebendigen Welt der Donau und die Prozesse ihrer Gemeinschaftsbildung. Im Falle der Libellen werden ihre Larven in den von dem Einlauf des Warmwassers weiter entfernten Abschnitten erwartungsgemäß erscheinen.



Abbildung 94: Gelbe Libelle (*Gomphus flavipes*)

Im Laufe des Betriebes von Paks II. muss man bezüglich der Fische die Wirkung von zwei Faktoren besonders beachten. Der eine ist, der Ertragswert des eingeleiteten Wassers steigt an, deshalb verändern sich die hydrologischen und flussbettmorphologischen Bedingungen des Gebietes und dadurch die Nutzung der Lebensräume der Fische. Die zu erwartenden hydrologischen und flussbettmorphologischen Veränderungen können für die Fische nicht als schädlich angesehen werden. Das Vorhandensein eines neuen Einlaufs schafft wechselhafte Lebensraumbedingungen, was ähnlich zu dem auch gegenwärtig aktiven Einlauf sogar die lokale Erhöhung der Fischbestände bewirken könnte. Der Betrieb von Paks II. kann die Verteilung der Fische lokal beeinflussen, aber er wird wahrscheinlich bezüglich der Dynamik der Populationen in der Donau nicht von bedeutendem Maß beeinflussen.

Nach Abschluss der Errichtungsarbeiten von Paks II. kommt es zu Terrainplanierung. Dies bedeutet, dass dort stufenweise erneut zu den heutigen ähnlichen, meistens Trockenrasen-, ungestörte Lebensräume entstehen. Auf diesen Gebieten werden die früheren Gemeinschaften von Geradflüglern und oberirdischen Insekten von dem in der Umgebung gebliebenen Lebensraumflächen fähig sein sich erneut niederzulassen. So können hier erneut wertvolle Gemeinschaften entstehen und auch während des Betriebes weiterexistieren.

Das Erscheinen von geschützten Schmetterlingsarten ist nicht zu erwarten. Das gleiche gilt auch für die entlang der Fernleitungen entstehenden offenen Rasenflächen. Zu all dem ist aber eine langfristige, mehrere Jahrzehnte lang ungestörter Umgebung erforderlich. Auf der Insel kann eine bedeutende Änderung im Umweltschutzstatus der dortigen Schmetterlingsfauna nicht erwartet werden. Der Normalbetrieb berührt die Lebensräume der Wühlmuswiese von Paks und des Moorwaldes von Dunaszentgyörgy und auch der dort lebenden Schmetterlingsarten auch nicht.

Für die Amphibien und Reptilien wird der Betrieb von Paks II. erwartungsgemäß keine schädlichen Auswirkungen haben. Die Rücksiedlung einzelner Arten ist zu erwarten. Dies ist ein bedeutender Fakt, da alle Arten von Amphibien und Reptilien geschützt sind.



Abbildung 95: Grüne Eidechse (*Lacerta viridis*) verträgt die antropogene Störung gut

Bezüglich der Vögel ist es zu erwarten, dass es zu den gegenwärtigen ähnliche Zustände erscheinen werden. Dank der relativen Ungestörtheit werden dort auch zahlreiche geschützte und besonders geschützte Vogelarten ihren Anspruch auf den Lebensraum (meistens als Futterplatz) vorfinden. Die Fernleitungen und ihre Masten können durch ihre angestiegene Zahl während des Betriebes als eine kontinuierliche Gefahrquelle angesehen werden, die Masten werden

auf die Greifvögel auch positive Auswirkungen haben, weil die Masten gleichzeitig auch ausgezeichnete Sitzpositionen sind.

Infolge der Errichtung von Paks II. hat man über die Wirkung der angestiegenen thermischen Belastung der Donau auch mit den durch die globale Erwärmung bewirkten Veränderungen nachzudenken, ihre gemeinsame Wirkung ist es erforderlich in der Zukunft zu modellieren, Monitoring durchzuführen. Die Ergebnisse der bisherigen Forschungen lassen es vermuten, dass die globalen Veränderungen die Anpassungsfähigkeit der Struktur der gegenwärtigen Wassergemeinschaft herabsetzen könnten. Man muss beachten, dass wir über die Auswirkung der Temperaturveränderung auf die makrowirbellosen Arten nur vereinzelt Kenntnisse haben. Aufgrund der bisherigen Kenntnisse kann im allgemeinen behauptet werden, dass der Anstieg der Temperatur des Wassers die größte Wirkung auf die während ihres ganzen Lebens, oder während ihrer einzelnen Entwicklungsphasen ortsgebundenen (sessil), das kältere Wasser bevorzugenden Arten mit schmalangelegten Duldung haben werde. Eine ähnlich bedeutende Auswirkung ist bei den sich langsam bewegenden, weniger mobilen Arten (z.B. Weichtiere (Mollusca) oder Mollusken) erwarten. Am wenigsten Betroffen sind die mobilen Arten mit umfassender Duldung. Als Folge der gemeinsamen, prognostizierten Auswirkung der Klimaveränderung und der Einleitung des Warmwassers wird die Ausbreitung der das warme Wasser mehr bevorzugenden, von südlicher Richtung in der Donau aufwärts sich ausbreitenden, invasiven Arten wahrscheinlich sowohl bezüglich der Vorkommens als auch der Exemplarenzahl aber auch der Zahl der Arten ansteigen. Insgesamt gesehen kann die Produktion des gesamten Systems ansteigen (Bakterien, Algen usw.), und dies wirkt über das Nahrungsnetz, den Stoffwechsel auf die Funktion des gesamten Systems aus.

Die Auswirkung der Sedimentation der während des Normalbetriebes des Kraftwerkes ausgestoßenen luftverschmutzenden Materialien und des in kleinem Maße angestiegenen Lärmpegels wird an der Schmetterlingsfauna nicht nachweisbar sein. Die Anwesenheit des Menschen, Störung durch den Menschen und der angestiegene Verkehr ist für das Erscheinen und Ausbreitung der unter anthropogenen Einfluss stehende überirdischen Tieren auf den von der Investition nicht direkt betroffenen Gebieten günstig. Die in die Luft ausgestoßenen Verschmutzungsmaterialien können in einzelnen, neben den Hauptverkehrswegen lebenden weniger beweglichen überirdischen Arten angereichert werden. Während des Betriebes von Paks II. steigt der Personen- und Güterverkehr an, so die damit verbundene Lärm-, Staub- und Luftverschmutzung auch. Die Mehrheit der Amphibien- und Reptilienarten meiden solche Lebensräume. Die Spurlinie der von Paks II. ausgehenden Blockleitungen wird mit der Zeit die Ansiedlung von Eidechsenarten unterstützen.

Die Wirkung des Betriebes Paks II. auf die makroskopischen wirbellosen Wasserlebewesen (inbegriffen auch die extra untersuchten Libellen) ist in kleinem Maße beim Einlauf des Kaltwasserkanals und Auslauf des Warmwasserkanals, weiterhin auf der darunter liegenden Abschnittes der Donau zu erwarten. Die Einleitung des erwärmten Kühlwassers wird wahrscheinlicher Weise nur lokal (ca. 1 km lang) die Struktur des Fischbestandes beeinflussen.

Das direkte Wirkungsgebiet des Normalbetriebes erstreckt sich bezogen auf die Geradflügler, Insekten, Schmetterlinge, Oberirdische Gelenkfüßler und Vögel auf das gesamte Gebiet des Kraftwerkes (auch auf das Aufmarschgebiet) und auf die Sicherheitsstreifen der Fernleitungen. Für die Amphibien und Reptilien ist das Betriebsgebiet von Paks II. von primärer Bedeutung.

Bezogen auf die Fauna hat man mit über die Landesgrenzen hinausgehenden Wirkungen nicht zu rechnen.

#### **18.4.2.1 Wirkungsgebiet von Betriebsstörungen, Unfällen**

Die Betriebsstörungen können sehr unterschiedlich sein, deshalb ist ihre Auswirkung auf die Fauna ebenfalls sehr wechselhaft. Diese kann man nicht umfassend überblicken, wir befassen uns nur mit den wahrscheinlichsten Fällen. Die infolge der Betriebsstörung erhöhte Temperatur wird im Ökosystem des Wassers zum Rückgang der ortsgebundenen Populationen, zur Abwanderung der mobilen Arten führen. Dies kann mit dem Rückgang oder Vernichtung der Populationen der geschützten Arten (Bachmuschel oder auch gemeine Flussmuschel (*Unio crassus*), Asiatische Keiljungfer (*Gomphus flavipes*) und Donau Eintagsfliege (*Ephoron virgo*)) einhergehen. Nachdem für einen bedeutenden Teil der Lebensräume die trockenen Lebensräume charakteristisch sind, deshalb werden diese von ausgebreiteten Feuerbrunsten erhöht bedroht. Soweit in der Umgebung des Kraftwerkes ein Feuer entsteht, können die dort lebenden Festlandpopulationen von Tieren geschädigt werden, es können eventuell ihre in der Nähe des Kraftwerkes lebenden Gemeinschaften verschwinden. Dieses ist besonders wahr für die entlang der Spurlinie der Fernleitungen angelegten Nadelwälder. Im Falle der Fernleitungen bedeuten auch die elektrischen Entladungen Brandgefahr. Die Mehrzahl der infolge der Brände freigesetzten flüchtigen Verbindungen (z.B. Material der Isolierungen) ist giftig, aber auch die sich absetzenden Rückstände (die Materialien in der Flugasche) können auch giftig sein. Die auf die Erdoberfläche



ausfließenden Erdölderivate führen zum Ersticken der im Boden lebenden Tiere. Das gefährliche Chemikalien beinhalten Wasser kann zu Vererdung oder zur geminderten Lebensfähigkeit führen. All diese Auswirkungen werden dann von der aktuellen Konzentration abhängen.

### 18.4.3 AUSWIRKUNG UND AUSWIRKUNGSGBIET DER STILLEGUNG

Bezüglich der Aufgabe von Paks II. können nur sehr grobe ökologische Schätzungen angegeben werden. Die zurzeit zur Verfügung stehenden Informationen sind sehr ärmlich. Die Wirkung der Stilllegung hängt in großem Maße von der Technologie der Aufgabe.

Die größte Auswirkung ist mit dem vollständigen Rückbau des Kraftwerkes und der damit verbundenen Anlagen (Fernleitungen usw.) verbunden. In diesem Fall muss man in der Größenordnung und in ihrem Charakter mit ähnlichen Auswirkungen rechnen, wie bei der Errichtung des Kraftwerkes. Wenn die Technologie der Aufgaben die Nutzung von größeren Aufmarschgebieten erfordert, können durch Auswirkungen der dort verrichteten Arbeiten Lebensräume geschädigt werden. Diese Schäden kann man im Zuge der späteren Rehabilitationsarbeiten ähnlich zu den Errichtungsarbeiten wieder in Ordnung bringen, wenn die Lebensräume in ihren ursprünglichen, oder dazu ähnlichen Zustand gebracht werden. Die technologischen Bedingungen dessen sind zurzeit nicht bekannt, so kann man darüber keine fundierten Schätzungen formulieren.

## 19 NICHT-RADIOKATIVER ABFALL

### 19.1 ABFALLARTEN UND MENGEN

Während der Errichtung, des Betriebes und der Stilllegung von Paks II. entstehen die folgenden Gruppen von Abfällen, natürlich in den einzelnen Phasen in unterschiedlichem Verhältnis:

- Bau-Abriss (inert) Abfall,
- nicht gefährlicher Industrieabfall,
- gefährlicher Abfall,
- kommunale Abfälle.

#### Errichtung von Paks II.

Infolge der Arbeitsprozesse der Errichtung (Bau von Kernkraftwerkblöcken, Errichtung des Systems des Kondensator-Kühlwassers, Errichtung des Fernleitungssystems auf dem Standort) entstehen meistens Bau-Abrissabfälle (inert Abfälle), die sich auf die 5-5jährige Errichtungsphase konzentrieren.

In der größten Menge melden sich die beim Ausheben des Arbeitsgrabens geförderten Erdmassen, daran gemessen in kleinerem Ausmaß die Abfälle der Hilfskonstruktionen und -Materialien der Bautätigkeit.

Arbeitsprozesse der Errichtung von Paks II.	Menge	
	[m <sup>3</sup> ]	
Bau des Kernkraftblockes	820 000	Bau des Kernkraftblockes
Errichtung des Systems des Kondensator-Kühlwassers	570 000	Errichtung des Systems des Kondensator-Kühlwassers
Fernleitungssystem		Fernleitungssystem
Bau des Abschnittes auf dem Standort	150	Bau des Abschnittes auf dem Standort
Bau des Abschnittes außerhalb des Standortes	650	Bau des Abschnittes außerhalb des Standortes
<b>gesamt:</b>	1 390 800*	<b>gesamt:</b>

Anmerkung:

\* die Mengen der ausgehobenen Erdmassen beinhalten auch die Mengen der während des Baus zurückgefüllten Mengen.

Tabelle 55: Geschätzte Menge der bei der Errichtung von Paks II aus dem Errichtungsgebiet entnommener Erde



Betrieb von Paks II.

Während der Dauer des Betriebes vom Kernkraftwerk entstehen gemessen an der Errichtungsperiode in kleinerem Volumen nicht radioaktive Abfälle. Die Mengen der betriebsmäßig entstehenden Abfälle sind in der unten folgenden Tabelle zu finden. Darüber hinaus entstehen auch von Fall zu Fall Abfälle infolge der Bauarbeiten der Instandhaltungen und Umbauten, die meistens nicht im Voraus planbare Tätigkeiten sind, demzufolge wurden für ihre Abfälle keine Mengenschätzungen erstellt.

Betriebsmäßig entstehende Abfälle von Paks II.	Menge [t/Jahr]
nicht gefährliche Abfälle	800
gefährliche Abfälle	100

Tabelle 56: Geschätzte Menge des in Paks II betriebsmäßig entstehenden Abfalls

Gemeinsamer Betrieb von Paks II. und des Kernkraftwerkes Paks

Während der Dauer des gemeinsamen Betriebes von beiden Kernkraftwerken summieren sich die in den zwei Kraftwerken entstehenden Abfallmengen. Die Intensität der summierten Mengen wird sich jährlich ändern, einerseits wegen der Schwankungen der Entstehung von Abfällen, andererseits wegen der in unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgenden Inbetriebnahmen der Blöcke von Paks II. und der Stilllegung in unterschiedlichen Zeitpunkten der Blöcke vom Kernkraftwerk Paks, weiterhin auch wegen der unterschiedlichen Längen der Kampagnezeiten. Die intensivste Periode bezüglich der Entstehung von Abfällen wird die Periode 2030-2032 sein, in der Zeit des gemeinsamen Betriebes von allen Blöcken beider Kernkraftwerke, die geschätzten Mengen enthält Tabelle 57.

	Nicht gefährlicher Abfall [t/Jahr]	Gefährlicher Abfall [t/Jahr]
Kernkraftwerk Paks	1434	276
Paks II.	800	100
gesamt:	~2240	~380

Tabelle 57: Geschätzte Menge des beim gemeinsamen Betrieb von Paks II und des Kernkraftwerkes von Paks entstehenden Abfalls

Stilllegung von Paks II.

In der Periode der Stilllegung des Kernkraftwerkes werden überwiegend Abrissabfälle entstehen, anzunehmen in großen Mengen. Während des Abrisses der Bauten entstehen etwa 400.000-500.000 Tonnen inaktive Betonabfälle.

**19.2 SAMMELN, LAGERN, NUTZEN, UNSCHÄDLICHMACHUNG DES ABFALLS**

Auf dem Standort Paks II. hat man in allen Lebensphasen des Kernkraftwerkes das Sammeln von den Abfällen auf eine, die Umweltverschmutzung ausschließende Art durchzuführen. Man muss bestrebt sein die Abfälle je nach Sorte in möglich höchstem Verhältnis voneinander abgesondert (selektiv) zu sammeln. In den verschiedenen Arbeitsbereichen hat man Sammelbehälter von entsprechender Qualität und Menge bereitzustellen. Man muss Sammelplätze am Arbeitsplatz, weiterhin für die Industriellen und gefährlichen Abfälle betriebliche Lagerplätze auf der Grundlage der Vorschriften der gültigen Verordnungen festzulegen. Man muss für die möglichst umfangreiche Nutzung der Abfälle sorgen, um möglichst kleinen Anteil von ihnen in die Deponien durch Deponierung beseitigen zu müssen.

Ein Teil der während der Errichtung vom Baugelände ausgehobenen Erde wird während der Bauarbeiten wieder zurückgefüllt.

Die Möglichkeiten der Unterbringung der verbleibenden Erdmengen sind die folgenden:

- Terrainplanierungen innerhalb des Standortes,
- Nutzung auf externen Orten zwecks Terrainplanierung,
- Abtransport in Mülldeponien, wo es für Zwecke von Terrainplanierungen genutzt werden kann.
- Wenn die ausgehobene Erde - zwecks der späteren Nutzung - nicht gleich abtransportierbar ist, dann muss man auf dem Gebiet eine provisorische Lagerstätte festlegen.
- Der Abtransport der Abfälle von dem Standort -zwecks Nutzung oder Beseitigung - kann in die folgenden Typen von Einrichtungen erfolgen:
  - selektiv gesammelte kommunale, industrielle und Bau-Abbrissabfälle - Organisationen der Abfallnutzung, Aufbereitungsbetriebe,
  - gemischter kommunaler Abfall - kommunale Abfalldeponie der Stadt Paks,
  - Bau-Abbrissabfälle - auf dem Standort oder auf externen Ort, inert- eventuell kommunale Abfalldeponie, Betriebe der Bauschuttzubereitung,
  - thermische Nutzung vom gefährlichem Abfall - Müllverbrennungsanlagen für Sondermüll,
  - Beseitigung von gefährlichen Abfällen durch Deponierung - Deponie für Sondermüll.

Mit dem Abtransport, Nutzung oder Beseitigung der Abfälle von unterschiedlichem Typ hat man in jedem Fall Organisationen mit Genehmigungen der aktuellen Rechtsnormen entsprechend zu beauftragen.

## 19.3 AUSWIRKUNGEN UND AUSWIRKUNGSGBIETE

### 19.3.1 DIREKTE AUSWIRKUNGEN

Für alle Phasen der Lebensdauer von Paks II. kann behauptet werden, dass die direkten Auswirkungen bezüglich Sammeln, Lagerung auf dem Betroffenen Ort der Abfälle des Kernkraftwerkes, weiterhin während der Bewegung der Abfälle auf dem Standort vorkommenden Ausstreungen, Wegfließen entstehen können. Der Wirkungsfaktor kann in dem Zustand des geologischen Zustands des Abschnittes Veränderungen bewirken, auf die ober- und unterirdischen Gewässer hat es keine Auswirkung.

**Der direkte Auswirkung des Betriebes von Paks II., beziehungsweise des gemeinsamen Betriebes von Paks II. und des Kernkraftwerkes Paks wird bezüglich der Entstehung der nicht radioaktiven Abfälle mäßig sein**

**Die Auswirkungen der Errichtung von Paks II. sind intensiver**, primär wegen der entstehenden Bauabfälle - darunter besonders der vom Baugelände ausgehobenen großen Erdmassen, aber auch aus dem Grunde, weil dieser Umwelteinfluss pro Block sich auf die 5-5jährige Errichtungsphase konzentriert, **aber die direkte Auswirkung kann auch in diesem Falle bezüglich der Entstehung der nicht radioaktiven Abfälle erträglich bleiben.**

### 19.3.2 INDIREKTE AUSWIRKUNGEN

In allen Lebensphasen von Paks II. kann der Abtransport der Abfälle von Standort zur Nutzung, bzw. zur Beseitigung als indirekte Auswirkung verstanden werden, es wird also als Wirkungsfaktor in der Umgebung der Transportwege (der Straßenabschnitt zwischen nördlichem Eingang des Kraftwerkes und dem Standort der Deponie des kommunalen Abfalls von der Stadt Paks, bzw. in der Umgebung der betroffenen Straßenabschnitten der Hauptstraße Nr. 6 und der Autobahn M6) angesehen werden. Der Abfalltransport kann in dem Zustand des geologischen Zustand des Abschnittes Veränderungen infolge der Verschmutzungswirkungen der auf der Strecke eventuell austretenden Abfälle bewirken, weiterhin können sich die Luftqualität beeinflussenden Wirkungen neben den betroffenen öffentlichen Straßen melden, und es ist ein Komponente aller mit dem Verkehr auf öffentlichen Straßen verbunden Tätigkeiten ausgelösten Zuwachs der Lärmbelastung.

**Das indirekte Wirkungsgebiet der Entstehung von nicht radioaktiven Abfällen wird in allen Lebensphasen von Paks II. in einem maximal 50-100 m Streifen neben den Transportwege der Abfalltransporte bleiben.**

### 19.3.3 GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN

Die Auswirkungen der während der Lebensdauer von Paks II. entstehenden nicht radioaktiven Abfälle bleiben lokal, eine über die Landesgrenzen hinausgehende Auswirkung ist nicht zu erwarten.

## 20 HANDHABUNG UND UNTERBRINGUNG VON RADIOKATIVEM ABFALL UND ABGEBRANNTER BRENNELEMENTE

Das Sammeln, Behandlung, Lagerung, Transport der radioaktiven Abfälle, weiterhin die Behandlung der ausgebrannten Kassetten, ihre Zwischen- und dann endgültige Lagerung enthalten ohne Ausnahme solche technologische Schritte, während deren primärer Gesichtspunkt der Schutz gegen die Elemente der Umgebung und der auf dem Standort und außerhalb des Standortes sich aufhaltenden Personen eventuell erreichende radioaktive Strahlung, bzw. die eintretenden Auswirkungen auf dem möglich geringsten Niveau zu halten.

Die ausgebrannten Heizelementen-Kassetten trennen sich auf der Basis dem gültigen Umfeld der Rechtsnormen von dem radioaktiven Abfall, weil die ersteren für weitere Nutzung, bzw. zur Herstellung von neuem nuklearem Treibstoff nutzbares Spaltmaterial enthält. Aufgrund der vorhergehenden unterscheidet sich auch die Behandlung der ausgebrannten Heizelementen-Kassetten von den Behandlungsverfahren der auch im traditionellen Sinn genommenen radioaktiven Abfälle.

### 20.1 BESTIMMUNG VON RADIOAKTIVEM ABFALL

Die Bestimmung von radioaktiven Abfällen erfolgt grundsätzlich auf der Basis vom Punkt 15. des § 2. des Atv. (Atomgesetzes): "für weitere Nutzung nicht mehr anwendbares solches radioaktives Material, das auf der Basis der Charakteristiken des Strahlenschutzes als gewöhnlicher Abfall nicht behandelt werden kann".

Ihre Bewertung, Eingruppierung kann man auf der Grundlage von mehreren Gesichtspunkten durchführen, auf derer Basis ihr Sammeln und ihre weitere Behandlung erfolgen können. Solche Möglichkeit ist der Eingruppierung kann der Ort der Entstehung, Aggregatzustand, oder auch die Konzentration der Aktivität sein.

Laut Ort der Entstehung sondern wir die während des Normalbetriebes durchgeführten Instandhaltungen, charakteristisch während der Reinigungs- und Dekontaminierungsarbeiten des Primärkreises entstehenden Abfälle, Abfälle die während des Auswechselns der aktivierten Ersatzteile, Anlagen entstehen, weiterhin Abfälle, die durch die geplanten oder nicht geplanten Sickerverluste des Kühlmediums im Primärkreis ab.

Nach dem Aggregatzustand reden wir von radioaktiven Abfällen im festen und flüssigen Aggregatzustand. Das Sammeln der festen radioaktiven Abfälle ist wegen der präzisen Umrißbarkeit wesentlich einfacher als das von den flüssigen Abfällen. Das Sammeln der flüssigen radioaktiven Abfälle verlangt meist bereits am Ort ihrer Entstehung spezielle technische Lösungen.

Nachdem vom Standort der Anlage nur feste Abfälle wegtransportiert werden dürfen, deshalb verlangt die Umgestaltung der flüssigen Abfälle in festen Zustand weitere technologische Schritte.

Die Trennung nach Konzentration der Aktivität bedeutet im Falle von radioaktiven Abfällen, dass das Sammeln des gegebenen Abfalls und/oder Paketes nur bei entsprechend biologischen und physikalischen Schutz, der dem Maß der Aktivitätskonzentration entspricht, während deren Einsammeln, Behandlung, Lagerung und Transport erfolgen kann. Die Einstufung in Klassen erfolgt durch mit Hilfe der Berechnung der Summe Koeffizienten der Aktivitätskonzentration der radioaktiven Isotope ( $AK_i$ ) und der Aktivitätskonzentration der Immunität ( $MEAK_i$ ) errechneten sogenannten Abfallindex. Für die Lagerung von Abfällen mit geringer Aktivität ist eine Abschirmung des Strahlenschutzes nicht erforderlich, es genügt ihre Absonderung auf einen festgelegten, und mit beschränkterem Zugang erreichbaren Lagerplatz. Die Projektierung der Abfälle mit mittlerer Aktivität erfolgt auf der Grundlage von Überlegungen des Strahlenschutzes, aber - abweichend von den Abfällen mit großer Aktivität - braucht man nicht mit der sich in dem Abfall generierenden Wärme zu rechnen. Es lohnt die Abfälle von kleiner und mittlerer Aktivität auch auf der Grundlage der

Halbwertszeit der in ihnen vorhandenen Isotopen zu unterscheiden: im Atommüll mit kurzer Lebensdauer kann die Halbwertszeit der bestimmenden Isotopen nicht über 30 Jahre hinausgehen.

## 20.2 MERKMALE DER ABGEBRANNTEN BRENNELEMENTE

Laut Punkt 14. vom § 12. des Atv.: "ausgebrannter Brennstoff: der im Atomreaktor eingestrahlt und vom Reaktor endgültig entfernte nuklearer Brennstoff, der wegen seiner Wiederaufbereitungsfähigkeit außerhalb des Atomreaktors nicht als Müll gilt, oder aber wenn er als Müll gilt, muss man für seine endgültige Lagerung sorgen".

Den Zustand der in den Kernkraftwerken verbrauchten Brennstoffes pflegt man mit dem Maß des Ausbrennens zu charakterisieren, was angibt, wie viel Energie von dem eine Einheitsmasse Uran (oder Uran und Plutonium) beinhaltenden Brennstoff während des Aufenthaltes im Reaktor gewonnen wurde. Bezüglich der endgültigen Lagerung, bzw. Wiederaufbereitung der ausgebrannten Brennelemente sind die Masse, Aktivität, die aus dem Abbau entspringende Wärmeproduktion, weiterhin die für die biologische Schädigung charakteristische Radiotoxizität gleichermaßen wesentlich.

Wegen der in den Heizelementen-Kassetten sich vollziehenden Kettenreaktion kann auch nach der Entfernung aus der Zone eine bedeutende Aktivität und daraus stammende Wärmeentwicklung messbar. Die **Wärmeproduktion** in den ausgebrannten Elementen sinkt mit der Aktivität parallel. Nach zehn Jahre - in dem Ruhebecken - Lagerung beträgt die Menge der in der Kassette entstehenden Wärme nur noch ein Zehntel jener Leistung, die die Kassette während des normalen Betriebes produziert hatte und nur noch ein Fünfhundertstel jener Restwärme, was die Kassette unmittelbar nach der Abstellung des Reaktors besaß.

Die **Radiotoxizität** des ausgebrannten Brennstoffes zeigt, welche potentielle Schädigungswirkung der in ihnen vorhandenen radioaktiv Isotopen in den menschlichen Organismus gelangt entfalten könnte. Die Radiotoxizität des ausgebrannten Brennstoffes geht über das zehntausendfache der Radiotoxizität des zu der Produktion eingesetzten natürlichen Urans hinaus. Die für das natürliche Uran charakteristischen Werte erreicht das ausgebrannte Brennmateriale erst nach mehr als Hunderttausend Jahren.

Die Leistung des Blockes des Kernkraftwerks und der Typ des eingesetzten Brennmateriale bestimmen grundlegend die Menge des während des Betriebes im Reaktor ausgebrannten Brennstoffes. Im Allgemeinen je größere Leistung ein Kernkraftwerkblock besitzt, umso mehr ausgebrannter Brennstoff entsteht.

Durch Aufbereitung und Brennstoffproduktion des ausgebrannten Brennstoffes kann das Nebenprodukt der Aufbereitung nicht mehr genutzt werden, es entsteht typischerweise radioaktiver Müll mit hoher Radioaktivität.

Mit dem  $UO_2$  Brennstoff und 60 Jahre Betriebszeit rechnend entstehen etwa laut Angaben des Lieferanten etwa 3.135 ausgebrannten Kassetten, davon ist der auszubrennende Brennstoff etwa 1.674 t pro Block (Tabelle 58.).

