

	<b>ÚJV Řež a.s. – Sparte ENERGOPROJEKT PRAHA</b> Husinec-Řež, Hausnr. 130, PLZ 250 68		<i>Leitendes Referat</i> <b>509</b>	<i>Erstellendes Referat</i> <b>501</b>	<i>Aktenvernichtungszeit</i> <b>V 15</b>
	<i>Bau – Vorhaben</i> <b>Neue Kernkraftanlage EIA</b>	<i>Objekt – Betriebseinheit</i> -			<i>Laufende Nummer</i> -
<i>Bezeichnung des Auftrags</i> <b>Ergänzende Unterlagen für Kap. D.III der EIA-Dokumentation für die neue Kernkraftanlage im Kraftwerk Temelín</b>					<i>Sicherheitsstufe</i> -
<i>Name der Dokumentation</i> <b>Ergänzende Informationen zu den Analysen der anzunehmenden Unfälle und der schweren Unfälle für die Dokumentation EIA NJZ ETE</b>					<i>Nummer des Ausdrucks:</i>
<i>Verfasser</i> <b>Kollektiv</b>	<i>Leiter des erstellenden Referats</i> <b>Ing. V. Horák</b>	<i>Datum</i> <b>03/2011</b>	<i>Blatt insgesamt</i> <b>20</b>		
<i>Geprüft</i> <b>Ing. J. Mišák, CSc</b>	<i>Leitender Ingenieur des Projekts</i> <b>Ing. V. Pešička</b>	<i>Datei</i> <b>11A_ProjektovNehody(1).doc</b>			
<p>Erstellendes Kollektiv</p> <p>Ing. J. Mišák, CSc          Bc. O. Pokorný          Ing. J. Klumpar</p>					
<i>Auftragsnummer</i> <b>29-4949-30-045</b>		<i>Archivnummer</i> <b>EGP 5010-F-110111</b>		<i>Index</i>	<i>Seite</i> <b>1</b>

## INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG .....	3
2. CHARAKTERISTIK DER ANZUNEHMENDEN UNFÄLLE FÜR DIE NEUEN BLÖCKE MIT PWR-REAKTOREN .....	4
3. QUELLEN RADIOAKTIVER STOFFE BEI ANZUNEHMENDEN UNFÄLLEN .....	7
4. EUR-METHODIK ZUR ÜBERPRÜFUNG DER SICHERHEITZIELE FÜR ANZUNEHMENDE UNFÄLLE .....	8
5. ÜBERPRÜFUNG DER KONSERVATIVITÄT DES QUELLENGLIEDS DURCH GEGENÜBERSTELLUNG MIT DEM SICHERHEITSBERICHT ETE 1,2.....	10
6. GEGENÜBERSTELLUNG DES IN DER EIA-STUDIE VERWENDETEN QUELLENGLIEDS MIT BEKANNTEN PROJEKTEN NEUER REAKTOREN.....	13
7. AUSWERTUNG DER STRAHLENFOLGEN BEI IN DER DOKUMENTATION DER UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG GENANNTEN ANZUNEHMENDEN UNFÄLLEN .....	13
8. SCHLUSS.....	19
9. LITERATUR.....	20

### Abkürzungsliste

ČEZ	ein Teil des Firmennamens der Gesellschaft ČEZ, a. s. (ist keine Abkürzung)
ČR	Tschechische Republik
DBC	Grundlegende Projektbedingungen ( <i>engl.</i> Design Basis Conditions)
DEC	Erweiterte Projektbedingungen ( <i>engl.</i> Design Extension Conditions)
EIA	Umweltfolgenabschätzung ( <i>engl.</i> Environmental Impact Assessment)
ETE	Kraftwerk Temelín
EUR	Anforderungen europäischer Energieerzeuger an KKW's mit Leichtwasserreaktoren ( <i>engl.</i> European Utility Requirements)
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission ( <i>engl.</i> International Commission on Radiological Protection)
JE	Kernkraftwerk
MAAE	Internationale Atomenergie-Organisation
NJZ	neue Kernkraftanlage
SÚJB	Staatliche Behörde für Atomsicherheit

## 1. EINLEITUNG

Aufgrund der Anlage 1 zum Teilvertrag Nummer DS ČEZ, a. s.: 4100034031 über Gewährung von Unterlagen für die EIA-Dokumentation zum Kapitel D.III. Charakteristik der Umweltgefährdungen bei möglichen Unfällen und außerordentlichen Vorfällen wurde durch das Kernforschungsinstitut ÚJV-EGP im Jahr 2009 eine Analyse der Strahlenfolgen bei ausgewählten Ereignissen aus den Kategorien anzunehmende Unfälle als auch schwere Unfälle erstellt. Anschließend wurden weitere ergänzende Analysen erstellt, die auf die nachträglichen, sich auch aus den Konsultationen der Mitarbeiter von ČEZ, a.s. und der Kernsicherheitsbehörde SÚJB ergänzenden Anforderungen reagieren. Diese Unterlagenstudien wurden anschließend durch den Verfasser der Dokumentation der Umweltverträglichkeitsprüfung (SCES- Group, spol. s r. o.) zur Erstellung der jeweiligen Kapitel verwendet.

Im Verlauf der Vorbereitung auf die erwarteten Konsultationen und öffentliche Gespräche hat die ČEZ, a. s. die Anforderungen an ergänzende Informationen zur Problematik der Auswertung der Strahlenfolgen von anzunehmenden Unfällen und schweren Unfällen spezifiziert. Die mit schweren Unfällen verbundenen Fragen wurden in einem selbständigen Dokument diskutiert [2]. Dieses Dokument widmet sich der Gewährung ergänzender, mit anzunehmenden Unfällen zusammenhängenden Informationen.

Nach der bestehenden Gesetzeslage [3] versteht sich unter einem anzunehmenden Unfall ein in der Projektlösung der Kernkraftanlage angenommener Störfall, der eine Freisetzung von Radionukliden, ionisierender Strahlung oder Strahlenexposition von Personen zur Folge haben kann und unter größtem anzunehmendem Störfall der im Plan der Kernkraftanlage angenommene Störfall mit den maximalen Strahlenfolgen.

Nach der in Vorbereitung begriffenen Neufassung dieser Verordnung [4] verstehen sich:

- unter einem anzunehmenden Unfall solche Havariebedingungen, bei denen keine Verletzung oder Überschreitung der dem Projekt entsprechenden Kriterien der anzunehmenden Unfälle eintritt und
- unter einem auslegungsüberschreitenden Unfall solche Havariebedingungen, bei denen eine Verletzung oder Überschreitung der dem Projekt entsprechenden Kriterien der anzunehmenden Unfälle eintritt und
- unter einem schweren Unfall ein solcher auslegungsüberschreitender Unfall, bei dem eine ernste Verletzung und Verlust der Struktur der Aktivzone des Reaktors oder der Brennstabündel infolge einer Schmelze des Kernbrennstoffs eintritt und der zu einem Strahlungsunfall führen kann.

Die vorgenannte Neufassung führt auch einen neuen Begriff ein – anzunehmende Auswege. Die im Zusammenhang mit der Vorbereitung der NJZ durchgeführten Analysen setzen bereits diese neue Terminologie ein und unter einem anzunehmenden Unfall verstehen sich Havariebedingungen, die in den anzunehmenden Auswegen für das KKW geplant sind, bei denen keine Verletzung oder Übertretung der anzunehmenden Kriterien der anzunehmenden Unfälle eintritt, wobei sich unter anzunehmenden Auswegen die Zusammenfassung der Bedingungen, Betriebszustände und Vorfälle versteht, die beim Projektieren des KKW's geplant sind und für die nachgewiesen ist, dass die anzunehmenden Kriterien nicht überschritten werden.

Für die neuen Kernkraftblöcke definiert der Anmelder des Vorhabens die anzunehmenden Kriterien so, dass für alle Havariebedingungen mit einer Vorkommensfrequenz von über  $10^{-6}$  im Extremfall nur ein Gasleck bei einer beschränkten Anzahl (bis 10 %) der Brennelemente eintreten darf.

