

ZUSAMMENFASSUNG

Am Standort des Kernkraftwerks (KKW) Krško in Slowenien ist die Errichtung eines Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente geplant. Für dieses Projekt wird eine Umweltverträglichkeitsprüfung gemäß ESPOO-Konvention und UVP-Richtlinie durchgeführt, an der sich Österreich beteiligt.

Ziel der österreichischen Beteiligung am UVP-Verfahren ist es, Empfehlungen zur Minimierung, im optimalen Falle Eliminierung, möglicher erheblich nachteiliger Auswirkungen auf Österreich zu geben.

Verfahren und Entsorgungsnachweis

Es wurden alle für eine UVP nötigen Unterlagen vorgelegt. Eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) soll zu einem Zeitpunkt erfolgen, zu dem alle Optionen offen sind. Sowohl der Standort als auch die Technologie wurden bereits in den letzten Jahren festgelegt, im Jahr 2017 wurde zudem der Auftrag an die Firma Holtec erteilt. Es erscheint daher fraglich, ob der Zeitpunkt, zu dem die vorliegende UVP durchgeführt wird, dieser Vorgabe folgt.

Es wurden verschiedene Varianten der Stilllegung des Trockenlagers vorgelegt. Um einen Entsorgungsnachweis vorzulegen, müsste jedoch auch erläutert werden, ob die nötigen Endlagerkapazitäten zum benötigten Zeitpunkt bereitstehen werden. Dies ist derzeit weder für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus der Stilllegung des Trockenlagers noch für die abgebrannten Brennelemente absehbar. Ein Alternativplan, was im Falle, dass kein Endlager zur Verfügung steht, geschehen soll, wurde nicht vorgelegt.

Bewertung des geplanten Zwischenlagers und der Behälter inkl. Langzeitspekte des Betriebs

Die abgebrannten Brennelemente aus dem Betrieb des KKW Krško werden derzeit im Becken des Brennstoffgebäudes gelagert. Die Entscheidung zur Errichtung eines Trockenlagers am KKW Standort Krško ist grundsätzlich zu begrüßen. Ein Trockenlager ist unter dem Gesichtspunkt von potenziellen Auswirkungen auf Österreich gegenüber der Nasslagerung sicherheitstechnisch zu bevorzugen. Die wesentlichen Gründe hierfür sind die Nutzung passiver Sicherheitssysteme, die geringere Anfälligkeit für Störfälle mit Freisetzungen und die geringeren Freisetzungsmengen radioaktiver Stoffe im Falle eines Unfalls.

Die Umlagerung der abgebrannten Brennelemente (ABE) aus dem Nasslager in ein Trockenlager reduziert die vom Standort Krško ausgehende Gefahr erheblich. Der Zeitplan für die Umladung ist allerdings nicht ausreichend sicherheitsorientiert. Laut UMWELTBERICHT (2020) sollen die Brennelemente in vier Kampagnen aus dem Lagerbecken in das Trockenlager verlegt werden. Bereits in UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde betont, dass Sicherheitsaspekte Vorrang gegenüber Aspekten der Wirtschaftlichkeit haben sollten. Insofern sollten möglichst alle ABE (ca. 1.000 Stück), die ausreichend (mindestens fünf Jahre) abgeklingen sind, nach Inbetriebnahme des Zwischenlagers zügig umgeladen werden.

Zur Lagerung wurde das Lagersystem HI-STORM FW ausgewählt. Es umfasst folgende Grundbestandteile:

- Lagerungsabschirmung HI-STORM FW (Storage Modul Flood and Wind);
- Mehrzweckbehälter MPC-37 (Multi-Purpose Canister);
- Transferabschirmung HI-TRAC.

Der Lagerbehälter HI-STORM FW MPC besteht aus einer Lagerungsabschirmung und einem eingelegten Mehrzweckbehälter. Nach dem Ende der Lagerung sollen die abgebrannten Brennelemente vom Standort Krško im Transportbehälter HI-STAR 190 abtransportiert werden.

Laut UMWELTBERICHT (2020) ergibt sich die Gewährleistung der Sicherheit auch aus der Erfüllung der internationalen Standards und Richtlinien der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). Alle relevanten Dokumente werden in der aktuellen Version genannt.

Für den Fall einer notwendigen Reparatur der Behälter nach Stilllegung des KKW Krško ist vorgesehen, die Behälter zu einem externen Dienstleister z. B. in die Schweiz zu transportieren. In der nächsten Überarbeitung des Stilllegungsplans des KKW Krško soll als zweite Option betrachtet werden, dass das Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung des KKW Krško für eine mögliche Reparatur von Behältern zur Verfügung steht. Dies wird unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten begrüßt, da Transporte von abgebrannten Brennelementen immer mit zusätzlichen Risiken verbunden sind. Dies ist für Österreich relevant, da Transporte potenziell beschädigter Behälter von Slowenien in die Schweiz über Österreich erfolgen könnten.

Auf Basis der Planung für die Endlagerung wäre ein Zwischenlagerbetrieb von 50 Jahren erforderlich. Die Betriebsdauer des Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente im KKW Krško soll 60 Jahre betragen, mit der Möglichkeit der Verlängerung des Betriebs. Die Komponenten des Lagerungssystems sollen auf eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt werden.

Es ist zu begrüßen, dass die Komponenten des Lagerungssystems auf eine Lebensdauer von 100 Jahren auszulegen sind. Denn international zeichnet sich klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Allerdings wurde das Lagersystem HI-STORM FW von der US-amerikanischen Genehmigungsbehörde NRC nur für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt. Insofern ist nicht ohne weitere Erklärung nachvollziehbar, wie die Auslegung für eine Lagerung von 100 Jahren für das geplante Zwischenlager am Standort Krško realisiert wird.