Reaktor	Wärmeleistung (MW)	Kassettenausbrand (MWd/kgU)	Nutzungseffizient (%)	Masse des ausgebrannten Brennstoffes (t)
VVER-1200	3 200	47,5	90	1 674

Tabelle 58: Während der gesamten Betriebsdauer entstehende Menge des abgebrannten Brennstoffes, pro Block

Die Zwischenlagerung des aus dem Ruhebecken entfernten ausgebrannten Brennstoffes vor der weiteren Behandlung erfolgt Jahre nach dem Start der neuen Blöcke. Man muss für die Ableitung der Restwärme auch nach Aufbewahrung im Ruhebecken sorgen, aber dafür kann z.B. der durch Luft, bzw. durch den natürlichen Luftzug verwirklichte Wärmeableitung ausreichend sein.

## 20.3 ALLGEMEINE VORSCHRIFTEN DES RADIOAKTIVEN ABFALLS

Unvermeidbare Nebenprodukte der Erzeugung von elektrischem Strom auf der Basis der Kernspaltung sind die radioaktiven Abfälle, für deren Behandlung, Zwischen- und Endlagerung man zu sorgen hat. Radioaktive Abfälle sind all jene Materialien, die während irgendeiner geplanten nuklearen Tätigkeit entstehen, und so es für die weitere Verwendung kein Bedarf oder Möglichkeit gibt, gleichzeitig aber geht die Konzentration der darin enthaltenen Radioisotopen über die in die Umwelt als sicher geltendes Maß der Emissionen, oder der Grenzwerte ihrer Ausbringung (Deponierung) hinaus.

Auf der Basis der umfassenden, detaillierten Vorschriften der Regierungsverordnung 118/2011. (VII. 11.) über die Erfordernisse der nuklearen Sicherheit der Nuklearanlagen und der damit verbundenen Tätigkeiten der Behörden, weiterhin auch weiterer einheimischen Rechtsnormen und internationalen Empfehlungen kann das Sammeln, die Erfassung, Behandlung, Bewertung, Verpackung, der Transport, weiterhin ihre Zwischen- und Endlagerung erfolgen.

Für den Erzeuger des Abfalls, in Anbetracht des Lebenszyklus des radioaktiven Mülls, bedeuten die strategischen Grundsätze der Abfallbehandlung die Möglichkeiten der (quantitativen, qualitativen) Planung, Entstehung (und selektiver Sammlung), Behandlung, Konditionierung, interner Lagerung, des Transportes und der Unterbringung. Zwischen den Abschnitten Behandlung/Konditionierung, interner Lagerung ist einer der wichtigsten Schritte die möglich präziseste Identifizierung des Abfalls, die Bewertung, Etikettierung der Abfallpakete, um die Rückverfolgung sichern zu können. Die anwendbaren Technologien der Aufbereitung und Konditionierung beeinflussen die Übernahmeerfordernisse der Übernahmorte, bzw. die Möglichkeit der Unterbringung.

### 20.3.1 FESTER RADIOAKTIVER ABFALL MIT GERINGER UND MITTLERER AKTIVITÄT

Die in die kontrollierte Zone des neuen Kernkraftwerkes entstehenden festen Abfälle werden schon am Ort der Entstehung selektiv gesammelt. Die weitere Selektion der Abfälle erfolgt schon nach ihren radiologischen Parametern, dabei auch die weiteren Methoden der Abfallbehandlung beachtend.

Die potentiell inaktiven Abfälle werden nach der radiologischen Bewertung frei erklärt, und ihre weitere Behandlung erfolgt als traditioneller Abfall.

*Jener Teil der Abfälle, die aufgrund ihres Isotopengehaltes nach der radiologischen Bewertung innerhalb absehbarer Zeit die Grenze der Freisetzung erreicht, wird gesondert zwischengelagert, dessen Ziel die spätere Freisetzung nach Abbau der Radioisotope ist.*

Die zusammenpressbaren Abfälle werden kompaktiert, dadurch das Volumen der zur endgültigen Lagerung vorgesehenen Abfälle gemindert. Nach der Zwischenlagerung der kompaktierten Abfälle, bei Notwendigkeit, werden sie im Nationalen Lager Radioaktiver Abfälle /Nemzeti Radioaktív hulladék-tárolóban/ (NRHT) zwecks Gestaltung unterbringbarer Pakete konditioniert. Die konditionierten Abfälle werden in dem NRHT zur Endlagerung untergebracht.

### 20.3.2 FESTER RADIOAKTIVER HOCHAKTIVER ABFALL

Die während der Instandhaltungsarbeiten entstehenden festen Abfälle mit hoher Aktivität werden verpackt. Es kommt auch zur Volumenminderung der Abfälle mit hoher Aktivität, soweit die Eigenschaften des Abfalls es zulassen.

Die Zwischenlagerung der Abfälle mit hoher Aktivität erfolgt als Zwischenlagerung bis zu Demontage der Blöcke in einem zu diesem Zweck errichteten Lager, oder bis zur Inbetriebnahme des Lagers für Abfälle mit hoher Aktivität.

Nach der Zwischenlagerung der Abfälle mit hoher radioaktiven Aktivität werden ein in Ungarn entstehendem geologischen Lager zur Endlagerung untergebracht.

### 20.3.3 FLÜSSIGER RADIOAKTIVER ABFALL

Die Entleerungen, Entlüftungen, organisierte Sickerungen mit Borsäuregehalt werden gesondert gesammelt, behandelt und dann erneut genutzt. Dadurch wird das Eindringen der Borsäure in die Sickerwasser minimal, auch dadurch wird das Volumen der flüssigen radioaktiven Abfälle gemindert.

Die aus dem System des Reinigungssystems der Entschlammung der Dampfkesselanlage stammenden Regenerierflüssigkeiten des Harzes für Ionenaustausch, lockernde Lösungen, die Gewässer der speziellen Wäscherei und das Duschwasser der Umkleieräume im Primärkreis werden von ihrem Aktivitätsgehalt abhängig ohne Behandlung, oder nach Reinigung mit selektiven Sorbens aus der kontrollierten Zone ausgestoßen.

Die radioaktiven Sickerwässer werden nach einer Volumenminderung auf die Art konditioniert (verfestigt), dass das Endprodukt die Kriterien bezüglich der Endlagerung erfüllt.

Das während der Volumenminderung der Sickerwässer entstehenden Kondensate werden wiederholt genutzt, oder als Wasser über die Bilanz in die Umwelt ausgeleitet.

Die konditionierten Abfälle werden zur Endlagerung in das NRHT gebracht.

## **20.4 ALLGEMEINE VORSCHRIFTEN BEZÜGLICH DER BRENNELEMENT-KASSETTEN**

Die umfassende Aufsicht der auf den Standort eintreffenden frischen Brennelemente-Kassetten, weiterhin der von dem Reaktor ausgehobenen ausgebrannten Brennstoff-Kassetten und die notwendigen Schritte der Behandlung gehören zu diesem Themenkreis.

Der frische Brennstoff braucht über den physikalischen Schutz hinaus keine weitere, besondere (Strahlenschutz-) Behandlung, es hat keine strahlenhygienischen Bezüge.

Die Behandlung der ausgebrannten Brennelementen-Kassetten ist eine wesentlich zusammengesetztere Aufgabe, die Vorschriften der zutreffenden Rechtsnormen und der internationalen Empfehlungen erfordern die streng abgestimmte Funktion der zusammengesetzten Aufgaben der Technologie und des Strahlenschutzes.

Die ausgebrannten Kassetten der Brennelemente werden nach ihrer Entfernung aus dem Reaktor in das Ruhebecken gebracht, wo es die Entfernung der remanenten Wärme so lange gesichert ist, bis sie nicht jenen Wert erreicht, dass das Heizelement für die trockene Zwischenlagerung geeignet ist.

Nach der Lagerung in dem Ruhebecken werden die ausgebrannten Brennelemente zwischengelagert. Dafür stehen zurzeit zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- die ausgebrannten Brennelementen Kassetten werden zwecks Zwischenlagerung, technologische Lagerung oder Reprozessierung auf das Gebiet der Russischen Föderation geliefert. Die genutzten Kassetten der Brennelemente, oder im Falle der Reprozessierung wird der nuklearer Abfall auf dem Gebiet der Russischen Föderation genauso lange Zeit gelagert, die der Absatz 1. des Artikels 7. der erwähnten Vereinbarung (des Vertrages) als Dauer für die Versorgung mit dem Brennstoff (20 Jahre) vorschreibt, danach werden sie nach Ungarn zurückgeliefert.
- Zwischenlagerung der genutzten Brennelementen Kassetten hierzulande.

In dem KHT beachten wir die zur Zwischenlagerung der ausgebrannten Brennstoff-Kassetten die auch mehrere Jahrzehnte lang mögliche einheimische Zwischenlagerung auf dem Standort der Blöcke, oder in dessen unmittelbarer Umgebung. Die Zwischenlagerung dauert so lange, bis die Endlagerung nicht gesichert ist.

Nach der Zwischenlagerung rechnen wir mit der direkten einheimischen Endlagerung der ausgebrannten Brennelementen Kassetten.

## **20.5 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNGEN DER ERRICHTUNG**

Man kann während der Errichtung nicht mit direkten Auswirkungen aus der Errichtung, dem Sammeln, der Behandlung und Beseitigung des radioaktiven Abfalls auf dem Standort rechnen. Die erste Ladung trifft 1 Jahr vor Ende der Errichtung auf den Standort ein.

Während der Errichtung kann man bezüglich der radioaktiven Abfälle keine direkten Auswirkungen auf die Umwelt erwarten, so braucht man auch mit der Entstehung von indirekten Auswirkungen nicht zu rechnen.



Emission von radioaktiven Isotopen aus dem Abfall ist während der Errichtung nicht zu erwarten, so sind anderen direkten Auswirkungen und das Auswirkungsgebiet nicht relevant, indirekte Wirkung (mangels betreffende Wirkungsfaktoren) ist nicht zu erwarten.

Die Festlegung eines über die Landesgrenzen hinausgehenden Wirkungsgebietes der Auswirkung auf der Basis des Sammeln, Behandlung und Lagerung von radioaktiven Abfällen ist bedingt durch fehlende Ursachen nicht möglich.

## 20.6 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNGEN DES BETRIEBS

### 20.6.1 RADIOAKTIVER ABFALL

Die zu erwartenden Auswirkungen des Betriebes von einem Kernkraftwerk bestimmt bezüglich der radioaktiven Abfälle ihre Menge und Qualität.

Während der Projektierung des geplanten Blocktyps hat man besondere Aufmerksamkeit dafür verwendet, dass gemessen an den früheren technologischen Lösungen während des Betriebes weniger radioaktiver Abfall entsteht. Wegen der Gestaltung der Systeme des Primärkreises und der erhöhten Kompaktheit der Technologie wird die Menge der Abfälle mit niedriger und mittlerer Aktivität wesentlich geringer sein als an den gegenwärtigen Blöcken von Paks entsteht.

Die Systeme von Paks II. wurden so entworfen, dass die während der Betriebszeit entstehenden radioaktiv Abfälle so aufzuarbeiten geeignet sind, dass das Niveau der festen, flüssigen und gasförmigen Emissionen das sinnvoll zu erreichende geringste sei. Während der Projektierung hat man die bisher angehäuften Erfahrungen beachtet.

Die Behandlung, Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle erfolgt in dem Hilfsgebäude neben dem Containment auf der Grundlage der Charakteristik des Aggregatzustandes und der Aktivitätskonzentration. Für die Lagerung der selektiv gesammelten und vorbehandelten Abfälle mit kleiner und mittlerer Aktivität wird innerhalb des Standortes 10 Jahre lang die Möglichkeit gegeben. Die Zwischenlagerung des Abfalls mit hoher Aktivität auf dem Standort kann bis Ende der Betriebszeit gelöst werden, so sind die Auswahl und der Ausbau der endgültigen Lagerkapazität bis Ende der Betriebszeit zu verwirklichen.

Nach der Zwischenlagerung der festen und befestigten Abfälle mit kleiner und mittlerer Aktivität auf dem Standort werden diese mit Straßentransport auf öffentlichen Straßen in ein unterirdisches Lager von NRHT geliefert.

Tabelle 59. zeigt die Verteilung der jährlichen, geschätzten Menge der während der Betriebszeit der Blöcke der Reaktors Paks II. zu entstehenden festen Abfälle mit kleiner, mittlerer und hoher Aktivität pro Block.

Abfall	Abfallmenge [m <sup>3</sup> /Jahr]	Abfallmenge nach Behandlung (Befestigung, Zerkleinerung, usw.) [m <sup>3</sup> /Jahr]	Anzahl der zu lagernden/behandelnden Einheiten
mit kleiner Aktivität, fest	70	28	140 Fässer
mit mittlerer Aktivität, fest	11	4	20 Fässer
mit hoher Aktivität, fest	0,5	-	5 Kapsel
von großer Volumen, nicht behandelbar (während Instandhaltung/Reparatur entstehende)	5	-	-
zementierte Reste von Destillaten	25	20	100 Fässer
zementiertes Ionenaustauscherharz	10	8	40 Fässer
zementierter Schlamm	0,6	0,5	3 Fässer

Tabelle 59: Geschätzte Jahresmenge des entstehenden radioaktiven, festen Abfalls, pro Block [40]

Während der Schätzung der Menge der zu Endlagerung vorgesehenen Abfälle wurde auch die Wirkung der mit der Errichtung der neuen Blöcke zusammen zu verwirklichenden Technologien der Abfallbehandlung und Konditionierung beachtet.

## 20.6.2 ABGEBRANNT BRENNELEMENTE

Aufgrund der bekannten Daten der Blöcke kann die Menge des während der gesamten Betriebszeit zu entstehenden Brennstoffes geschätzt werden. Mit UO<sub>2</sub> Brennstoff und 60 Jahre Betriebszeit gerechnet entsteht in einem Reaktor 1.674 Die ausgebrannten Brennelementen-Kassetten gelange im ersten Schritt in das Ruhebecken innerhalb des Containments.

Für die Zwischenlagerung der aus dem Ruhebecken ausgehobenen Kassetten bieten sich auf der Grundlage der zugänglichen Literatur mehrere Möglichkeiten an. In Anbetracht der Gegebenheiten des Standortes Paks bieten sich für die Zwischenlagerung der aus dem Ruhebecken ausgehobenen Brennelementen-Kassetten aufgrund der erreichbaren Literatur und Technologie mehrere Lösungen an. In Anbetracht der Gegebenheiten des Standortes Paks, weiterhin die Vor- und Nachteile der Verwirklichung der unterschiedlichen Technologien ist die Ausbildung einer überirdischen, trockenen Containerlagerung innerhalb des Standortes am günstigsten. Die Festlegung eines Lagerplatzes innerhalb des Standortes ist auch von der Warte der Bewachung/Schutzes, der gesellschaftlichen Akzeptanz, Transport-/logistischen Aufgaben und auch wegen der durch die neuen Blöcke auch ansonsten zu errichtendes Monitoringsystem am vorteilhaftesten. Auf der Grundlage der zu Verfügung stehenden Informationen kann eine 75 x 100 m große, entsprechend befestigte Fläche für die Aufnahme zur Zwischenlagerung der während der gesamten Betriebszeit entstehenden ausgebrannten Kassetten für mehrere Jahrzehnte geeignet sein.



Abbildung 96: Trockene, Containerlagerung, in vertikaler Anordnung [42]



Abbildung 97: Auffüllen des trockenen, horizontalen Lagers [43]



Abbildung 98: Charakteristische Anordnung im Fall von trockener Containerlagerung [44]

### 20.6.3 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNGEN UND AUSWIRKUNGSGEBIET DES BETRIEBS

#### **Radioaktive Abfälle**

Das Sammeln und die Behandlung der Abfälle mit geringer oder mittlerer Aktivität werden in dem Hilfsgebäude erfolgen. Das Wirkungsgebiet der aus den technologischen Schritten eventuell ausgehenden, die Umweltelemente über die Grenzwerte belastenden direkten radiologischen Wirkungen beschränkt sich auf den Standort des Kraftwerkes, innerhalb dessen auf die Fläche des Lagers und der Behandlungshalle.

Die Länge der Straßenstrecke des in das NRHT zu liefernden konditionierten Abfalls beträgt 64 km. Davon verlaufen 49 km auf der Autobahn M6, so hat man mit der Strahlenbelastung der angenommen am Straßenrand stehenden Personen nicht zu rechnen, da entlang der Autobahnen der Fußgängerverkehr verboten ist. Weiterhin für die sich auf den Gebieten der den Teil der Autobahn bildenden Rastplätzen und Tankstellen aufhaltenden Personen, bedingt durch die Entfernung von der Mittellinie der Fahrspur der Autobahn, können nur so weit sein, wo die Strahlenwirkung des Transports bereits außer Acht gelassen werden kann. Auf dem ersten Abschnitt des Transports, von der gegenwärtigen nördlichen Einfahrt des Kernkraftwerkes Paks bis zur Autobahn M/6 enthält der Bebauungsplan der Stadt Paks einen Zufahrtstraßenabschnitt, der von der Kreuzung der nördlichen Einfahrt und der Hauptstraße 6 bis zur Ausfahrt Paks Süd führt, und keine bewohnten Gebiete berührt.

Es kann festgestellt werden, dass die jährliche Strahlenbelastung für die Bevölkerung, auch bei konservativen Schätzungen um Größenordnungen unter dem Niveau der Strahlenbeschränkung, bzw. der Grenze der Dosisdrosselung ist, so kann das Wirkungsgebiet des Transportes zum Endlager die Transportstrecke, bzw. der Rand der Straße als Rand des Wirkungsgebietes angesehen werden, vorausgesetzt, dass am Rande der Straße stets dieselbe Person sich während der Durchfahrt des Transportfahrzeuges aufhält.

Die technische Gestaltung der den Transport ermöglichenden Verpackung, derer geschätzter Lebensdauer und während er Lebensdauer der Verpackung kann das radioaktive Material des eingefassten Abfalls nicht austreten, deshalb wird erwartungsgemäß das Gebiet der indirekten Wirkungen mit der Grenze des Standortes des Lagerplatzes identisch sein.

Die eventuelle Strahlenbelastung der Umweltelemente auf dem Standort bedingt durch die Lagerung der radioaktiven Abfällen von hoher Aktivität innerhalb des Standortes beschränkt sich auf den Standort, bzw. auf die Grenzen der von den Behörden noch nicht festgehaltenen Sicherheitszone von 500 m als Wirkungsgebiet.

Das Wirkungsgebiet der indirekten Auswirkungen von den Abfällen mit hoher Aktivität hängt von der Behandlungs- und Lagerungstechnologie der genannten Abfälle ab. Es ist zweckmäßig nach ihrer Entstehung eine Lagerung auf dem Standort zu lagern, bis der Anteil der Isotope mit kürzerer Halbwertszeit und damit zusammen auch die

Wärmeentwicklung zurückgehen. Danach folgen der Transport zum Endlager und die Einlagerung. Die gegenwärtig mit Priorität untersuchte Bodai Aleurolit Formation (BAF) kann innerhalb der Landesgrenzen als Endlager dienen. Die von einer solchen Anlage eventuell ausgehenden direkten oder indirekten Auswirkung(en) hängen grundsätzlich von der vorschriftmäßigen Funktion, dem Betrieb der von Ingenieuren geplanten Hindernisse. Die tiefgeologischen Lager halten sogar für mehrere Zehntausend Jahre die radioaktiven Isotope sicher zurück. Die charakteristische Lagerungstechnologie ist die mit bestimmtem technischen Schutz versehenen Abfallpakete, die zur Lagerung dienen. Kammer werden durch eine dicke wasserdichte Betonschicht von dem natürlichen Gestein getrennt, dann kommt es zu der endgültigen Vollsättigung der Aufgefüllten Kammer, bzw. ihr Abschluss durch eine Betonschicht. Aus den Daten des vor dem Auffüllen und Abschluss der Lagerkammer dorthin eingebauten geophysischen Monitoringsystem kann man auf die eventuellen Sicker folgen, was auf die unmittelbare Umgebung des Tieflagerungsplatzes als eine direkte Wirkung bedeutete, aber die Wahrscheinlichkeit dessen ist vernachlässigbar.

Im Falle der Einhaltung der strengen Vorschriften der Behandlung der radioaktiven Abfälle beim Normalbetrieb, der Prozessbeschreibungen können die von der Behandlung der radioaktiven Abfälle der unterschiedlichen Aktivitätskategorie ausgehenden Umweltauswirkungen die Landesgrenzen nicht überschreiten. Auf die ausgebrannten Brennelementen-Kassetten beziehen sich auch die vorangegangenen.

### **Ausgebrannte Kassetten**

Die Kassetten werden nach einer Lagerung innerhalb des Standortes von mehreren Jahrzehnten entweder in die Anlage der Reprozessierung oder in das endgültige Lager ohne weitere Manipulationen (in Lagerungscontainer) gebracht, weil die oberirdischen Lagerungscontainer auch während der Transporttätigkeit entsprechenden Schutz gewähren.

Die Strahlenbelastung der an dem oberirdischen Lagerplatz untergebrachten Container überschreitet für die Umwelt nicht mal an der Grenze der Sicherheitszone, was mit der Grenze des Wirkungsgebietes identisch ist, den Wert der Dosisbeschränkung.

Im Falle des Transportes in die Reprozessierungsanlage nehmen wir den Abschnitt bis zur Landesgrenze der ausgewählten Eisenbahnlinie als Grundlage. Während der Planung der Reiseroute wird beachtet, dass das vorhandene Eisenbahnnetz als Basis genommen der Zug die möglichst wenigsten bewohnten Ortschaften berührt, weiterhin er mit unbedingter Priorität und Sicherheit läuft, so ist sogar die geplanten Stopps eingerechnet die Aufenthaltszeit minimal.

Die Festlegung des Indirekten Wirkungsgebietes hängt auch von der Art der Behandlung nach der Zwischenlagerung ab. Soweit die Kassetten einer Reprozessierung, Nutzung unterworfen werden, also zwecks weiterer Stromproduktion aus ihnen die entsprechenden Spaltmaterialien ausgewonnen werden, so hat man sowohl die Transportstrecke vom Ort der Zwischenlagerung bis zum Reprozessierungswerk und auch die Umgebung der Nutzungsanlage beachten. Während der Aufarbeitung umwandelt sich aber ein Teil der radioaktiven Isotopbestandteile der Kassetten zum Abfall mit hoher Aktivität, die aber im Reprozessierungswerk (im Allgemeinen durch Einschmelzen ins Glas) entsprechend konditioniert werden. Dieser Abfall mit hoher Aktivität wird auf dem bei den Abfällen mit hoher Aktivität bereits bekanntgegebenen Weg in das geplante tiefgeologische Lager gebracht.

## **20.6.4 AUSWIRKUNGEN UND AUSWIRKUNGSGBIET DES GEMEINSAMEN BETRIEBS VON PAKS II UND DEM KERNKRAFTWERK VON PAKS**

Während des gemeinsamen Betriebes verbringen die Reaktoren von Paks II. das erste Jahrzehnt ihrer Betriebszeit. Die während dieser Zeit entstehenden radioaktiven Abfälle und der ausgebrannte nukleare Treibstoff wird innerhalb des Standortes untergebracht, ihre Zwischenlagerung wird in dem direkt neben dem Betriebsgebäude stehenden Hilfsgebäude des Primärkreises und in dem Ruhebecken gelöst sein, demzufolge hat man mit dem Abtransport von radioaktiven Abfällen vom Standort, bzw. mit der Manipulation von gebrauchtem Treibstoffkassette außerhalb des Containments im Falle von Paks II. nicht zu rechnen. Wenn es aber auch zu Abtransport vom radioaktiven Abfall zwecks Endlagerung erfolgte, dies wird erwartungsgemäß im Vergleich zu den Mengen von dem Kernkraftwerk Paks in kleinen Mengen vorkommen. Bezogen auf die radioaktiven Abfällen und der ausgebrannten Elementen werden während des gemeinsamen Betriebes die Auswirkungen fast ausschließlich bei den Blöcken des Kernkraftwerkes Paks auftreten, dies wegen der eventuellen Umwelteinflüssen der während am Ende der Betriebszeit der Blöcke fälligen und notwendigen technologischen Eingriffen entstehenden Abfälle dieser Art.

Der gemeinsame Punkt des gemeinsamen Betriebes sind der Abtransport der radioaktiven Abfälle auf öffentlichen Straßen, und der Abtransport der ausgebrannten Heizelemente per Eisenbahn. Während des gemeinsamen Betriebes ist der Abtransport in das NRHT von Abfällen mit kleiner und mittlerer Aktivität in Folge der hintereinander stillgelegten Blöcke des Kernkraftwerkes Paks während der Vorbereitung der 20jährigen Aufbewahrung entstandenen Abfälle auf dem weiter oben bekanntgegebenen Weg und mit zu erwartenden radiologischen Auswirkung zu erwarten. Die von den stillgelegten Blöcken des Kernkraftwerkes Paks ausgehobenen, ausgebrannten Brennelementen Kassetten kommen in das Zwischenlager der Ausgebrannten Kassetten (KKAT). Der genau Taktplan der Auslieferung der 50 Jahre Ruhezeit erreichten Kassetten ist gegenwärtig nicht bekannt, es ist aber zweckmäßig im Interesse der Vermeidung der additiven Wirkungen die Zeitpunkte der Auslieferung der Abfälle der beiden Anlagen abzustimmen, weiterhin auch des vom Transport betroffenen Weges.

Von dem Standort von Paks II. ist in Anbetracht der mehrere Jahrzehnte dauernde Zwischenlagerung von Abfällen mit kleiner, mittlerer weiterhin großer Aktivität während des gemeinsamen Betriebes - nach gegenwärtigen Vorstellungen - nicht zu erwarten.

Das Auswirkungsgebiet der Emissionen des normalen Betriebes der beiden Anlagen, weiterhin der Behandlung und der Zwischenlagerung kann mit der Grenze der Sicherheitszone identisch angesehen werden.

Eine über die Landesgrenzen hinausgehende Auswirkung auf die Umwelt kann während des gemeinsamen Betriebes des Kernkraftwerkes Paks und Paks II. bei Normalbetrieb ausgeschlossen werden.

### **20.6.5 AUSWIRKUNGEN DER EREIGNISSE IM AUSLEGUNGSSTÖRFALL**

Das umfassende Sammeln und Behandlung jener Gruppen der radioaktiven Abfalltypen, die zu dem Fond der Projektierung gehören, aber durch vom normalen Betriebszustand abweichenden Betriebsereignisse entstehen, kann im Hilfsgebäude des Primärkreises gelöst werden. So wird das direkte Auswirkungsgebiet dieser Abfälle erwartungsgemäß innerhalb der Sicherheitszone des Standortes liegen, deshalb ist die Analyse der direkten, weiterhin die über die Landesgrenzen hinausgehenden Umwelteinflüsse nicht begründet.

### **20.7 ZU ERWARTENDE AUSWIRKUNGEN DER STILLEGUNG**

Unabhängig der für Paks II. gegenwärtig gültigen Variante der sofortigen Demontage, werden die Durchführung der endgültigen Stilllegung und der damit verbundenen technologischen Schritte Jahre in Anspruch nehmen. Die Arbeiten der Demontage werden zu der Errichtung ähnliche Auswirkungen bewirken, aber mit dem Unterschied, dass es im Gegensatz zu der Errichtung jetzt radioaktive Abfälle mit kleiner und mittlerer Aktivität in bedeutender Menge entstehen, die Behandlung des Stromes dieser Abfälle muss man innerhalb des Standortes lösen. Die Unterbringung dieser Abfälle von großer Menge verlangt eine bedeutende bergmännische Tätigkeit, Materialbewegung, aber das Auswirkungsgebiet der daraus resultierenden Einflüsse bleibt erwartungsgemäß innerhalb der Landesgrenzen.

## **21 UMWELT RADIOAKTIVITÄT - STARHLENBELASTUNG DER IN DER UMGEBUNG DES STANDORTES LEBENDEN BEVÖLKERUNG**

### **21.1 UMWELTRADIOAKTIVITÄT IM 30 KM RADIUS DES KERNKRAFTWERKS**

Die Kontrolle der Umgebung vom Kernkraftwerk Paks läuft bereits durch Messung der Radioaktivität der aus der Umwelt entnommenen Proben bereits seit 1978, angefangen von der Erhebung des Grundniveaus (Nullebene), fortgesetzt ganz zu den kontinuierlichen Betriebsmessungen. Die Messungen wurden vom Kernkraftwerk Paks, von Behörden und von mehreren anderen Institutionen durchgeführt, bzw. werden auch gegenwärtig durchgeführt.



Zur Charakterisierung der Umweltradioaktivität des Kernkraftwerkes Paks haben wir die Ergebnisse der Messungen der Aktivitätskonzentration der folgenden Umweltselemente genutzt:

- Dosisleistungen der Umweltstrahlung,
- in-situ gamma-spektrometrische Messungen,
- Proben aus der Atmosphäre, dem Boden und Rasenproben,
- oberirdische Wasserprobe,
- Schlammproben,
- Fischproben,
- Grundwasserproben und
- Milchproben.