Das Quellenglied ergibt sich aus Menge, Zusammensetzung und zeitlicher Verteilung der bei gegebenem Strahlungsunfall außerhalb des Sicherheitsbehälters freigesetzten radioaktiven Stoffe und bestimmt die möglichen radiologischen Folgen dieses außerordentlichen Vorfalles. Ein

Strahlungsunfall, dessen Folgen dringende Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt erforderlich machen, heißt Strahlungshavarie.

Für die Zwecke der EIA-Dokumentation [1] wurde das Quellenglied von den im Dokument [5] aufgeführten Sicherheitszielen abgeleitet, nach dem der Anmelder des Vorhabens seine Forderungen den Bewerbern für den Auftrag formuliert.

Konservative Schätzung, die die sog. „Hüllenmethode“ anwendet, ist die obere Schätzung der möglichen Freisetzung für die einzelnen maßgeblichen Radionuklide, sodass auch die künftige Auswertung der Folgen eines anzunehmenden Unfalls für die ausgewählte, die EUR-Zielwerte erfüllende Kernkraftanlage zu keinen weniger günstigen Strahlenfolgen für die Bevölkerung und die Umwelt führen wird.

Für die Berechnung von Strahlenfolgen wurden zwei unterschiedliche Quellenglieder angewandt, die sich in Ausgangsbedingungen für die Streuung der radioaktiven Stoffe in der Atmosphäre unterscheiden: Quellenglied für erdnahe Freisetzung und Quellenglied für Freisetzung in Höhe.

Dieses Dokument stellt sich das Ziel, die Angemessenheit des Konservatismus der in der EIA-Dokumentation angewandten Modell-Quellenglieder zu bewerten.

Dieses Dokument widmet sich weder der eigentlichen Berechnung der Ausbreitung von radioaktiven Stoffen in der Umwelt, noch den unterschiedlichen Wegen der zu Strahlungsdosen und deren gesundheitlichen Folgen führenden Strahlenexposition und beschränkt sich nur auf einen kurzen Kommentar der in der Dokumentation der Umweltverträglichkeit aufgeführten Schlüsse[1].

## 2. CHARAKTERISTIK DER ANZUNEHMENDEN UNFÄLLE FÜR DIE NEUEN BLÖCKE MIT PWR-REAKTOREN

An das Projekt der neuen Kernkraftanlage wird die Forderung gestellt, dass das definierte Spektrum der Zustände des Kraftwerks gemeistert wird. Die Zustände des Kraftwerks sind in eine begrenzte Anzahl von Kategorien je nach Wahrscheinlichkeit ihres Vorkommens aufgeteilt. Für jede Kategorie wurden spezifische, quantitative, radiologische Kriterien der Annehmbarkeit bzw. Sicherheitsziele des Projekts festgelegt, die so abgestuft sind, dass je höher die Frequenz des Vorkommens der gegebenen Situation ist, um so strenger sind die Forderungen an deren sichere Meisterung. In Anknüpfung an die festgelegten radiologischen Ziele werden abgeleitete Kriterien (technische Sicherheitsziele) so definiert, dass bei ihrer Einhaltung die Erfüllung der Sicherheitsfunktionen gewährleistet ist und die Integrität der Barrieren gegen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen gewahrt bleibt. Diese Kriterien orientieren sich auf die Wahrung der Integrität des Kernbrennstoffs, der Hülle der Brennelemente, der Druckgrenze im Primär- und Sekundärkreis und der Schutzhülle (des Sicherheitsbehälters).

Für die Kommunikation zwischen dem Betreiber und den potenziellen Auftragnehmern (einheitlich für alle Auftragnehmer) werden die Ausschreibungsunterlagen verwendet, deren technischer Teil aus dem Dokument EUR [5] abgeleitet wurde. Die Kategorisierung der Kraftwerkszustände gemäß dieser Dokumentation einschließlich der indikativen Aufführung der Frequenz des Aufkommens der Zustände ist in Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1 **Kategorisierung der Zustände des KKWs**

Zustand des KKWs	Bezeichnung	Frequenz des Aufkommens [ $r^{-1}$ ]
Normalbetrieb	DBC1	-
Abnormaler Betrieb	DBC2	$10^{-2} - 1$

Wenig wahrscheinliche anzunehmende Unfälle	DBC3	$10^{-4} - 10^{-2}$
Sehr wenig wahrscheinliche anzunehmende Unfälle	DBC4	$10^{-6} - 10^{-4}$
Komplexe Vorfälle	DEC	$<10^{-6}$
Schwere Unfälle	DEC	

Dieser Bericht behandelt von der Gesamtmenge der möglichen KKW-Zustände nur die anzunehmenden Unfälle des Modells. Laut der bestehenden Verordnung der Behörde SÚJB Nr. 195/99 [3] versteht sich unter einem anzunehmenden Unfall ein in der Projektlösung der Kernkraftanlage angenommener Störfall, der eine Freisetzung von Radionukliden, ionisierender Strahlung oder Strahlenexposition von Personen zur Folge haben kann. Der Entwurf der Neufassung der Verordnung 195/99 [4] konkretisiert, dass für anzunehmende Unfälle die Einhaltung der anzunehmenden Kriterien der anzunehmenden Unfälle sichergestellt sein muss, d. h. die Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsfunktionen und Wahrung der physischen Barrieren gegen Freisetzung radioaktiver Stoffe. Unter anzunehmende Unfälle gemäß der Verordnung 195/99 können aus den EUR-Kategorien die als DBC 3 und DBC 4 eingeordnet werden. Die Ausschreibungsunterlagen im Einklang mit EUR [5] geben folgende typische Initiationsvorfälle an, die die Zustände DBC 3 und DBC 4 zur Folge haben könnten.

#### DBC3

- geringer Austritt von Primärkühlmittel
- geringer Austritt von Sekundärkühlmittel
- erzwungene Senkung des Kühlmitteldurchflusses durch den Reaktor
- Beladung des Brennelementbündels in der aktiven Zone in falsche Lage
- Ausstoß eines Steuerstabes an der Leistung
- ungewollte Öffnung eines Sicherheitsventils am Volumenkompensator
- Bruch des Behälters für Kühlmittelnachschub
- Bruch des Behälters mit gasförmigen radioaktiven Abfällen
- Bruch des Behälters mit flüssigen radioaktiven Abfällen
- Bruch eines Rohrs des Dampferzeugers, ohne Iod-Spike vor dem Unfall
- vollständiger Verlust der Stromversorgung von außen (bei einer Dauer bis zu 72 Stunden)

#### DBC4

- Bruch der Hauptdampfleitung
- Bruch der Primärspeiseleitung
- Zwängung des Laufrads der Hauptumwälzpumpe
- Auswurf eines Steuerstabes aus der aktiven Zone
- großer Unfall mit Austritt des Primärkühlmittels bis zum beidseitigem Bersten der größten Primärleitung
- Unfall bei Manipulation mit dem Brennstoff
- Bruch eines Rohrs des Dampferzeugers, mit Iod-Spike vor dem Unfall

Die Kriterien der Annehmbarkeit für die Unfälle DBC3 und DBC4 erfordern hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit der Barrieren gegen das Austreten von radioaktiven Stoffen, dass:

- die Integrität und Dichtigkeit des Schutzbehälters voll gewahrt bleibt,
- neben dem Initiationsvorfall kein nachfolgender Verlust der Integrität des Reaktorkühlsystems erfolgt,
- eine Verletzung nur einer beschränkten Anzahl von Brennelementen eintritt ( $<1\%$  für DBC 3,  $<10\%$  DBC 4), wobei sich unter Verletzung eine Störung der Luftdichtigkeit der Hülle mit

möglicher Freisetzung von Spaltprodukten aus den Gasräumen des Brennelements in das Kühlungssystem des Reaktors versteht,

- keine Beschädigung der aktiven Zone im Sinne einer Überschreitung der anzunehmenden Kriterien für die Verletzung von Brennelementen und für die Beschädigung des Brennstoffsystems, vor allem darf keine Brennstoffschmelze mit Beschädigung der Geometrie der aktiven Zone eintreten, die eine langfristige Kühlung der Zone unmöglich machen würde.

