

NPP LOVIISA 1&2 LIFE-TIME EXTENSION ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT

Final Expert Statement

Oda Becker
Gabriele Mraz

 Federal Ministry
Republic of Austria
Climate Action, Environment,
Energy, Mobility,
Innovation and Technology

pulswerk
Das Beratungsunternehmen des
Österreichischen Ökologie-Instituts

SUMMARY – ACCESSIBLE FORMAT
REP-0804

VIENNA 2022

SUMMARY

The nuclear power plant Loviisa consists of two units, Loviisa 1 and 2. The NPP is owned by Fortum Power and Heat Oy. The current operating licence issued by the Finnish government is valid until the end of 2027 and 2030, respectively.

Fortum is now evaluating the extension of the operation time of Loviisa by approximately another 20 years once the current license will have expired. Another option would be the start of decommissioning of the plant.

For the purpose of this evaluation an Environmental Impact Assessment (EIA) is being conducted in accordance with the Espoo-Convention and the EU EIA Directive.

In 2020, the EIA Scoping has been conducted. It was completed with the Ministry of Economic Affairs and Employment (MAEA) issuing its Statement on 23 November 2020. (MAEA 2020) The Austrian Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK) commissioned the Environment Agency Austria to provide an expert statement for the scoping phase (UMWELTBUNDESAMT 2020), and again the expert statement for assessing the EIA Report that has been submitted in October 2021. (UMWELTBUNDESAMT 2022)

In this expert statement, questions and preliminary recommendations were prepared to which the Finnish side provided answers in written form in January 2022. (ANSWERS 2022) The final expert statement at hand assesses these answers and gives final recommendations.

Austria participates in the EIA procedure to minimise or even eliminate possible significant adverse impacts on Austria resulting from the project.

Procedure and alternatives

It is welcomed that Finland undertakes an EIA for the planned lifetime extension of Loviisa 1&2 NPP.

Two main options have been assessed – a 20-years lifetime extension followed by decommissioning (VE1) or the start of decommissioning right after the current licenses will have expired (VE0). In its answers the Finnish side clarified that a life-time extension of 23 years is envisaged for Loviisa-1 and for Loviisa-2 of 20 years thereby reaching the maximum life-time for the whole NPP in 2050.

The answers also confirmed that it is unclear when Fortum will take its decision for or against the life-time extension, 2022 being the most likely option.

On 14 Jan 2022, the MAEA issued its reasoned conclusion on the EIA.

Spent fuel and radioactive waste

The decommissioning of the NPP will generate low and intermediate level radioactive waste for which no capacities are available now. These additional capacities will have to be provided for both possible options, VE1 and VE0. Additional spent fuel will arise from lifetime extension, the extension of the interim spent fuel storage is envisaged. In its answer, the Finnish side provided information on possible options to enlarge the capacities in the interim storage for spent fuel.

New results on copper corrosion led to criticism of the KBS-3 method which might be used in the final spent fuel repository. The Finnish side argued that for the long-term safety case all relevant research has been analyzed and discussed. Nevertheless, justified doubts remain whether the copper canisters will stay intact as long as planned.

Long-term operation of the reactor type VVER 440

The reactor units at the Loviisa nuclear power plant were connected to the electrical grid in 1977 (Loviisa 1) and 1980 (Loviisa 2). The Loviisa plant reached its original design lifetime of 30 years in 2007–2010. The Finnish Government granted the new operating licences in July 2007. Thus, the currently envisaged lifetime extension would be the second lifetime extension.

Nuclear power plants undergo two types of time-dependent changes:

- Physical ageing of structures, system and components (SSCs), which results in degradation, i. e. gradual deterioration in their physical characteristics.
- Obsolescence of technologies and design, i. e. the plants becoming out of date in comparison with current knowledge, standards and technology.

To limit ageing-related failures at least to a certain degree, a comprehensive ageing management program (AMP) is necessary. In 2013 the Finnish Nuclear Regulator STUK published a guide dedicated to ageing management, which has been updated since. According to ANSWERS (2022) the new requirements are applied in the PSR. However, STUK has not finalized the review of the PSR. It should be mandatory to implement necessary improvements before the approval of the lifetime extension.