Für die Bewertung haben wir primär die Jahresberichte von 2001-2011 des Behördlichen Kontrollsystems für den Umweltstrahlenschutz /Hatósági Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer/ (HAKSER) und des Betrieblichen Kontrollsystems für den Umweltstrahlenschutz /Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer/ (ÜKSER) als Grundlage genommen. Die zur Verfügung stehenden Ergebnisse der Umweltmessungen zwischen 2001-2011 haben wir nach ihrem territorialen Vorkommen in Gruppen geteilt. Aufgrund der vorhergehenden Untersuchungen haben wir das Umfeld des Kraftwerkes auf 3 Entfernungen aufgeteilt (weniger als 5 km, zwischen 5-10 km und zwischen 10-30 km, und in 4 Richtungen (Nord, Süd, Ost und West).

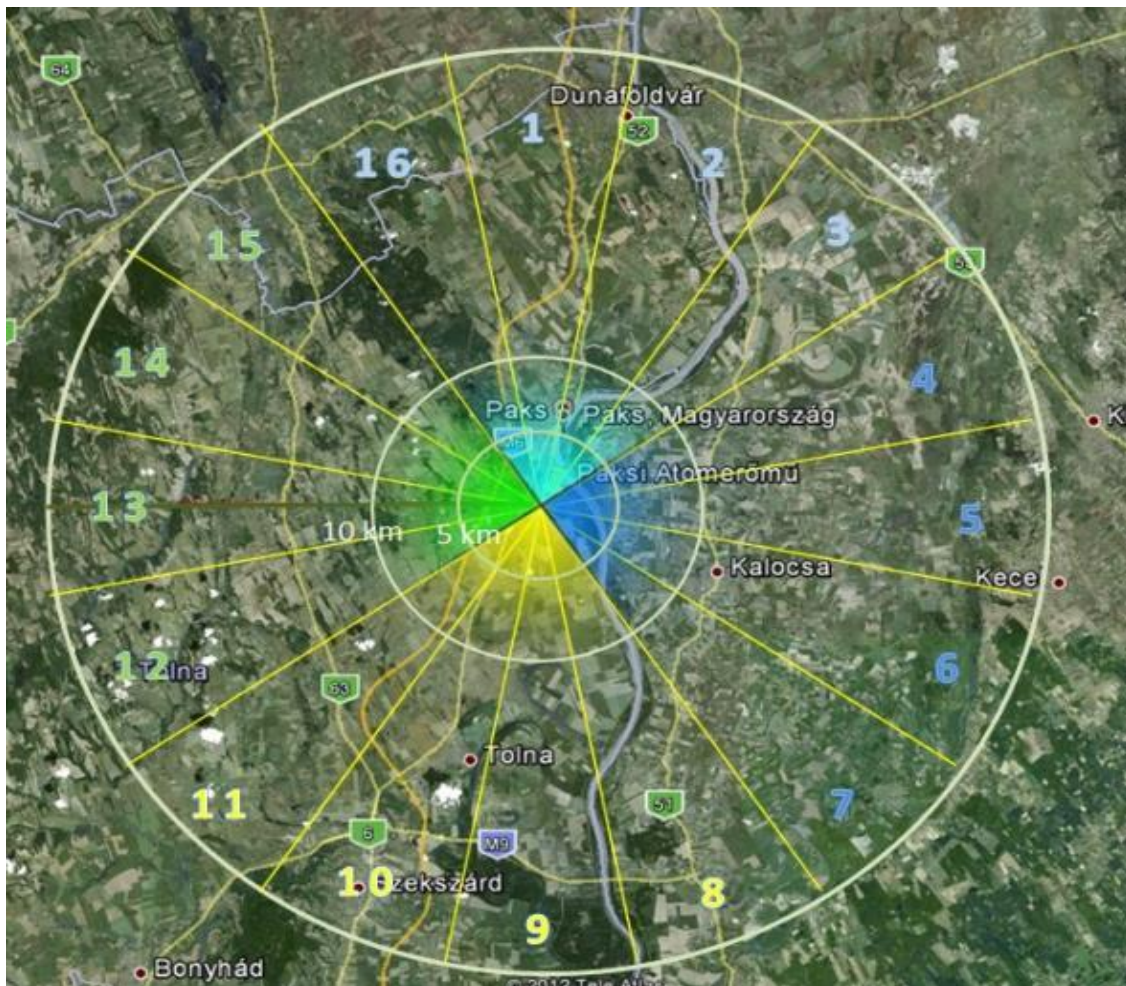


Abbildung 99: Aufteilung der Sektorengruppen in 30 km Umgebung des Kraftwerkes

Im Falle des Wasser- und Schlammproben aus der Donau haben wir die Sektorenbildung Abschnitt vor und nach Paks angewendet.



Die Bewegung und Bindung der radioaktiven Materialien in und an die Elemente der Umwelt ist Ergebnis zusammengesetzter Prozesse, so z.B. werden die Aufnahme von Radioisotopen von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die wesentlichsten sind die folgenden: Bodenstruktur, Bodengebundenheit, seine mechanische Zusammensetzung, Wurzeltiefe der Pflanzen, Verhältnis der unterirdischen und oberirdischen Pflanzenteile, Länge der Vegetationsperiode, die Wetter- und meteorologischen Bedingungen.

Die Wirkung der Umweltelemente aufeinander, d.h. die Wechselwirkungen dieser kann man mit den Empfehlungen der NAÜ, mit dem sogenannten Matrix der Wechselwirkungen am einfachsten beschreiben. Durch die Wechselwirkungen ist auch die Beschreibung der Bewegung der in die Umwelt gelangten radioaktiven Materialien möglich. Die natürlichen Lebensräume und Anbaugelände und derer wichtigsten Wechselwirkungen, wodurch die radioaktiven Verunreinigungen weiter verbreitet werden, können von einem Ort auf den anderen Ort gelangen. In der Diagonale der Matrix der Wechselwirkungen befinden sich die Hauptelemente der Umwelt, die neben ihnen stehende Zelle ist die Wechselwirkung zwischen ihnen. Die Wechselwirkungen sind in Übereinstimmung mit der Bewegung des Urzeigers identisch zwischen den diagonalen Elementen zu verstehen.

Die unten folgende Tabelle zeigt die natürlichen Lebensräume und Anbaugelände und ihre Hauptwirkungen aufeinander, wodurch die radioaktiven Verunreinigungen verbreitet werden, von einem Ort auf den anderen Ort versetzt werden können.

	1	2	3	4
1	Wäldereien	Wind (Aerosol, Verdampfung) Grundwasser, oberirdisches Wasser (Wegfließen) Boden (Mischung des Bodens) Anwendung von Asche (Düngung) Einsatz von tierischem Dung (Düngung) Nutzung von organischen Abbauprodukten Nutzung von Holzprodukten	Wind (Aerosol, Verdampfung) Grundwasser, oberirdisches Wasser (Wegfließen) Boden (Mischung des Bodens) Sedimentation von Asche (Verbrennen) organische Abbauprodukte tierische Futter	Wind (Aerosol, Verdampfung) Grundwasser, oberirdisches Wasser (Wegfließen) Boden (Mischung des Bodens) Sedimentation von Asche (Verbrennen)
2	Wind (Aerosol, Verdampfung) Sedimentation von Asche (Verbrennen)	Anbaugelände	Wind (Aerosol, Verdampfung) Grundwasser, oberirdisches Wasser (Wegfließen) Boden (Mischung des Bodens) Sedimentation von Asche (Verbrennen) organische Abbauprodukte tierische Futter	Wind (Aerosol, Verdampfung) Grundwasser, oberirdisches Wasser (Wegfließen) Boden (Mischung des Bodens) Sedimentation von Asche (Verbrennen) organische Abbauprodukte
3	Wind (Aerosol, Verdampfung) Sedimentation von Asche (Verbrennen) Haustiere, Dung von Haustieren	Wind (Aerosol, Verdampfung) Sedimentation von Asche (Verbrennen) Nutzung vom Dung der Haustiere	Rasenflächen	Wind (Aerosol, Verdampfung) Grundwasser, oberirdisches Wasser (Wegfließen) Boden (Mischung des Bodens) Sedimentation von Asche (Verbrennen) organische Abbauprodukte
4	Wind (Aerosol, Verdampfung, Spritzen) Grundwasser (Zulauf) Wasser (Tränken von Tieren) Überschwemmungen	Wind (Aerosol, Verdampfung, Spritzen) Grundwasser (Zulauf) Sediment (vom Baggern) Wasser (Tränken von Tieren) Bewässerung, Überschwemmungen	Wind (Aerosol, Verdampfung, Spritzen) Grundwasser (Zulauf) Sediment (vom Baggern) Wasser (Tränken von Tieren) Bewässerung, Überschwemmungen	Fluss, See

Tabelle 60: Hauptwechselbeziehungen zwischen dem natürlichen Lebensraum und den Anbaugeländen

## MESSERGEBNISSE DER UMWELTELEMENTE – HAKSER DATEN

Es ist wichtig im Voraus anzumerken, dass die globalen Verseucher, wie  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  von den Nuklearversuchen oder von der Katastrophe von Tschernobyl stammen, und auch das Trizium ( $^3\text{H}$ ) und das Radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) ist schwer zu trennen, ob sie vom kosmogenen Ursprung sind, oder aber globale Verseucher sind, oder sie von dem Betrieb des Kernkraftwerkes Paks stammen.

Aus den Messdaten der Aerosol Aktivitätskonzentration haben wir nur auswertbare Daten für die räumliche Verteilung (bei > 10 km) von  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{131}\text{I}$  erhalten.

Das  $^{131}\text{I}$  kommt 11mal in einer größeren als 10 km Entfernung, was eventuell auch von einer Anwendung im Krankenhaus vorkommen könnte, bzw. die Daten von 2011 könnten von den Emissionen des Isotopeninstitut (GmbH) /Izotóp Intézet Kft./ (oder von Fukushima) stammen. Auch die ständige zeitliche Radioaktivität der Bodenproben zeigt das (Abbildung 61.), dass wir in der Umgebung des Kraftwerkes radioaktive Materialien eher vom globalen Ursprung finden, weiterhin auch das, dass die Durchschnittswerte unter dem Landesdurchschnitt bleiben:

Nuklid	Jahr	Durchschnitt [Bq/kg]	Min [Bq/kg]	Max [Bq/kg]	Stück	Landesdurchschnitt [Bq/kg]	Bezugsniveau [Bq/kg]
$^{134}\text{Cs}$	2001-2011	-	0,26	2,6	5	-	-
$^{137}\text{Cs}$	2001-2011	9,7	0,5	52	516	17	<b>9,7</b>
$^{90}\text{Sr}$	2001-2011	1,8	0,18	56	183	2,3	<b>1,8</b>

Tabelle 61: Summierte Daten der Aktivitätskonzentration des Bodens

Bezüglich der räumlichen Verteilung kommen auch bei der Aktivitätskonzentration des Bodens in der Umgebung des Kernkraftwerkes Paks die radioaktiven Materialien vom globalen Ursprung vor. Bei der räumlichen Verteilung der Aktivitätskonzentration im Gras und Futter treffen wir ähnliche Kennzeichen, wie bei der Radioaktivität des Bodens, ausgenommen das, dass hier auch das Trizium vorkommt. Auch die Verteilung der Aktivitätskonzentrationen nach Flugkilometer der Wasserproben des Donauabschnittes vor Paks zeigt, dass auch vor dem Emissionspunkt für Flüssigkeiten von dem Kernkraftwerk Paks im Fluss radioaktive Materialien nachzuweisen sind. Die drei radioaktiven Materialien von globalem Ursprung ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$ ) sind auch zeitlich kontinuierlich nachgewiesen worden. In den Wasserproben des Donauabschnittes nach Paks finden wir beinahe identische Aktivitätskonzentrationen, wie vor dem Punkt der Emission, an eignen Stellen ist sogar der Wert vor der Emission höher als die Messwerte nach Paks. Auf dem Donauabschnitt vor dem Kernkraftwerk Paks ist das Vorkommen von  $^{137}\text{Cs}$  in den Ablagerungen zeitlich gleichmäßig. In den Ablagerungen des Donauabschnittes nach dem Punkt der Emission kommen die Radionuklide  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{90}\text{Sr}$  zeitlich ebenfalls gleichmäßig vor, wie im Wesentlichen nicht bedeutend höher als die Werte vor dem Kraftwerk sind. Die räumliche Verteilung der Aktivitätskonzentration der Proben aus stehenden Gewässern weichen von den Werten der Aktivitätskonzentration von anderen einheimischen stehenden Gewässern nicht ab. Die zeitliche Veränderung der messbaren Proben aus stehenden Gewässern ist eher bei  $^{90}\text{Sr}$  zu beobachten, der  $^3\text{H}$  Wert bleibt unter dem Landesdurchschnitt ( $^3\text{H}$ :  $4,3 \text{ Bq/dm}^3$ ). Die zeitliche Verteilung der Aktivitätskonzentration der Ablagerungen von stehenden Gewässern kann am meisten in Bezug auf  $^{137}\text{Cs}$  gemessen werden. Für die zeitliche Verteilung der Aktivitätskonzentration in den Wassertieren der stehenden Gewässer gibt es nur einige bewertbare Daten. In ihnen war die Aktivitätskonzentration durchschnittlich  $0,22 \text{ Bq/kg}$  für  $^{137}\text{Cs}$ . Dies geht über den Landesdurchschnitt ( $0,42 \text{ Bq/kg}$ ) nicht hinaus.

Für die räumliche Verteilung der in der Kuhmilch gemessenen Aktivitätskonzentration gab es nur für  $^{137}\text{Cs}$  és  $^{90}\text{Sr}$  Radionuklide bewertbare Daten.

Die zeitliche Verteilung der Aktivitätskonzentration in der Kuhmilch war gleichmäßig, die Werte stimmen mit den Werten des Landesdurchschnittes überein.

Nuklid	Jahr	Durchschnitt [Bq/ dm3]	Minimum [Bq/ dm3]	Maximum [Bq/ dm3]	Stück	Landesdurchschnitt [Bq/ dm3]	Bezugsniveau [Bq/dm3]
$^{137}\text{Cs}$	2001-2011	0,040	0,020	0,073	37	0,055	<b>0,040</b>
$^{90}\text{Sr}$	2001-2011	0,092	0,024	0,93	47	0,066	<b>0,092</b>

Tabelle 62: Summierte Daten der Aktivitätskonzentration der Kuhmilch

Die räumliche Verteilung des Dosisleistungen (mit TLD gemessen) zeigt das, dass die in der Umgebung des Kernkraftwerkes Paks gemessenen Werte in den unteren Bereich der in Ungarn gemessenen Werte fallen (Durchschnitt: 78 nSv/h).

### **MESSERGEBNISSE DER UMWELTELEMENTE – ÜKSER DATEN**

Die ÜKSER Messungen sind primär auf die Umgebung der Messstationen vom Typ "A" (A1-A9) und der Kontrollmessstationen (B24), bzw. auf den Standort und dessen unmittelbare Umgebung gefallen. Die Messstationen vom Typ "A" befinden sich näher zu dem Kernkraftwerk Paks, so können hier mit größerer Wahrscheinlichkeit Radionuklids von der Emission des Kernkraftwerkes gemessen werden. Wir haben auch hier nur die künstlichen Radionuklids als Grundlage genommen.

Die Daten der Luftproben zeigen aufgrund der betrieblichen Messungen, dass nur einige für das Kernkraftwerk typisch charakteristische Radionuklids (54Mn, 58Co, 60Co) konnten in der untersuchten Periode zwischen 2001-2011 nachgewiesen werden. Die Werte der Aktivitätskonzentration von 137Cs, 14C und 3H sind von den Stationen vom Typ "A" und des Kontrolltyps "B" ähnlich. Auf der Grundlage der Messungen der Fallout-, Boden - und Rasenproben das Radionuklid 60Co ist für das Kernkraftwerk Paks charakteristisch gewesen, die Nuklids 137Cs und 90Sr sind gleichzeitig auch radioaktive Isotope vom globalen Ursprung. Das Radionuklid vom 131I der Luft- und Falloutproben können von den Emissionen des Kernkraftwerkunfalls von Fukushima und der Isotóp Intézet Kft. stammen. In den am Standort und in dessen unmittelbaren Umgebung genommenen Schlamm und Bodenproben ist das Erscheinen der Radionuklids des Kernkraftwerkes (54Mn, 58Co, 60Co, 110mAg, 106Ru, 144Ce) ein Ergebnis der Zusammenläufe, so das Ergebnis der Akkumulation, weist aber eindeutig auf den Ursprung der Emission durch den Kernkraftwerk hin. Über diese Plätze der Akkumulation können Radionuklids des Kernkraftwerkes in anderen Elementen der Umwelt nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Die Werte der Dosisleistungen belegen ebenfalls den unteren Bereich der Werte der einheimischen Messungen.

Station	Dosisleistungsdurchschnitt [nSv/h]	Jahre
A1	65,5	2001-2011
A2	66,6	2001-2011
A3	73,3	2001-2011
A4	77,0	2001-2011
A5	73,8	2001-2011
A6	68,7	2001-2011
A7	63,8	2001-2011
A8	82,2	2001-2011
A9	66,4	2001-2011
B24	82,1	2001-2011
Bezugsniveau auf der Basis von HAKSER	78	2001-2011

*Tabelle 63: Durchschnittswerte der Dosisleistungen*

## Radiologische Ergebnisse des Grundwassers

Auf dem Standort des Kernkraftwerkes Paks und in seinem Umfeld hat man auch an mehreren Stellen Brunnen zur Entnahme von Proben gebaut, damit die Aktivität von  $^3\text{H}$  und sonstiger radioaktiven Isotope im Grundwasser gemessen werden kann. Von den innerhalb des Standortes befindlichen Stellen entnommenen Proben kann man das Trizium mit großer Schwankung nachweisen. Der Durchschnitt der Werte bewegt sich zwischen 2 és 2.326 Bq/dm<sup>3</sup> in Abhängigkeit der Jahreszeit, des Wasserstandes und der Strömungsgeschwindigkeit. Die untern folgenden Schlussfolgerungen vom allgemeinen Charakter können abgeleitet werden:

- Die Strömung vom Trizium verläuft im engen Kreis des Hauptgebäudes von dem Kernkraftwerk Paks meistens in N-NO Richtung. Die Richtung der Ausbreitung der Belastung dreht sich bei hohen Wasserständen der Donau in N-NW Richtung, und die Ausbreitung der Belastung kommt zum Stillstand, bzw. ihr Gebiet dehnt sich auch in Richtung W aus.
- Über das Trizium hinaus war nur  $^{14}\text{C}$  in geringer Konzentration nachweisbar, in den Grundwasserbrunnen können keine weiteren Radionuklide von künstlichem Ursprung nachgewiesen werden.
- Die Messergebnisse zeigen, dass die Aktivitätskonzentrationen von Trizium laufend sinken.
- Das Auftreten von Trizium ( $^3\text{H}$ ) und vom Radiokarbon ( $^{14}\text{C}$ ) ergibt sich primär von globalem Ursprung. Darüber steht, leider, eine landesumfassende Basis von Messdaten nur beschränkt zu Verfügung, aber ein Teil der in der Umgebung des Kernkraftwerkes erscheinenden Werte ist wahrscheinlich auf das Kernkraftwerk zurückzuführen. Ihr Auftreten am Standort und in dem unterirdischen Wasser hat ihren Ursprung sicher vom Kernkraftwerk, aber die Ausbreitung der Belastung beschränkt sich nur auf den Standort.

## **Untersuchungen des Auftretens der Radioisotopen in dem Umfeld des Kernkraftwerkes aus dem Jahr 2012**

Zur Charakterisierung des gegenwärtigen Zustandes von der Umwelt des Kernkraftwerkes (Konzentration von Radioisotopen) haben wir auf 5 Untersuchungsstellen die unten folgenden Messungen durchgeführt: in-situ Gamma-Spektrometrie (50 Messungen), Gamma Dosisleistungen (50 Messungen), Messung der Aktivitätskonzentration des Bodens (Messungen an 50 Proben), Messung der Aktivitätskonzentration vom Gras, Riedgras und Baumborke (Messungen an 50 Proben). Die Untersuchungen wurden während der Untermuerung der zur Verlängerung der Betriebszeit des früheren Kernkraftwerkes Paks angefertigten Umweltstudien, auf morphologisch identifizierten potenziellen Anreicherungsstellen durchgeführt.



Abbildung 100: Satellitenbild der im Programm bestimmten Probeentnahmestellen

Es wurde die Konzentration von Radionukliden in den von in zwei Perioden der Vegetation (im Frühjahr und im Spätherbst) von den bestimmten Messplätzen genommenen Boden- und Pflanzenproben bestimmt.

Im allgemeinen kann es festgestellt werden, dass die von den Boden- und Pflanzenproben gemessenen gesamte Beta-Aktivitätskonzentration bei der Mehrheit der Proben in 80-95 % von dem 40K Inhalt der Proben stammte, so haben die zwei Werte gute Annäherung zueinander gezeigt. Die durchschnittliche gesamte Beta-Aktivitätskonzentration der in einem Umkreis von 30 km Radius des Kernkraftwerkes Paks war 612 Bq/kg. Die gemessenen Werte haben sich innerhalb des Bereiches 410 – 788 Bq/kg variiert. Die durchschnittliche gesamte Beta-Aktivitätskonzentration der pflanzlichen Proben hat im Frühjahr 706 Bq/kg, im Herbst 604 Bq/kg ergeben. Die gemessenen Werte haben sich innerhalb eines breiteren Spektrums bewegt, sie haben sich zwischen 226 – 1236 Bq/kg geändert. Es ist sichtbar, dass die auch im Falle des 41K Isotops beschriebene Veränderung natürlich auch im Falle dieser Werte erschienen ist.

In den in der Umgebung des Kernkraftwerkes Paks genommenen Bodenproben haben wir die 90Sr und 137Cs Aktivitätskonzentrationen (im Durchschnitt 1,0 Bq/kg bzw. 16,1 Bq/kg) gemessen. In den Schlammproben haben wir im Vergleich zu den Bodenproben sowohl bei 90Sr, als auch bei 137Cs niedrigere Werte der Isotopenkonzentration gemessen. Die Aktivitätskonzentration war in den Schlammproben war 90Sr 0,30 Bq/kg, die durchschnittliche Aktivitätskonzentration von 137Cs dagegen 5,9 Bq/kg. Im Vergleich dazu im Durchschnitt betrug die gemessene 90 Sr Aktivitätskonzentration 0,92 Bq/kg, des von dem Isotop 137Cs 45 Bq/kg im Schlammproben des Plattensees. Indem Schlamm des Velencesees war die durchschnittliche 90Sr Aktivitätskonzentration 4,39 Bq/kg, die Durchschnittskonzentration von 137Cs dafür 31 Bq/kg. Die 90 Sr Konzentration der Vorort genommenen pflanzlichen Proben ist 1,5 Bq/kg. Die von den Ergebnissen aller pflanzlichen Proben gebildete Durchschnittskonzentration der 137Cs Aktivität betrug 0,44 Bq/kg, der Durchschnitt der 90 Sr Aktivitätskonzentrationen dagegen war 1,06 Bq/kg.

### Zusammenfassung der Umweltradioaktivität

Auf der Grundlage der ÜKSER und HAKSER Daten sind die für das Kernkraftwerk typische Radionuklide in dem bewertbaren Bereich nur in einigen Fällen während der Umweltkontrollmessungen in den Luft-, Fallout-, Schlamm- und Bodenproben vorgekommen, und primär wurden <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>58</sup>Co, <sup>110m</sup>Ag Radionuklide gefunden worden. Das Auftreten von Radiojod-Nukliden kommt in solchen Fällen vor, wie die Betriebsstörung 2003, der Unfall von Fukushima, bzw. die Emission der Isotopeninstitut Kft. Das Auftreten von Radiojod auf den vom Kraftwerk entfernteren Punkten kann auch Emission aus ärztlicher Anwendung sein. Neben der Aufbereitung der Messdaten von 2001-2011 wurden im Jahre 2012 an den Messorten im Umfeld des Kernkraftwerkes Paks an den Untersuchungsorten in-situ gamma-spektrometrische und Gamma Dosisleistungen-Messungen durchgeführt, weiterhin haben wir sowohl Boden- als auch Pflanzenproben entnommen. Die Labormessungen haben ebenfalls nur die Anwesenheit von <sup>90</sup>Sr und <sup>137</sup>Cs Radionuklide in den verschiedenen Proben aus der Umwelt nachgewiesen. Ein einziges Mal konnten wir an einem Ort (in der Nähe des Kernkraftwerkes Paks) in dem Boden <sup>60</sup>Co Radionuklid nachweisen. Ähnlich erweise konnten die in den 1990er Jahren an diesen Orten durchgeführten Messungen, (die auf der Grundlage von morphologischen Überlegungen und der Windrichtung bestimmt wurden,) die als Akkumulationspunkte festgelegt wurden, nur in ein-zwei Fällen Radionuklide nachweisen, nämlich <sup>110m</sup>Ag.

Auf dieser Grundlage kann es behauptet werden, dass die Umweltauswirkungen der normalen Emission des Kernkraftwerkes, das Verhalten der Radionuklide in der Umwelt mit Messungen nicht abbilden kann, und ihre Wanderung, Bewegung man in den einzelnen Umweltelementen nicht beschreiben kann. Die Gamma Dosisleistungen in der Umwelt untermauern ebenfalls das, dass es in der Umgebung des Kernkraftwerkes keine Orte mit erhöhten Werten gibt.

## **21.2 GESUNDHEITZUSTAND DER IM UNTERSUCHTEN 30 KM UMGEBUNG LEBENDEN BEVÖLKERUNG**

Durch Untersuchung des Gesundheitszustandes der in der Umgebung des Standortes lebenden Menschen muss man bewerten, mit welcher Häufigkeit die potenziell mit der ionisierenden Strahlung verbundenen Erkrankungen in der Bevölkerung im 30 km Umkreis des Standortes vorkommen.

Wir haben als Untersuchungsgebiet den Kreis mit 30 km Radius um das Zentrum des Kernkraftwerkes Paks betrachtet.

Auf Bewertungen mit epidemiologischem Charakter gelten konkret keine Vorschriften von Rechtsnormen, und es gibt auch keine festgehaltenen Methoden der Erfassung. Wir haben für die Bewertung als primäre Referenz die Ergebnisse der vom Europäischen Büro der WHO unterstützten im Rahmen des Biomed 2 Programs erstellte zusammenfassende Publikation, Methodensammlung (Lawson A, Biggeri A, Böhning D, Lessafre E, Viel J-F, Bertollini R: Disease Mapping and Risk Assessment in Public Health, Wiley, 1999) angesehen.

Die Grundlage der Untersuchung haben Indikatoren ausschließlich solcher Krankheiten bzw. Krankheitsgruppen gebildet, die in der Internationalen Kodifizierung der Krankheiten über eigenständige BNO Codes verfügen, bzw. bei denen während der Datenanalyse der betroffenen Population keine statistische Abweichungen auftreten, die auf eine Anomalie der Praxis der Berichterstattung hinweisen, (d.h. bei denen im Vergleich zu den internationalen Referenzwerten die ungarischen Referenzdaten keine unverhältnismäßig große Abweichungen zeigt, und bei denen die territorialen und zeitlichen Trends innerhalb der Referenzpopulation keine mit der Natur der Krankheiten nicht zu vereinbarenden Ungleichmäßigkeiten aufweisen).

### Diagnose der Todesursache

Das Zentralamt für Statistik (KSH) sammelt in Ungarn seit vielen Jahren die Untersuchungszeugnisse der Verstorbenen, auf denen der den Tod feststellende Arzt die demographischen Daten und ebenfalls er die Diagnose der Todesursache festhält. Die Diagnose der Todesursache - im Gegensatz zu der traditionellen Diagnose - bedeutet nicht die Feststellung einer Krankheit, sondern die Beschreibung nach entsprechenden Regeln der zu dem Tode führenden Prozesse. Wir betrachten das den Ausgangspunkt des Prozesses bildende Krankheitsbild als den während des Gesundheitsmonitoring nutzbaren Indikator, weil die grundsätzliche Zielsetzung des Projektes die Bewertung der durch die Entstehung der Krankheit verbunden potentiellen Risikofaktors ist. Die Anzahl der in den Gemeinden jährlich beobachteten Todesfälle nach Krankheitsbild aufgeschlüsselt zusammengefasst hat uns für die Jahre 2001-2010 das KSH zur Verfügung gestellt.