Sicherheitstechnisch relevante Aspekte der Langzeitsicherheit werden im UMWELTBERICHT (2020) jedoch nicht erwähnt oder diskutiert. Das Konzept der Lagerung zielt darauf ab, dass die Behälter für den gesamten Lagerzeitraum dicht bleiben; die Gewährleistung der Integrität der Brennstäbe liegt nach Beendigung der Zwischenlagerzeit in der Verantwortung desjenigen, der für die Endlagerung oder die Wiederaufarbeitung zuständig ist. Eine Kontrolle der Dichtheit der Brennstäbe in den Behältern ist nicht beabsichtigt. Im UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde angeregt im Rahmen des UVP-Verfahrens zu überprüfen, ob diese Vorgehensweise angemessen ist. Ob diese Überführung des Sachverhalts erfolgte, ist anhand der Unterlagen nicht zu erkennen. Auch

weiterhin ist keine stichprobenartige Überprüfung der Dichtheit der Brennstäbe geplant.

Störfälle und Unfälle ohne Einwirkungen Dritter

Die Behälter sollen in einem Trockenlagergebäude aufbewahrt werden. Dieses wird im unteren Teil bis in eine Höhe von 6 m als Stahlbetonkonstruktion ausgeführt, im oberen Teil hingegen als Stahlkonstruktion, verkleidet mit Metallpaneele. Die Funktion des Trockenlagergebäudes besteht darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten.

Die Lagerungsabschirmung des Behälters soll neben Strahlenschutz auch die Kühlung des Mehrzweckbehälters während der Lagerung, einen Schutz des Behälters gegen tornadobedingte Projektilen und gegen natürliche und außergewöhnliche Einwirkungen gewährleisten. Quantitative Angaben gegen welche Ereignisse die Lagerabschirmung Schutz gewährleistet, sind jedoch nicht vorhanden.

Laut UMWELTBERICHT (2020) gewährleistet das System HI-STORM FW zusammen mit dem Trockenlagergebäude die grundlegenden Sicherheitsfunktionen. Dies umfasst die Gewährleistung der Unterkritikalität, die Wärmeabfuhr aus dem Behälter und die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe während des Betriebs, eines Auslegungsunfalls und eines erweiterten Auslegungsunfalls.

Die möglichen Auswirkungen und die getroffenen Schutzmaßnahmen gegen Überschwemmung werden beschrieben, ob die Höhe des Schutzes ausreichend ist, kann anhand der vorliegenden Unterlagen nicht abschließend bewertet werden. Eine Analyse von möglichen Extremwetterereignissen ist nicht erfolgt. Gerade in Hinblick auf die lange Lagerzeit ist die Berücksichtigung von Trends bei Extremwetterereignissen erforderlich. Nach jetzigem Wissensstand nehmen aufgrund der Klimaänderungen Extremereignisse sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität zu.

Für die Sicherheitsanalysen wurden fünf auslösende Ereignisse verwendet (Umkippen des Behälters bei erhöhter seismischer Belastung, Passive Kühlung des Behälters nicht möglich, Absturz eines kommerziellen Flugzeugs oder Militärflugzeugs, Einsturz des Trockenlagergebäudes und Brand im Falle eines Flugzeugabsturzes). Diese auslösenden Ereignisse decken Ereignisse ab, die zu den höchsten Auswirkungen führen können. Allerdings werden Sabotage bzw. Terroranschläge vom Boden nicht bewertet. Zudem werden die mechanischen Einwirkungen eines Flugzeugabsturzes nicht ausreichend betrachtet, da die unterstellte Geschwindigkeit zu gering ist.

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen sind Untersuchungen zu Cliff-Edge Effekten erfolgt. Dies ist grundsätzlich zu begrüßen. Soweit dies anhand der vorgelegten Dokumente bewertet werden kann, werden bei den Untersuchungen zwar kleine Änderungen der Parameter unterstellt, die vorhandenen Reserven wurden aber nicht ermittelt. Zudem erfolgte dies nicht für alle relevanten Parameter (wie Geschwindigkeit eines Flugzeuges).

Ereignisse im Zwischenlager können Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Reaktors am Standort haben; ebenso kann ein Ereignis im Reaktor Auswirkungen auf das Zwischenlager haben. Derartige Wechselwirkungen werden im UVP-Verfahren für das Zwischenlager betrachtet, allerdings nicht bezüglich

konkurrierender Ressourcen zur Störfallbeherrschung oder der Begrenzung von möglichen Unfallfolgen.

Obwohl die Sicherheitsanalysen für keinen der analysierten Unfälle einen Dichtungsverlust des Behälters ermittelten, wurde eine Analyse der radiologischen Folgen einer Leckage des Behälters im Falle eines hypothetischen Versagens der Dichtung durchgeführt. Diese Analyse ermittelt für den hypothetischen Fall einer Leckage des Behälters MPC 37 eine 30-Tage-Dosis in einer Entfernung von 80 km vom KKW Krško von weniger als 0,2 mSv. Grundsätzlich ist zu begrüßen, dass eine derartige Untersuchung im Rahmen des UVP-Verfahrens erfolgt ist. Allerdings ist das Ergebnis der Analyse nicht zu bewerten, da nicht angegeben wird, welche Temperatur im Behälter für die Analyse angenommen wurde. Eine potenzielle Freisetzung ist stark temperaturabhängig.