### 3. QUELLEN RADIOAKTIVER STOFFE BEI ANZUNEHMENDEN UNFÄLLEN

Radioaktive Stoffe und insbesondere Spaltprodukte, die potenziell in die Umgebung des KKWs freigesetzt werden können, befinden sich:

- im Kühlmittel des Reaktorkühlsystems,
- unter den Überzügen und allgemein in den Gasräumen der Brennelemente,
- in der eigentlichen Struktur (Matrix) des Kernbrennstoffs.

Der wichtigste Teil der Spaltprodukte befindet sich in der eigentlichen Struktur des Kernbrennstoffs. Bei anzunehmenden Unfällen werden jedoch nur die flüchtigen Spaltprodukte freigesetzt, die sich aus dem Brennstoff in die Gasräume von verletzten Brennelementen freigesetzt haben. Es handelt sich vor allem um Edelgase (Xe, Kr), Halogene (I, Br) und Alkalimetalle (Cs, Rb), sonstige Spaltprodukte finden sich in den Gasräumen in einer weit geringeren Menge. Für eine vereinfachte Begutachtung der Strahlenfolgen von anzunehmenden Unfällen werden in der Regel drei charakteristische Radionuklide verwendet: Xe-133, I-131 und Cs-137.

Die Aktivität des Primärkühlmittels verursachen die aus undichten Brennelementen freigesetzten Spaltprodukte durch Aktivierung des Primärkühlmittels und der Korrosionsprodukte. Diese Aktivität ist deutlich von den verwendeten Werkstoffen, der Laufzeit und vor allem vom Umfang der undichten Elemente abhängig. Die Gleichgewichtsaktivität unter stabilisierten Betrieb kann sich um ein Vielfaches erhöhen bei Druck- und Leistungsänderungen infolge einer weiteren Freisetzung von Spaltprodukten von unterhalb der Überzüge (sog. Iod-Spike). Bei einem Mangel an genaueren Unterlagen empfiehlt das Dokument EUR [5] für die spezifische Aktivität der Iod- Radioisotope im Primärkühlmittel die Gleichgewichtsaktivität des Jodäquivalents von  $I_{131}$   $1,11 \cdot 10^7$  Bq/kg, unter Annahme eines Iod-Spikes von  $7,4 \cdot 10^8$  Bq/kg. Für die Menge des Primärkühlmittels von ca. 250 Tonnen wäre das durch  $I_{131}$ -Äquivalent im Kühlmittel ausgedrückt wird, auch ohne eine anschließende Verletzung der Brennelemente beträchtlich, zirka 185 TBq. Diese Angabe deutet die Möglichkeit nicht vernachlässigbarer Folgen von anzunehmenden Unfällen auch dann an, wenn die Integrität des Überzugs der Brennelemente gewahrt bleibt, der Verlust des Primärkühlmittels in die Umgebung, z. B. über einen beschädigten Dampferzeuger, aber hoch ist.

Für eine Vorstellung über das Gesamtinventar an Spaltprodukten in der aktiven Zone ist in der folgenden, aus dem Dokument MAE [6] übernommenen Tabelle (Tabelle 2) zur Verdeutlichung das Gesamtinventar von ausgewählten Radioisotopen für 3 Reaktortypen aufgeführt.

Aus den genannten Werten ergibt sich, dass die gesamte I-131-Gleichgewichtsaktivität im Primärkühlmittel sich in der Größenordnung von einem Millionstel des I-131-Inventars im Brennstoff bewegt. In den Gasspalt des Brennstoffs wird von der genannten Menge Inventar in der Größenordnung von einigen wenigen Prozent freigesetzt, vor allem in Abhängigkeit von Abbrand und Temperatur des Brennstoffs. Konservative Schätzungen geben eine Freisetzung vom Gesamtinventar in den Gasspalt bis 5 % an, für den Brennstoff der PWR-Reaktoren mit zentraler Öffnung werden auch weit geringere Werte angegeben, um 0,3 %. Die Menge der freigesetzten Aktivität aus dem Brennstoff in das Kühlsystem des Reaktors hängt dann von der Anzahl der verletzten Brennelemente und von deren Abbrand ab. Z. B. für den Reaktor PWR 1000 wird unter vorausgesetzten 10 % der Brennelemente eine freigesetzte I-131-Aktivität aus dem Brennstoff in den Primärkreis mit 0,08 % des Gesamtinventars angegeben. Hier muss jedoch betont werden, dass durch den Einsatz der Prozesse zur Senkung der Konzentration an Spaltprodukten im Primärkreis und vor allem im Sicherheitsbehälter erreicht wird, dass in die Umgebung bei anzunehmenden Unfällen vom Gesamtinventar an I-131 in der aktiven Zone eine Menge in der Größenordnung von Zehnmillionsteln freigesetzt wird.

Tabelle 2 Inventar ausgewählter Spaltprodukte im Brennstoff unter Gleichgewichtsbedingungen

Radionuklid	PWR 1000, 3000 MWt 50000 MWd/teU	AP 1000 3415 MWt	US EPR 4612 MWt
		Maximaler durchschnittlicher Abbrand des entladenen Brennstoffs 62,000 (MWd/teU)	
<b>Edelgase [Bq]</b>			
Kr-85m	7,69E+17	9,73 E+17	1,66 E+18
Kr-87	1,53E+18	1,88 E+18	3,34 E+18
Kr-88	2,14E+18	2,64 E+18	4,74 E+18
Xe-133	7,21E+18	7,03 E+18	10,7 E+18
Xe-135	1,60E+18	1,79 E+18	3,43 E+18
<b>Iode [Bq]</b>			
I-131	2,92E+18	3,56 E+18	5,14 E+18
I-132	3,99E+18	5,18 E+18	7,47 E+18
I-133	6,79E+18	7,36E+18	10,7 E+18
I-134	7,50E+18	8,07 E+18	11,8 E+18
I-135	6,08E+18	6,88 E+18	9,95 E+18
<b>Cäsium [Bq]</b>			
Cs-134	5,07E+17	7,18 E+17	2,40 E+18
Cs-137	3,15E+17	4,18 E+17	9,14 E+17

#### 4. EUR-METHODIK ZUR ÜBERPRÜFUNG DER SICHERHEITZIELE FÜR ANZUNEHMENDE UNFÄLLE

Die aus dem Dokument EUR [5] für ETE 3,4 abgeleiteten Ausschreibungsunterlagen limitieren die Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umgebung des KKW's gemäß den maßgeblichen Radionukliden so, damit keine gesundheitlich schwerwiegenden Strahlenfolgen von anzunehmenden Unfällen eintreten. Ein Vorteil der vorgeschlagenen Methode ist die Möglichkeit, die Bewertung des Sicherheitsniveaus der eigentlichen Kernkraftanlage zu vereinfachen und die durch uneinheitliche Methodik der Berechnung und unterschiedliche weitere, in die Rechnung eingehende Parameter, wie z. B. die meteorologische Situation, verursachte Unterschiede in der Bewertung der Strahlenfolgen zu beseitigen. Konkrete, für die Einhaltung der festgelegten Grenzwerte erforderliche technische Maßnahmen liegen dann in der Verantwortung jedes konkreten Auftragnehmers. Die technischen Lösungen müssen evident auf eine Minimierung des Austritts des Kühlmittels in die Umgebung bei einer Verletzung der Luftdichtigkeit der Druckgrenze zwischen dem Primär- und dem Sekundärkreis, eine Minimierung der Anzahl der verletzten Brennelemente bei einem Unfall, Isolierung und Sicherstellung der Dichtigkeit des Sicherheitsbehälters und zum Einsatz von Mechanismen für die Entfernung von Spaltprodukten aus der Atmosphäre des Sicherheitsbehälters gerichtet sein.

**Für anzunehmende Unfälle wurden zwei Sicherheitsziele festgelegt:**

**Erstes Sicherheitsziel:** IN EINEM ABSTAND VON ÜBER 800 M VOM REAKTOR DÜRFEN KEINE DRINGLICHEN SCHUTZMASSNAHMEN ERFORDERLICH SEIN, WORIN DECKUNG, JODPROPHYLAXE UND EVAKUATION ENTHALTEN SIND.