### Gesellschaftlicher Status

Die Unterschiede im gesellschaftlichen-wirtschaftlichen Status der innerhalb des untersuchten Gebietes liegenden einzelnen Siedlungen lebenden Menschen sind bedeutend. Nachdem dieser Status einen Einfluss durch zahlreiche Elemente der Lebensweise auf die Wahrscheinlichkeit der Entstehung der Krankheiten ausübt, muss man diese Wirkungen als zu kontrollierende störende Faktoren während der Untersuchungen in Betracht ziehen, dessen erster Schritt das Einholen der auf sie bezogenen Daten ist. Die Quelle der während der Datenanalysen zuverlässigsten gebietspezifischen Indikatoren des gesellschaftlichen-wirtschaftlichen Status ist die Datenbasis der Volkszählung, die das letzte Mal 2011 durchgeführt wurde. Diese Datenbasis gibt breitgefächelte Informationen für die gesellschaftlich-wirtschaftlichen Situationen. Nachdem wir während des Programmes die Häufigkeit des Vorkommens solcher Krankheiten analysiert haben, zu deren Entstehung eine durch Jahre wirkende Exposition erforderlich ist, sind diese Statusindikatoren der Volkszählung 2011 geeignet die Ziele der Untersuchung zu erreichen.

### Erfassung der Bevölkerung

Die Erfassung der Bevölkerung in der Reihe der Ortschaften erfolgte in den letzten 10 Jahren unterschiedlich, aber immer in Institutionen, wo die Rechtsnachfolge gesichert war. Die gegenwärtig verantwortliche Institution ist: das Zentralamt für Öffentliche Verwaltung und Elektronischer Öffentlichen Dienstleistungen /Közsigazgatási és Elektronikus Közszolgálatások Központi Hivatala (KEKKH). Zur Errechnung der für die einzelnen Jahren bestimmten Indikatoren im Zuge des Programmes ist das Kenntnis der demographischen Daten der Bevölkerung zur Jahresmitte erforderlich, die wir mit Hilfe der KEKKH Daten produzieren konnten.

### Festlegung des Auswirkungsgebietes

Wir haben während der Untersuchung die Daten der Siedlungen innerhalb des Auswirkungsgebietes, bzw. der nach Postleitzahl in Gruppen gegliederten Siedlungen aufgearbeitet. Die Erfassung der Bevölkerung erfolgt auf der Ebene der Siedlungen. Das Vorkommen der Diagnosen der Todesursache und der Entwicklungsanomalien sind ebenfalls auf der Ebene der Siedlungen registrierten Daten, aber die Daten der fachärztlichen Krankenversorgung werden auf der Grundlage der Postleitzahl der Wohnorte der Patienten festgehalten.

Während der Untersuchung haben wir die Population innerhalb des Umkreises von 10 km (als primäre potentielle Objekte der Auswirkungen) um die im Streifen von 10-20 km (als sekundäre potentielle Objekte der Auswirkungen) und die Population innerhalb des Streifens von 20-30 km (als die örtlichen Bedingungen am besten zu widerspiegeln fähige Kontrollpopulation) je getrennt ausgewertet in Betracht gezogen. Die Lage der Siedlungen innerhalb der Zonen, bzw. die Entfernung der einzelnen Siedlungen von dem Kraftwerk bedeutete die Grunddaten der territorialen Ordnung der Risikoverhältnisse.

### Bewertung des Sterberisikos

Die Sterbedaten wurden den einzelnen Todesursachen entsprechend aufgearbeitet. Im Falle aller Todesursachen wurde die statistische Bewertung der Abweichung von dem zu erwartenden beobachteten Sterberisikos und der beobachteten Anzahl der Fälle durchgeführt. Es wurden statistische Auswertungen über die Sterberisiken in den Siedlungen der 30 km Umgebung und über die während ihres statistischen Testes erhaltenen Ergebnisse deren Abweichung zu der Referenzebene.

### Analyse der Risiken des Vorkommens von Krankheiten

Die auf der Grundlage der Berichte der Institutionen des Gesundheitswesens berechneten Vorkommenshäufigkeiten wurden pro Krankheitsgruppe aufgearbeitet. Im Falle aller Krankheitsgruppen wurde die statistische Bewertung des in der Stadt Paks beobachteten Morbiditätsrisikos und der Abweichung von der zu den beobachteten Fallzahlen zu erwartenden Werten durchgeführt.

Das innerhalb der alle 10 km definierten Zonen zusammengefasste relative Risiko und das Testen dessen Abweichung von der Referenzebene, bzw. die durch den gesellschaftlichen-wirtschaftlichen Status korrigierten Risiken und der Beziehung zwischen der von dem Kraftwerk gemessenen Entfernung haben wir die gespielte Rolle des Kraftwerkes als punktuelle Quelle getestet.

Insgesamt gesehen kann das Endergebnis der Untersuchungen der einzelnen Krankheitsbildern der auf dem Wirkungsgebiet lebenden Population gemessen am Referenzwert als günstig, oder mit einem ähnlichen Gesundheitszustand als der beobachteten Referenzpopulationen charakterisiert werden. In dem Untersuchungsergebnis einzelner Krankheitsbilder ist aufgrund der statistischen Kennziffern die theoretische Möglichkeit der auf dem Kraftwerk bezogenen Steigerung des Risikos erschienen.

Zur Beschreibung der Risiken der Geschwulstkrankheiten haben wir keinen eigenen Fragebogen erarbeitet, wir haben die von der Weltorganisation für Gesundheit (WHO) im Rahmen des Projektes CINDI ausgearbeiteten, validierten bzw. publizierten, deshalb frei verwendbaren Fragen übersetzt.

Während der Einbeziehung der Hausärzte haben wir ein solches Herangehen gewählt, das uns ermöglichte, dass wir die Fähigkeit des Einflusses bedingt durch aus dem Kraftwerk stammenden Exposition auf das Geschwulstrisiko in Zahlen ausdrücken können. Die untersuchte Exposition haben wir anstatt direkter Messungen (bezüglich der vom Kernkraftwerk Paks in die Umgebung gelangende ionisierenden Strahlung) mit der Entfernung des Wohnortes und des Kraftwerkes der untersuchten Subjekte geschätzt. Die ausgelöste Gesundheitsschädigung der Geschwulsterkrankungen war das Indiz der Erkrankungen durch den Hausarzt. Die kontrollierten sonstigen Risikofaktoren waren die folgenden: Alter, Geschlecht, Qualifikation, Rauchen, Strahlenexposition durch den Beruf, Anhäufung von Geschwulstkrankheiten in der Familie, Zuckerkrankheit, hoher Blutdruck und ischämische Herzkrankheit. Während der Untersuchung haben die Hausärzte in den näher als 30 km zu dem Kraftwerk liegenden Ortschaften von 3 Landesbezirken die Sammlung von Daten mit Hilfe von einem auf der Basis von internationalen Standards zusammengestellten Fragebogen durchgeführt. Der Hausarzt hat über die von ihm versorgten zwischen 01. Januar 2010 und 31. Dezember 2012 diagnostizierten, erwachsenen Geschwulstpatienten das Datenblatt ausgefüllt, dann hat er einen im Alter, Geschlecht und Qualifikation entsprechenden nicht geschwulstkranken Kontrollpatienten gewählt, über den er das Kontrollblatt ebenfalls ausgefüllt hatte. Während der Verarbeitung haben wir die Wirkung der Risikofaktoren nach Geschwulstarten analysiert.

Während der Analyse der Risikofaktoren haben wir teilweise solche Ergebnisse erhalten, die mit der Natur der gegebenen Geschwulststart im Einklang waren (Rauchen steigert die Wahrscheinlichkeit der Entstehung vom Kehlkopfkrebs, Lungenkrebs, Geschwulste im Hals und Kopfbereich und des Harnblasenkrebses), bzw. jene, die die Auswirkung der Auswahl der Muster widerspiegeln haben. (Nachdem die Datenbasis mit Hilfe des Alters, Geschlechtes und Qualifikation abgestimmten Kontrollpersonen aufgebaut wurde, hätten wir wegen der perfekten Zuordnung die risikobeeinflussenden Eigenschaften dieser Faktoren nicht sehen können, obwohl diese offenkundig vorhanden sind).

Während der Auswertung der einzelnen Geschwulstlokalisationen haben wir im Allgemeinen keine positive Beziehung zwischen der Nähe des Kernkraftwerkes Paks und dem Auftreten der Geschwulste gesehen. Im Falle des Brustkrebses hat die statistische Aufbereitung einen signifikanten Rückgang in der Nähe des Kraftwerkes gezeigt. Viele Untersuchungen von Krebslokalisationen wurden durchgeführt, deshalb kann die Auswertung der Einflüsse des Kraftwerkes nur die Auswertung der Verteilung der Chancenquotienten ermöglichen. Die Chancenquotienten verteilen sich um den neutralen Wert gleichmäßig.

Die gemeinsame Bewertung der Untersuchungsergebnisse weist also darauf hin, dass das Risiko der Krebserkrankung in der Umgebung des Kraftwerkes durch die Existenz des Kraftwerkes nicht erhöht wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Untersuchung unter den in der Nähe des Kernkraftwerkes Paks lebenden Menschen keinen Anstieg des Risikos der Krebserkrankung gefunden hat.

### **21.3 AKTUELLE STRAHLENBELASTUNG IM 30 KM UMGEBUNG DES STANDORTES**

Die Schätzung der Strahlenbelastung erfolgt nach den folgenden:

- Radioaktiv Emissionsdaten der am Standort befindlichen, gegenwärtig in Betrieb befindlichen Nuklearanlagen, Dosisleistungen der direkten und gestreuten Strahlung, auf der Basis der nuklearen Umweltkontrolle haben wir die Strahlenbelastung der Bevölkerung geschätzt.
- Für die Schätzung der sonstigen künstlichen Quellen stammenden Strahlenbelastung haben wir auch die aus verschiedenen Tätigkeiten, so Abtransport vom radioaktiven Abfall, Transport von frischen und ausgebrannten Brennelementen, Bewegung von Strahlenquellen innerhalb des Standortes und aus industriellen Untersuchungen mit Radiographie stammenden künstlichen Strahlenbelastungen beachtet.

Die Schätzung der Strahlenbelastung haben wir für den Umkreis von 30 km des Standortes durch Nutzung der Daten der Jahre 2001-2011 und mit international anerkannten Methoden, Programmen durchgeführt.

Wir haben zur Schätzung der Strahlenbelastung der Bevölkerung nach Bestimmung der für die Ausbreitung der radioaktiven Materialien bestimmenden Charakteristiken am Standort und in der Umwelt Szenarien für die angenommenen Emissionen erarbeitet. Für die Schätzung der Strahlenbelastung haben wir noch die aus verschiedenen Tätigkeiten, Quellen stammenden Strahlenbelastungen in Betracht gezogen, so den Transport des radioaktiven Abfalls,

Transport der frischen und ausgebrannten Heizelementen, die Bewegung von Strahlenquellen innerhalb des Standortes und die industriellen radiographischen Untersuchungen. Wir vermerken, dass die direkt aus dem Kernkraftwerk Paks stammender gestreuter und direkter Strahlung praktisch vernachlässigbar ist. Nachdem die Messdaten der Dosisleistungen in den Bereich des Hintergrunds fallen, demzufolge kann man aus diesen eine Strahlenbelastung für die Bevölkerung bezogen auf die nuklearen Anlagen nicht errechnen. Die Bevölkerung kann primär aus anderen Strahlenquellen von direkter und gestreuter Strahlung getroffen sein, deshalb haben wir für diese Modellrechnungen durchgeführt.

Auf der Grundlage der modellierten Szenarien haben wir die potentiellen Strahlenbelastungen für die einzelnen, bzw. zusammengezogenen Fälle bestimmt. Die Schätzung der Strahlenbelastung haben wir mit internationalen Methoden, Programmen durchgeführt, und dazu haben wir die Empfehlungen und Daten von der ICRP und IAEA (NAÜ) genutzt.

Aufgrund der Berechnungen haben wir bewertet, ob die in der Dosisbeschränkung bestimmte Dosis zum Betrieb des Kernkraftwerkes Paks und der KKÁT bezogen auf die kritische Bevölkerung (die Kindereinwohner der Kinder von Csámpa und Gerjen beinhaltende hypothetische Gruppe) passt. Diesen Wert hat man 1998 mit einem Wert von 100  $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$  festgelegt, von dem 90 % das Kernkraftwerk Paks und 10 % die KKÁT ausnutzen darf.

Für die Beschreibung der Ausbreitung in der Atmosphäre während des Normalbetriebes haben wir das auf der Basis von internationalen Empfehlungen stehendes, sogenanntem Gauß'sche Schweifmodell mit Durchschnittsbildung für die Sektoren genutzt. Die Beschreibung der Verseuchungen einzelnen Komponente der Nahrungskette auf dem Festland erfolgte nach der sog. Konzentrationsfaktor-Technik.

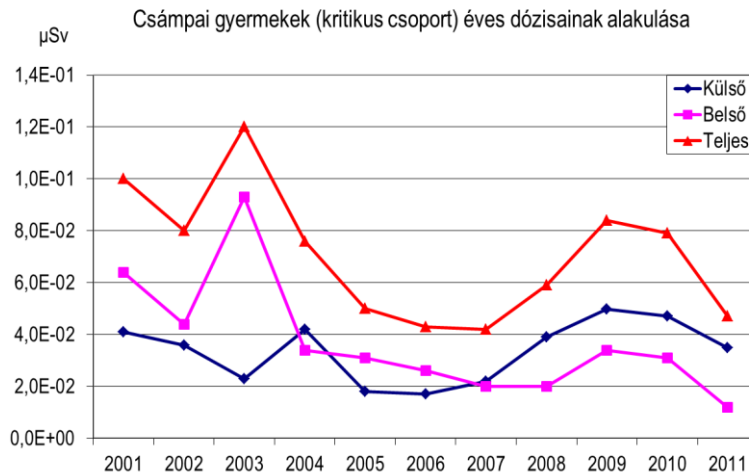
Das die Emission in die Donau beschreibende Modell beachtet, dass die Mischung in die seitlichen Richtungen - auch in großer Entfernung von der Stelle der Emission - nur teilweise erfolgt. Von den hydrologischen Parametern können die entfernungsabhängigen, sog. partiellen Vermischungs-Korrekturfaktoren bestimmt werden, die es angeben, dass in einer gegebenen Entfernung von der Stelle der Emission in die Donau auf der rechten Uferseite um wie viel Mal die Konzentration der Radionuklide im Vergleich der vollständigen Vermischung höher sein wird.

In dieser Aufgabe haben wir auch die sonstigen, die Bevölkerung betreffenden aus weiteren Quellen stammenden Strahlenbelastungen durch Anwendung von einem international genutzten Programm auch auf einzelnen externen Einstrahlungswegen verglichen und mit den zu erreichbaren Daten verglichen.

### **Die aus atmosphärischen Emissionen berechnete Strahlenbelastung der Bevölkerung**

Die Bestimmung der Strahlenbelastung aus der Emission in die Atmosphäre stammenden Verbreitung durch die Atmosphäre, aus der Konzentration der Elemente der Nahrungskette auf dem Festland und der aus den einzelnen Bestrahlungswegen stammenden Strahlenbelastungen geschah mit einem Programmpaket eigener Entwicklung "SS57", das primär auf der Basis der in den Publikationen der IAEA Safety Series No. 57 und der IAEA Safety Reports Series No. 19 beschriebenen Modells entwickelt wurde. Während der Berechnungen haben wir das sogenannte Gauß'sche Schweifmodell mit Durchschnittsbildung für die Sektoren genutzt. Wir haben ein auf der Basis von internationalen Erfahrungen stehendes, die in vielen Ländern der Welt gesammelten Erfahrungen vereinigendes, für die routinemäßige Praxis einfach anwendbares Verfahren genutzt.

Die Berechnungen der von dem Kernkraftwerk und der KKÁT stammenden Strahlenbelastungen haben wir für alle Jahre der Periode zwischen 2001-2011 durchgeführt. Die auf die Altersgruppe von Kindern von Csámpa (kritische Gruppe) bezogenen Berechnungen von den atmosphärischen Emissionen vom Kernkraftwerk Paks zeigt die unten folgende Tabelle. Von dem Jahr der Betriebsstörung (2003) abgesehen zeigte die gesamte Strahlenbelastung einen laufenden Rückgang, danach zeigte sich eine Erhöhung bis 2009. (Die Werte von 2010-11 zeigten erneut einen Rückgang.)



Csámpai gyermekek (kritikus csoport) éves dózisainak alakulása – Verlauf der Jahresdosis der Kinder von Csámpa (kritische Gruppe)  
 külső – äußere  
 belső – innere  
 teljes – gesamt

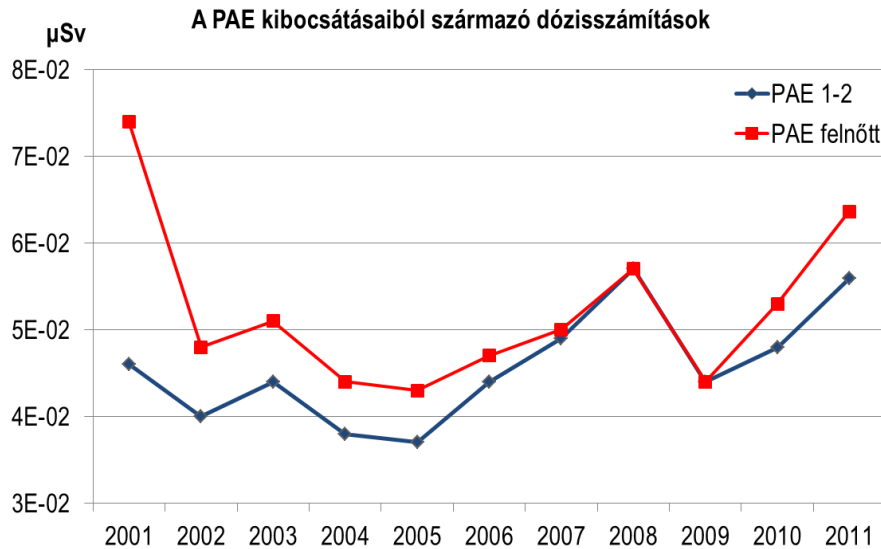
Abbildung 101: Veränderung der Jahresdosis der Kinder von Csámpa (kritische Gruppe) aus dem Schornsteinausstoß des Kraftwerkes

### Strahlenbelastung aus Emissionen aus dem Wasser

Die flüssigen Emissionen aus dem Kernkraftwerk gelangen zum Schluss in die aufnehmende Wassermenge, in die Donau. Es ist ein konservatives Herangehen, wenn wir auf der Zwischenstrecke - Sammel tanks, Warmwasserkanal - die Verdünnungs- und Sedimentationsprozesse vernachlässigen (der radioaktive Abbau ist auch während der Ausbreitung durch die Donau vernachlässigbar, nur die sedimentierten Radionuklide hat man es zu beachten).

Das einfachste Modell zur Beschreibung der Verdünnung und Verbreitung im Wasser von Flüssen nimmt eine vollkommene Vermischung an. In der ziemlich nahen Umgebung der Emission wird diese Annahme garantiert nicht erfüllt sein, so hat man vom Schweiß größere Konzentrationen zu erwarten als die mit vollkommener Vermischung gerechneten Werte. Das Maß dessen ist ziemlich schwierig präzise anzugeben, weil es einerseits von sehr vielen Parametern abhängig ist (emittiertes Wasser und aufnehmende Wassermengen, Temperaturen, Strömungsgeschwindigkeiten usw.), weiterhin auch die mathematische Handhabung des Problems ist auch ziemlich kompliziert.

Die Berechnung der aus dem Flüssigausstoß des Kernkraftwerkes Paks und der KKÁT (sie gelangen gemeinsam in die Donau) stammenden äußeren und inneren Strahlenbelastungen bezogen auf die Altersgruppe von Kindern (1-2 Jahre) zeigt die folgende Tabelle.



A PAE kibocsátásaiból származó dózisszámítások – Dosisberechnungen aus den Emissionen des Kernkraftwerkes Paks  
felnőtt – Erwachsenen

Abbildung 102: Strahlungsbelastung aus dem Flüssigausstoß des Kernkraftwerkes von Paks bezüglich der Kinder (1-2 Jahre) und der Erwachsenen Altersgruppen

### Strahlenbelastung aus sonstigen Quellen

Ein Teil der Transportstrecken von radioaktiven Abfällen verläuft neben bewohnten Gebieten, so können sich Zivilpersonen auch ziemlich nahe zu dem Transportfahrzeug aufhalten. In diesen Fällen kann sich der neben der Straße aufhaltende Mensch sogar 5 m entfernt aufhalten, so kann der sich neben der Straße aufhaltende Mensch (5 Minuten) sogar 23,04 µSv Strahlenbelastung erhalten, wenn wir mit Fässern mit durchschnittlichen Kernkraftaktivitäten rechnen. Dies ist eine absolut konservative Schätzung, weil sie das beachtet, dass sich jemand während aller Transport gerade neben dem LKW aufhält.

Bei dem Transport von frischen Heizelementen haben wir zwei Fälle untersucht. Der erste Fall: wenn der Zug an dem Bahnhof aus irgendeinem Grund hält (Verkehrshindernisse) und dann die dort auf den Zug wartenden Personen sich eine Zeit lang (1/2 Stunde) relativ nahe, in 5 m Entfernung zu dem Zug aufhalten. In diesem Falle ist die aus den in einem Eisenbahnwaggon befindlichen Heizelementen ausgehende Strahlenbelastung: 0,66 µSv. Der zweite Fall ist: wenn der Zug ohne zu halten durch den Bahnhof fährt, mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h gerechnet erhält die kritische Person, die am Bahnhof ebenfalls auf den Zug wartet, während der Durchfahrt sich 5 m entfernt befindet eine Strahlenbelastung von 1,17 nSv.

Wir haben für die Bevölkerung die Neutron- und Gamma-Strahlenbelastung aus dem innerhalb des Standortes vollbrachten Transport in die KKÁT des ausgebrannten Brennelementes (in C-30 Transportcontainer) in unterschiedlichen Entfernungen zum Standort, weiterhin für die Kritische Bevölkerung von Csámpa berechnet. Während der Berechnungen haben wir eine durchschnittlich ausgebrannten (40,9 GWTag/tU) Brennelemente und Kassetten mit einer Ruhezeit von 3 Jahren in Erwägung gezogen. Bei der Strahlenbelastung der kritischen Bevölkerung (1300 m von der äußeren Wand des Containers entfernt) haben wir als Zeit der Durchfahrt 1 Stunde und während eines Jahres 480 Stück Transporte von ausgebrannten Brennelementen angenommen, was als maximaler Wert angenommen werden kann, daraus ergab sich eine Strahlenbelastung von 0,0235 nSv.

Die während des Transportes der an ihrer Oberfläche radioaktive Nuklide enthaltenden Mittel innerhalb des Standortes auftretende Strahlenbelastung haben wir für unterschiedliche Entfernungen gemessen. Bei <sup>60</sup>Co (an der Oberfläche 1 µSv/h Dosisleistung) auf 500 m ergibt sich eine Dosisleistung von 5,33E-09 µSv/h. dies bedeutet, dass es etwa 21 Jahre erforderlich wären, dass das an seiner Oberfläche radioaktive Material enthaltende Mittel eine Strahlenbelastung von 1 nSv verursachen kann.

Während der industriellen radiographischen Untersuchungen setzt man Strahlenquellen mit hoher Aktivität für die unterschiedlichen radiographischen Untersuchungen ein, und die Quellen werden in zwei Positionen genutzt: die Strahlenquelle befindet sich in ihrem eigenen abschirmenden Behälter und während der radiographischen Untersuchung,

wo sich die Strahlungsquelle ohne Schutz in der Umgebung aufhält. Die radiographische Berechnungen haben wir für unterschiedliche Entfernungen durchgeführt mit anfänglicher Aktivität von 2 TBq  $^{192}\text{Ir}$ , weiterhin 5 TBq  $^{75}\text{Se}$  Strahlungsquellen vorausgesetzt, damit angenommen, dass man jährlich 2200 Untersuchungen durchführt, so würde das auf eine Entfernung von 1.300 m, bzw. 500 m  $0,67 \mu\text{Sv}$ , bzw.  $5,62 \mu\text{Sv}$  Strahlenbelastung verursachen.

#### Zusammenfassung der Strahlenbelastung der Bevölkerung

Das während des Modellieren erhaltene Niveau der jährliche Strahlenbelastungen der Bevölkerung lag in allen Fällen unter der Ebene der Dosisbeschränkung ( $1 \text{ mSv}$ ), Dosisdrosselung ( $100 \mu\text{Sv}$  für die Kernkraftwerk Paks + KKÁT Anlagen) auch bei solchen konservativen Annahmen, die in der Wirklichkeit nur mit sehr kleiner Wahrscheinlichkeit vorkommen können. Die von den Emissionen gerechneten Werte der Strahlenbelastung sind in  $\text{nSv/Jahr}$  um Größenordnung zurückgegangen, die aus weiteren Quellen (Transport von frischen Brenn-, ausgebrannten Brennelementen, vom radioaktiven Abfall, radiographische Untersuchungen) stammenden Wirkungen können größer sein, aber diese sind nicht ständige Fälle, unter den schlimmsten Bedingungen betrachtet kann die Strahlenbelastung der Individuen der Bevölkerung in den Bereich der Größenordnung  $\mu\text{Sv/Jahr}$  fallen, was um mehrere Größenordnungen unter dem in der Regelung festgelegten Wert bleibt.

Eine Veränderung der jährlichen Strahlenbelastung in dieser Höhe kann man durch Messungen praktisch nicht bestätigen, so müssen wir uns auch im Weiteren auf Modellierungen, Berechnungen verlassen.

### **21.4 AUSWIRKUNG DER ERRICHTUNG VON PAKS II AUF DIE STRAHLENBELASTUNG DER IN DER UMGEBUNG DES STANDORTES LEBENDEN BEVÖLKERUNG**

Während der Errichtung kann die Strahlenbelastung der Bevölkerung primär aus radiographischen Untersuchungen stammen. In Kenntnis der radiographischen Untersuchungen kann die Höhe der jährlichen Strahlenbelastung der Bevölkerung bestimmt werden. Man kann mit den früher erwähnten Berechnungen in Größenordnung übereinstimmende Werte erwarten. Die Strahlenbelastung der radiographischen Untersuchungen sehen wir als direkte Wirkungen an, indirekte Wirkungen in der Phase der Errichtung können nicht gedeutet werden.

### **21.5 AUSWIRKUNG DES BETRIEBS VON PAKS II AUF DIE STRAHLENBELASTUNG DER IN DER UMGEBUNG DES STANDORTES LEBENDEN BEVÖLKERUNG**

Strahlenbelastung der atmosphärischen Emissionen

Im Falle des Normalbetriebes geschehen die Emissionen auf 100 m (Schornstein) und 40 m (Turbinengebäude). Von der 100 m Schornsteinhöhe und von den ähnlichen Verhältnissen des Kernkraftwerkes Paks ausgehend haben wir mit einer effektiven Höhe der Emission von 120 m und mit den 120 m Daten des meteorologischen Turms gerechnet. Die Emissionshöhe von 40 m haben wir mit einer effektiven Höhe von 50 m beachtet, uns den 50 m Daten des meteorologischen Turms angepasst.



Für die Emission pro Nuklid sind wir von der MVM Paks II. Zrt (Angaben der russischen Seite) [40] angegebenen Werten des Normalbetriebs ausgegangen.

Radionuklid	Emission durch den Schornstein Emission I.	Emission über das Dach des Turbinengebäudes Emission II.
	Bq/Jahr	Bq/Jahr
<sup>3</sup> H	7,80E+12	2,40E+09
<sup>14</sup> C (CO <sub>2</sub> )	3,00E+10	-
<sup>14</sup> C (organisch)	5,70E+11	-
<sup>83m</sup> Kr	1,34E+12	5,40E+10
<sup>85m</sup> Kr	4,56E+12	1,22E+10
<sup>85</sup> Kr	7,12E+11	1,32E+08
<sup>87</sup> Kr	2,76E+12	1,28E+11
<sup>88</sup> Kr	1,01E+13	3,00E+11
<sup>131m</sup> Xe	4,98E+11	3,20E+09
<sup>133</sup> Xe	5,62E+13	9,40E+11
<sup>135</sup> Xe	1,51E+13	6,60E+11
<sup>138</sup> Xe	5,72E+11	6,20E+10
<sup>131</sup> I (Aerosol)	4,85E+07	2,48E+05
<sup>132</sup> I (Aerosol)	6,46E+07	8,00E+05
<sup>133</sup> I (Aerosol)	9,20E+07	7,44E+05
<sup>134</sup> I (Aerosol)	4,40E+07	2,24E+05
<sup>135</sup> I (Aerosol)	7,53E+07	5,68E+05
<sup>131</sup> I (elementar)	4,85E+07	2,48E+06
<sup>132</sup> I (elementar)	6,46E+07	8,00E+06
<sup>133</sup> I (elementar)	9,20E+07	7,44E+06
<sup>134</sup> I (elementar)	4,40E+07	2,24E+06
<sup>135</sup> I (elementar)	7,53E+07	5,68E+06
<sup>131</sup> I (organisch)	4,85E+07	3,47E+06
<sup>132</sup> I (organisch)	6,46E+07	1,12E+07
<sup>133</sup> I (organisch)	9,20E+07	1,04E+07
<sup>134</sup> I (organisch)	4,40E+07	3,14E+06
<sup>135</sup> I (organisch)	7,53E+07	7,95E+06
<sup>51</sup> Cr	1,57E+05	3,00E+02
<sup>54</sup> Mn	9,66E+03	4,20E+02
<sup>60</sup> Co	6,20E+04	4,80E+03
<sup>89</sup> Sr	6,50E+05	2,80E+04
<sup>90</sup> Sr	1,19E+03	8,80E+01
<sup>134</sup> Cs	4,00E+07	2,00E+06
<sup>137</sup> Cs	6,06E+07	2,60E+06

Quelle: MIR.1200 Preliminary data and information for safety and environmental licensing, Appendix 3

Tabelle 64: Normaler Betriebsausstoß für beide Blöcke (Bq/Jahr)

Für die ausgestoßenen Radionuklide haben wir die folgenden, ergänzenden Überlegungen geltend gemacht:

- das Trizium haben wir 100 % als Wasserdampf angenommen,
- das Radiokarbon haben wir zu 5 % als CO<sub>2</sub> und 95 % als organisch auf der Grundlage der langjährigen Emissionen von Paks genommen,
- das Radiojod haben wir in 4 % als Aerosol, 40 % alle elementares Jod und 56 % als organisch angenommen, auf der Basis des Durchschnittswertes der Emissionen vom Kernkraftwerk Paks in den letzten Jahren.