Stör- und Unfälle durch externe Einwirkungen

Der Sicherheitsnachweis wird unter anderem für Flugzeugabsturz in Kombination mit Kerosinbrand und Einsturz der Lagerhalle geführt. Auch wenn das analysierte Szenario nicht konservativ bezüglich der mechanischen und thermischen Lasten ist, deckt der Sicherheitsnachweis Einwirkungen durch Erdbeben ab.

Es erscheint nicht notwendig und zielführend, die Analysen und Ergebnisse für das geplante Trockenlager bezüglich Erdbeben in weiteren Details zu diskutieren. Dies schließt jedoch nicht aus, dass die Erdbebengefahr am Standort mit Blick auf den Reaktor kontinuierlich bewertet werden sollte.

Störfälle und Unfälle mit Einwirkungen Dritter

Durch verschiedene Terrorszenarien könnten massive Freisetzungen aus Zwischenlagern am Standorten Krško erfolgen, die auch zu einer Betroffenheit Österreichs führen könnten. Eine Berücksichtigung von möglichen Terrorangriffen entspricht dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Details des Schutzes vor Terrorangriffen können aus Geheimhaltungsgründen im UVP-Verfahren nicht diskutiert werden. Die vorgesehenen Schutzmaßnahmen zu den bereits in einigen Ländern öffentlich diskutierten Szenarien könnten jedoch skizziert werden.

Neben einem möglichen terroristischen Flugzeugangriff auf das Zwischenlager ist auch der Einsatz von **panzerbrechenden Waffen** gegen die Behälter ein Szenario, welches beispielsweise in Deutschland im Rahmen der Genehmigung eines Zwischenlagers betrachtet wird. Ein derartiges Szenario wird in den UVP-Dokumenten nicht erwähnt.

Soweit anhand der vorgelegten Unterlagen erkennbar, soll der Schutz vor Terrorangriffen vom Boden vor allem durch die Lage im überwachten Bereich des KKW Standort Krško gewährleistet werden. Für die Zwischenlager in Deutschland wurde dies beispielsweise als nicht ausreichend bewertet und in den letzten Jahren Nachrüstungen zur Verbesserung des Schutzes gegen mögliche Terroranschläge durchgeführt.

Hinzuweisen ist weiterhin auf die Gefahr von sogenannten Innentätern. Die **Nuclear Threat Initiative** (NTI) bewertet mit dem Nuclear Security Index die Maßnahmen, die Länder ergreifen, um das Risiko von Sabotage und Terroranschlä-

ge gegen kerntechnische Anlagen zu verringern. Laut NTI (2020) zeigen sich in Slowenien Defizite beim Schutz vor der Bedrohung durch Innentäter.

Die Funktion des geplanten Trockenlagergebäudes für abgebrannte Brennelemente besteht laut UMWELTBERICHT (2020) darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten. Der Schutz des geplanten Zwischenlagers gegen einen Flugzeugabsturz sowie gegen andere schwere Einwirkungen von außen soll vor allem durch die Behälter gewährleistet werden. Die Außenwände des Zwischenlagers sind bis in eine Höhe von 6 Metern aus Stahlbeton gefertigt und haben eine Stärke von 0,8 Meter. Beispielsweise sollen in Deutschland beim Neubau des Zwischenlagers Nord 1,80 Meter dicke Stahlbetonwände die Behälter schützen.

Die Lagerabschirmung des HI-STORM FW schützt laut Hersteller den gelagerten Inhalt vor natürlichen und künstlichen Projektilen einschließlich eines F-16 Flugzeugaufpralls. (HOLTEC 2019b) F-16 ist ein US-amerikanisches Kampfflugzeug mit einem maximalen Startgewicht von rund 20 t und einer Kerosinmenge von weniger als 10.000 l. Ein Verkehrsflugzeug kann erhebliche stärkere mechanische und thermische Auswirkungen auf die gelagerten Behälter haben. Insofern ist nicht zwangsläufig eine Freisetzung im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs ausgeschlossen. Der Absturz eines Verkehrsflugzeuges und daraus möglicherweise resultierende Brände mit Temperaturen von über 1.000 °C können bei fehlender Auslegung zu einem Integritätsverlust der Behälter und zu massiven radioaktiven Freisetzungen führen.

Im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs (Boeing 747-400ER) auf das geplante Zwischenlager am Standort Krško werden laut UMWELTBERICHT (2020) keine radioaktiven Substanzen in die Umgebung freigesetzt. In dem betrachteten Szenario beträgt die Geschwindigkeit des Flugzeugs jedoch nur 100 m/s (360 km/h) und ist damit verhältnismäßig gering. Die dadurch verursachten Einwirkungen unterschätzen die möglichen mechanischen Belastungen erheblich. Beispielsweise wurde in Deutschland bei entsprechenden Untersuchungen eine deutlich höhere Geschwindigkeit von 175 m/s (630 km/h) unterstellt.

Laut UMWELTBERICHT (2020) wurde weiterhin angenommen, dass sich die gesamte Kerosinmenge (245.000 Liter) im Lagergebäude verteilt und dort verbrennt. Die Branddauer würde dann 26 Minuten betragen, als Brandtemperatur wurden 800°C unterstellt. Untersuchungen bezüglich eines möglichen Cliff-Edge Effekts bei einem längeren Brand sind nicht erfolgt. Allerdings wurden im Rahmen des UVP-Verfahrens Sensitivitätsanalysen zu den Auswirkungen bei einer Brandtemperatur von 1.000°C erstellt. Es wurde auch für diesen Fall keine Freisetzung aus dem Behälter ermittelt.