**Kommentar:**

Für die Einführung von dringlichen Maßnahmen gelten in Tschechien Richtwerte für Einsatzniveaus gemäß der Verordnung Nr. 307/2002 GBl. (im Einklang mit Empfehlung der ICRP und Verordnung 96/29/EURATOM).

Für Deckung und Jodprophylaxe bildet den Richtwert die Erreichung der zu vermeidenden Äquivalentdosis für die Dauer von vorzugsweise 7 Tagen in einem Bereich zwischen 5 mSv bis 50 mSv. Ein konkretisierendes Leitmaß für die Deckung bildet die zu vermeidende Äquivalentdosis für die Dauer der Deckung von nicht länger als 2 Tagen von 10 mSv und für die Jodprophylaxe die zu

vermeidende, durch Radioisotope des Jods verursachte Einlagerung der Äquivalentdosis in der Schilddrüse von 100 mSv.

Für Evakuaton ist der Richtwert die Erreichung der zu vermeidenden Äquivalentdosis für die Dauer von vorzugsweise 7 Tagen in einem Bereich von 50 mSv bis 500 mSv. Ein konkretisierendes Leitmaß für die Evakuaton bildet die zu vermeidende Äquivalentdosis für die Dauer der Evakuaton von nicht länger als 1 Woche die zu vermeidende Äquivalentdosis von 100 mSv

**Zweites Sicherheitsziel:** Die wirtschaftlichen Auswirkungen des Unfalls infolge der anschließenden Schutzmaßnahmen, zu denen Umsiedlung, Regelung der durch Radionuklide kontaminierten Lebensmittel und Wassers und Regelung der durch Radionuklide kontaminierten Futtermittel zählen, müssen möglichst gering sein, mit einer Beschränkung in einem Abstand von maximal einigen wenigen Kilometern (auf einige Quadratkilometer).

**Kommentar:**

Für die Einführung von anschließenden Schutzmaßnahmen gelten in Tschechien ebenfalls Richtwerte für Einsatzniveaus gemäß der Verordnung Nr. 307/2002 GBl. (im Einklang mit Empfehlung der ICRP und der Verordnung 96/29/EURATOM).

Für die Regelung der Verwendung von durch Radionuklide verunreinigten Lebensmitteln, Wasser und Futtermitteln ist als Richtwert die Erreichung der zu vermeidenden Äquivalentdosis während des ersten Jahres nach einem Strahlungsunfall in einem Bereich von 5 mSv bis 50 mSv und die Erreichung der zu vermeidenden Äquivalentdosis in den einzelnen Organen und Geweben in einem Bereich von 50 mSv bis 500 mSv.

Für die Umsiedlung der Bevölkerung ist der Richtwert die Erreichung der zu vermeidenden Äquivalentdosis in einem Bereich von 50 mSv bis 500 mSv. Ein konkretisierendes Leitmaß für den Beginn einer vorübergehenden Umsiedlung ist die zu vermeidende Äquivalentdosis von 30 mSv für die Dauer von 1 Monat, für das Ende der vorübergehenden Umsiedlung die zu erwartende Äquivalentdosis von 10 mSv für 1 Monat und für dauerhafte Umsiedlung eine zu erwartende Äquivalentdosis für das ganze Leben von 1 Sv.

Die EUR-Methodik [5] setzt zur Kontrolle der Einhaltung des ersten Sicherheitszieles das folgende Verfahren ein:

- die mit realistischer Methode berechneten Austritte sind in 3 Gruppen von Radioisotopen aufgeteilt,
- die lineare Kombination der Größe dieser Austritte wird mit dem festgelegten Kriterium verglichen.

Die verwendete lineare Kombination der Austritte für die einzelnen Isotope sieht folgendermaßen aus:

$$\sum_{i=1}^3 R_{ig} * C_{ig} + \sum_{i=1}^3 R_{ie} * C_{ie} = D < L$$

(L = 5E-3 für DBC4; L = 1E-3 für DBC3)

wobei

- $R_{ig}$  und  $R_{ie}$  die Gesamtaustritte (erdnahe und in Höhe) in TBq von 3 Radioisotopen sind, integriert für die Gesamtdauer der Austritte.
- $C_{ig}$  und  $C_{ie}$  die Koeffizienten der linearen Kombination sind, die die Beiträge der einzelnen Isotope zu den Äquivalentdosen ausdrücken (Tabelle 3).

Die einzelnen Glieder der linearen Kombination stellen dann ungefähr die Beiträge der einzelnen Isotopgruppen zu den Äquivalentdosen dar. Die Koeffizienten gelten für Aktivitätsquellen in der Aktivzone und im Kühlsystem des Reaktors, ohne große Beschädigung des Brennstoffs.

L = 5,0.10<sup>-3</sup> für DBC4 entspricht ungefähr der Äquivalentdosis für den ganzen Körper von 5 mSv und L = 1,0.10<sup>-3</sup> für DBC3 entspricht orientierungshalber einer Äquivalentdosis von 1 mSv.

Das im EUR-Dokument mit dem Wert ohne Dimension von  $5,0 \cdot 10^{-3}$  genannte Sicherheitsziel stellt in den realen Bedingungen eines Strahlungsunfalls bei Nichteinführung von Schutzmaßnahmen einen wahrscheinlichen Ausschluss einer Möglichkeit der Strahlenexposition eines Individuums aus der kritischen Bevölkerungsgruppe auf einem Niveau, das 5 mSv deutlich überschreitet, dar.

Dieses Sicherheitsziel für anzunehmende Unfälle mit einer sehr geringen Frequenz des Vorkommens ist viel strenger als die gesetzlichen Grenzwerte für anzunehmende Unfälle in vielen anderen Ländern (z. B. Belgien, Frankreich, Deutschland, Niederlande, Slowakei, Spanien, Schweden, Schweiz, Großbritannien, USA), die sich in einem Bereich von 20 bis 250 mSv bewegen.

Tabelle 3 **Koeffizienten der linearen Kombination für die Auswertung der Strahlenfolgen der anzunehmenden Unfälle**

Isotopengruppe	$C_{ig}$ für erdnahen Austritt	$C_{ie}$ für Höhenaustritt
Xe133	$1,5 \times 10^{-8}$	$3,0 \times 10^{-9}$
$I_{131}$	$8,1 \times 10^{-5}$	$3,5 \times 10^{-6}$
Cs137	$1,5 \times 10^{-4}$	$8,1 \times 10^{-6}$

Für die Einhaltung des zweiten Sicherheitsziels legt die EUR-Methodik Grenzwerte der Austritte für die zwei Bezugsisotopen  $I_{131}$  und  $Cs_{137}$  mit folgenden Werten fest (Tabelle 4):

Tabelle 4 **Grenzwerte für Austritte der Bezugsisotopen zur Beschränkung der wirtschaftlichen Auswirkungen der anzunehmenden Unfälle**

Isotopengruppe	Grenzwert des erdnahen Austritts, TBq	Grenzwert Höhenaustritt, TBq
$I_{131}$	10	150
$Cs_{137}$	1,5	20

Es ist wichtig zu betonen, dass das durch den Grenzaustritt gemäß Tabelle 4 festgelegte Sicherheitsziel den Auswirkungen keines konkreten anzunehmenden Unfalls potenzieller neuer Kernkraftanlagen für Temelín entspricht, sondern mithilfe der zwei radiologisch wichtigsten Radionuklidgruppen die langfristigen Beeinträchtigungen durch den Unfall auf ein gesellschaftlich annehmbares Niveau reduziert.

Der Einsatz der genannten erdnahen Austritte in die lineare Kombination EUR für das erste Sicherheitsziel ergibt den Wert  $1,035 \cdot 10^{-3}$ . Daraus folgt, dass die Auswirkungen der das zweite Sicherheitsziel erfüllenden Austritte mit den Auswirkungen der das erste Sicherheitsziel erfüllenden Austritte mit dem Kriteriumswert von  $1,0 \cdot 10^{-3}$  vergleichbar sind und zu keinen deutlich höheren Äquivalentdosen als 1 mSv führen sollten.