Finland participated in the Topical Peer Review (TPR) “Ageing Management” under the Council Directive 2009/71/EURATOM establishing a Community framework for the nuclear safety of nuclear installations, amended by Directive 2014/87/EURATOM, carried out in 2017/18. The overall conclusion was that the ageing management has been satisfactory. However, some challenges and areas for improvement were identified and Finland is establishing a national action plan to address the findings. The national action plan and its progress were not presented in the EIA Report. The implementation of the necessary action was scheduled for completion by 31/12/2021, but this has not been achieved

yet. A final date for completing the outstanding issue is not given in ANSWERS (2022).

One of the ageing management issues at the Loviisa NPP is the irradiation embrittlement of the Loviisa reactor pressure vessels (RPVs). Some measures will have to be taken to enable the extended lifetime because the brittle fracture risk can be managed only until the end of the 50-year plant lifetime. Currently Fortum is planning to add additional shield elements on the outer periphery of the reactor core of unit 2, which lowers the neutron doses in the RPV weld. According to ANSWERS (2022), an evaluation of the options for further action (e. g. re-annealing) is ongoing. Annealing of a RPV's weld seam was carried out for Loviisa unit 1 in 1996.

Some years ago, a failure has been detected in a low-pressure safety injection (TH) nozzle of Loviisa 1 RPV. According to ANSWERS (2022), inspections have been performed and periodic inspections will be carried out in the future. In light of the safety relevance of these components, it is recommended to increase the frequency and scope of periodic inspection of the nozzles.

At the request of the government of Finland, an IAEA Operational Safety Review Team (OSART) of international experts visited Loviisa Nuclear Power Plant in March 2018; a follow up mission was carried out in February 2020. The OSART missions revealed deficits in plant maintenance and monitoring; both have safety relevance for lifetime extension. The issues have already been solved, however shortcomings in the past can have impacts on the safety of the future operation.

The development of science and technology continuously produces new knowledge about possible failure modes, properties of materials, and verification, testing and computational methodologies. This leads to technological ageing of the existing safety concepts in nuclear power plants. At the same time, as a result of lessons learned in particular from the major accidents at Three Mile Island, Chernobyl and Fukushima Daiichi, earlier safety concepts are becoming obsolete (conceptual ageing).

The units of the Loviisa NPP are Russian designed Generation II VVER-440 type pressurized water reactors. External hazards such as earthquakes, chemical explosions or aircraft impacts were not taken into account in the original design of these plants. To overcome major shortcomings of the design, both Finnish VVER-440/V-213 reactors are equipped with Western-type containment and control systems.

Compared to current knowledge, standards and technology, the old Loviisa NPP is increasingly out of date. The VVER-440 reactors are designed as twin units, sharing many safety systems/components and Severe Accident Management (SAM) systems/equipment. Shared safety systems/equipment increases the risk of common-cause failures affecting the safety of both reactors at the same time. ANSWERS (2022) confirmed that for the lifetime extension no design changes are envisaged.

Western European Nuclear Regulator’s Association (WENRA) has revised the Safety Reference Levels (SRLs) for existing reactors with the aim to integrate the lessons learned from the 2011 Fukushima Dai-ichi accident. A list of 342 SRLs has been published in 2014. The WENRA safety reference level F1.1 requires analysis of Design Extension Conditions (DEC) with the purpose of further improving the safety of the nuclear power plant. The principle for continuous improvement is laid down in Section 7a of the Finnish Nuclear Energy Act (990/1987): *“The safety of nuclear energy use shall be maintained at as high a level as practically possible.”* However, when deciding how a new or revised regulatory guide is applied for a specific operating nuclear facility, STUK can approve an exemption when it considers a safety improvement not reasonably practicable. Improvements considered not reasonably practicable at the Finnish operating NPPs include e.g. protection measures against large civil aircraft crashes. In ANSWERS (2022), it is admitted that there are several technically possible improvements to meet modern safety requirements that were not considered “reasonably practicable” (e. g. application of redundancy, separation and diversity principles). However, it does not explain what the improvements are, nor what the criteria are for this evaluation. Measures to increase redundancy, separation and diversity generally have a positive impact on safety.