Grenzüberschreitende Auswirkungen

Aufgrund der vorgelegten Dosisangaben für die angenommene Behälter-Leckage kann eine mögliche Betroffenheit Österreichs durch einen schweren Unfall im Trockenlager nicht beurteilt werden. Dazu ist die Angabe von maximalen Dosiswerten für Kinder und Erwachsene erforderlich, die mit den Richtwerten der österreichischen Interventionsverordnung vergleichbar sind. Weiters wäre es wünschenswert zu zeigen, ob Kontaminationswerte in österreichischem

Staatsgebiet auftreten können, die über den Richtwerten des Maßnahmenkatalogs für landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen (BMLFUW 2014) liegen.

SUMMARY

The construction of an interim storage for spent nuclear fuel assemblies is planned at the NPP Krško site in Slovenia. Austria takes part in the Environmental Impact Assessment (EIA) conducted for this project according to the ESPOO-Convention and the EIA Directive. The Austrian participation in the procedure serves the goal of providing recommendations for the minimization and – in best case – elimination of significantly adverse impacts on Austria.

Procedure and proof of disposal

All documents necessary for an EIA were presented. An Environmental Impact Assessment (EIA) should take place at a time when all options are open. However, both, the site and technology were decided on already in the past years; the company Holtec was awarded the contract in 2017. Therefore, it appears questionable that this condition - the point in time when this EIA is being conducted – is actually met.

Several alternatives for decommissioning of the dry storage have been presented. However, a proof of disposal would also require evidence that the needed final disposal capacities will be available at the right time. Currently this is not foreseeable for the low and medium level active waste originating from decommissioning the dry storage or for the spent fuel assemblies. An alternative plan for the case that no final disposal will be ready was not presented.

Assessment of the planned interim storage and the casks incl. aspects or long-term operation

Currently the spent fuel assemblies generated during the NPP Krško operation are stored in the pool of the fuel building. The decision to construct a dry storage at the NPP Krško site is welcomed. Under the aspect of nuclear safety, the dry storage's potential impacts on Austria are less severe compared to the wet storage's. The most important reasons consist in the use of passive safety systems, the lower proneness for incidents with releases and the lower amount of released radioactive materials in case of an accident.

The re-location of the spent fuel assemblies from the wet storage into a dry storage significantly reduces the risk posed by the Krško NPP site. However, the time plan for the re-location is not sufficiently oriented toward the nuclear safety aspects. According to UMWELTBERICHT (2020) the fuel assemblies will be transferred from the storage pool into the dry storage in four campaigns. Already UMWELTBUNDESAMT (2020) highlighted that the safety aspect should be prioritized above economic aspects. For this reason all spent fuel assemblies (around 1000) should be re-located swiftly after a sufficient level of decay (at least five years) has been reached once the interim storage started operating.

The storage system HI-STORM FW was selected for the storage purpose. It consists of the following basic components:

- Storage Shielding HI-STORM FW (Storage Modul Flood and Wind);
- Multi-purpose canister MPC-37 (Multi-Purpose Canister);
- Transfer shielding HI-TRAC.

The storage cask HI-STORM FW MPC consists of a storage shielding and an inserted multipurpose canister. After the storage period will have ended, the spent fuel assemblies should be removed from the Krško site using the transport cask HI-STAR 190.

According to UMWELTBERICHT (2020) safety should also be ensured by meeting international standards and guidelines of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). All relevant documents were referred to in its current versions.

In case the canisters are in need of repair in the period after the NPP Krško's definite shut down, the canisters will be transported to an external service provider e.g. to Switzerland. The next review of the NPP Krško's decommissioning plan should look into the second option, when the fuel handling building will be also available after the NPP's shutdown for possible canister repairs. Under safety aspects this is certainly the preferable solution, because transports of spent fuel assemblies always bear additional risks. For Austria this is of relevance because transports of potentially damaged canisters from Slovenia to Switzerland could take place via Austria.

Taking into account the planning of the final repository, the interim storage operation would be necessary for 50 years. The operation of the dry storage for spent fuel assemblies in the NPP Krško is assumed to last for 60 years, with the option to prolong its operation. The storage system components should be designed for a 100-years lifetime.

The decision to design the storage system components for a life-time of 100-years is welcome. Internationally it is becoming clear that most countries will need significantly more time for the planning, licensing and the construction of a final repository than originally foreseen. However, the US nuclear regulator NRC licensed the storage system HI-STORM FW for a period of 40 year only. Without any further explanation, it is therefore not possible to understand, how the design for a 100-year storage period for the planned interim storage at the Krško site will be realized.

The UMWELTBERICHT (2020) however does not mention or discuss the safety relevant aspects of long-term safety. The storage concept is based on the assumption that the canister will remain tight for the entire storage period; the responsibility of ensuring the integrity of the fuel assemblies after the interim storage period lies with those who are responsible for the final repository or the re-processing. No plans were presented which include the control of fuel rod tightness in the canisters. The UMWELTBUNDESAMT (2020) report included the suggestion to examine in the framework of the EIA procedure whether this approach is adequate. The document did not clarify whether this issue has been looked into. Furthermore, still no random tightness checks for the fuel rods are planned.

Incidents and accidents without third party involvement

The casks will be stored in a dry storage building. The first 6 m of the building will consist of a reinforced concrete structure and the higher part of a steel construction covered with metal paneling. The dry storage building's function consists in protecting the storage casks from external weather conditions and ensuring additional radiation shielding.