## 5. ÜBERPRÜFUNG DER KONSERVATIVITÄT DES QUELLENGLIEDS DURCH GEGENÜBERSTELLUNG MIT DEM SICHERHEITSBERICHT ETE 1,2

Zur Überprüfung der Konservativität des gewählten Quellenglieds wurden die Angaben aus den Unterlagen für den Sicherheitsbericht der ersten zwei Blöcke des KKW's Temelín verwendet. Die nachstehende Tabelle

Tabelle 5 gibt die Menge der in die Umgebung (während der Gesamtdauer des Unfalls) freigesetzten, einzelnen charakteristischen Radioisotope (Xe-133, I-131 und Cs-137) für typische, mit Austritt von radioaktiven Stoffen verbundene Unfälle an. Die Tabelle 5 gibt neben der Menge der freigesetzten Radionuklide die berechneten Kriteriumswerte D gemäß der EUR-Methodik [5] an und stellt diese Werte anschließend den Grenzwerten gegenüber ( $1,0 \cdot 10^{-3}$  bzw.  $5,0 \cdot 10^{-3}$ ). In den Klammern unter den Werten der freigesetzten Isotope sind die prozentuellen Anteile dieser Isotope an der mit der linearen Kombination gemäß EUR sich ergebenden radiologischen Auswirkung aufgeführt. Alle begutachteten Unfälle gehören in die Kategorie DBC4, d. h. sehr wenig wahrscheinliche anzunehmende Unfälle, für die der Grenzwert L gleich  $5,0 \cdot 10^{-3}$  ist.

Tabelle 5 Auswertung des Quellenglieds für ausgewählte anzunehmende Unfälle der Blöcke ETE1,2

Anzunehmender Unfall	Hoher Austritt von Primärkühlmittel	Berstung der Leitung zum Primärkreis außerhalb des Sicherheitsbehälters	Blockierung des Lauftrahns der Hauptumwälzpumpe	Berstung des Hauptdampfkollektors	Berstung eines Dampferzeugerrohrs	Unfall bei Manipulation mit dem Brennstoff
Dauer der Austritte [h]	6	0,5	12	6,2	7,8	2,0
Typ des Austritts	erdnah	erdnah	erdnah	erdnah	erdnah	in Höhe
RXe133 [TBq]	4,085E+0 (0,5 %)	8,104E+1 (14,7 %)	2,000E-1 (0,003 %)	1,000E-1 (0,1 %)	9,082E+1 (0,1 %)	1,231E+3 (99 %)
RI131 [TBq]	1,276E-1 (78,4 %)	4,425E-2 (43,3 %)	5,600E-1 (44,99 %)	8,500E-3 (47 %)	9,838E+0 (88,0 %)	9,633E-3
RCs137 [TBq]	1,854E-2 (21,1 %)	2,311E-2 (42,0 %)	3,700E-1 (55,0 %)	5,200E-3 (53 %)	7,166E-1 (11,9 %)	0.
Kriterium EUR, D	1,318E-5	8,266E-6	1,009E-4	1,483E-6	9,058E-4	3,727E-6
L/D (für L = 1.E-3)	75,9	121,0	9,9	673,9	1,1	268,3
L/D (für L = 5.E-3)	379,5	605	49,5	3369,5	5,5	1341,5

Aus der Analyse der genannten Tabelle ergibt sich:

- Für alle anzunehmenden Unfälle, für die der ungefilterte Austritt entweder aus dem Sicherheitsbehälter oder Austritt des Primärkühlmittels über Überströmstationen im Sekundärkreis überwiegend ist, kann der Austritt als erdnah charakterisiert werden und der Beitrag der Edelgase zu den Strahlenfolgen ist vernachlässigbar.
- Unfälle mit Austritt des Kühlmittels aus dem Primär- in den Sekundärkreis über einen beschädigten Dampferzeuger sind für die bestehenden Reaktoren limitierend hinsichtlich der Strahlenfolgen, obwohl bei ihnen die Brennelemente ihre Dichtigkeit nicht einbüßen (obwohl die konservative Vernachlässigung des realen Temperaturauftriebs bei der Auswertung der Strahlenfolgen erwähnt werden muss).
- Für alle begutachteten Unfälle ist das für die EIA-Studie verwendete Quellenglied konservativ auch für die bestehenden Reaktoren in Temelín.
- Für den Höhengasaustritt aus dem Abluftkamin über die Filter, der für bei Manipulation mit dem Brennstoff entstehende Unfälle typisch ist, ist hingegen der Beitrag der Edelgase ausschlaggebend, während die übrigen Radioisotope an den Filtern festgehalten werden. In diesem Fall ist aber die Reserve bis zum EUR-Grenzwert über tausendfach und der berechnete Austritt von I-131 über 15 500 Mal geringer als der Grenzwert für Höhengasaustritt.
- Auch für den Reaktor des Typs V 320 mit einfachem Sicherheitsbehälter werden mit großer Reserve die im EUR-Dokument für neue Reaktoren festgelegten Grenzwerte eingehalten. Diese Grenzwerte werden nicht nur für den EUR-Grenzwert von 5 mSv für die gegebene Unfallkategorie eingehalten, sondern auch für den allgemein verbindlichen Grenzwert von 1 mSv pro Jahr.

## 6. GEGENÜBERSTELLUNG DES IN DER EIA-STUDIE VERWENDETEN QUELLENGLIEDS MIT BEKANNTEN PROJEKTEN NEUER REAKTOREN

Eine weitere Überprüfung der Konservativität des Quellenglieds bestand im Vergleich der freigesetzten Menge an ausgewählten Radioisotopen mit den verfügbaren Ergebnissen der Berechnung für die für den Bau in Temelín in Frage kommenden Projekte. In der Tabelle Tabelle 6 werden die im Quellenglied für EIA Bezugsisotope angenommenen Werte der Austritte der Bezugsisotope den im Sicherheitsbericht ETE 1,2 und den verfügbaren Angaben für potenzielle neue Projekte gegenübergestellt. In der Gegenüberstellung sind die Angaben für das Projekt AP 1000 nicht enthalten, für die keine vergleichbaren Angaben zur Verfügung standen. Aus dem Vergleich ergibt sich, dass nicht konservativ nur das Quellenglied für  $Xe_{133}$  verwendet wurde, das jedoch, wie bereits gesagt, hinsichtlich der gesundheitlichen Auswirkungen bedeutungslos ist. Auch wenn die Austrittswerte für die ganze Unfalldauer (die länger als 1 Tag ist, wohingegen für die EIA der gesamte Austritt innerhalb von 6 Stunden vorausgesetzt wurde) gegenübergestellt würden, dann wären für die EIA der Austritt von  $I_{131}$  mindestens 370 Mal und der Austritt von  $Cs_{137}$  mindestens 4700 Mal überhöht.

Tabelle 6 Gegenüberstellung der Austritte von ausgewählten Radioisotopen für anzunehmende Unfälle mit maximalem Austritt in die Umgebung

Isotopengruppe	Quellenglied EIA	ETE 1,2 Berstung eines Dampferzeugerrohrs	ETE 1,2 Hoher Austritt von Primärkühlmittel	Neue Projekte, Austritt 1 Tag	Neue Projekte, ganze Unfalldauer
$Xe_{133}$ , TBq	0	90,82	4,0850	16-291	130-433
$I_{131}$ , TBq	10	9,84	0,1276	(2,5- 7,7) · 10 <sup>-3</sup>	(1,2- 2,7) · 10 <sup>-2</sup>
$Cs_{137}$ , TBq	1,5	0,72	0,01854	(1,6- 20,8) · 10 <sup>-5</sup>	(1,6-31,9) · 10 <sup>-5</sup>

## 7. AUSWERTUNG DER STRAHLENFOLGEN BEI IN DER DOKUMENTATION DER UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG GENANNTEN ANZUNEHMENDEN UNFÄLLEN

Für die Festlegung des zur Auswertung der Strahlenfolgen von anzunehmenden Unfällen verwendeten Quellenglieds wurde die Hüllenmethode verwendet, ohne direkte Kopplung an eine konkrete Projektlösung. Im Quellenglied wurden die freigesetzten Gesamtaktivitäten für zwei Isotope eingegeben, konkret für  $I_{131}$  und  $Cs_{137}$ , mit Werten gemäß der Tabelle 4, die für die Minimierung wirtschaftlicher Auswirkungen der anzunehmenden Unfälle gültig sind. Aus der vorstehenden Analyse ergibt sich die Zulässigkeit dieser Annäherung unter Verwendung der Grenzwerte für erdnahen Austritt, die mit ausreichender Reserve die konservative Hülle für anzunehmende Unfälle der bestehenden und neuen KKW's bilden.