Die Edelgase haben wir als elementares Gas, die anderen, in dem vorhergehenden Absatz nicht erwähnten Radionuklids als Aerosol identifiziert. Wir haben auch hier das früher erwähnte Programm mit der Bezeichnung „SS57“ genutzt, und aus den nach den obigen errechneten Konzentrationen haben wir die unten folgenden Dosen bestimmt:

- ❖ äußeres Strahlenbelastung
  - Eintauch Gamma-Dosis
  - Gamma-Dosis an der Bodenoberfläche
  - Gamma-Dosis aus Resuspension
  - Eintauch Beta-Dosis (Hautdosis)
- ❖ innere Strahlenbelastung
  - Dosis aus Inhalation
  - aus Resuspension stammende Dosis aus Inhalation
  - durch Verzerr von Lebensmitteln stammende Dosis durch Verschlucken

Aufgrund der meteorologischen Daten von 2009 haben wir die Berechnungen für die Altersgruppe von 1-2-jährigen Kindern und Erwachsenen durchgeführt, und der unten folgenden geographischen Verteilung gefolgt:

Sektorengruppe	Sektor	Ring	Entfernung [km]
4-7	4,5,6,7	< 1 km	0,5
8-11	8,9,10,11	1-5 km	3
12-15	12,13,14,15	5-10 km	7,5
16-3	16,1,2,3	10-30 km	20
Csámpa	12	Csámpa	1,5

Tabelle 65: Geographische Aufteilung der Ausstoßberechnungen

Auf der Basis der folgenden zwei Tabellen ist es ersichtlich, dass die Ergebnisse im Wesentlichen ähnlich zu den von der Emission der vorhandenen Blöcke berechneten Werten sind, aber die berechneten Volldosisergebnisse für die Kleinkinder von Csámpa bleiben unter den früheren mehrjährigen Maximalwerten. Dies ist einerseits der Tatsache zu verdanken, dass Csámpa etwas weiter und in abweichender Richtung von dem neuen Schornstein liegt, andererseits die angegebenen Durchschnittswerte der Emissionen weichen von den früheren ab.

Den Emissionen entsprechend ist der Anteil der einzelnen Nuklid anders als im Falle der früheren Blöcke, aber auch hier sind die externe Dosis der Edelgase (<sup>88</sup>Kr dominiert) und das Verschlucken von Radiokarbon bestimmend. Darüber hinaus haben einen bedeutenden Dosisbeitrag das Trizium, das elementare <sup>131</sup>I und die Cs Isotope. Die Dosis der Kleinkinder ist etwas höher als der Erwachsenen, und in beiden Fällen sind die externen Dosen die höheren.

Nachdem die errechneten effektiven Dose auf dem untersuchten Gebiet nirgendwo über den Jahreswert 90 µSv hinausgehen, auch die größten berechneten Werte (auch im Falle von Kleinkinder auf 500 m gerechnet nur 220 nSv) bleiben um zwei zweieinhalb Größenordnungen darunter, so können wir behaupten, dass der Normalbetrieb des Kraftwerkes keine über das neutrale Risiko hinausgehende (90 µSv übersteigende) Werte außerhalb der Sicherheitszone bedeutet.

Entfernung	<1 km				1-5 km				5-10 km				10-30 km				1,5 km
	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	
Fahrtstrecke /Sektor	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	12
Eintauchgamma	1,1E-07	1,3E-07	8,4E-08	7,2E-08	1,5E-08	2,2E-08	9,2E-09	1,4E-08	3,3E-09	5,0E-09	1,8E-09	3,2E-09	5,0E-10	7,7E-10	2,5E-10	5,1E-10	4,0E-08
Oberflächengamma	1,7E-09	2,1E-09	1,4E-09	1,2E-09	3,2E-10	4,8E-10	2,1E-10	3,0E-10	8,8E-11	1,4E-10	5,2E-11	8,7E-11	1,6E-11	2,5E-11	8,3E-12	1,7E-11	7,7E-10
Resuspensionsgamma	1,9E-13	2,3E-13	1,5E-13	1,3E-13	2,6E-14	3,8E-14	1,6E-14	2,4E-14	5,9E-15	8,8E-15	3,3E-15	5,7E-15	1,1E-15	1,6E-15	5,5E-16	1,1E-15	6,8E-14
Eintauchbeta*	7,8E-08	9,7E-08	6,2E-08	5,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	8,6E-09	1,3E-08	3,5E-09	5,4E-09	2,0E-09	3,5E-09	6,1E-10	9,4E-10	3,1E-10	6,3E-10	3,4E-08
externe insgesamt	1,1E-07	1,3E-07	8,6E-08	7,4E-08	1,6E-08	2,3E-08	9,5E-09	1,4E-08	3,4E-09	5,2E-09	1,9E-09	3,3E-09	5,2E-10	8,0E-10	2,6E-10	5,3E-10	4,1E-08
Einatmen	6,4E-09	7,5E-09	5,0E-09	3,8E-09	1,2E-09	1,8E-09	7,4E-10	1,1E-09	3,1E-10	4,7E-10	1,8E-10	3,0E-10	6,3E-11	9,3E-11	3,2E-11	6,1E-11	2,8E-09
Resuspension Einatmen	2,2E-12	2,7E-12	1,7E-12	1,5E-12	3,0E-13	4,4E-13	1,8E-13	2,7E-13	6,5E-14	9,7E-14	3,6E-14	6,2E-14	1,1E-14	1,7E-14	5,8E-15	1,1E-14	7,8E-13
Verschlucken	6,7E-08	7,9E-08	5,1E-08	4,2E-08	9,6E-09	1,4E-08	5,8E-09	8,6E-09	2,2E-09	3,2E-09	1,2E-09	2,0E-09	4,0E-10	5,9E-10	2,1E-10	3,9E-10	2,5E-08
interne insgesamt	7,4E-08	8,7E-08	5,6E-08	4,5E-08	1,1E-08	1,6E-08	6,5E-09	9,8E-09	2,5E-09	3,7E-09	1,4E-09	2,3E-09	4,7E-10	6,9E-10	2,4E-10	4,5E-10	2,8E-08
Gesamt	1,8E-07	2,2E-07	1,4E-07	1,2E-07	2,6E-08	3,9E-08	1,6E-08	2,4E-08	5,8E-09	9,0E-09	3,3E-09	5,7E-09	9,9E-10	1,5E-09	5,0E-10	9,7E-10	6,9E-08

\* 1 % von dem Wert der Eintauch-Betadosis (Hautdosis) ist in den externen und der Gesamtdosis (effektiv) enthalten

Tabelle 66: Anhand der meteorologischen Daten aus 2009 in den einzelnen Gebieten bezüglich Kleinkinder von 1-2 Jahren entstehende Dosis, anhand des Einstrahlungsweges (I+II, Sv)

Entfernung	<1 km				1-5 km				5-10 km				10-30 km				1,5 km
	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	12
Fahrtstrecke/Sektor	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	4-7	8-11	12-15	16-3	12
Eintauchgamma	1,0E-07	1,3E-07	8,0E-08	6,8E-08	1,4E-08	2,1E-08	8,7E-09	1,3E-08	3,1E-09	4,7E-09	1,7E-09	3,0E-09	4,7E-10	7,2E-10	2,4E-10	4,8E-10	3,8E-08
Oberflächengamma	1,4E-09	1,8E-09	1,2E-09	1,0E-09	2,8E-10	4,3E-10	1,8E-10	2,7E-10	7,8E-11	1,2E-10	4,6E-11	7,8E-11	1,4E-11	2,2E-11	7,4E-12	1,5E-11	6,7E-10
Resuspensionsgamma	1,6E-13	2,1E-13	1,3E-13	1,2E-13	2,3E-14	3,4E-14	1,4E-14	2,1E-14	5,2E-15	7,7E-15	2,9E-15	5,0E-15	9,5E-16	1,4E-15	4,9E-16	9,3E-16	6,0E-14
Eintauchbeta*	7,8E-08	9,7E-08	6,2E-08	5,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	8,6E-09	1,3E-08	3,5E-09	5,4E-09	2,0E-09	3,5E-09	6,1E-10	9,4E-10	3,1E-10	6,3E-10	3,4E-08
externe insgesamt	1,0E-07	1,3E-07	8,2E-08	7,0E-08	1,5E-08	2,2E-08	8,9E-09	1,3E-08	3,2E-09	4,8E-09	1,8E-09	3,1E-09	4,9E-10	7,5E-10	2,5E-10	5,0E-10	3,9E-08
Einatmen	9,3E-09	1,1E-08	7,1E-09	5,4E-09	1,6E-09	2,3E-09	9,5E-10	1,4E-09	3,9E-10	5,8E-10	2,2E-10	3,6E-10	7,9E-11	1,1E-10	4,0E-11	7,5E-11	3,8E-09
Resuspension Einatmen	6,1E-12	7,6E-12	4,8E-12	4,3E-12	8,5E-13	1,3E-12	5,2E-13	7,8E-13	1,9E-13	2,9E-13	1,1E-13	1,8E-13	3,5E-14	5,1E-14	1,8E-14	3,4E-14	2,2E-12
Verschlucken	4,1E-08	4,9E-08	3,2E-08	2,6E-08	6,0E-09	8,8E-09	3,6E-09	5,4E-09	1,4E-09	2,1E-09	7,7E-10	1,3E-09	2,7E-10	3,9E-10	1,4E-10	2,6E-10	1,5E-08
interne insgesamt	5,0E-08	6,0E-08	3,9E-08	3,1E-08	7,5E-09	1,1E-08	4,6E-09	6,8E-09	1,8E-09	2,6E-09	1,0E-09	1,7E-09	3,5E-10	5,0E-10	1,7E-10	3,3E-10	2,0E-08
Gesamt	1,5E-07	1,9E-07	1,2E-07	1,0E-07	2,2E-08	3,3E-08	1,3E-08	2,0E-08	5,0E-09	7,5E-09	2,8E-09	4,8E-09	8,4E-10	1,3E-09	4,2E-10	8,2E-10	5,9E-08

\* 1 % von dem Wert der Eintauch-Betadosis (Hautdosis) ist in den externen und der Gesamtdosis (effektiv) enthalten

Tabelle 67: Anhand der meteorologischen Daten aus 2009 in den einzelnen Gebieten bezüglich Erwachsenen entstehende Dosis, anhand des Einstrahlungsweges (I+II, Sv)

### Strahlenbelastung der Fälle der TA4 (Planungsgrund 4) geplanten Betriebsstörung

Zu der Untersuchung der Strahlenbelastung der Fälle der TA4 (Planungsgrund 4) geplanten Betriebsstörung haben wir den in der russischen Datenbereitstellung [41] angeführten DBC4 (Design Basis Category 4) Fall als Grundlage genommen. Im Falle des Ereignisses TA4/DBC4 haben wir die Emissionen durch den 100 m hohen Schornstein mit einer effektiven Höhe von 120 m in Betracht gezogen, bei den "Oberflächenemissionen" haben wir mit der 35 m Höhe der am Dach des Gebäudes angebrachten Ventilatoren gerechnet. Zu der Berechnung haben wir auch jetzt unser Modell mit der Bezeichnung „SS57“ genutzt. Wir haben als zwei getrennte Fälle die auf der Basis der frühen (aufgrund 10tägiger Emission) und späten (aufgrund 30tägiger Emission) Dose behandelt. In beiden Fällen haben wir für eine meteorologische Situation die Dose für die Gruppe der Kleinkinder und der Altersgruppe der Erwachsenen berechnet. Wir haben mit Emission im Sommer gerechnet, die anderen Parameter stimmten mit dem bei Normalverhältnissen vorhandenen überein. Meteorologische Bedingungen durchschnittlich, mit niedrigem Niederschlag.

Stabilitätskategorie (Pasquill): D

Windgeschwindigkeit: 5 m/s (18 km/h)

Niederschlag: 2,8E-7 m/s (1 mm/h)

Zu der Errechnung des Auswirkungsgebietes haben wir mit Annäherung jene Entfernung bestimmt, wo die Dose maximal ist. Die Berechnungen haben wir für die nächsten Entfernungen bei den Szenarios (Drehbücher) durchgeführt: 300 m, 400 m (Entfernung der maximalen Dosis), 600 m, 800 m, 3 km, 10 km, 20 km, 30 km.

Frühe Dose: von den angegebenen 10tägigen "Oberflächen-" und Schornsteinemissionen haben wir die von den Wolken und von der Bodenoberfläche stammenden hier folgenden Dose ausgerechnet, dann haben wir die Summe dieser angegeben:

- Eintauch-Gammadosis
- Eintauch-Betadosis (in der Summe ist 1 % angeführt)
- Oberflächen-Gammadosis
- Dosis aus Inhalation
- Dosis aus Resuspension

Nuklid	10tägiger Schornsteinemission	10tägiger "Oberflächen"-Emission
<sup>131</sup> I (elementar)	2,90E+08	2,10E+09
<sup>132</sup> I (elementar)	1,50E+07	1,00E+08
<sup>133</sup> I (elementar)	5,80E+07	4,00E+08
<sup>134</sup> I (elementar)	3,20E+06	2,30E+07
<sup>135</sup> I (elementar)	1,00E+07	7,10E+07
<sup>131</sup> I (organisch)	8,70E+09	6,10E+09
<sup>132</sup> I (organisch)	1,70E+08	1,20E+08
<sup>133</sup> I (organisch)	1,40E+09	9,80E+08
<sup>134</sup> I (organisch)	2,00E+07	1,40E+07
<sup>135</sup> I (organisch)	1,90E+08	1,30E+08
<sup>85m</sup> Kr	9,60E+10	6,70E+08
<sup>87</sup> Kr	4,40E+10	3,10E+08
<sup>88</sup> Kr	1,80E+11	1,20E+09
<sup>133</sup> Xe	9,70E+13	6,80E+11
<sup>135</sup> Xe	3,30E+11	2,30E+09
<sup>138</sup> Xe	7,00E+09	4,90E+07
<sup>134</sup> Cs	6,20E+05	4,30E+07
<sup>137</sup> Cs	2,20E+05	1,60E+07

Tabelle 68: Frühzeitige Emissionen (Bq)

Späte Dose: von der angegebenen 30tägigen "Oberflächen-" und Schornsteinemissionen haben wir die von den Wolken und von der Bodenoberfläche stammenden unten stehenden Dose, dann die Summe von diesen angeben:

- Eintauch-Gammadosis
- Eintauch-Betadosis (in der Summe ist 1 % angeführt)
- Oberflächen-Gammadosis
- Dosis aus Inhalation
- Dosis aus Resuspension
- Dosis durch Verschlucken

Nuklid	30tägige Schornsteinemission	30tägige "Oberflächen-" Emission
<sup>131</sup> I (elementar)	4,30E+08	3,00E+09
<sup>132</sup> I (elementar)	1,50E+07	1,00E+08
<sup>133</sup> I elementar)	5,80E+07	4,00E+08
<sup>134</sup> I (elementar)	3,20E+06	2,30E+07
<sup>135</sup> I (elementar)	1,00E+07	7,10E+07
<sup>131</sup> I (organisch)	1,40E+10	9,80E+09
<sup>132</sup> I (organisch)	1,70E+08	1,20E+08
<sup>133</sup> I (organisch)	1,40E+09	9,80E+08
<sup>134</sup> I (organisch)	2,00E+07	1,40E+07
<sup>135</sup> I (organisch)	1,90E+08	1,30E+08
<sup>85m</sup> Kr	9,60E+10	6,70E+08
<sup>87</sup> Kr	4,40E+10	3,10E+08
<sup>88</sup> Kr	1,80E+11	1,20E+09
<sup>133</sup> Xe	1,30E+14	9,20E+11
<sup>135</sup> Xe	3,30E+11	2,30E+09
<sup>138</sup> Xe	7,00E+09	4,90E+07
<sup>134</sup> Cs	6,20E+05	4,30E+07
<sup>137</sup> Cs	2,20E+05	1,60E+07

Tabelle 69: Späte Emissionen (Bq)

Die Berechnungen haben wir für die Erwachsenen und auch für die Altersgruppe der 1-2 Jahre alten Kinder durchgeführt. Die von dem Oberflächendeposit stammenden späten Dose haben wir für die Erwachsenen auf 50, für die Kinder auf 70 Jahre integriert, bei den internen Dosen haben wir in allen Fällen mit gebundenen Dosisfaktoren gerechnet. Als weitere konservative Annahme haben wir einen ständigen Aufenthalt an diesem Ort und den Verzerr nur dort angebauten Lebensmittel vorausgesetzt, weiterhin dass es keinerlei Schutzmaßnahmen erfolgen.

Wie es aus der untern folgenden Tabelle ersichtlich ist, die berechnete Dosis hat in keinem einzigen Fall die neutrale (Effektivdosis < 90 µSv/Jahr) Wert überschritten hat (der höchste Wert: 21 µSv - Spätdosis der Kleinkinder auf 400 m), deshalb kann behauptet werden, dass außerhalb der Sicherheitszone nur eine neutrale Wirkung erwartet werden kann (in der Wirklichkeit auch innerhalb dieser).

Fall/Entfernung	300m	400m	600m	800m	3km	10km	20km	30km
Kleinkind frühe	9,00E-07	1,10E-06	9,02E-07	6,56E-07	1,17E-07	1,59E-08	4,78E-09	2,38E-09
Erwachsene frühe	5,30E-07	6,53E-07	5,22E-07	3,95E-07	8,40E-08	1,20E-08	3,65E-09	1,85E-09
Kleinkind späte	1,70E-05	2,10E-05	1,61E-05	1,12E-05	8,30E-07	5,30E-08	1,07E-08	4,34E-09
Erwachsene späte	1,60E-05	2,00E-05	1,51E-05	1,01E-05	7,75E-07	4,60E-08	8,80E-09	3,46E-09

Tabelle 70: Summierte Gesamtdosis einer geplanten Betriebsstörung (Sv)

Über die frühen Dose kann behauptet werden, dass in den Nahen Entfernungen (z.B. auch im Falle des 400 m Maximum) den größten Teil der Dosis die <sup>131</sup>I aus "oberirdischer" Emission verursacht (primär auf dem Wege der Inhalation), auf größere Entfernungen die Edelgase, insbesondere die Eintauch-Gammadosis von der



Schornsteinemission des  $^{133}\text{Xe}$  in den Vordergrund gerät, (was natürlicherweise um Größenordnungen kleinerer Wert als die im Maximum berechnete Dosis ist). Die Dosis der Erwachsenen ist in dieser Szenario wesentlich kleiner (in den nahen Distanzen annähernd die Hälfte) als für die kleinen Kinder.

Der größte Teil der späten Dose auf den nahen Distanzen stammen von den zwei Cs Isotopen (und in kleinerem Maße von  $^{131}\text{I}$ ) aus der "oberirdischen" Emission (primär Oberflächen Gamma und durch Verschlucken), dagegen dominiert auf größere Entfernungen bereits auch hier hauptsächlich die Eintauch Gammadosis aus der Schornsteinemission. Die Dosis der Erwachsenen ist auch in diesem Falle geringer als die der Kinder, aber in den nahen Entfernungen nur in kleinem Maß (hier wird die höhere Oberflächen-Gammadosis der Kinder fast von der vom Verschlucken stammenden höheren Dosis der Erwachsenen kompensiert).

Aus flüssiger Emission stammende Strahlenbelastung

Auf dem Wege der flüssigen Emissionen vom Kernkraftwerk Paks (Warmwasserkanal) erreichen die in die Donau gelangenden, flüssigen radioaktiven Abfälle nach Vermischung und Verdünnung die Punkte der Wasserentnahme, bzw. der sonstigen Punkte der Nutzung. Auf dieser Art gerät die radioaktive Verschmutzung durch Nutzung der Donau direkt, oder indirekt (über die Gewässer-Nahrungskette) mit den Menschen in Berührung, und kann äußere, bzw. innere Strahlenbelastung verursachen. Das zur Berechnung der Strahlenbelastung genutzte Model steht auf der Grundlage der NAÜ Empfehlung. Die geplanten flüssigen Emissionen des russischen Blocks vom Typ VVER 1200 MW beziehen sich auf einen Block, und sie stehen auf der Basis der Datenmitteilung des russischen Lieferanten:

Radionuklid	$^3\text{H}$	$^{14}\text{C}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{I}$	$^{133}\text{I}$	$^{134}\text{I}$	$^{135}\text{I}$	$^{89}\text{Sr}$
Emission/Block	9,1E+12	1,05E+09*	3,5E+07	2,3E+06	1,2E+07	1,4E+06	3,9E+06	8,1E+05
Radionuklid	$^{90}\text{Sr}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{51}\text{Cr}$	$^{54}\text{Mn}$	$^{60}\text{Co}$	$^{58}\text{Co}$	
Emission/Block	2,3E+03	8,0E+07	1,2E+08	5,5E+05	6,1E+05	2,5E+06	5,6E+05	

\* geschätzter Wert von: Isotoptech Zrt.

Tabelle 71: Geplanter flüssiger Emission des russischen VVER 1200 MW Typ Blocks (Bq/Jahr) [30]

Die jährliche Strahlenbelastung der Altersgruppen von Kindern und Erwachsenen der Bevölkerung von Gerjen, - die gleichzeitig die (kritische) Bezugsgruppe bezüglich der flüssigen Emissionen der geplanten neuen Blöcke ist, - fasst Tabelle 72. zusammen. Laut der Ergebnisse geht die Dosis der Erwachsenen - neben den angegebenen jährlichen Emissionen, angenommenen Konsumdaten und den Charakteristiken der Lebensweise - über die der 1-2-jährigen Kinder hinaus. Bei beiden Gruppen - - praktisch bis zu 100 % ist die interne Strahlenbelastung, innerhalb dieser ist der Beitrag von  $^3\text{H}$  és a  $^{14}\text{C}$  am bedeutendsten (bei Kindern). Bei den Erwachsenen kann auch noch der Beitrag von  $^{134}\text{Cs}$  und  $^{137}\text{Cs}$  als bedeutend angesehen werden. Trotz all dem sind die Strahlenbelastungen - trotz der angewandten stark konservativen Angehensweise - gering, sie machen auch auf zwei Blöcke berechnet nur 2-3 Tausendstel des Wertes der Dosiseinschränkungen aus.

Radionuklid	1-2-jährige Kinder			Erwachsene		
	externe	interne	total	externe	interne	total
<sup>58</sup> Co	4,2E-04	1,2E-03	1,7E-03	4,3E-04	5,8E-04	1,0E-03
<sup>60</sup> Co	1,8E-02	5,2E-02	7,0E-02	1,8E-02	1,6E-02	3,4E-02
<sup>51</sup> Cr	9,0E-06	6,8E-05	7,7E-05	9,2E-06	4,2E-05	5,1E-05
<sup>134</sup> Cs	9,5E-02	2,6E+00	2,7E+00	9,6E-02	1,9E+01	1,9E+01
<sup>137</sup> Cs	1,4E-01	3,4E+00	3,5E+00	1,4E-01	2,0E+01	2,1E+01
<sup>3</sup> H (HTO)	0,0E+00	5,1E+01	5,1E+01	0,0E+00	5,1E+01	5,1E+01
<sup>14</sup> C	0	3,9E+01	3,9E+01	0	3,9E+01	3,9E+01
<sup>131</sup> I	2,2E-04	9,3E-01	9,3E-01	3,5E-04	2,1E-01	2,2E-01
<sup>132</sup> I	7,6E-05	2,0E-04	2,7E-04	1,3E-04	7,9E-05	2,1E-04
<sup>133</sup> I	1,1E-04	2,5E-02	2,6E-02	1,8E-04	6,9E-03	7,0E-03
<sup>134</sup> I	5,3E-05	3,7E-05	9,1E-05	9,2E-05	1,8E-05	1,1E-04
<sup>135</sup> I	9,2E-05	1,3E-03	1,4E-03	1,6E-04	4,4E-04	5,9E-04
<sup>54</sup> Mn	2,7E-04	5,9E-04	8,6E-04	2,8E-04	6,2E-04	9,0E-04
<sup>89</sup> Sr	8,1E-06	3,8E-03	3,8E-03	8,2E-06	1,4E-03	1,4E-03
<sup>90</sup> Sr	5,1E-07	1,7E-04	1,7E-04	5,1E-07	1,5E-04	1,5E-04
<b>Total</b>	<b>2,5E-01</b>	<b>9,7E+01</b>	<b>9,7E+01</b>	<b>2,6E-01</b>	<b>1,3E+02</b>	<b>1,3E+02</b>

Tabelle 72: Dosis der erwachsenen und 1-2 Jahre alten Kinderbevölkerung von Gerjen aus der jährlichen flüssigen Emission pro Block der russischen VVER 1200 MW Blöcke (nSv/Jahr)

#### Untersuchung der Nachweisbarkeit der eventuellen Anhäufung der aus der Paks II. atmosphärischen und Wasseremissionen stammenden Umwelt-Aktivitätskonzentrationen

Unser Ziel war zu untersuchen, ob die Wirkung der atmosphärischen und Wasseremissionen der 2 Stück russischen Block von Typ VVER 1200 MW in den einzelnen Elementen der Umwelt und in den eventuellen Anhäufungen messbar ist. Wir haben in dem Sinne eine konservative Angehensweise genutzt, dass wir die höchsten Aktivitätskonzentrationen mit den Nachweisgrenzwerten des Programmes der routinemäßigen Umweltkontrollmessungen des Kraftwerkes verglichen haben.

Bei den atmosphärischen Emissionen haben wir die von den Emissionswerten 2009 stammenden gerechneten Aktivitätskonzentrationen mit den charakteristischen Nachweisgrenzwerten der Umweltkontrollmessungen des Kraftwerkes verglichen. Wir haben den Maximalwert der für die einzelnen Entfernungen (<1; 1-5 km, 5-10 km, 10-30 km) bestimmten Aktivitätskonzentrationen (Luft, Bodenoberfläche, Fleisch, Pilze, Getreide, Gemüse, Milch) bezogen auf unterschiedliche Richtungen, weiterhin die auf 1,5 km berechneten Werte genommen, dann haben wir diese in Verhältnis zu den Nachweisgrenzen gesetzt. Die Ergebnisse zeigten, dass in der ersten (durchführbare Messung bedeutende) Gruppe nur zum Nachweis von einigen Radionukliden die Möglichkeit besteht, insbesondere bezüglich des Triziums und Radiokarbons. In der zweiten (nur mit größerer Anstrengung realisierbare Messung bedeutende) Gruppe könnte man neben einigen Radionuklide der Luftkonzentration noch einige Elemente der Aktivität der Bodenoberfläche theoretisch messen z.B. elementares Jod, Radiozäsium (was aber auch von dem Kraftwerk unabhängig anwesend ist, u.zw. in höherer Konzentration als hier festgestellt), aber diese kann man eher in kürzeren Entfernungen zum Kernkraftwerk Paks nachweisen.