On top of radiation protection, the cask's storage shielding should also ensure the multi-purpose canister's cooling during storage and protect the canister against tornado-caused projectiles and natural and extraordinary impacts. However, quantitative data on the events the storage shielding should protect against are lacking.

According to UMWELTBERICHT (2020), the HI-STORM FW system together with the dry storage building ensures the basic safety functions. This encompasses ensuring sub-criticality, heat removal from the casks and retention of radioactive materials during operation, during a Design Basis Accident (DBA) and during Design Extension Conditions (DEC).

Possible impacts and protection measures taken against flooding were explained; however, the presented documents do not make conclusions possible on whether the height of the protection is sufficient. An analysis of possible extreme weather events has not been undertaken. In particular when taking into account the long storage time, it is necessary to include trends for extreme weather events. According to current level of knowledge, extreme events will increase in frequency and intensity due to climate change.

Five initiating events were used for the safety analyses (casks toppling due to increased seismic load, passive casks cooling impossible, crash of a commercial or military plane, collapse of dry storage building and fire in case of a plane crash). Those initiating events could lead to the most severe impacts. However, sabotage and terror attacks from the ground have not been examined. Furthermore, the mechanical impacts of a plane crash have not been sufficiently analyzed because the postulated speed was too low.

In the framework of safety analyses also cliff-edge effects were examined, which is welcomed. As much can be assessed from the presented documents, small changes in parameters were assumed, but the existing reserves were not determined. Moreover, this was not done for all relevant parameters (such as the speed of a plane).

Events in the interim storage can have impacts on the safety of the reactor operating at the site; also, an event in the reactor can have impacts on the interim storage. Such interactions were analyzed but without taking into consideration the competition for resources needed to control the incident or to limit the possible accident consequences.

Although the safety analyses did not identify loss of tightness for a canister for any of the analyzed accidents, an analysis of the radiological consequences of a canister leakage in case of a hypothetical loss of the seal was conducted. For the hypothetical case of a leaking MPC 37 this analysis found a 30-day dose at 80 km distance from NPP Krško below 0.2 mSv. In principle, it is welcome that this investigation was undertaken in the framework of an EIA procedure. However, the result of the analysis cannot be assessed, since the temperature assumed in the canister for the analysis was not mentioned. The potential release is strongly temperature dependent.

Incidents and accidents due to external impacts

The safety case was made among others also for a plane crash in combination with kerosene fire and collapse of the storage hall. This safety case covers the earthquake impacts, even though the analyzed scenario is not conservative regarding the mechanical and thermal loads.

It does not seem necessary and purposeful to discuss the analyses and results for the planned dry storage regarding earthquake in further details. However, this does not mean that for the reactor the earthquake hazard on site should not be continuously assessed.

Incidents and accidents with third party impacts

Several terror scenarios can lead to massive releases from interim storages at the Krško site, which could also affect Austria. Taking into account potential terror attacks is in line with current state-of-the-art of science and technology. Details about the protection against terror attacks cannot be discussed in the EIA procedure due to reasons of classification. The envisaged protective measures in response to scenarios publicly discussed in some countries' however can be outlined.

In addition to a possible terrorist plane attack on the interim storage, also the use of **anti-tank weapons** against the casks is a scenario which e.g. in Germany has to be taken into account in the framework of an interim storage licensing. This type of scenario has not been mentioned in the EIA documents.

Concerning this issue, the presented documents provide information that protection against terror attacks from the ground should be ensured based on the fact that the storage is located in the NPP Krško's controlled zone. In Germany for example this proposal was assessed as insufficient and additional measures were implemented to improve the protection against possible terrorist attacks.

Also the danger of so-called insiders needs to be pointed out. With its Nuclear Security Index the **Nuclear Threat Initiative** (NTI) assesses the measures taken by individual countries to reduce the risk of sabotage and terrorist attacks against nuclear facilities. According to NTI (2020), Slovenia has deficits when it comes to the protection against insider threats.

According to UMWELTBERICHT (2020) the function of the planned dry storage building for spent nuclear fuel assemblies consists in protecting the casks against external weather impacts and providing additional radiation shielding. The protection of the planned interim storage against plane crashes and other severe external impacts should mainly be ensured by the casks. The interim storage external walls are made of reinforced concrete up to the height of 6 meters and are 0.8 m thick. E.g. in Germany the newly built interim storage (Zwischenlager Nord) will have 1.8 m thick walls of reinforced concrete to protect the casks.

According to the manufacturer, the HI-STORM FW storage shielding protects the stored content from natural and artificial projectiles, including a F-16 plane crash. (HOLTEC 2019b) The F-16 is a U.S. fighter jet with a maximum 20 t take-off weight and kerosene amount under 10 000 l. A commercial airplane can have significantly larger mechanical and thermal impacts on the stored casks. Therefore, a release cannot be necessarily excluded in case of a commercial

airplane crash. The crash of a commercial airplane and the resulting fires with temperatures ranging above 1000°C can lead to loss of canister integrity and massive radioactive releases when the casks are not appropriately designed.

According to UMWELTBERICHT (2020) the crash of a commercial airplane (Boeing 747-400ER) on the planned interim storage on the Krško site would not lead to releases of radioactive substances in the surroundings. However, the analyzed scenario only assumes 100 m/s (360 km/h) speed for the airplane, which is relatively low. The impacts caused this way substantially underestimate the possible mechanical loads. For example in Germany for those investigations a substantially higher speed of 175 m/s (630 km/h) was assumed.