Es ist auch aus dem vorstehenden Text ersichtlich, dass die den Grenzwerten für Höhengaustritt entsprechende Freisetzung radioaktiver Stoffe zwar wahrscheinlich die Erfüllung des Kriteriums der minimalen wirtschaftlichen Auswirkungen ermöglichen würde, aber die freigesetzten Mengen erscheinen für anzunehmende Unfälle unrealistisch hoch und entsprechen eher der Kategorie der auslegungüberschreitenden Unfälle.

Die Charakteristik der Umweltrisiken bei möglichen Unfällen und außerordentlichen Zuständen in der EIA-Dokumentation orientiert sich natürlich an der Auswertung einer eventuellen Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Umgebung bei anzunehmenden Unfällen und den zusammenhängen Strahlenfolgen.

Die Ausgangsbedingungen der Berechnung für anzunehmende Unfälle (DBC 3 und 4) waren folgende:

Tabelle 7 **Ausgangsbedingungen der Berechnung für anzunehmende Unfälle in der Umweltverträglichkeitsprüfung**

Typ des Austritts	erdnah	in Höhe
Wetterkategorie	D	D
Temperaturauftrieb	gleich Null	gleich Null
Quellenglied	I-131: 10TBq Cs-137: 1,5TBq	I-131: 150TBq Cs-137: 20TBq
Richtung der Ausbreitung und Windgeschwindigkeit	in OSO-Sektor 5 m/s	in OSO-Sektor 5 m/s
Niederschläge	10 mm/h	10 mm/h
Höhe des Austritts	45 m	100 m
Jodverteilung	5 % Aerosolform, 5 % organische Form, 90 % elementar	5 % Aerosolform, 5 % organische Form, 90 % elementar
Dauer des Austritts	6 Stunden	6 Stunden

Es wurde die kurzfristige (48 Stunden) und langfristige (1 Jahr und Lebensdosis) Strahlenexposition eines Individuums gemessen – eines zum Zeitpunkt des Unfalls 1-2 Jahre alten Kindes. Die sich ergebende kurzfristige Strahlenexposition setzt sich aus den Beiträgen folgender Expositionswege zusammen:

- Strahlenexposition aus Wolke,
- Inhalation (einschließlich Resuspension),
- Ablagerung.

In der eigentlichen EIA-Dokumentation waren die Ergebnisse der Berechnung für eine kurzfristige Strahlenexposition (48 Stunden) nicht angegeben.

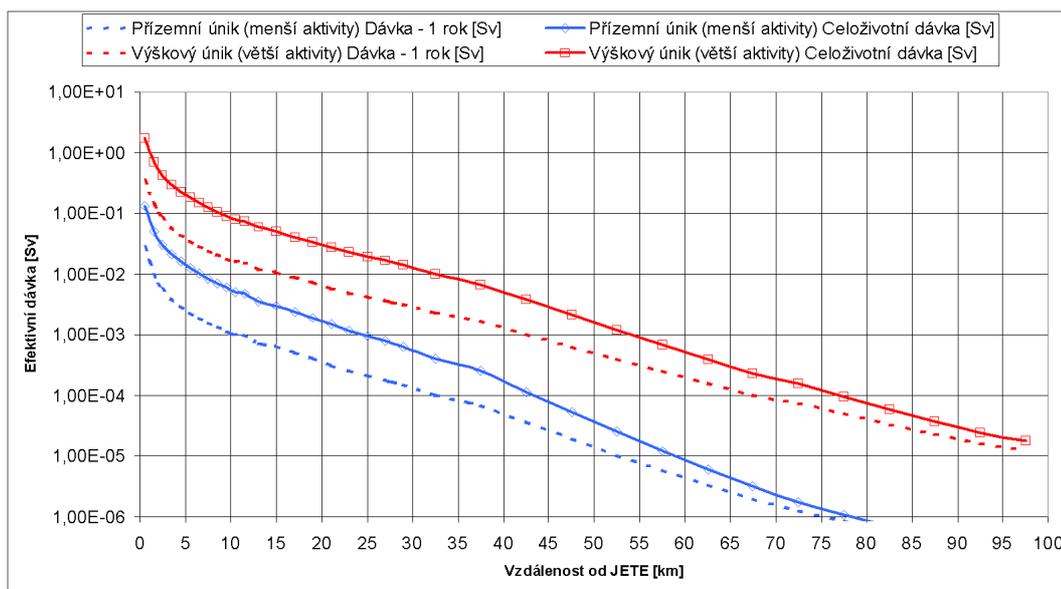
Bei der Berechnung der Strahlenexposition des Individuums für die Dauer von einem Jahr und länger wird auch der ingestive Weg in Betracht gezogen. Die Folgen der inneren Strahlenexposition infolge des jährlichen Empfangs an Ingestionen sind mit dem Wert einer 70-jährigen Einlagerung einer Äquivalentdosis für ein Kind ausgedrückt (nachstehend „Äquivalentdosis mit Ingestion pro Jahr“). Ähnlich ist es bei der Berechnung der „Lebensdosis“, d. h. der Summe der Dosen aus der äußeren Strahlenexposition und der Einlagerung der Äquivalentdosis aus Empfängen während 70 Jahre. Auf die Berechnung der Folgen der Strahlenexposition einer solchen Person aus Ingestion haben einen grundlegenden Einfluss die folgenden 4 Faktoren:

- Warenkorb – Anteil der aus lokalen (und somit kontaminierten) Quellen konsumierten Lebensmittel,
- Dauer des Fallouts,
- Alter der Person,

- Gelände – beeinflusst die Geschwindigkeit trockener Ablagerung.

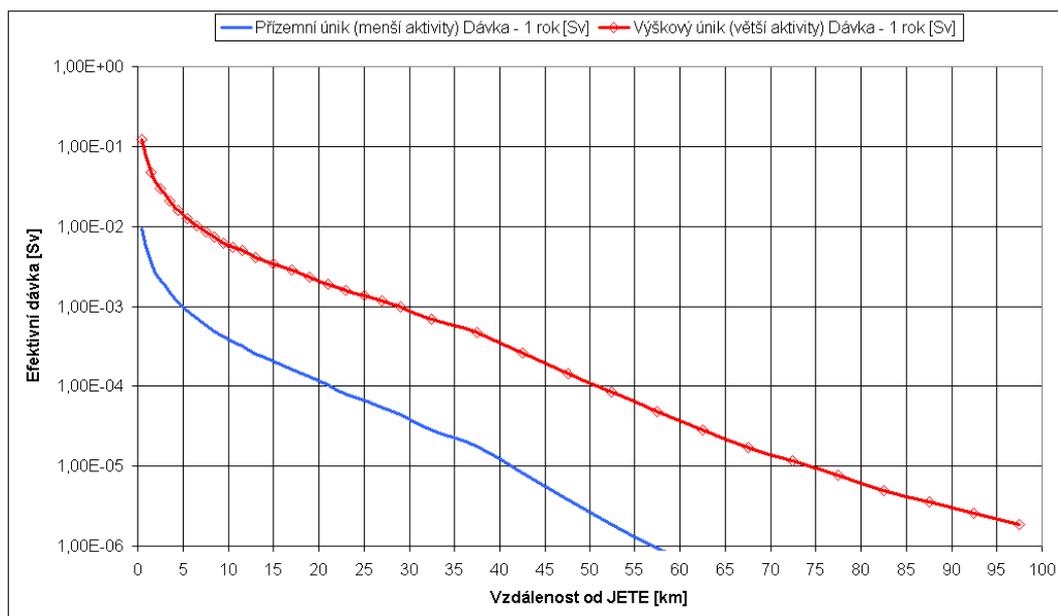
Was die Auswertung der möglichen radiologischen Folgen in einer bestimmten Richtung der Ausbreitung der Radionuklide betrifft, sind die Merkmale des Geländes ein fester Faktor, sie haben aber trotzdem einen deutlichen Einfluss auf die Berechnung. Die Variabilität des Geländes entlang der Strecke der Abluffahne verursacht lokale Schwankungen bei den Werten der Äquivalentdosen. Konservativ wird vorausgesetzt, dass der Unfall während des Sommers eintritt und alle nicht geernteten Früchte direkt betroffen werden. Die Festlegung des Alters bei der repräsentativen Person, für die die sich ergebende Äquivalentdosis bzw. die Einlagerung der Äquivalentdosis ausgewertet wird, ist eindeutig, die ungünstigsten Werte werden bei einem Kind von 1 – 2 Jahren zum Zeitpunkt des Unfalls erreicht. Der Lebensmittel-/Warenkorb (d. h. die Menge und Zusammensetzung der Lebensmittel, die das betreffende Individuum im gegebenen Zeitraum verzehrt) wurde aus den statistischen Angaben in Tschechien abgeleitet. Es wurden zwei unterschiedlich hohe Niveaus des Austritts gewählt. Der Höhenaustritt wurde für die Höhe von 100 m und der erdnahe Austritt für die Höhe von 45 m modelliert.