Bei der Emission durch Wasser haben wir die Aktivitätskonzentrationen der Nahrungskette im Bereich des Wassers für das Donauwasser, Sedimente und Fische, für die durch die Bewässerung angeschlossenen Umweltelemente, wie Boden, Blattgemüse, Futtermittel, Kuhmilch und Rindfleisch mit der auch bei atmosphärischen Messungen angewandten Methode bestimmt. Bei der ersten Gruppe - hierher gehören nur die Aktivitätskonzentration von Trizium-, Radiokarbon, weiterhin die des in den Fischen vorhandenen <sup>137</sup>Cs, - gäbe eine Möglichkeit durch eine gezielte Untersuchung, die nicht wesentlich höher Kräfteressourcen als die Routineuntersuchung verlangt, die Auswirkung der neuen Blöcke nachzuweisen. Bei der zweiten Gruppe gäbe es eventuell nur bei um das mehrfache größere Anstrengungen (sehr große Anzahl von Proben, extrem empfindliche Messgeräte, sehr lange Messungszeiten) Chancen dafür, dass <sup>137</sup>Cs (in dem Donauwasser, und in den Futtermitteln nachgewiesen werden kann. Im Falle der dritten Gruppe gibt es überhaupt keine realen Chancen die Umweltauswirkungen des Kraftwerkes nachzuweisen.

Zusammenfassend können wir aussagen, dass beim Normalbetrieb von Paks II. bezüglich der Emissionen in die Atmosphäre oder ins Wasser die radiologische Auswirkung von sehr geringem Wert ist, sie liegt um Größenordnungen unter dem Wert der Dosisbeschränkung (90 µSv/Jahr).

Auswirkungsgebiete des Betriebes von Paks II.

Bei der Beurteilung der radiologischen Auswirkung benutzen wir die unten folgende Kategorieeinstufung:

Beurteilung	Radiologische Wirkung (E=effektive Dosis)
neutral	$E < 90 \mu\text{Sv}/\text{Jahr}$
vertragbar	$90 \mu\text{Sv}/\text{Jahr} < E < 1 \text{ mSv}/\text{Jahr}$
belastend	$1 \text{ mSv}/\text{Jahr} < E < 10 \text{ mSv}/2 \text{ Tage}$ oder $10 \text{ mSv}/\text{Ereignis}^*$
schädlich	$10 \text{ mSv}/2 \text{ Tage}$ oder $10 \text{ mSv}/\text{Ereignis} < E < 1 \text{ Sv}/\text{Ereignis}^{**}$
vernichtend	$1 \text{ Sv}/\text{Lebensdauer} < E$

\* ohne die Auswirkung der Nahrungskette

\*\* gesamte Lebensdauer (bei Erwachsenen 50 Jahre, bei Kindern 70 Jahre), ohne die Auswirkung der Nahrungskette

wo

*90 µSv/Jahr der von der ÁNTSZ-OTH festgelegter Wert der Dosisbeschränkung ist*

*1 mSv/Jahr Dosissschranke für die Bevölkerung*

*10 mSv die von dem Normalbetrieb abweichenden Fall bezogene vermeidbare Dosis*

*1 Sv/Lebensdauer das Niveau zu der endgültigen Umsiedlung bezogene Eingriffsniveau im Katastrophenfall ist.*

Die summierten radiologischen Auswirkungen (direkte und indirekte) bleiben beim Normalbetrieb innerhalb des Kreises mit 500 m Radius unter dem Wert der Dosisbeschränkung (neutrale Auswirkung), nachdem dies auch für die Grenze der Sicherheitszone erfüllt wird, so kann als Grenze des Auswirkungsgebietes bei Normalbetrieb die Grenze der Sicherheitszone angesehen werden.

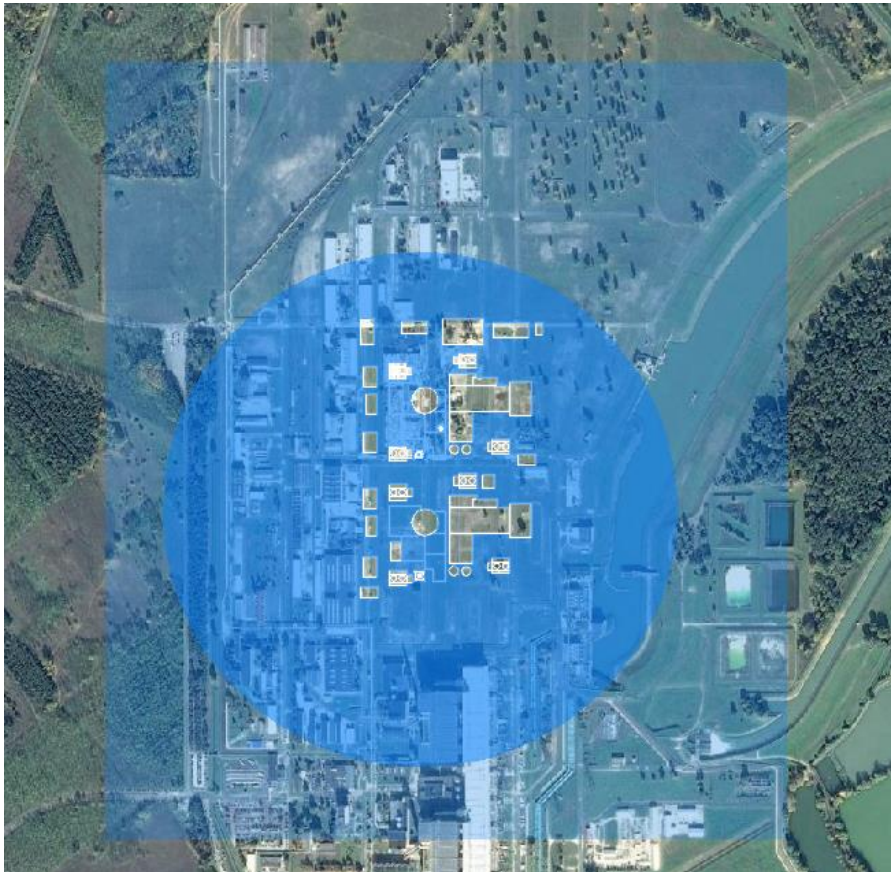


Abbildung 103: Auswirkungskreis des Normalbetriebs von Paks II: ein Kreis mit einem Radius von 500 m in der 500 m Sicherheitszone

(Bei der Ausweisung des Auswirkungsgebietes haben wir den Mittelpunkt der beiden Schornsteine genommen, die Auswirkung haben wir in einem Kreis von 500 m Radius angeführt. Wie es auch aufgrund der oben angeführten Abbildung zu sehen ist, dieser Kreis beinhalten in sich die 500 m Sicherheitszone).

Auswirkungsgebiete des gemeinsamen Betriebs von Paks II., des Kernkraftwerkes Paks und der KKÁT

Als gemeinsame Auswirkung der atmosphärischen Emissionen der auf dem Gebiet in Betrieb befindlichen Anlagen (Paks II., Kernkraftwerk Paks und KKÁT) haben wir die summierte maximale Volldosis in der unten folgenden Tabelle auf die zwei Altersgruppen und auf die einzelnen Entfernungen angegeben. Auf der Grundlage deren ist es ersichtlich, dass die summierte Dosis um zwei Größenordnungen unterhalb des neutralen Wertes bleibt.

Betrieb/Gebiet	Csámpa	<5km	5-10km	10-30km
Kernkraftwerk Paks (2009)	8,40E-08	4,00E-08	6,50E-09	1,00E-09
Paks II. (2009)	6,90E-08	3,90E-08	9,00E-09	1,50E-09
KKÁT (2011)	1,40E-09	4,00E-10	6,60E-11	1,00E-11
Gesamt	1,54E-07	7,94E-08	1,56E-08	2,51E-09

Tabelle 73: Gesamtdosis von Paks II, dem Kernkraftwerk von Paks und dem ZLAB aus dem maximalen Jahr, bezüglich 1-2 Jahre alten Kinder, Sv

Betrieb/Gebiet	Csámpa	<5km	5-10km	10-30km
Kernkraftwerk Paks (2009)	6,00E-08	2,90E-08	4,70E-09	7,30E-10
Paks II. (2009)	5,90E-08	3,30E-08	7,50E-09	1,30E-09
KKÁT (2011)	7,00E-10	2,10E-10	3,40E-11	6,60E-12
Gesamt	1,20E-07	6,22E-08	1,22E-08	2,04E-09

Tabelle 74: Gesamtdosis von Paks II, dem Kernkraftwerk von Paks und dem ZLAB aus dem maximalen Jahr, bezüglich Erwachsenen, Sv

1-2-jährige Kinder (nSv/Jahr)	Erwachsene (nSv/Jahr)
1,54E+02	2,04E+02

Tabelle 75: Höchste gemeinsame Wirkung der flüssigen Emissionen in Gerjen auf jährlicher Ebene

Im Falle der Strahlenbelastungen aus dem Normalbetrieb wird das Auswirkungsgebiet die Grenze der vereinten Sicherheitszonen von Paks II und des Kernkraftwerkes Paks sein

### Vorgeschlagenes System des Strahlenschutzes

Das Monitoringsystem für Umwelt-Strahlenschutz des gegenwärtig im Betrieb befindlichen Kernkraftwerkes Paks kann als umfassend angesehen werden, es arbeitet auch auf internationalem Ebene betrachtet auf hohem Niveau. Die Messung der flüssigen und gasförmigen Emissionen erfolgt durch eine Zweiebenenkontrolle: durch kontinuierliche Messungen von Fernmesssystemen, bzw. durch Entnahme von Proben.

Zu dem Fernmesssystemen gehören die Fernmessstationen: die Stationen vom Typ A (9 St.), G (11 St.) C (15 St.) und B (1 St., Kontrolle). Die Blöcke von Paks II. werden größtenteils innerhalb des gegenwärtigen Monitoringsystem errichtet, es gibt nur einige Ausnahmen:

So schlagen wir die Ergänzung des Monitoringsystem für Umwelt-Strahlenschutz des gegenwärtig im Betrieb befindlichen Kernkraftwerkes Paks um den Standort Paks II. vor.

Wir halten die Erhöhung der Zahl der Messstationen von Typ „A“ und „G“ für erforderlich.

Die Erweiterung der Messstationen von Typ „V“ halten wir in Abhängigkeit der eingesetzten Technologie für begründet.

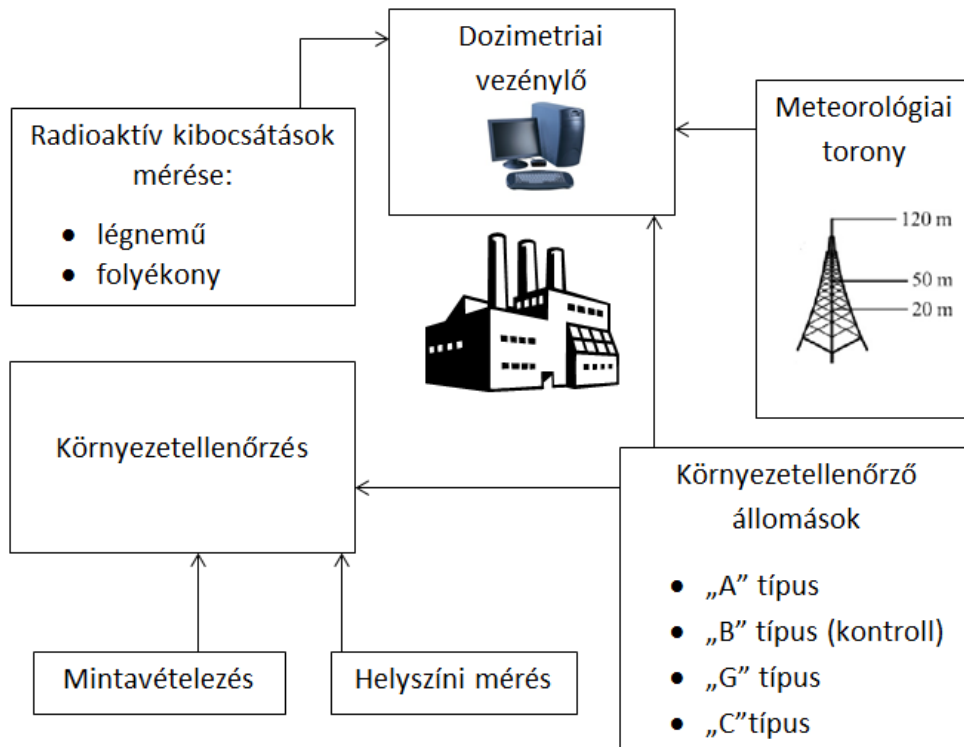
Wir schlagen die Erweiterung um den Standort Paks II. der Probeentnahmen und Messungen des Laboratoriums für Umweltkontrolle auf die gegenwärtigen Umweltelemente vor, diese Kontinuität und dieser Vergleich (Bezugsebene) sind auch wichtig.

Es ist auch die Errichtung von neuen Brunnen zur Beobachtung des Grundwassers erforderlich, wie es bereits in dem Kapitel Geologisches Umfeld und unterirdisches Wasser am Standort und in seinem unmittelbaren Umfeld bereits ausführlich enthalten ist.

Zwecks Zweiebenenkontrolle der gasförmigen und flüssigen Emissionen von Paks muss man auch in die neuen Schornsteine, bzw. an die Punkte der flüssigen Emission kontinuierlich arbeitende, den gegenwärtigen ähnlichen Detektoren zur Beobachtung der Strahlung ansiedeln.

Bei den Labormessungen sind die selektiven Messungen der Isotopen bevorzugt anzuwenden, und Geräte mit kleinerer Nachweisgrenze zu beschaffen. Die theoretische Aufbaustruktur des vorgeschlagenen Monitoringsystem für Strahlenschutz von Paks II. zeigt die unten folgende Abbildung.

Dosimetrische Steuerung



- Dozimetriai vezénylő - Dosimetrische Steuerung
- Radioaktív kibocsátások mérése - Messung radioaktive Emissionen
- légnemű - gasförmig
- folyékony - flüssig
- Meteorológiai torony - meteorologischer Turm
- Környezetellenőrzés - Umweltkontrolle
- Környezetellenőrző állomások - Stationen Umweltkontrolle
- Mintavételezés - Entnahme von Proben
- Helyszíni mérés - Messung Vorort
- „A” típus - Typ "A"
- „B” típus (kontroll) - Typ "B" (Kontroll)
- „G” típus - Typ "G"
- „C” típus - Typ "C"

Abbildung 104: Prinzipieller Aufbau des empfohlenen Paks II Strahlenschutz Monitoringsystems



### Auswirkung der Stilllegung auf die Strahlenbelastung der im Umfeld des Standortes lebenden Bevölkerung

Auf der Basis der internationalen Praxis kann es behauptet werden, dass während der Stilllegung gemessen am Normalbetrieb keine höhere Umweltauswirkung zu erwarten ist, Die Auswirkungen werden den bereits geschilderten ähnlich sein, nur die Emissionspunkte und die Menge der Abfälle können sich ändern.

## **22 STRAHLENBELASTUNG DER BIOSPHÄRE**

Dieses Kapitel der Errichtung des neuen Kernkraftwerkblocks von Paks untersuchende Umweltstudie der Auswirkungen hat sich mit den Fragen der Strahlenbelastung der Biosphäre durch die neue Quelle befasst. Die Untersuchung der Biosphäre von dieser Natur ist ein relativ neues Gebiet des Strahlenschutzes, ausgesprochen dafür gültige Rechtsnormen existieren noch nicht. International wissenschaftlichen Organisationen haben aber bereits vor eignen Jahren Vorschläge zur Regelung des Gebietes auf der Ebene der Entscheidungsträger unterbreitet. Aufgrund dessen kann es erwartet werden, dass früher oder später auch Rechtsnormen den Schutz sichernden Beschränkungen der Arten der Biosphäre, bzw. ihrer Ökosysteme gegen die vom Menschen geschaffene ionisierende Strahlung erscheinen.

Es schien deshalb schon bei der Errichtung der neuen Kernkraftwerksblöcke sich mit dieser Frage zu befassen zweckmäßig zu sein. Es ist also zweckmäßig das gegenwärtige Grundniveau zu bestimmen, weil alle weitere potentielle Strahlenbelastungen sich zu diesem Grundniveau gesellen, weiterhin muss man Schätzungen dahingehend erstellen, in welchem Maße die neuen Blöcke die Strahlenbelastung der Lebewesen der Biosphäre auf dem Land und im Wasser erhöhen würden. Nachdem für eine mit einer neuen Tätigkeit verbundenen und auf die Natur wirkende Strahlenwirkung keine konkrete mit Zahlenwerten verbundene Grenzwerte festgelegt sind, kann zur Beurteilung der Auswirkungen eine naheliegende Vergleichsbasis die Dosisleistung der einzelnen Lebewesen durch die natürlichen Hintergrundstrahlung liefern. So, wenn mit der menschlichen Tätigkeit in Zusammenhang bringbare zusätzliche Dosisleistung nur ein Bruchteil der natürlichen ist, dies beeinflusst ganz sicher auf keinerlei Art die Funktion der Umweltsysteme.

Nachdem für diese Hintergrund-Dosisleistung bezüglich der Natur unsere Kenntnisse ziemlich mangelhaft sind, musste man in der Umgebung von Paks die Strahlenbelastung der Biosphäre vom natürlichen Ursprung - die von der menschlichen Tätigkeit unabhängig bestehende Strahlenbelastung feststellen. Dies stammt entscheidend von den seit Entstehung der Erde vorhandenen radioaktiven Isotopen vom Uran, Thorium und Kalium mit der Massenzahl 40, und dieser Wirkung war die lebendige Welt (darin auch der Mensch) stets ausgesetzt. Die für diesen Standort ausgesuchten Daten aus Messungen des Strahlenschutzes, weiterhin die zum Ersatz und zur Ergänzung der fehlenden Informationen bezweckenden eigene Untersuchungen haben ein ausreichend detailliertes Bild über die Lebewesen auf dem Land und im Wasser betreffenden Strahlungslose. Über die Strahlenbelastung der im Umfeld des Kraftwerkes lebenden Landlebewesen kann man zusammenfassend einerseits berichten, dass dessen Maß bei der entscheidenden Mehrzahl der Arten unter dem Wert  $0,5 \mu\text{Gy}/\text{h}$  liegt. Kalk anhäufende Lebewesen, weiterhin die Moose zeigen davon wesentlich höhere, sogar das für die Arten der Lebewesen gegenwärtig vorgeschlagenen Bezugsniveau überbietenden Werte. Andererseits scheint es so, dass wir in vielen Fällen die Strahlenbelastung der gegebenen Art sogar um zwei/drei Faktoren unterschätzen können, wenn wir nicht ortsspezifische Übertragungsfaktoren für die Errechnung der internen Strahlenbelastung benutzen. Für die Wasserlebewesen fällt das natürliche Grundniveau in einen breiteren Bereich: für die ihr ganzes Leben im Wasser verbringenden, oder teilweise auf dessen Oberfläche und in der Luft lebenden können mit den landbewohnenden Pflanzen und zu den Tieren nahen Dosisleistungen charakterisiert werden, gleichzeitig aber die sich vorwiegend am Grund des Flussbettes aufhaltenden, weiterhin in einer festen Schutzschale lebenden Tiere (Muschel, Schnecken) können mit einer um das 10fache höhere Strahlungs-dosis charakterisiert werden.

Die für die aus menschlicher Tätigkeit verursachte Strahlenbelastung auf einen Lebensraum vorgeschlagene  $10 \mu\text{Gy}/\text{h}$  Bezugsniveau ist für die dort wirksamen, aus allen menschlichen Tätigkeiten stammenden Quellen zu verstehen, also die Auswirkung einer neuen Quelle muss man mit den bereits vorhandenen Zusammen bewerten. Deshalb muss man also einerseits die aus den nuklearen Waffentest stammenden (globale Sedimentation) Restniveau der radioaktiven Verseuchung um Paks ermitteln, weiterhin auch die gegenwärtigen Auswirkungen der von Tschernobyl stammenden Sedimentation im Umfeld von Paks bestimmen. Zu der Strahlenbelastung menschlichen Ursprungs tragen auch die seit ~30 Jahre im Betrieb befindlichen 4 Kernkraftwerksblöcke durch ihre atmosphärischen und flüssigen Emissionen bei. Diese drei Quellen ergeben gemeinsam die gegenwärtige Strahlenbelastung der lebendigen Welt aus künstlichen Quellen.

Für die oben angeführten Komponente im Festlandumgebung kann auf der Grundlage der Ergebnisse unserer Berechnungen festgestellt werden, dass der Beitrag des Kraftwerkes (max.  $\sim 10^{-4}$   $\mu\text{Gy/h}$ ) praktisch vernachlässigbar neben der globalen von Tschernobyl ausgehenden Strahlenbelastung von ( $\sim 10^{-3}$   $\mu\text{Gy/h}$ ) ist.

Der globale Beitrag des den entscheidenden Teil der Strahlenbelastung aus künstlichem Ursprung geht aber eine in der Zeit zurückgehende Tendenz, weil die Halbwertszeit der ihren Wert bestimmenden  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{90}\text{Sr}$  Isotopen mit der Lebensdauer der Reaktorblöcke vergleichbar ist. Zur geplanten Anfahrt des neuen Blocks 2025 gehen die Dosisleistungen bereits um 25 % zurück, also das bei den einzelnen maßgebliche Grundniveau für die einzelne Artengruppen wird nur 3/4 des gegenwärtigen betragen.

Die Summierung der für das zu errichtenden Kraftwerk modellierte externe und interne Dosisleistung wird die während der langen Lebensdauer der zwei Blöcke als Ergebnis ihres Betriebes entstehende Strahlenbelastung auf einzelne Referenz-Landlebewesen sein. Deren Höhe hängt offensichtlich von der Entfernung von den die radioaktive Materialien in die Atmosphäre ausstoßenden Belüftungsschornsteinen ab. Der zu erwartende maximale Wert entsteht reichlich innerhalb des Standortes vom Kernkraftwerk, und derer Höhe wird für die meisten Arten um 0,5 nGy/h liegen. In der nahesten Umgebung des Standortes (dies ist etwa 1,5 km von den Emissionspunkten entfernt) zeigen die Werte sehr geringe, den Auftritt von dem gegenwärtigen Grundniveau nicht mal annähernden Strahlenbelastungen praktisch für alle Referenzlebewesen. Die geschätzte Strahlenbelastung ist primär mit dem Beitrag des bereits seit fast 30 Jahren in Betrieb befindlichen Kraftwerkes zu dem Grundniveau zweckmäßig zu vergleichen. Diese letzteren sind die Dosisleistungen für die Umgebung der Station A4, also für den am nahesten Untersuchungsort, der den Auswirkungen von Paks II. am meisten ausgesetzt ist, festgelegt wurden. Es kann festgestellt werden, dass bezüglich der Auswirkungen des geplanten Kraftwerkes bezogen auf die gegenwärtig arbeitenden Blöcke kein bedeutender Unterschied zeigt. Die beiden Kraftwerke werden auch während des geplanten Anfahrens nur kleineren, weniger als 1-2 % Zuwachs zu der damals noch bestehenden globalen Strahlenbelastung beitragen.

Bezüglich des im Zusammenhang mit den künstlichen Quellen bestehenden Grundniveau muss man noch vermerken, dass dies für das gesamte im Umkreis des Kraftwerkes liegende Gebiet, für das Gebiet zwischen der Hauptstraße 6 und der Donau als gültig zu verstehen ist, weil die Grundlage der Schätzung bildenden Aktivitätskonzentrationen im Boden laut Ergebnisse der diesbezüglichen Messungen bedeutende Unterschiede nicht aufgewiesen haben. Es ist weiterhin auch das zu vermerken, dass die für die einzelnen Artengruppen erhaltenen, wesentliche Unterschiede nicht aufweisenden, und gemessen an dem natürlichen Hintergrund nur etwa 1 % Strahlenbelastung bedeutende Werte zeigen, dass es unter den Arten keine einzige gibt, die durch die Betroffenheit eine erhöhte Aufmerksamkeit verlangte.

In dem Umfeld vom Kernkraftwerk Paks können drei Wasserbiotope durch die Emissionen des Kraftwerkes betroffen sein. Primär das Aufnahmemedium der flüssigen Emissionen, die Donau, und deren unterhalb des Warmwasserkanals befindlicher, einige 100 m langer Abschnitt. Der Kanal selbst ist zwar ein Industrieobjekt, die lebendige Welt - wenn auch in beschränkter Diversität - hat ihn schon lange erobert, zumindest dessen Uferzone. Man kann noch den Kondor-See als abgesonderten Lebensraum ansehen, was ein abgeschnürter alter toter Arm ist, durch die künstlich angelegten Fischeiche kann er aber vorübergehend Kontakt zu dem Warmwasserkanal haben. Von diesen drei Lebensräumen haben wir uns primär auf die Donau konzentriert, weil sie das aufnehmende Medium der flüssigen radioaktiven Emissionen des gegenwärtigen und des geplanten Kraftwerkes sie sein wird.

Das Ergebnis unserer Modellrechnungen mit den angegebenen Emissionsdaten zeigt, dass auch für die sich an dem direkten Eintrittsort des Kühlwassers in die Donau sich aufhaltenden Lebewesen nur ein Zehntelprozent der natürlichen Hintergrundstrahlung zu erwarten ist. Es ist offenkundig, dass in Richtung des Laufs nach unten ist wegen der Verdünnung eine noch geringere Belastung wahrscheinlich gemacht werden kann. In der prognostizierten Normalbetrieb-Belastung im Bereich von 20 pGy/h und 1 nGy/h ist die interne bestimmend.

Organismus	gesamte Dosisleistung, $\mu\text{Gy/h}$				Beitrag von Paks II an gesamter Kraftwerksbelastung % Paks II	Beitrag von Paks II an gesamter künstlichen Belastung % Kernkraftwerk Paks
	Paks II	Kernkraftwerk Paks	global	total		
Amphibien	$9,96 \cdot 10^{-05}$	$5,18 \cdot 10^{-04}$	$5,65 \cdot 10^{-04}$	$1,18 \cdot 10^{-03}$	16,1	8,4
bentischer Fisch	$5,13 \cdot 10^{-04}$	$1,89 \cdot 10^{-03}$	$2,59 \cdot 10^{-03}$	$5,00 \cdot 10^{-03}$	21,3	10,3
Vogel	$6,10 \cdot 10^{-05}$	$5,49 \cdot 10^{-04}$	$2,36 \cdot 10^{-04}$	$8,45 \cdot 10^{-04}$	10,0	7,2
Muschel	$4,90 \cdot 10^{-04}$	$1,61 \cdot 10^{-03}$	$2,48 \cdot 10^{-03}$	$4,57 \cdot 10^{-03}$	23,4	10,7
Krebse	$5,89 \cdot 10^{-04}$	$2,04 \cdot 10^{-03}$	$3,27 \cdot 10^{-03}$	$5,90 \cdot 10^{-03}$	22,4	10,0
Schnecken	$5,26 \cdot 10^{-04}$	$2,32 \cdot 10^{-03}$	$2,75 \cdot 10^{-03}$	$5,60 \cdot 10^{-03}$	18,5	9,4
Insektenlarven	$1,10 \cdot 10^{-03}$	$4,87 \cdot 10^{-03}$	$6,12 \cdot 10^{-03}$	$1,21 \cdot 10^{-02}$	18,5	9,1
Wirbeltiere	$1,49 \cdot 10^{-04}$	$1,09 \cdot 10^{-03}$	$7,89 \cdot 10^{-04}$	$2,02 \cdot 10^{-03}$	12,1	7,4
pelagischer Fisch	$1,00 \cdot 10^{-04}$	$7,05 \cdot 10^{-04}$	$5,19 \cdot 10^{-04}$	$1,32 \cdot 10^{-03}$	12,4	7,6
Phytoplankton	$8,58 \cdot 10^{-05}$	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$2,37 \cdot 10^{-04}$	$8,13 \cdot 10^{-04}$	14,9	10,6
Topflanzen	$3,89 \cdot 10^{-04}$	$1,61 \cdot 10^{-03}$	$2,08 \cdot 10^{-03}$	$10,07 \cdot 10^{-03}$	19,5	9,6
Zooplankton	$3,16 \cdot 10^{-05}$	$1,72 \cdot 10^{-04}$	$5,38 \cdot 10^{-05}$	$2,58 \cdot 10^{-04}$	15,5	12,3

Tabelle 76: Beitrag von Paks II und den vorhandenen künstlichen Quellen zur Strahlenbelastung der Lebewesen im Donauwasser im Jahr 2025.

Obwohl auch für die Projektierung, Errichtung, weiterhin für den Betrieb der Kernkraftwerke mit großer Leistung für energetische Zwecke die hervorragende Sicherheit charakterisiert, theoretisch kann man bedingt durch Materialfehler, Naturkatastrophe, eventuell menschlichen Fehler eintretenden solchen Situationen, wo der Entzug der im Reaktor freigesetzten gewaltigen Energie nicht auf normale, im Betrieb gewöhnliche Art gelöst werden kann, rechnen. Obwohl die Wahrscheinlichkeit des Auftretens solcher Ereignisse sehr gering ist, die Mehrheit der vorstellbaren Schadhaftigkeiten und ihrer Folgen werden bereits während der Planung beachtet, so werden die zu ihrer Handhabung erforderlichen Technologien bereits während der Investition eingebaut.