The WENRA Reference level have been again updated in 2020. For lifetime extension, the WENRA documents do not have to be taken explicitly into account. However, they are used if they have already been adopted in the national regulations. The 2014 WENRA RLs have already been incorporated into the national requirements According to ANSWERS (2022), STUK has not yet planned the implementation of the 2020 WENRA RL. The 2020 WENRA RLs, added obsolescence to Issue I (Aging Management). In addition, the hazards to be addressed in the safety case need to be completed. (WENRA RHWG 2021a) Therefore, it would be important to implement 2020 WENRA RL in the Finnish regulation and apply it when approving lifetime extension.

Furthermore, the WENRA “Safety Objectives for New Power Reactors” should be used as a reference for identifying reasonably practicable safety improvements for the Loviisa NPP. The most ambitious WENRA safety objective consists of reducing potential radioactive releases to the environment from accidents with core melt. Core melt accidents which would lead to early or large releases would have to be practically eliminated. Even if the probability of an accident sequence is very low, any additional reasonably practicable design features, operational measures or accident management procedures to further lower the risk should be implemented.

According to ANSWERS (2022), it is planned to reduce the calculated risks for a core meltdown accident only with modifications in the safety analysis by reducing conservatism in the calculation; corresponding plant modifications are not planned. In ANSWERS (2022) it is admitted that not further design changes are envisaged in the context of the lifetime extension.

Accident analyses

The EIA Report includes a description of an assumed severe reactor accident. The assessment is based on the assumption that a quantity of radioactive substances (100 TBq of nuclide Cs-137) corresponding to the limit value of a severe accident in accordance with section 22b of the Nuclear Energy Decree 161/1988 is released into the environment.

According to the regulation, a nuclear power plant unit shall be designed in a way that the mean value of the frequency of a Cs-137 release during an accident into the atmosphere in excess of 100 TBq is less than $5 \cdot 10^{-7}$ /year. In the latest update of the probabilistic risk assessment Level 2 for Loviisa NPP in 2018, it was estimated that the total frequency of a large release (LRF) to the environment is about $7.8 \cdot 10^{-6}$ per reactor year.

The accident analyses in the EIA Report should have used a possible source term for a severe accident derived from the calculation of the current level 2 probabilistic safety analysis (PSA 2). While the calculated probability of severe accidents with large releases for existing plants is very small, the damage caused by these accidents is very large. In this context it is important to emphasize that the calculated frequency of large releases of the Loviisa NPP is above the limits set in STUK's regulatory guide.

According to ANSWERS (2022), Fortum has performed Level 1 and 2 PSA and these are updated every year. One result of a Level 2 PSA are the source terms of large and/or early releases. However, it is not clear why these results are not used in the EIA Report to calculate the possible impact of a severe accident.

Maintaining containment integrity under severe accident conditions is an important issue for accident management. The Loviisa NPP severe accident management (SAM) strategy relies heavily on retaining corium inside the pressure vessel (in-vessel retention (IVR)). However, there are some safety issues that could endanger the containment integrity (containment bypass scenarios, cliff-edge effects in shutdown states) Continuous efforts have been made to reduce frequencies of bypass sequences and this work will continue in the future as well. However, until now large releases of radioactive substances are possible. ANSWERS (2022) confirmed that no design features are in place to cope with these accident scenarios, but procedures are available to try to cope with these accidents.

The values given in ANSWERS (2022) show that external events only contribute little to core damage frequency (CDF) and large (early) release frequency (L(E)RF). However, the seismic risk is not included appropriately yet because the work is ongoing.

The Fukushima Dai-ichi accident highlighted inter alia the importance of the Defense-in-Depth principle and the continued need to ensure that the design basis adequately addresses external hazards.

When the Loviisa NPP units were built no regulatory requirements on **seismic design** existed and earthquake loads were not considered separately in the design. According to STUK, the reassessment of the seismic hazard and seismic

risk has turned out to be challenging for the Loviisa plant. Recent hazard updates for Loviisa show increased values of ground accelerations especially for long return periods. At the Loviisa NPP, the SAM systems are not designed to withstand earthquakes, therefore the sufficient operability of these systems after an earthquake has not yet been confirmed. According to ANSWERS (2022) seismic modifications are required but the seismic evaluation has not yet been completed.