Die Ergebnisse der in EIA präsentierten Berechnung finden sich in den Abbildungen 1 und 2. Zum Vergleich finden sich in der nächsten Abbildung 3 die Ergebnisse der Strahlenexposition für die Dauer von 48 Stunden und 1 Jahr. Schließlich sind in der Abbildung 4 die Ergebnisse der Berechnung für einen Erwachsenen aufgeführt. Auf die Senkung der Äquivalentdosis für die Dauer von 1 Jahr wurde beim Erwachsenen der Einfluss von Umrechnungsfaktoren zwischen der Einlagerung der Äquivalentdosis von der inneren Strahlenexposition und dem Empfang von Radionukliden (Sv/Bq), die bei Kindern deutlich ungünstiger sind (ihr Wert ist höher), eingesetzt.



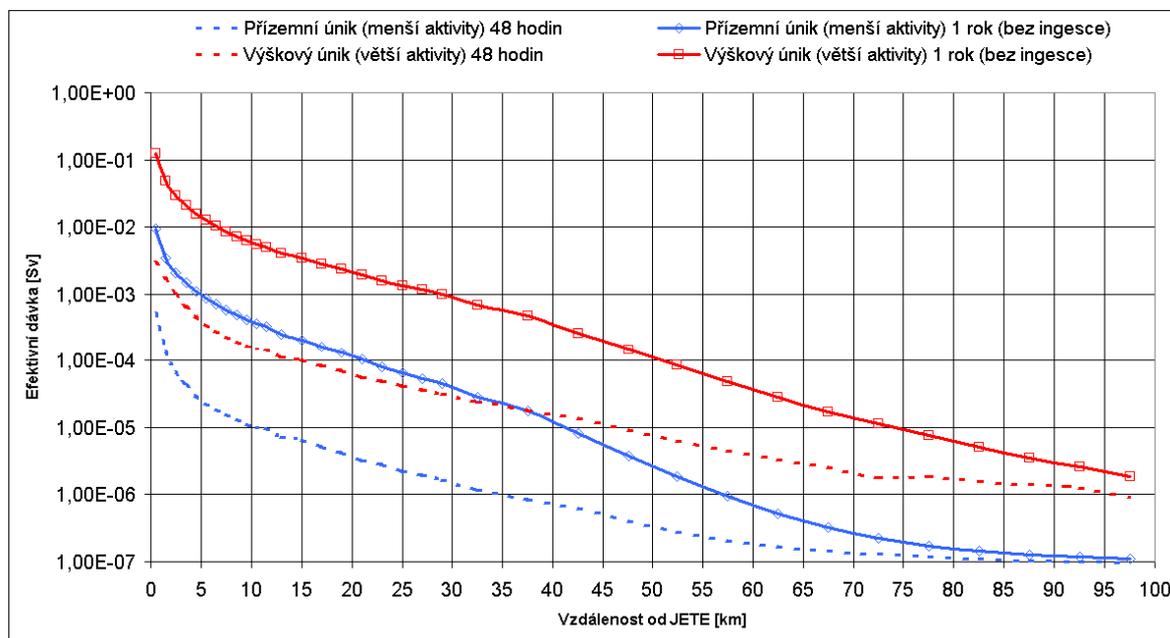
Efektivní dávka /Sv/	Effektive Dosis /Sv/
Přizemní únik (menší aktivity) Dávka – 1 rok /Sv/	Erdnaher Austritt (geringere Aktivität) Dosis - 1 Jahr /Sv/
Přizemní únik (menší aktivity) Celoživotní dávka /Sv/	Erdnaher Austritt (geringere Aktivität) Lebensdosis /Sv/
Výškový únik (větší aktivity) Dávka – 1 rok /Sv/	Höhenaustritt (höhere Aktivität) Dosis - 1 Jahr /Sv/
Výškový únik (větší aktivity) Celoživotní dávka /Sv/	Höhenaustritt (höhere Aktivität) Lebensdosis /Sv/

Abbildung 1 **Anzunehmender Unfall, Äquivalentdosis pro 1 Jahr [Sv] und Lebensdosis, mit Ingestion (Kinder 1-2 Jahre, Dauer der Strahlenexposition 70 Jahre)**



Efektivní dávka /Sv/	Effektive Dosis /Sv/
Přízemní únik (menší aktivity) Dávka – 1 rok /Sv/	Erdnaheer Austritt (geringere Aktivität) Dosis - 1 Jahr /Sv/
Výškový únik (větší aktivity) Dávka – 1 rok /Sv/	Höhenaustritt (höhere Aktivität) Dosis - 1 Jahr /Sv/
Vzdálenost od JETE /km/	Entfernung vom JETE /km/

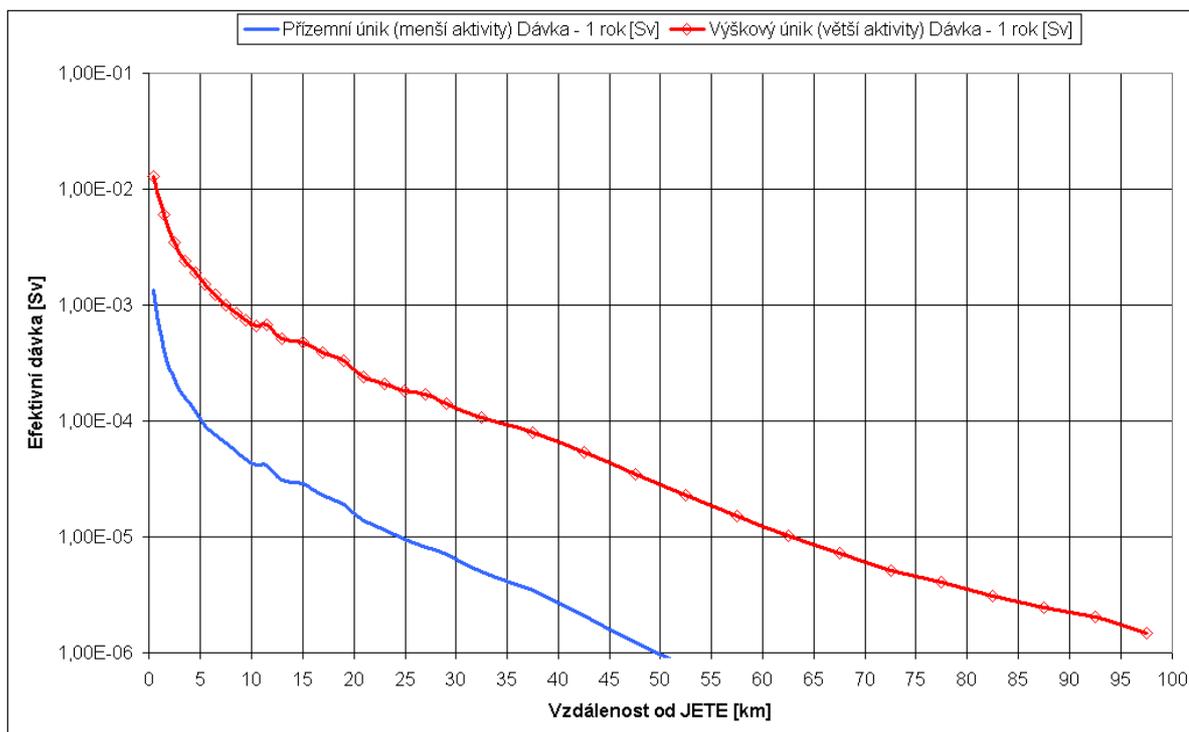
Abbildung 2 **Anzunehmender Unfall, Äquivalentdosis pro 1 Jahr [Sv], ohne Ingestion (Kinder 1-2 Jahre)**