UMWELTBERICHT (2020) described the assumptions as including that the entire kerosene amount (245,000 litres) would be distributed in the storage building and burn there. The fire would last 26 minutes, assuming a fire temperature of 800°C. The possibility of cliff edge effects caused by a longer lasting fire was not analyzed. However, in the framework of the EIA procedure, sensitivity analyses were conducted on the impacts of fire temperatures of 1,000°C. Also in this case no releases from the canister were assessed.

Trans-boundary impacts

On the basis of the presented dose data for the assumed canister leakage it is not possible to assess a possible impact on Austria due to a severe accident in the dry storage. For this purpose the data for the maximum dose values for children and adults are needed, which are comparable to the reference values of the Austrian Intervention Regulation. Furthermore, it would be welcome to show whether contamination values on the Austrian state territory could occur which exceed the reference values of the intervention catalogue for agricultural intervention measures (BMLFUW 2014).

POVZETEK

V Sloveniji je na lokaciji nuklearne elektrarne Krško (NEK) predvidena gradnja suhega skladišča za izrabljeno jedrsko gorivo. V skladu s konvencijo ESPOO in direktivo o PVO bo za ta projekt izvedena celovita presoja vplivov na okolje, pri kateri bo sodelovala tudi Avstrija.

Cilj sodelovanja Avstrije v postopku CPVO so priporočila za zmanjšanje, v najboljšem primeru odpravo, možnih škodljivih učinkov na Avstrijo.

Postopek in dokazilo o razgradnji

Predloženi so bili vsi dokumenti, potrebni za CPVO. Celovita presoja vplivov na okolje (CPVO) mora biti izvedena takrat, ko so odprte vse možnosti. Lokacija in tehnologija suhega skladišča sta bili v zadnjih letih že opredeljeni, leta 2017 pa je bila podpisana tudi pogodba s podjetjem Holtec. Zato se zdi vprašljivo ali čas, v katerem se izvaja trenutna CPVO, ustreza tej zahtevi.

Predstavljene so bile različne različice razgradnje suhega skladišča. Ob predložitvi dokazila o razgradnji pa bi bilo prav tako treba pojasniti ali bodo ob določenem času na voljo tudi potrebne kapacitete v odlagališču. To trenutno ni mogoče predvideti, ne za nizko in srednje radioaktivne odpadke iz razgradnje suhega skladišča in tudi ne za izrabljeno gorivo. Nadomestni načrt kaj se bo zgodilo v primeru, da ne bo na voljo nobenega odlagališča, ni bil predložen.

Ocena načrtovanega suhega skladišča in zaboju vključno z dolgoročnimi vidiki obratovanja

Izrabljeno gorivo iz obratovanja NEK je trenutno shranjeno v bazenu za izrabljeno gorivo, nameščenem v zgradbi za gorivo. Odločitev za gradnjo suhega skladišča v NEK je načeloma treba pozdraviti. Z vidika možnih učinkov na Avstrijo je suho skladiščenje v primerjavi z mokrim skladiščenjem bolj varno. Glavni razlogi za to so uporaba pasivnih varnostnih sistemov, manjša dovzetnost za nesreče s sproščanjem in nižja stopnja izpustov radioaktivnih snovi v primeru nesreče.

Premestitev izrabljenega goriva (IG) iz mokrega skladišča v suho skladišče znatno zmanjša tveganje, ki ga predstavlja NE Krško. Vendar pa je v časovnem načrtu premestitve premalo upoštevana varnost. V skladu z UMWELTBERICHT (2020) bo izrabljeno gorivo premeščeno iz bazena v suho skladišče v štirih fazah: že UMWELTBUNDESAMT (2020) je opozorila, da morajo imeti varnostni vidiki prednost pred gospodarskimi vidiki. Zato bi, po možnosti vso IG (približno 1.000 kosov) katerega stopnja sevanja se je dovolj zmanjšala (najmanj pet let), premestili v suho skladišče nemudoma po začetku obratovanja.

Za skladiščenje je bil izbran HI-STORM FW sistem za suho skladiščenje. Ta obsega naslednje osnovne komponente:

- Skladiščni modul HI-STORM FW (skladiščni modul vremenska in protipoplavna zaščita);
- Večnamenski zaboju MPC-37 (večnamenski zaboju);
- Zaboju za premeščanje HI-TRAC.

HI-STORM FW MPC zabojnik za shranjevanje je sestavljen iz zaščitnega plašča in košare. Po koncu skladiščenja bodo elementi izrabljenega goriva iz lokacije Krško premeščeni v transportnem zabojniku HI-STAR 190.

Jamstvo za varnost, v skladu z UMWELTBERICHT (2020) ustreza tudi mednarodnim standardom in smernicam Mednarodne agencije za jedrsko energijo (IAEA) in Združenja zahodnoevropskih jedrskih upravnih organov (WENRA). Vsi ustrezni dokumenti so navedeni v trenutni različici.

V primeru potrebnega popravila zabojnikov po razgradnji NEK, je predviden prevoz zabojnikov k zunanjemu ponudniku storitev, npr. v Švico. V naslednji reviziji načrta razgradnje NEK je treba razmisliti tudi o možnosti, da ostane objekt za ravnanje z izrabljenim gorivom (FHB) na voljo za morebitno popravilo zabojnikov tudi po razgradnji NEK. To bi bilo iz varnostnega vidika dobrodošlo, saj je prevoz izrabljenega goriva vedno povezan z dodatnimi tveganji. To je pomembno za Avstrijo, saj bi potencialno poškodovane zabojnike iz Slovenije v Švico prevažali preko Avstrije.