The Loviisa NPP is located on the coast of the Gulf of Finland, approximately 90 km east of Helsinki. In the past decades the threat posed by **flooding** has increased for many nuclear power plant sites. In consequence of the TEPCO Fukushima Dai-ichi accident, safety improvements have been implemented at the Loviisa NPP. To ensure the long-term decay heat removal in case of loss of seawater, an alternative ultimate heat sink has been implemented. To ensure adequate design basis for the improved flood protection, Loviisa NPP contracted updating of the seawater level extreme value distribution by the Finnish Meteorological Institute. According to the new results the expected seawater levels at low frequencies of occurrence are higher than previously estimated.

According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the type, frequency and intensity of **extreme weather events** are expected to change as Earth's climate changes.

According to ANSWERS (2022), the list of natural hazards assessed in the recent PSR is comprehensive. However, the expert team recommends the use of the "Non-exhaustive List of Natural Hazard Types" (WENRA 2015) to ensure that all site-specific hazards are addressed. In the PSR, several causally linked hazards are evaluated. However, according to WENRA (2015) also credible combinations of non-causally linked hazards should be considered.

Accidents with involvement of third parties

Nuclear power plants are vulnerable to a broad spectrum of possible attacks. Terrorist attacks or acts of sabotage on Loviisa may have significant impacts. However, in the EIA procedure malicious acts of third parties against Loviisa NPP and their possible effects are not discussed. In comparable EIA procedures such events were addressed to some extent.

The terror threat to nuclear power plants has received considerable public attention in the last twenty years. This attention has focused on the hazard of the deliberate crash of a large airliner.

Although precautions against sabotage and terror attacks cannot be discussed in detail in public in the EIA procedure for reasons of confidentiality, the necessary legal requirements should be set out in the EIA documents. Information regarding the issue of terror attacks would be of great interest, considering the large consequences of potential attacks. The EIA Report only provides very limited information on this topic. ANSWERS (2022) did not provide any further information. Whether a study on the possible impact of a commercial aircraft crash was conducted was not even stated.

The reactor buildings of the Loviisa NPP are not designed against an airplane crash and according to STUK, improvements are not “practically reasonable”. In connection with the lifetime extension for the Loviisa NPP also a potential terrorist attack on the spent fuel pools should have been evaluated in the EIA Report.

Trans-boundary impacts

A severe accident with releases reaching Austrian territory can lead to significant impacts on Austria. In the EIA Report an accident was calculated with a source term of 100 TBq Cs-137, dispersion calculations were made to cover a distance of up to 1,000 km. This might underestimate impacts on Austria. It is not proven that the occurrence of a higher source term can be excluded and a calculation distance of 1,000 km is insufficient to assess impacts on Austria.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Kernkraftwerk Loviisa verfügt über zwei Reaktorblöcke, Loviisa 1 und 2. Das Kraftwerk steht im Eigentum des Unternehmens Fortum Power and Heat Oy. Die geltenden Betriebsgenehmigungen, die von der finnischen Regierung erteilt wurden, sind jeweils bis Ende 2027 bzw. 2030 gültig.

Fortum erwägt nun die Verlängerung der Lebensdauer des KKW Loviisa um etwa 20 weitere Jahre nach Ablauf der geltenden Genehmigung. Die Alternative dazu wäre der Beginn der Dekommissionierung des Kernkraftwerks.

Dafür wird ein Umweltverträglichkeitsverfahren gemäß der Espoo-Konvention und der EU-UVP-Richtlinie durchgeführt.