Efektivní dávka /Sv/	Effektive Dosis /Sv/
Přízemní únik (menší aktivity) 48 hodin	Erdnaheer Austritt (geringere Aktivität) 48 Stunden
Přízemní únik (menší aktivity) 1 rok (bez ingesce)	Erdnaheer Austritt (geringere Aktivität) 1 Jahr (ohne Ingestion)
Výškový únik (větší aktivity) 48 hodin	Höhenaustritt (höhere Aktivität) 48 Stunden
Výškový únik (větší aktivity) 1 rok (bez ingesce)	Höhenaustritt (höhere Aktivität) 1 Jahr (ohne Ingestion)
Vzdálenost od JETE /km/	Entfernung vom JETE /km/

Abbildung 3 **Bereich der Äquivalentdosen für 48 Stunden und 1 Jahr ohne Ingestion [Sv] für Kinder (1-2 Jahre)**

2 Jahre)



Efektivní dávka /Sv/	Effektive Dosis /Sv/
Přizemní únik (menší aktivity) Dávka – 1 rok /Sv/	Erdnaher Austritt (geringere Aktivität) Dosis - 1 Jahr /Sv/
Výškový únik (větší aktivity) Dávka – 1 rok /Sv/	Höhenaustritt (höhere Aktivität) Dosis - 1 Jahr /Sv/
Vzdálenost od JETE /km/	Entfernung vom JETE /km/

Abbildung 4 Anzunehmender Unfall, Äquivalentdosis pro 1 Jahr [Sv], ohne Ingestion (Erwachsene)

Aus den Ergebnissen der in der EIA-Dokumentation präsentierten Berechnungen und weiteren hier aufgeführten Unterlagenberechnungen ergibt sich, dass trotz der Konservativität bei der Festlegung des Quellenglieds und weiterer Konservativität in der Auswertung der Verbreitung radioaktiver Stoffe und der Expositionswege gesagt werden kann:

- Die Äquivalentdosis von 5 mSv für 48 Stunden für ein Kind, ohne Ingestion, wird nicht einmal in unmittelbarer Nähe des Kernkraftblocks erreicht.
- Die Äquivalentdosis von 5 mSv für 1 Jahr für ein Kind ohne Ingestion kann in einem Abstand von ca. 1,2 km vom Reaktor erreicht werden.
- Die Äquivalentdosis von 5 mSv für 1 Jahr für ein Kind einschließlich Ingestion kann in einem Abstand von ca. 2,9 km vom Reaktor erreicht werden.
- Die Äquivalentdosis von 5 mSv für 1 Jahr für einen Erwachsenen, ohne Ingestion, wird nicht einmal in unmittelbarer Nähe des Reaktors erreicht.

Die konkreten Bedingungen am Standort Temelín sehen so aus, dass die nächsten Wohnhäuser deutlich weiter als 800 m vom Reaktorgebäude liegen, weil die bestehende Schutzzone an manchen Stellen bis zu ca. 3 km beträgt. Daraus folgt, dass die Bewohner nicht dauerhaft in einem Bereich leben, in dem eine deutlichere Bedrohung eintreten könnte. Aufgrund des Vorgenannten kann im Einklang mit der EIA-Dokumentation gesagt werden, dass die Folgen eventueller anzunehmender Unfälle keine Strahlenexposition von Personen verursachen, die die Einführung beliebiger dringlicher Schutzmaßnahmen auch nicht in den nächst um das KKW Temelín gelegenen Gemeinden erforderlich machen würde.

## 8. SCHLUSS

Aufgrund der durchgeführten Begutachtung kann gesagt werden:

- DAS IN DER EIA-Dokumentation verwendete Quellenglied deckt mit großer Reserve für neue Reaktoren alle anzunehmenden Unfälle mit einer Wahrscheinlichkeit bis  $1 \cdot 10^{-4}$ /Jahr, auch solche mit einer Wahrscheinlichkeit bis  $1 \cdot 10^{-6}$ /Jahr. Die Verwendung des Quellenglieds für erdnahen Austritt ist angemessen und konservativ für die Unfallkategorie DBC3 und DBC4. (Siehe Tabelle 6 Gegenüberstellung der Austritte von ausgewählten Radioisotopen für anzunehmende Unfälle mit maximalem Austritt in die Umgebung)
- DAS EUR-Quellenglied für die Begrenzung der wirtschaftlichen Auswirkungen beim Höhenaustritt führt zu um Größenordnungen höheren Strahlenfolgen und nähert sich hinsichtlich der langfristigen Folgen angesichts der vertretenen Cs<sub>137</sub>-Gruppe den Folgen eines auslegungsüberschreitenden Unfalls. Die Eignung seiner Verwendung für die geplanten neuen Kernkraftanlagen ist problematisch und es wird erwartet, dass die aufgrund der Angaben vom konkreten ausgewählten Auftragnehmer durchgeführten Sicherheitsanalysen sein unangemessen hohes Niveau an Konservativität bestätigen.
- Es besteht kein Grund, für die neuen Reaktoren höhere Austritte in die Umgebung vorauszusehen, als die im genannten Beispiel für die derzeitigen Reaktoren, weil die Anwendung strengerer Kriterien der Annehmbarkeit die Anzahl der beschädigten Brennelemente bei Unfällen limitiert, es werden Maßnahmen zur Einschränkung von Kühlmittelaustritten in die Umgebung bei Austritten aus dem Primär- in den Sekundärkreis ergriffen und es wird ein doppelter Sicherheitsbehälter eingesetzt, der ungefilterte Austritte in die Umgebung senkt.
- Die Berechnung der in der Umweltverträglichkeitsprüfung genannten Äquivalentdosen ist konservativ, einerseits wegen der Konservativität des Quellenglieds, andererseits wegen der konservativen Analyse der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Umgebung und der Befolgung der jeweiligen Expositionswege.
- Wenn der ausgewählte Auftragnehmer die Einhaltung der derzeit festgelegten Sicherheitsziele garantieren wird, werden die in Frage kommenden Strahlenfolgen von anzunehmenden Unfällen unterhalb der unteren Grenze der Richtwerte für die Einführung von dringlichen Maßnahmen und Folgemaßnahmen liegen.

## 9. LITERATUR

- [1] Nový jaderný zdroj v lokalitě Temelín včetně vyvedení výkonu do rozvodny Kočín, Dokumentace vlivu záměru na životní prostředí dle přílohy č. 4 k zákonu č. 100/2001 Sb., v platném znění, Mai 2010.
- [2] Mišák J., Pokorný O., Doplňující informace k analýzám těžkých havárií pro dokumentaci EIA NJZ ETE, EGP – 5010-F-101049, Dezember 2010.
- [3] Verordnung Nr. 195/99 GBl. über Anforderungen an Kernkraftanlagen zur Sicherstellung der nuklearen Sicherheit, des Strahlenschutzes und der Vorbereitung auf Unfälle
- [4] Entwurf der SÚJB vom 8. Juni 2010 der modifizierten Verordnung Nr. 195/1999 GBl. der Staatlichen Behörde für Atomsicherheit „Über Anforderungen an Kernkraftanlagen zur Sicherstellung der nuklearen Sicherheit, des Strahlenschutzes und der Vorbereitung auf Unfälle“.
- [5] European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants. Revision C, April 2001.
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Source term phenomena and approaches to design basis loss of coolant accident analysis, Draft TECDOC Version of 10.5.2, Mod 10.12.15, December 2010