Heute ist bereits ein unentbehrliches Forderung der Anlegung die nach einem international anerkannten Protokoll durchgeführte Sicherheitsanalyse, die von dem russischen Projektanten nach den sogenannten EUR Empfehlungen entsprechend durchgeführt wurde, so auch die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der möglichen, bedeutenderen Schadhaftigkeiten, weiterhin auch das zu diesen gehörende Inventar der radioaktiven Emission. Die Datenlieferungen der russischen Seite haben mehrere solche Fälle auch detailliert enthalten. Wir haben für einer der Drehbücher der Häufigkeit der Betriebsstörungen mit der Bezeichnung TA4 (Häufigkeit: 10-4-10-6/Jahr) die Schätzung der Auswirkungen auf die lebendige Welt durchgeführt. Eine der Charakteristiken der untersuchten geplanten Betriebsstörung mit sehr geringer Häufigkeit ist, dass es nur atmosphärische Emissionen bewirkt, und dies auch unter kontrollierten Bedingungen erfolgt. Dafür sind zwei Stellen möglich: einerseits der auch für die normalen betrieblichen,

atmosphärischen Emissionen genutzte 100 m hohe Schornstein, andererseits die zu dem Sekundärkreis gehörenden 4 Sicherheit Dampflassventile, die eine Emission in 35 m Höhe bedeutet.

Beim Vergleichen der für die einzelnen Perioden des untersuchten Betriebsereignisses angegebenen Emissionsgeschwindigkeiten konnte festgestellt werden, dass die Isotopen mit kurzer Halbwertszeit ( $t_{1/2}$  ~einige Stunden) praktisch nur am ersten Tag in die Umwelt gelangen. Andererseits hat es sich herausgestellt, dass die eingebaute, und wahrscheinlich automatisch anlaufende Technologie zur Handhabung von Havarien mit gutem Wirkungsgrad die in elementarem Zustand befindlichen, aber über längerer Halbwertszeit verfügenden Jodisotope zurückhält, weiterhin z.B. auch die Cs Isotope. Von den Emissionen in die Atmosphäre macht 99,5 % das Edelgas  $^{133}\text{Xe}$  aus, der entscheidende Teil dessen gelangt durch den 100 m hohen Lüftungsschornstein in die Umwelt. Die Emission der an dem gemessen mit einer wesentlich längerer Halbwertszeit verfügenden Cäsiumisotope gelangt in 99 % auf 35 m Höhe, und laut der Daten beschränkt sich dieses nur auf den Ersten Tag des Ereignisses. Was die ausgestoßene Aktivität betrifft, dies ist Zehnmillionster Teil des Xenon, und annähernd gleich mit der während des Normalbetriebes innerhalb von 1 Jahr ausgestoßenen Cäsiumaktivität. Die Bedeutung dessen besteht darin, dass wegen der für halben/ganzen Tag charakteristischen ständigen Windrichtung die Verseuchung des Bodens aus der Sedimentation (eben der vorherrschenden Windrichtung entsprechend) nur in einem schmalen Streifen entsteht. In der Umgebung von Paks weht der Wind am häufigsten von NW, so kann das von dem Kraftwerk nach SO liegendes, meist landwirtschaftlich genutztes Gebiet beim tatsächlichen Vorkommen eines solchen Ereignisses betroffen sein.

Zur Schätzung der Auswirkung bezüglich der Landlebewesen haben wir den Weg der an den Emissionspunkten sich entfernenden radioaktiven Wolken, deren Ausdehnung, bzw. der daraus erfolgenden Sedimentation für die Umwelt von Paks für die auch gegenwärtig im Betrieb befindlichen Blöcke angefertigte, für ähnliche Analysen benutzten Wettersituationen modelliert. Dieser Zustand von der Kategorie Pasquill D (Höhenposition der Inversionsschicht: 560 m), in 120 m Höhe weht der Wind mit 5 m/s, und während der ganzen Zeit des Ereignisses herrscht regnerisches Wetter. Diese letztere Annahme transportiert eine bedeutende Konservativität in das Modell, weil die trockene Sedimentation (Ausfall) wird durch die Auswaschwirkung des Niederschlages wesentlich überboten, so wird die von der frischen Radioaktivität stammende zusätzliche Dosisleistung des Bodens überschätzt.

Im Interesse der Beurteilung der frühen Auswirkung haben wir das während der ersten zehn Tage ausgestoßene radioaktive Material extra behandelt, und wir haben mit einem stets aus einer Richtung wehenden Wind kalkuliert. Wir haben die radioaktiven Konzentrationen um den Emissionspunkt (Luft, Boden), weiterhin die von den radioaktiven Wolken stammende Dosisleistung zwischen der Emissionsstelle und einer Entfernung von 20 km insgesamt an 20 unterschiedlichen Entfernungen mit einem für die Simulation der Ausbreitung in der Atmosphäre geeigneten Programm simuliert. Die Ergebnisse zeigten, dass für das aus dem 35 m hohen Schornstein freigesetzte Material das Maximum der Konzentration reichlich innerhalb des Standortes liegt, im Falle des 100 m hohen Belüftungsschornsteines auch bei der wahrscheinlichsten Windrichtung bleibt es innerhalb des Standortes.

Isotop	von 100 m hohen Emissionspunkt stammende durchschnittliche Aktivitätskonzentration			von 35 m hohen Emissionspunkt stammende durchschnittliche Aktivitätskonzentration		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
<b>Luft, Bq/m<sup>3</sup></b>						
<sup>85m</sup> Kr	3,74·10 <sup>-40</sup>	3,50·10 <sup>-03</sup>	1,46·10 <sup>-01</sup>	3,30·10 <sup>-03</sup>	2,66·10 <sup>-02</sup>	5,62·10 <sup>-03</sup>
<sup>87</sup> Kr	1,72·10 <sup>-40</sup>	1,60·10 <sup>-03</sup>	6,62·10 <sup>-02</sup>	1,52·10 <sup>-03</sup>	1,21·10 <sup>-02</sup>	2,49·10 <sup>-03</sup>
<sup>88</sup> Kr	7,06·10 <sup>-40</sup>	6,79·10 <sup>-03</sup>	3,02·10 <sup>-01</sup>	5,98·10 <sup>-03</sup>	5,10·10 <sup>-02</sup>	1,21·10 <sup>-02</sup>
<sup>131</sup> I	3,50·10 <sup>-41</sup>	3,29·10 <sup>-04</sup>	1,37·10 <sup>-02</sup>	4,03·10 <sup>-02</sup>	3,24·10 <sup>-01</sup>	6,79·10 <sup>-02</sup>
<sup>132</sup> I	7,20·10 <sup>-43</sup>	6,73·10 <sup>-06</sup>	2,79·10 <sup>-04</sup>	1,08·10 <sup>-03</sup>	8,58·10 <sup>-03</sup>	1,75·10 <sup>-03</sup>
<sup>133</sup> I	5,69·10 <sup>-42</sup>	5,31·10 <sup>-05</sup>	2,22·10 <sup>-03</sup>	6,78·10 <sup>-03</sup>	5,45·10 <sup>-02</sup>	1,14·10 <sup>-02</sup>
<sup>133</sup> Xe	3,78·10 <sup>-37</sup>	3,55·10 <sup>00</sup>	1,49·10 <sup>02</sup>	3,34·10 <sup>00</sup>	2,71·10 <sup>01</sup>	5,77·10 <sup>00</sup>
<sup>134</sup> Cs	2,41·10 <sup>-45</sup>	2,26·10 <sup>-08</sup>	9,44·10 <sup>-07</sup>	2,11·10 <sup>-04</sup>	1,70·10 <sup>-03</sup>	3,58·10 <sup>-04</sup>
<sup>134</sup> I	9,02·10 <sup>-44</sup>	8,35·10 <sup>-07</sup>	3,41·10 <sup>-05</sup>	1,80·10 <sup>-04</sup>	1,42·10 <sup>-03</sup>	2,79·10 <sup>-04</sup>
<sup>135</sup> I	7,80·10 <sup>-43</sup>	7,28·10 <sup>-06</sup>	3,03·10 <sup>-04</sup>	9,87·10 <sup>-04</sup>	7,90·10 <sup>-03</sup>	1,64·10 <sup>-03</sup>
<sup>135</sup> Xe	1,28·10 <sup>-39</sup>	1,20·10 <sup>-02</sup>	5,04·10 <sup>-01</sup>	1,13·10 <sup>-02</sup>	9,17·10 <sup>-02</sup>	1,95·10 <sup>-02</sup>
<sup>137</sup> Cs	8,99·10 <sup>-46</sup>	9,80·10 <sup>-09</sup>	5,13·10 <sup>-07</sup>	8,69·10 <sup>-05</sup>	9,03·10 <sup>-04</sup>	2,41·10 <sup>-04</sup>
<sup>138</sup> Xe	2,82·10 <sup>-41</sup>	2,59·10 <sup>-04</sup>	1,03·10 <sup>-02</sup>	2,38·10 <sup>-04</sup>	1,85·10 <sup>-03</sup>	3,53·10 <sup>-04</sup>
<b>Boden, Bq/kg</b>						
<sup>131</sup> I	3,41·10 <sup>01</sup>	6,80·10 <sup>00</sup>	2,29·10 <sup>00</sup>	6,98·10 <sup>01</sup>	2,31·10 <sup>01</sup>	6,33·10 <sup>00</sup>
<sup>132</sup> I	1,45·10 <sup>-02</sup>	2,87·10 <sup>-03</sup>	9,89·10 <sup>-04</sup>	3,90·10 <sup>-02</sup>	1,67·10 <sup>-02</sup>	4,19·10 <sup>-03</sup>
<sup>133</sup> I	1,03·10 <sup>00</sup>	2,05·10 <sup>-01</sup>	6,92·10 <sup>-02</sup>	2,19·10 <sup>00</sup>	7,62·10 <sup>-01</sup>	2,06·10 <sup>-01</sup>
<sup>134</sup> Cs	3,49·10 <sup>-03</sup>	6,95·10 <sup>-04</sup>	2,43·10 <sup>-04</sup>	5,37·10 <sup>-01</sup>	1,29·10 <sup>-01</sup>	3,92·10 <sup>-02</sup>
<sup>134</sup> I	6,89·10 <sup>-04</sup>	1,36·10 <sup>-04</sup>	4,78·10 <sup>-05</sup>	2,51·10 <sup>-03</sup>	1,27·10 <sup>-03</sup>	2,96·10 <sup>-04</sup>
<sup>135</sup> I	4,51·10 <sup>-02</sup>	8,94·10 <sup>-03</sup>	3,03·10 <sup>-03</sup>	1,02·10 <sup>-01</sup>	3,87·10 <sup>-02</sup>	1,02·10 <sup>-02</sup>
<sup>137</sup> Cs	1,30·10 <sup>-03</sup>	3,02·10 <sup>-04</sup>	1,32·10 <sup>-04</sup>	2,21·10 <sup>-01</sup>	6,88·10 <sup>-02</sup>	2,66·10 <sup>-02</sup>

Tabelle 77: Oberflächen- und oberflächennahe Aktivitätskonzentrationen in Abhängigkeit der Entfernung aus 10 Tagesemissionen.

Die für die einzelnen Lebewesen auf der Grundlage der radioaktiven Konzentrationen geschätzte Dosisleistung unmittelbar außerhalb des Standortes beträgt typischerweise einige nGy/h, es ist kaum 1 % des für die natürliche Strahlenbelastung typischen Wertes. Wenn wir in der Modellrechnung auch die Emissionsdynamik der frühen Phase in Betracht ziehen (Isotopen mit kurzer Halbwertszeit praktisch nur während des ersten Tages in die Umwelt gelangen), dann ergeben sich für den ersten Tag für alle Lebewesen zwar höhere Dosisleistungen (5-10 % der natürlichen Hintergrund-Strahlenbelastung), aber während der diesem Tag folgenden 9 Tagen dominiert bedingt durch die früher auf den Boden sedimentierten radioaktiven Materialien (Cäsium- und Jodisotopen) stammende Strahlenbelastung.

Aufgrund der zahlenmäßigen Ergebnisse kann es festgestellt werden, dass das behandelte Betriebsereignis mit der Einstufung TA4 - auch bei als ungünstig angesehenen meteorologischen Bedingungen - bezüglich der Auswirkung neutral für die Lebewesen des Umfeldes ist. Dies bedeutet gleichzeitig auch das, dass wir nicht von einem Auswirkungsgebiet wegen der frühen Folgen der Emission durch die Betriebsstörung sprechen können.

Die Beurteilung der späten Wirkungen der untersuchten Betriebsstörung erfolgte auf der Grundlage der Nutzung der für 30 Tage angegebenen Daten der Emissionen bei bereits früher erwähnten meteorologischen Bedingungen. Der Wind wehte weiterhin in die am Anfang der Betriebsstörung festgestellte Richtung, der Regen fällt unverändert. Diese Annahmen bewirken eine ziemlich stark konservative Einschätzung, weil das gesamte ausgestoßene radioaktive Material sich in eine Richtung bewegt, die Auswirkung ist nur in einem schmalen Streifen zu erwarten.

Isotop	von 100 m hohen Emissionspunkt stammende durchschnittliche			von 35 m hohen Emissionspunkt stammende durchschnittliche		
	100 m	500 m	1500 m	100 m	500 m	1500 m
<b>Luft, Bq/m<sup>3</sup></b>						
<sup>85m</sup> Kr	1,25·10 <sup>-40</sup>	1,17·10 <sup>-03</sup>	4,89·10 <sup>-02</sup>	1,10·10 <sup>-03</sup>	8,85·10 <sup>-03</sup>	1,87·10 <sup>-03</sup>
<sup>87</sup> Kr	5,70·10 <sup>-41</sup>	5,31·10 <sup>-04</sup>	2,20·10 <sup>-02</sup>	5,06·10 <sup>-04</sup>	4,04·10 <sup>-03</sup>	8,30·10 <sup>-04</sup>
<sup>88</sup> Kr	2,36·10 <sup>-40</sup>	2,27·10 <sup>-03</sup>	1,01·10 <sup>-01</sup>	1,99·10 <sup>-03</sup>	1,70·10 <sup>-02</sup>	4,03·10 <sup>-03</sup>
<sup>131</sup> I	1,87·10 <sup>-41</sup>	1,75·10 <sup>-04</sup>	7,32·10 <sup>-03</sup>	2,09·10 <sup>-02</sup>	1,68·10 <sup>-01</sup>	3,52·10 <sup>-02</sup>
<sup>132</sup> I	2,41·10 <sup>-43</sup>	2,24·10 <sup>-06</sup>	9,28·10 <sup>-05</sup>	3,60·10 <sup>-04</sup>	2,87·10 <sup>-03</sup>	5,85·10 <sup>-04</sup>
<sup>133</sup> I	1,89·10 <sup>-42</sup>	1,77·10 <sup>-05</sup>	7,38·10 <sup>-04</sup>	2,26·10 <sup>-03</sup>	1,81·10 <sup>-02</sup>	3,78·10 <sup>-03</sup>
<sup>133</sup> Xe	1,69·10 <sup>-37</sup>	1,58·10 <sup>+00</sup>	6,65·10 <sup>01</sup>	1,51·10 <sup>00</sup>	1,22·10 <sup>01</sup>	2,61·10 <sup>00</sup>
<sup>134</sup> Cs	8,05·10 <sup>-46</sup>	7,53·10 <sup>-09</sup>	3,15·10 <sup>-07</sup>	7,04·10 <sup>-05</sup>	5,67·10 <sup>-04</sup>	1,19·10 <sup>-04</sup>
<sup>134</sup> I	3,00·10 <sup>-44</sup>	2,78·10 <sup>-07</sup>	1,14·10 <sup>-05</sup>	6,03·10 <sup>-05</sup>	4,73·10 <sup>-04</sup>	9,28·10 <sup>-05</sup>
<sup>135</sup> I	2,60·10 <sup>-43</sup>	2,42·10 <sup>-06</sup>	1,01·10 <sup>-04</sup>	3,28·10 <sup>-04</sup>	2,64·10 <sup>-03</sup>	5,46·10 <sup>-04</sup>
<sup>135</sup> Xe	4,29·10 <sup>-40</sup>	4,02·10 <sup>-03</sup>	1,69·10 <sup>-01</sup>	3,77·10 <sup>-03</sup>	3,06·10 <sup>-02</sup>	6,52·10 <sup>-03</sup>
<sup>137</sup> Cs	3,00·10 <sup>-46</sup>	3,28·10 <sup>-09</sup>	1,71·10 <sup>-07</sup>	2,90·10 <sup>-05</sup>	3,01·10 <sup>-04</sup>	8,06·10 <sup>-05</sup>
<sup>138</sup> Xe	9,06·10 <sup>-42</sup>	8,33·10 <sup>-05</sup>	3,32·10 <sup>-03</sup>	7,94·10 <sup>-05</sup>	6,16·10 <sup>-04</sup>	1,18·10 <sup>-04</sup>
<b>Boden, Bq/kg</b>						
<sup>131</sup> I	2,90·10 <sup>01</sup>	5,81·10 <sup>00</sup>	1,95·10 <sup>00</sup>	5,78·10 <sup>01</sup>	1,85·10 <sup>01</sup>	5,13·10 <sup>00</sup>
<sup>132</sup> I	4,81·10 <sup>-03</sup>	9,57·10 <sup>-04</sup>	3,30·10 <sup>-04</sup>	1,30·10 <sup>-02</sup>	5,58·10 <sup>-03</sup>	1,40·10 <sup>-03</sup>
<sup>133</sup> I	3,42·10 <sup>-01</sup>	6,82·10 <sup>-02</sup>	2,31·10 <sup>-02</sup>	7,30·10 <sup>-01</sup>	2,54·10 <sup>-01</sup>	6,87·10 <sup>-02</sup>
<sup>134</sup> Cs	3,46·10 <sup>-03</sup>	6,90·10 <sup>-04</sup>	2,40·10 <sup>-04</sup>	5,32·10 <sup>-01</sup>	1,28·10 <sup>-01</sup>	3,88·10 <sup>-02</sup>
<sup>134</sup> I	2,29·10 <sup>-04</sup>	4,52·10 <sup>-05</sup>	1,60·10 <sup>-05</sup>	8,38·10 <sup>-04</sup>	4,21·10 <sup>-04</sup>	9,87·10 <sup>-05</sup>
<sup>135</sup> I	1,50·10 <sup>-02</sup>	2,98·10 <sup>-03</sup>	1,01·10 <sup>-03</sup>	3,40·10 <sup>-02</sup>	1,29·10 <sup>-02</sup>	3,38·10 <sup>-03</sup>
<sup>137</sup> Cs	1,31·10 <sup>-03</sup>	3,03·10 <sup>-04</sup>	1,32·10 <sup>-04</sup>	2,22·10 <sup>-01</sup>	6,89·10 <sup>-02</sup>	2,66·10 <sup>-02</sup>

Tabelle 78: Oberflächen- und oberflächennahe Aktivitätskonzentrationen in Abhängigkeit der Entfernung aus 30 Tagesemissionen

Laut Ergebnis der Modellierung wird die von den auf den Boden sedimentierten radioaktiven Materialien stammende Dosisleistung außerhalb des Standortes bestimmend sein, wozu den entscheidenden Beitrag der Ausfall von der Emission aus 35 m Höhe beisteuert. Die geschätzten Werte der Dosisleistungen selbst sind auch in diesem Falle charakteristischerweise gering, in dem Umfeld des Kraftwerkes erreicht er für kein einziges Lebewesen 10 % der natürlichen Hintergrund-Strahlenbelastung.

Es kann also auch bezüglich der späten Wirkung festgestellt werden, dass das untersuchte Betriebsereignis mit der Einstufung TA4 bezüglich seiner Auswirkung neutral für die Biosphäre der umliegenden Gegend ist. An dieser Stelle muss es besonders hervorgehoben werden, dass die während des Ereignisses durchgängig als unverändert betrachtete Wetterlage die weitestgehend ableitbaren Auswirkung erzielt haben, weil die gesamte ausgestoßenen Radioaktivität sich auf einen relativ schmalen Streifen beschränkt haben. Wenn wir diesen Konservatismus noch dadurch weitersteigern, dass die wir die Summe der Auswirkungen der beiden Emissionspunkte der geschätzten Dosisleistungen als Belastung auf die Biosphäre betrachten, dann erhöht sich die zu erwartende Auswirkung höchstens bei einzelnen Lebewesen um das Doppelte, aber auch noch diese bleibt reichlich innerhalb von 10 % des natürlichen Niveaus. Dies bedeutet das, dass wir als Folge des Betriebsereignisses nicht von einer nachweisbaren Auswirkung, so auch von keinem Wirkungsgebiet sprechen können.

## 23 MAßNAHMEN ZUR VORBÄUGUNG VON UNFÄLLEN MIT UMWELTEINFLUSS, UND BEIM VORFALL SOLCHER, MAßNAHMEN ZUR VERRINGERUNG DER UMWELTEINFLÜSSE

Der Plan zur Handhabung und Maßnahmen zu umfangreichen Gefahrensituationen wird zur Vorbeugung von allgemeinen Gefahrensituationen und Unfällen mit Umwelteinflüssen, bzw. im Falle ihres Eintretens für Maßnahmen zu der Senkung der Auswirkungen auf die Umwelt enthalten. Dieser Plan wird in einer späteren Phase des Genehmigungsverfahrens fertiggestellt, und er entspricht dem Plan zur Handhabung und Maßnahmen von umfangreichen Gefahrensituationen (ÄVIT) der Praxis des gegenwärtigen Atomkraftwerkes Paks. In diesem Plan werden



wir dann die zur Handhabung von auch die neuen Blöcke betreffenden, oder potentiall betreffenden Maßnahmen bezüglich Notsituationen (Notsituation in der nuklearen Anlage, radiologische Notsituationen, Natur- und industriellen Katastrophen, Brände, sonstige Unregelmäßigkeiten) detailliert schildern, die dann für das die Beseitigung durchführende Personal und für die im landesweiten System arbeitenden zusammenarbeitenden Partner einen komplexen Plan zur Verhinderung des Eintreffens des Unfalls, zur Beseitigung des eingetretenen Ereignisses und zur Minderung der Auswirkungen enthält.

Der Besitzer der Genehmigung wird während des Betriebes der neuen Blöcke zur Verhinderung der Umweltauswirkungen von Unfällen mit Austritt von radioaktiven Materialien, bzw. im Falle der eingetretenen Unfälle, zur Beseitigung und zur Minderung der Folgen der Umweltauswirkungen der Praxis des gegenwärtigen Kernkraftwerkes Paks entsprechend einen Abwehr- und Maßnahmenplan bezüglich nuklearen Unfälle (NBEIT) nutzen. Der NBEIT wird für die Handhabung, Abwendung und Beseitigung von auch das Gebiet der neuen Blöcke betreffenden außerordentlichen Ereignissen und Unfällen in der nuklearen und radiologischen Anlage so formulieren, dass für das die Abwehr durchführende Personal bezüglich aller Fassetten der eingetretenen Situation ein Plan zur Handhabung zur Verfügung steht. Der Plan wird als Ursache der Auslösung der außerordentlichen Ereignisse und Notsituationen in nuklearen Anlagen und der Radiologie sowohl auf die internen als auch auf die externen Ursachen zurückführbaren Ereignisse beachten. Das System für Strahlenschutz- und technologische Maßnahmen des NBEIT sichert die Verhinderung der Ausbreitung von Auswirkungen der radiologischen Einflüsse, so ist es was wirksamste Mittel der Minderung der gesundheitlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen. Die Anwendung dieser Maßnahmen in dem Kernkraftwerk Paks wird in einem von der nuklearen Behörde regelmäßig kontrollierten System verwirklicht, in Bezug auf die neuen Blöcke wird der Besitzer der Genehmigung dies als Grundlage für die Errichtung und den Betrieb seines eigenen Systems betrachten. Der zu errichtende System wird seiner in der Vorbeugung von Unfällen und Handhabung der entstandenen Umweltsituationen, in der Drosselung der Auswirkungen gespielten Rolle entsprechend die Schutz- und Abwendungsfunktionen in Anlehnung zum Landesplan der Maßnahmen zur Vermeidung von Nuklearunfällen verwirklichen.

## 24 ZUSAMMENFASSUNG

Am 14. Januar 2014. hat die Regierung von Ungarn mit der Regierung der Russischen Föderation eine Vereinbarung zur Erneuerung des vor Jahrzehnten von den beiden Ländern unterzeichneten Vertrages der Nuklearen Zusammenarbeit unterzeichnet. Die Vereinbarung der beiden Regierungen hat das Parlament in dem Gesetz Nr. II. vom 2014. über die Verkündung der durchzuführenden Zusammenarbeit im Bereich der Vereinbarung der Regierung von Ungarn und der Regierung der Russischen Föderation über die friedliche Nutzung der nuklearen Energie verabschiedet. Auf der Basis der Vereinbarung werden in der Ausführung der zuständigen russischen Behörde als Hauptauftragnehmer zwei neue Blöcke mit der Leistung von 1.200 MW errichtet.

Zielsetzung der Investition ist die Produktion von elektrischem Strom zur öffentlichen Verwendung mit modernen, zur III-Generation gehörenden, Druckwasser-Kernkraftwerkblöcken mit einer Lebensdauer von 60 Jahren laut des Taktplanes der Nationalen Energiestrategie mit einem für die Jahre 2025 und 2030 geplanten geschäftsmäßigen Start des Betriebes.

Die Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung von Paks II. vorstellende und zusammenfassende Studie der Umweltverträglichkeitsprüfung (KHT) hat von den in dem Vorausgelagerten Konsultationsdokument (EKD) in Betracht gezogenen Varianten die zur Verwirklichung ausgewählte russische Kernkraftwerktechnologie, weiterhin ihre wichtigsten Begleitanlagen, die Entnahme vom Kühlwasser und das Einleiten des erwärmten Wassers in die Donau, weiteres den Transport der in dem Kraftwerk erzeugten elektrischen Stromes sichernden Blockleitungen bezüglich der Beurteilbarkeit der bedeutenden Umweltauswirkungen untersucht.

Zur Erhebung der Grundbelastung der Umweltselemente/-Systeme, des gegenwärtigen Zustandes der Umwelt und auf dieser Grundlage zur Charakterisierung, Bewertung des Zustandes wurden auf dem Gebiet der Errichtung der geplanten Kernkraftwerksblöcke, weiterhin auf den laut der vorher geschätzten Auswirkungsgebieten von 01. März 2012. beginnend, entschieden 2012, in einigen Fällen auch 2013 Untersuchungen und Analysen durchgeführt.

*Der mehrmonatige Prozess der Umweltverträglichkeitsprüfung des Kernkraftwerkes Paks II. erfolgte - all diese beachtend - auf der Grundlage des Systems der technischen Bedingungen und der Planzeichnung der Errichtung.*

*Wir haben sowohl bei der Festlegung der Auswirkungsfaktoren, als auch bei der Errechnung der ausgelösten Wirkungen, während der Modellierung die höchsten Umwelteinflüsse auslösenden Faktoren als Grundlage genommen, dabei haben wir über die Gesichtspunkte des Umweltschutzes hinaus auch das konservative Leitprinzip des Herangehens des Regelwerkes der Nuklearen Sicherheit auch vor Augen behalten.*

Die Umweltverträglichkeitsstudie von Paks II. erstreckt sich auf die folgenden Themenkreise:

- ❖ Detaillierte Bekanntgabe der geplanten Kernkraftwerkinvestition, Vorstellung der technologischen Grunddaten,
  - Volumen der Tätigkeit, der zu erwartende Zeitpunkt und die Dauer des Beginns der Errichtung und des Betriebes,
  - Beschreibung der Verwirklichung der geplanten Technologie,
  - Aufzählung und Standort der zur Verwirklichung der Tätigkeit erforderlichen Anlagen,
  - Sicherstellung der Wasserversorgung,
  - Behandlung des während der Realisierung entstehenden Abfälle und Abwasserbehandlung,
  - Hauptkennziffer des Materialeinsatzes,
  - Größenordnung des zu der Tätigkeit erforderlichen Gütertransportes und der Personalbeförderung,
- ❖ Vorstellung des ausgewählten Standortes der Errichtung, weiterhin seiner näheren und entfernteren Umgebung, des Ortes der Tätigkeit und ihr Flächenbedarf, Vorstellung der Planzeichnung der Errichtung
- ❖ Angabe, Berechnung der von der Kraftwerkstechnologie ausgehenden Umwelteinflüsse auf einzelne Elemente und Systeme der Umwelt,
- ❖ Festlegung der Grenzen der Auswirkungsgebiete der geplanten Investition,

❖ Vorstellung der Auswirkungen über die Landesgrenzen hinaus.

Die Umweltverträglichkeitsstudie von Paks II. hat hinsichtlich der einzelnen Umweltelemente, bzw. -Systeme analysiert und bewertet, wie es in den verschiedenen Perioden der Investition sich meldenden Wirkungsfaktoren welche Auswirkungsprozesse, Auswirkungen generieren, und wie ist die territoriale Ausdehnung von diesen, also ihr Wirkungsgebiet.