Na podlagi načrtovanja odlagališča bi bilo suho skladiščenje potrebno za obdobje 50 let. Obratovalna doba suhega skladišča za izrabljeno gorivo v NEK je predvidoma 60 let, z možnostjo podaljšanja obratovanja. Komponente sistema za skladiščenje bi morale biti zasnovane za življenjsko dobo 100 let.

Dobrodošlo je, da so komponente sistema za skladiščenje zasnovane za življenjsko dobo 100 let. Saj je v svetovnem merilu postalo jasno, da bo večina držav potrebovala za načrtovanje, odobritev in postavitve odlagališča, precej več časa kot prvotno načrtovano. Vendar pa je bil HI-STORM FW sistem za skladiščenje, s strani ameriškega homologacijskega organa NRC, odobren samo za obdobje 40 let. Zato brez nadaljnje obrazložitve ni razumljivo, kako bo izvedeno načrtovano skladiščenje za 100 let v predvidenem suhem skladišču na lokaciji Krško.

V UMWELTBERICHT (2020) tudi niso navedeni varnostno-tehnični vidiki dolgoročne varnosti. Cilj koncepta skladiščenja je, da so zabojniki nepropustni za celotno obdobje skladiščenja; po zaključenem obdobju suhega skladiščenja je za zagotavljanje ustreznosti stanja gorivnih palic odgovorna oseba, ki je pristojna za odlaganje ali predelavo. Preverjanje nepropustnosti gorivnih palic v zabojnikih ni predvideno. UMWELTBUNDESAMT (2020) je predlagala, da se v okviru postopka CPVO preveri ali je ta pristop primeren. Iz dokumentov ni razvidno ali je bil predlog sprejet. Naključno preverjanje nepropustnosti gorivnih palic še vedno ni načrtovano.

Okvare in nesreče brez vpliva tretjih oseb

Zabojniki bodo shranjeni v objektu za suho skladiščenje. Ta bo v spodnjem delu zasnovan do višine 6 m kot betonsko-jeklena konstrukcija, v zgornjem pa kot jeklena konstrukcija prekrita s kovinskimi paneli. Funkcija suhega skladišča je zaščititi zabojnike pred zunanjimi vremenskimi vplivi in zagotoviti dodatno zaščito pred sevanjem.

Skladiščni modul zabojnika mora poleg zaščite pred sevanjem zagotavljati tudi hlajenje večnamenskega zabojnika med skladiščenjem, zaščito zabojnika pred izstrelki zaradi tornada ter pred naravnimi in nenavadnimi vplivi. Kvantitativne informacije, pred katerimi dogodki ščiti skladiščni modul zabojnika, pa ne obstajajo.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) HI-STORM FW sistem skupaj z objektom za suho skladiščenje zagotavlja osnovne varnostne funkcije. To obsega zagotavljanje podkritičnosti, odvajanje toplote iz zabojsnikov in preprečitev širjenja radioaktivnih snovi med obratovanjem, projektnimi dogodki in razširjenimi projektnimi dogodki.

Opisani so možni učinki in zaščitni ukrepi pred poplavami, ampak ali je raven zaščite zadostna pa na podlagi razpoložljivih dokumentov ni mogoče dokončno oceniti. Analiza možnih ekstremnih vremenskih dogodkov ni bila izvedena. Ravno zaradi dolgoletnega skladiščenja je upoštevanje trendov v ekstremnih vremenskih pojavih pomembno. Po trenutnih dognanjih se zaradi podnebnih sprememb povečuje intenzivnost in pogostost ekstremnih dogodkov.

V varnostnih analizah je bilo upoštevanih pet sprožilnih dogodkov (prevrnitev zabojsnika zaradi povečane potresne obremenitve, pasivno hlajenje zabojsnika ni možno, strmoglavljenje potniškega letala ali vojaškega letala, zrušitev suhega skladišča in požar v primeru letalske nesreče). Ti sprožilni dogodki zajemajo dogodke, ki imajo največji vpliv. Vendar pa niso bile upoštevane sabotaze oz. teroristični napadi s tal. Poleg tega niso dovolj upoštevani mehanski vplivi letalske nesreče, ker je predvidena hitrost prenizka.

V sklopu varnostnih analiz so bile izvedene tudi preiskave za primere učinka Cliff-Edge. To je na splošno dobrodošlo. Na podlagi predloženih dokumentov je možno oceniti, da so pri analizah upoštevane majhne spremembe parametrov, vendar pa obstoječe rezerve niso določene. Poleg tega analiza ni bila izvedena za vse relevantne parametre (na primer hitrost letala).

Načeloma lahko dogodki v suhem skladišču vplivajo na varno delovanje reaktorja na lokaciji; podobno lahko dogodek v reaktorju vpliva na suho skladišče. Takšni vzajemni učinki so obravnavani v postopku CPVO za suho skladišče, vendar ne v zvezi z konkurenčnimi viri za obvladovanje nesreč ali omejevanje možnih posledic nesreč.

Čeprav varnostne analize pri nobeni analizirani nesreči niso odkrile prepustnosti zabojsnika, je bila izvedena analiza radioloških posledic puščanja zabojsnika v primeru hipotetične okvare tesnjenja. V hipotetičnem primeru puščanja zabojsnika MPC 37 ta analiza ugotavlja, da je 30-dnevni odmerek na razdalji 80 km od NEK manj kot 0,2 mSv. Načeloma je treba pozdraviti, da je bila taka preiskava izvedena v okviru postopka CPVO. Vendar pa rezultata analize ni možno oceniti, saj ni navedeno kakšna temperatura v zabojsniku je bila upoštevana za analizo. Potencialno sproščanje je močno odvisno od temperature.