Die Bewertung der Auswirkungen erfolgte auf der Basis der Verfolgung der logischen Prozesses der Auswirkungsfaktoren → Auswirkungsprozesse → Objekte der Auswirkungen (der von den Auswirkungen Betroffenen), dabei wurde die Grundbelastung der Umweltelemente/Systeme auf dem Gebiet des geplanten Objektes, weiterhin die zu erwartenden Veränderungen des Umwelt- und Naturzustands (z.B. Klimaänderungen) während der gesamten Lebensdauer von Paks II. beachtet.

Während der Untersuchung der Auswirkungen haben wir die Wirkungsfaktoren der neuen Kernkraftwerksblöcke und der angeschlossenen Anlagen nach Bau/Montage, Betrieb, weiterhin nach Stilllegung untersucht, aufgrund der zu beanspruchenden Gebiete wurden die einzelnen Epochen nach der am meisten charakteristischen Gruppen der Wirkfaktoren gruppiert. In Anbetracht des Charakters der Anlage haben wir von den einzelnen Wirkfaktoren die Emissionen und Abfälle nach traditionellen, nicht radioaktiven, weiterhin nach radioaktiven Wirkungsgruppen eingeteilt, u.zw. nach den folgenden:

- ❖ *Belastung der Umweltelemente,*
- ❖ *Emission von Verunreinigungsmaterialien und Abfällen,*
  - *Entstehung und Behandlung von traditionellen, nicht radioaktiven Emissionen,*
  - *Entstehung und Behandlung von radioaktiven Emissionen und radioaktiven Abfällen,*
- ❖ *ausgebrannte Brennelementen-Kassetten*
  - *Behandlung, Lagerung der von der Reaktorzone ausgehobenen Brennelementen-Kassetten.*

Die Umwelteinflüsse des im Betrieb befindlichen Kernkraftwerkes Paks charakterisiert bereits der während der Auswirkungssanalyse durch detaillierte Messungen, Berechnungen bestimmter Grundzustand der Umwelt als Teil deren. Die Auswirkungen des gemeinsamen Betriebes bedingt durch die Verlängerung der Betriebszeit vom Kernkraftwerk Paks haben wir unter Beachtung des zu der Zeit zu erwartenden Zustandes der Umwelt untersucht.

Als Zusammenfassung haben wir auch auf der Landkarte das zusammengefasste Auswirkungsgebiet der Einflüsse eingegrenzt, was sich aus der Summierung der einzelnen Auswirkungsgebiete der Fachbereiche, durch Darstellung der äußersten Konturenlinien der einzelnen Auswirkungsgebiete ergab.

Auf der Grundlage der detaillierten Analysen der Umweltverträglichkeitsprüfung betrifft die Errichtung von Paks II. das Gebiet von den Siedlungen Dunaszentbenedek und Paks, und der Betrieb von Paks II. das Gebiet von den Siedlungen Dunaszentbenedek, Paks und Uszód.

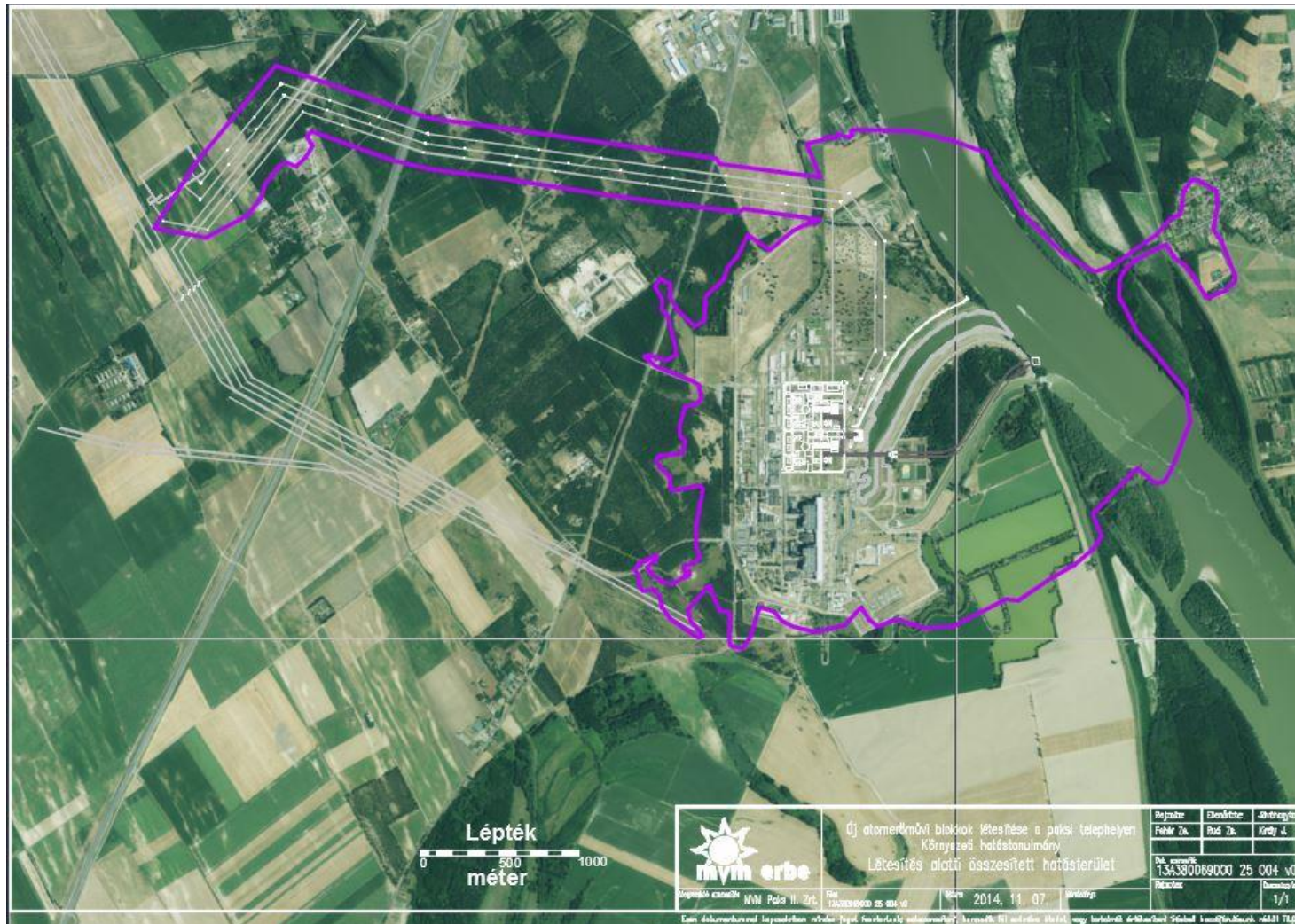
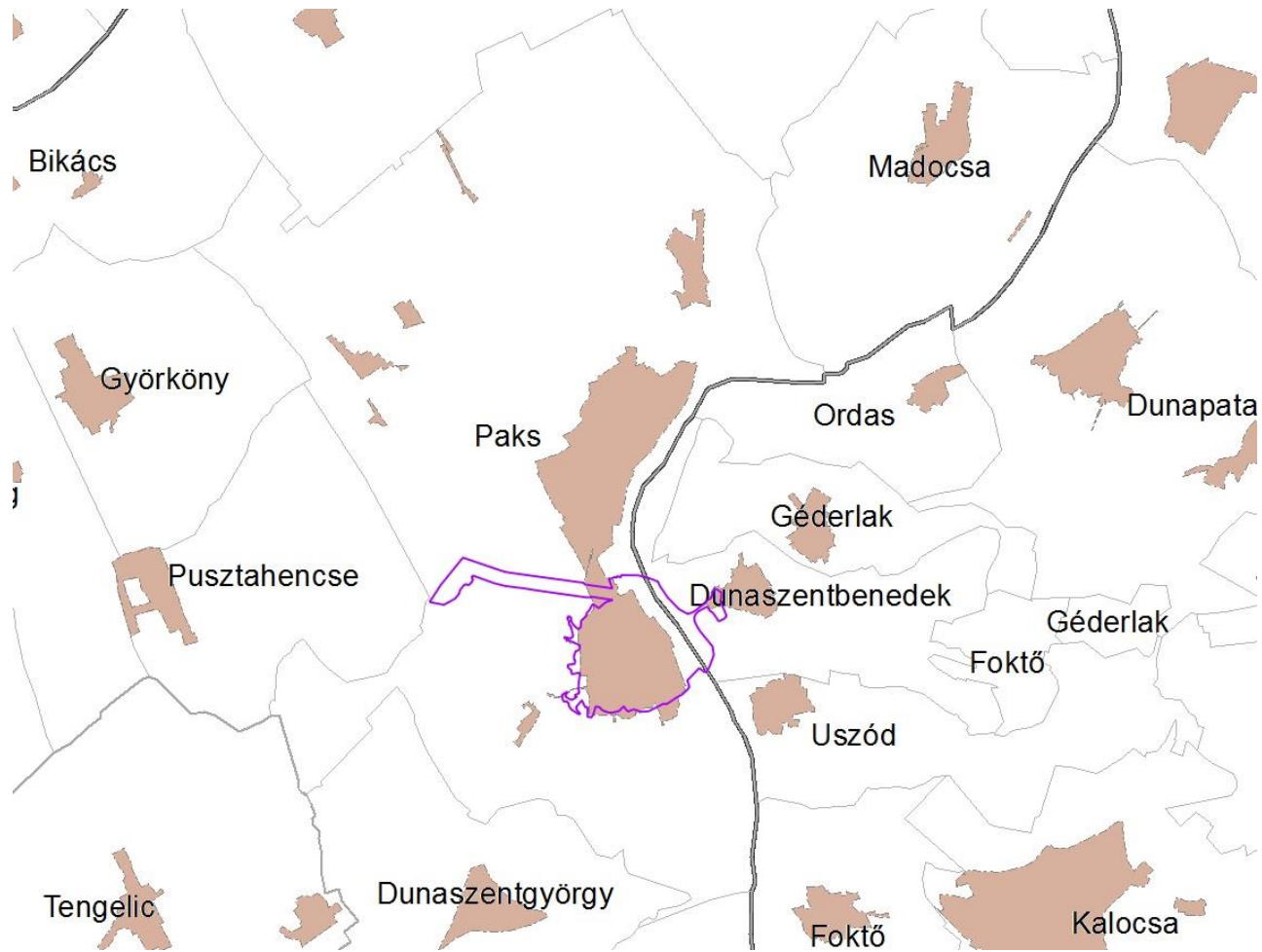


Abbildung 105: Summierter Auswirkungskreis der Errichtung von Paks II



Quelle: [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_kozigazgatas/MapServer/WMSServer](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMSServer)

Abbildung 106: Summierter Auswirkungskreis der Errichtung von Paks II mit Verwaltungsgrenzen



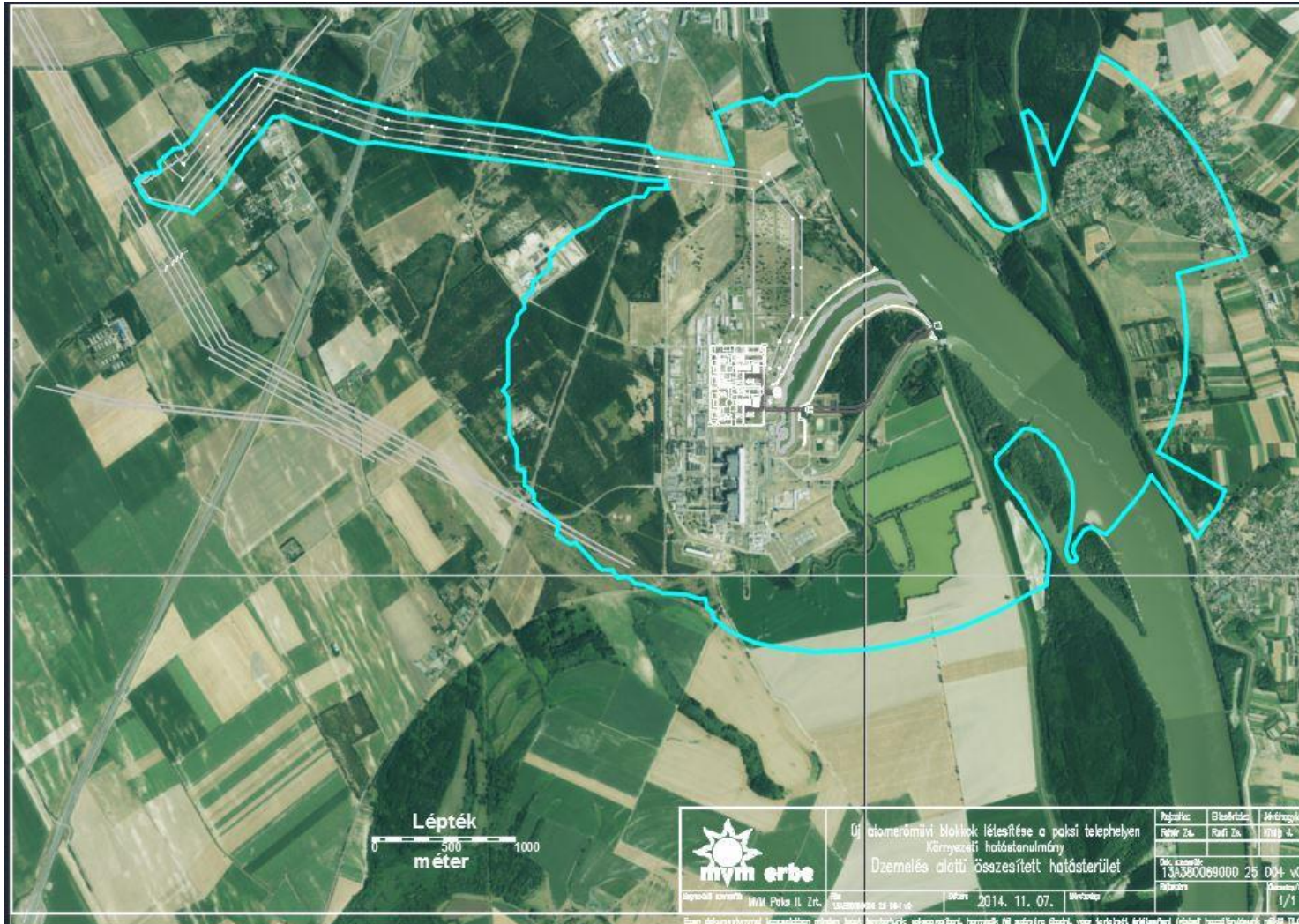
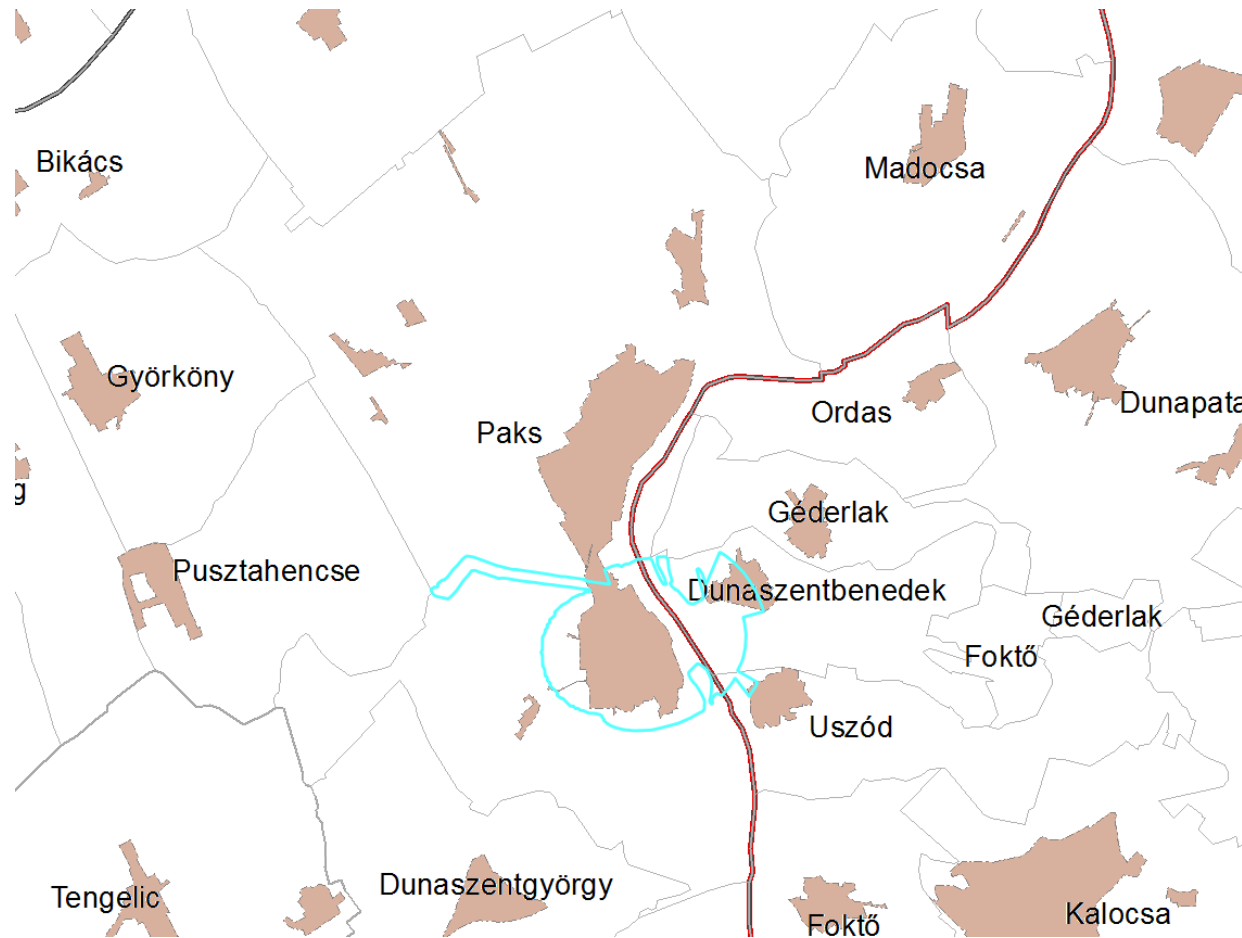


Abbildung 107: Summierter Auswirkungskreis des Betriebs von Paks II





Quelle: [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server)

Abbildung 108: Summierter Auswirkungskreis des Betriebs von Paks II mit Verwaltungsgrenzen

Der Betrieb von Paks II. betrifft die Gebiete von Dunaszentbenedek, Paks und Uszód.

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése - Előzetes Konzultációs Dokumentáció, PÖYRY ERŐTERV Zrt, 2011.01.31. [MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Errichtung von neuen Kernkraftwerkblöcken - Vorherige Konsultationsdokumentation]
- [2] [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_corine2006/MapServer/WMS/Server](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_corine2006/MapServer/WMS/Server)
- [3] [http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR\\_GIS/teirgis\\_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server](http://gis.teir.hu/arcgis/services/TeIR_GIS/teirgis_kozigazgatas/MapServer/WMS/Server)
- [4] <http://nuclearinfo.net/Nuclearpower/CurrentReactors>
- [5] [http://theresilientearth.com/files/images/european\\_nuc\\_plants.jpg](http://theresilientearth.com/files/images/european_nuc_plants.jpg)
- [6] [http://www.animatedsoftware.com/hotwords/nuclear\\_reactor/nuclear\\_reactor.htm](http://www.animatedsoftware.com/hotwords/nuclear_reactor/nuclear_reactor.htm)
- [7] Nagy Sándor, Nukleáris kapacitás fenntartás, Engedélyezési feladatok, Budapest, 2014.04.23. [Sándor Nagy, Aufrechterhaltung von nuklearen Kapazitäten, Aufgaben der Genehmigungsverfahren]
- [8] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése, Előzetes konzultációs dokumentáció, PÖYRY ERŐTERV, 2011.04.15. [MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Errichtung von neuen Kernkraftwerkblöcken - Vorherige Konsultationsdokumentation]
- [9] dr. Czibolya László, Magyar Atomfórum Egyesület, Paksi Atomerőmű III. Az atomerőmű biztonsága, 2013. [Verein des Ungarischen Atomforums, Kernkraftwerk II. von Paks, Sicherheit des Kernkraftwerkes]
- [10] dr. Gadó János, A biztonság fogalma és mérhetősége [Begriff und Messbarkeit der Sicherheit]
- [11] dr. Lux Iván, Országos Atomenergia Hivatal, Az atomenergia-felhasználás szabályozásának jogi rendszere [Landesamt für Kernenergie, Rechtssystem der Regelung der Nutzung von Atomenergie]
- [12] Országos Atomenergia Hivatal 1.48. sz. útmutató, Útmutató az INES besorolás elvégzéséhez nukleáris és radiológiai események kapcsán Verzió száma: 2. 2013. április [Landesamt für Kernenergie, Leitfaden Nr. 1.48, Leitfaden zur Durchführung der INES Einstufung infolge von nuklearen und radiologischen Ereignissen, Versionsnummer: 2. April 2013.]
- [13] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Új atomerőművi blokkok létesítése, Előzetes konzultációs dokumentáció, PÖYRY ERŐTERV, 2012.10.05. [MVM Magyar Villamos Művek Zrt. Errichtung von neuen Kernkraftwerkblöcken - Vorherige Konsultationsdokumentation]
- [14] <http://atomeromu.hu/download/1450/A%20tervezett%20blokkok%20helye.jpg>
- [15] Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk; Végleges Biztonsági jelentés 2013 [Kernkraftwerk Paks Zrt. 1-4. Blöcke, Endgültiger Sicherheitsbericht 22013]
- [16] Dr. Csom Gyula, Atomerőművek, Magyar Atomfórum Egyesület, Budapest, 2004. június [Dr. Gyula Csom, Kernkraftwerke, Verein Ungarisches Atomforum, Budapest, Juni 2004.]
- [17] Kibocsátás- és környezetellenőrzés a Paksi Atomerőműben, Dr. Bujtás Tibor, Debrecen, 2009.09.04. [Emission und Umweltkontrolle in dem Kernkraftwerk Paks, Dr. Tibor Bujtás, Debrecen, 04.09.2009.]
- [18] MVM Paks II. Zrt. Ranga Tibor, 2014.04.25.
- [19] Sugárvédelmi tevékenység a Paksi Atomerőműben 2013-ban, (Éves jelentés), MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Biztonsági Igazgatóság Sugár- és Környezetvédelmi Főosztály, Paks, 2014. március hó [Strahlenschutzleistung in dem Kernkraftwerk Paks in 2013, (Jahresbericht) MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Direktion Sicherheit, Hauptabteilung Strahlen- und Umweltschutz, Paks, März 2014.]
- [20] A hatósági környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer (HAKSER) 2012. évi jelentése [Jahresbericht 2012. des Behördlichen Kontrollsystems für den Strahlenschutz der Umwelt (HAKSER)]
- [21] <http://www.okser.hu>
- [22] Az Országos Környezeti Sugárvédelmi ellenőrző rendszer (OKSER) 2012. évi Jelentése Budapest, 2013.12.27. [Jahresbericht 2012. des Zentralen Kontrollsystems für Strahlenschutz der Umwelt (OKSER)]
- [23] IAEA Nuclear Energy Series: Efficient Water Management in Water Cooled Reactors (No. NP-T-2.6), IAEA, Bécs, 2012.
- [24] Development of Environmental Impact Assessment Related Requirements for NPP Projects Report of Environmental Impact Assessment Co-ordination Group of EUR, Date of issue of this report: 28/06/2011
- [25] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőművi blokkok hűtési alternatíváinak összehasonlító vizsgálata, MVM ERBE Zrt., 2012. július. [Vergleichende Untersuchungen der Alternativen der Kühlung der am Standort Paks neu zu errichtenden Blöcke, Juli 2012. MVM ERBE Zrt.]
- [26] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. A Paksi Atomerőmű Zrt. területén létesítendő új blokkok hűtési lehetőségeinek vizsgálata, Döntés előkészítő tanulmány, I. kötet, GEA EGI Energiagazdálkodási Zrt, Budapest, 2011.05.04. [Möglichkeiten der Kühlung

- der am Standort Kernkraftwerk Paks Zrt. neu zu errichtenden Blöcke, Studie zur Entscheidungsfindung, Band I. GEA EGI Energiagazdálkodási Zrt, Budapest, 04.05. 2011]
- [27] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. A Paksi Atomerőmű Zrt. területén létesítendő új blokkok hűtési lehetőségeinek vizsgálata, Döntés előkészítő tanulmány, III. kötet, PÖYRY ERŐTERV Zrt, Budapest, 2011.05.04. [Möglichkeiten der Kühlung der am Standort Kernkraftwerk Paks Zrt. neu zu errichtenden Blöcke, Studie zur Entscheidungsfindung, Band III. PÖYRY ERŐTERV Zrt, Budapest, 2011.05.04.]
- [28] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőműi blokkokhoz kapcsolódó, tájképbe illeszthető hűtőtornyos hűtési alternatívák részletes vizsgálata, MVM ERBE Zrt, 2012. június [Detailliert Untersuchung der mit den am Standort von Paks zu errichtenden neuen Kernkraftwerkblöcken zusammenhängenden, in das Landschaftsbild passenden Alternativen der Kühlung durch Kühltürme, MVM ERBE Zrt, Juni 2012]
- [29] <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-O-S/Russia--Nuclear-Power>
- [30] MIR.1200 Preliminary data and information for safety and environmental licensing, Report, 2010. A.H.Обысова
- [31] MVM Paks II. Zrt.
- [32] A paksi telephelyen létesítendő új atomerőműi blokkok tervezett Duna-víz használatának elvi vízjogi engedélyezési dokumentációja, MVM ERBE Zrt. [Theoretische wasserrechtliche Genehmigungsdokumente zur Nutzung des Donauwassers für die am Standort Kernkraftwerk Paks neu zu errichtenden Kernkraftwerkblöcke MVM ERBE Zrt.]
- [33] Döntés előkészítő elemzés a paksi telephelyen létesítendő új atomerőmű blokkok ivóvíz-betáplálása, illetve szennyvízelvezetése témakörökben, MVM ERBE Zrt, 2013. [Analyse für die Entscheidungsfindung der Themenkreise für die Zuspiesung vom Trinkwasser der am Standort Paks neu zu errichtenden Kernkraftwerkblöcke, bzw. der Ableitung vom Abwasser, MVM ERBE Zrt, 2013.]
- [34] Elpanneteknik references, Finland's Olkiluoto 3 Nuclear plant
- [35] ERBE Fővállalkozói Terjedelmen Kívüli Tétélek elemzése, 2013. [Analyse der über den Umfang ausgehenden Positionen des ERBE Hauptauftragsnehmers, 2013]
- [36] Lévai Projekt, Új atomerőmű létesítése, Döntés-előkészítő Megvalósíthatósági Tanulmány, PÖYRY ERŐTERV Zrt. [Projekt Lévai, Errichtung eines neuen Kernkraftwerkes, Studie der Realisierbarkeit für die Entscheidungsfindung, PÖYRY ERŐTERV Zrt.]
- [37] Elemzés az új atomerőmű blokkok munkaerőigényének meghatározásához, MVM ERBE Zrt., 2013. [Analyse zur Festlegung des Arbeitskräftebedarfs der neuen Kernkraftwerkblöcke, MVM ERBE Zrt., 2013.]
- [38] MVM Zrt Új atomerőműi blokkok létesítése – A beruházási, az üzembe helyezési és az üzemeltetési munkaerőigény felmérése 1/2. Kötet, PÖYRY ERŐTERV Zrt, 2012. január [MVM Zrt Errichtung von neuen Kernkraftwerkblöcken - Erhebung des Arbeitskräftebedarfs der Inbetriebnahme und des Betriebes, Band 1/2. PÖYRY ERŐTERV Zrt, Januar 2012.]
- [39] Irányelvek; Tanács 2011/70/Euratom Irányelve, EU, 2011.07.19. [Leitlinien, Leitlinie des Rates, 2011/70/Euratom, EU, 19.07.2011.]
- [40] EPC-Contract, Construction of Paks Nuclear Power Plant units 5 and 6, Hungary, Appendix 1.2, Part 1.2.1 Nuclear Island, 02-05-02 Radioactive Waste Treatment and Storage Systems (Gaseous, Liquide and Solid Waste) rev 0.0, 2014. 09. 15. [19.14]
- [41] Data for NPP environmental impact analysis (AES-2006 with VVER-1200)
- [42] Palo Verde, Arizona, Griselda Nevarez
- [43] Millstone Power Station Waterford, Connecticut, (AP Photo / Dominion Resources)
- [44] HaddamNeck atomerőmű, EastHampton, Connecticut állam [Kernkraftwerk HaddamNeck, EastHampton, im Staat Connecticut]