Okvare in nesreče, ki jih povzročijo zunanji vplivi

Varnostna analiza je bila med drugim izvedena za letalsko nesrečo v kombinaciji s požarom kerozina in zrušenjem skladišča. Tudi če analizirani scenarij ni konservativen glede mehanskih in toplotnih obremenitev, zajema varnostna analiza učinke potresa.

Podrobnejša razprava o analizah in rezultatih načrtovanega suhega skladišča v povezavi s potresi ni potrebna in smiselna. Vendar to ne izključuje stalnega ocenjevanja nevarnost potresa na lokaciji z ozirom na reaktor.

Okvare in nesreče zaradi vpliva tretjih oseb

Različni teroristični scenariji bi lahko povzročili velike izpuste iz suhih skladišč na lokacijah Krško, kar bi lahko prizadelo tudi Avstrijo. Upoštevanje možnih terorističnih napadov ustreza trenutnemu stanju znanosti in tehnologije. Podrobnosti zaščite pred terorističnimi napadi zaradi zaupnosti ni mogoče obravnavati v postopku CPVO. Možno pa je opisati predvidene zaščitne ukrepe za scenarije, o katerih so v nekaterih državah že javno razpravljali.

Poleg možnega letalskega terorističnega napada na suho skladišče je možen tudi scenarij uporabe **protioklepnega orožja** na zaboju. V Nemčiji ta scenarij obravnavajo v okviru odobritve suhega skladišča. Takšen scenarij v dokumentih CPVO ni omenjen.

Kolikor je razvidno iz predloženih dokumentov naj bi bila zaščita pred terorističnimi napadi s tal zagotovljena predvsem z varovanjem lokacije na območju NEK. V Nemčiji na primer je bilo takšno varovanje suhih skladišč ocenjeno kot nezadostno in v zadnjih letih so bile izvedene dodatne prilagoditve za izboljšanje zaščite pred možnimi terorističnimi napadi.

Opozoriti je treba tudi na nevarnost tako imenovanih internih storilcev. **Nuclear Threat Initiative (NTI) (Pobuda za jedrsko grožnjo)** uporablja indeks jedrske varnosti za oceno ukrepov, ki jih države sprejmejo za zmanjšanje tveganja sabotaže in terorističnih napadov na jedrske objekte. V skladu s NTI (2020) je v Sloveniji zaščita pred grožnjo internih storilcev pomanjkljiva.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) je funkcija načrtovane zgradbe za suho skladiščenje izrabljenega goriva zaščita zaboju pred zunanjimi vremenskimi vplivi in zagotovitev dodatne zaščite pred sevanjem. Zaščito načrtovanega suhega skladišča pred letalsko nesrečo in pred drugimi hudimi zunanjimi vplivi naj bi zagotavljali predvsem zaboju. Zunanje stene suhega skladišča so izdelane iz armiranega betona do višine 6 metrov in debeline 0,8 metra. V Nemčiji na primer bodo v novem suhem skladišču Zwischenlager Nord zaboju varovale stene iz armiranega betona debeline 1,80 m.

Po navedbah proizvajalca skladiščni modul HI-STORM FW ščiti skladiščeno vsebino pred naravnimi in umetnimi projektili, vključno strmoglavljenjem letala F-16. (HOLTEC 2019b) F-16 je ameriško bojno letalo z največjo vzletno maso približno 20 t in količino kerozina manj kot 10.000 l. Potniško letalo ima lahko bistveno močnejše mehanske in toplotne učinke na skladiščene zaboju. V tem pogledu izpusti v primeru strmoglavljenja potniškega letala niso izključeni. Zaradi slabega načrtovanja lahko strmoglavljenje potniškega letala, katerega posledica so morebitni požari s temperaturami nad 1.000 ° C, poškoduje zaboju in povzroči velike izpuste radioaktivnih snovi.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020)) v primeru strmoglavljenja potniškega letala (Boeing 747-400ER) na načrtovano suho skladišče na lokaciji Krško ne bo prišlo do sproščanja radioaktivnih snovi v okolje. V obravnavanem scenariju pa je hitrost letala zgolj 100 m/s (360 km/h) in je tako razmeroma nizka. Zato povzročeni učinki znatno podcenjujejo možne mehanske obremenitve. V Nemčiji na primer je bila v ustreznih raziskavah predvidena bistveno višja hitrost 175 m/s (630 km/h).

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) je nadalje predvideno, da se celotna količina kerozina (245.000 litrov) razporedi po skladišču in tam gori. Trajanje požara bi

tako znašalo 26 minut in predvidena temperatura bi bila 800 °C. Analize možnega učinka Cliff-Edge niso bile izvedene. Vendar so bile v sklopu okoljskega poročila CPVO izvedene analize občutljivosti na učinke pri požarni temperaturi 1.000 °C. Tudi za ta primer niso bili analizirani izpusti iz zabojsnikov.

Čezmejni učinki

Na podlagi podatkov o odmerkih pri predpostavljenem puščanju zabojsnika ni mogoče oceniti možnega vpliva hude nesreče v suhem skladišču na Avstrijo. Zato je treba določiti najvišje vrednosti odmerka za otroke in odrasle, ki so primerljive z okvirnimi vrednostmi avstrijskega intervencijskega odloka. Prav tako je zaželena informacija, če se lahko na avstrijskem ozemlju pojavijo vrednosti onesnaženja, ki so višje od orientacijskih vrednosti v katalogu ukrepov za zaščito kmetijskih proizvodov (BMLFUW 2014).