Im Jahre 2020 wurde das UVP-Scoping durchgeführt. Es wurde vom finnischen Ministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten und Arbeit (MAEA) mit der Stellungnahme vom 23. November 2020 abgeschlossen (MAEA 2020). Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) beauftragte das Umweltbundesamt mit der Erstellung einer Fachstellungnahme für die Scoping-Phase (UMWELTBUNDESAMT 2020) wie auch mit der Fachstellungnahme zur Bewertung des UVP-Berichts, der im Oktober 2021 übermittelt worden war. (UMWELTBUNDESAMT 2022)

In dieser Fachstellungnahme waren Fragen und vorläufige Empfehlungen ausgearbeitet worden, die die finnische Seite im Jänner 2022 schriftlich beantwortete. (ANSWERS 2022) Das vorliegende finale Expert:innengutachten evaluiert die Antworten und gibt abschließende Empfehlungen.

Österreich beteiligt sich an diesem UVP-Verfahren, um mögliche signifikante nachteilige Auswirkungen des Projekts auf Österreich zu minimieren oder zu beseitigen.

Verfahren und Alternativen

Es ist zu begrüßen, dass Finnland für die geplante Lebensdauerverlängerung von Loviisa 1&2 eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchführt.

Es wurden zwei prinzipielle Optionen untersucht – eine Lebensdauerverlängerung von 20 Jahren mit anschließender Dekommissionierung (VE1) oder ein Dekommissionierungsbeginn sofort nach Ablauf der aktuell geltenden Genehmigungen (VE0). In der Beantwortung erklärte die finnische Seite, dass für Loviisa-1 eine Lebensdauerverlängerung von 23 Jahren und für Loviisa-2 von 20 Jahren angestrebt wird, womit im Jahre 2050 die maximale Lebensdauer des ganzen KKW erreicht wird.

Dabei wurde auch bestätigt, dass es noch unklar ist, wann Fortum die Entscheidung für oder gegen die Lebensdauerverlängerung treffen wird, wobei 2022 als die wahrscheinlichste Option zu betrachten ist.

Am 14. Jänner 2022 machte das Wirtschaftsministerium (MAEA) die sogenannte Informierte Stellungnahme zur UVP bekannt.

Abgebrannte Brennelemente und radioaktiver Abfall

Bei der Dekommissionierung des KKW werden schwach- und mittelaktive Abfälle anfallen, für die noch keine Lagerkapazitäten verfügbar sind. Diese zusätzlichen Kapazitäten werden für beide in Betracht kommende Optionen – VE1 und VE0 – geschaffen werden müssen. Zusätzlicher abgebrannter Brennstoff wird durch die Lebensdauererweiterung anfallen, eine Ausweitung der Zwischenlagerung ist vorgesehen. In der Beantwortung informierte die finnische Seite über die möglichen Optionen für die Erweiterung der Kapazitäten im Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente.

Neue Forschungsergebnisse zur Kupferkorrosion führten dazu, dass die sogenannte KBS-3 Methode, die als Lagerungstechnologie für das Endlager für abgebrannte Brennelemente verwendet werden könnte, nun in die Kritik geraten ist. Die finnische Seite führte an, dass für die langfristige Sicherheit sämtliche relevanten Forschungsergebnisse analysiert und diskutiert wurden. Dennoch bleiben begründete Zweifel darüber bestehen, ob die Kupferbehälter tatsächlich so lange wie geplant unzerstört bestehen bleiben werden.

Langfristiger Betrieb des Reaktortyps WWER/440

Die Reaktorblöcke des KKW Loviisa wurden 1977 (Loviisa 1) und 1980 (Loviisa 2) ans Netz genommen und erreichten somit die ursprünglich für dieses Reaktordesign vorgesehene Lebensdauer von 30 Jahren im Jahre 2007 bzw. 2010. Die finnische Regierung erteilte im Juli 2007 neue Betriebsgenehmigungen. Bei den nun geplanten Verlängerungen würde es sich daher um die zweite Lebensdauererweiterung handeln.

Bei Kernkraftwerken kommt es zu zwei Arten von alterungsbedingten Veränderungen:

- Physische Alterung der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSCs), die in eine Degradierung, d.h. schrittweise Verschlechterung ihrer physikalischen Merkmale mündet.
- Obsoleszenz von Technologie und Design, wenn die Anlagen gegenüber aktuellem Wissen, aktuellen Standards und aktueller Technologie veraltet sind.

Um das alterungsbedingte Versagen zumindest bis zu einem gewissen Grad zu beschränken, wird ein umfassendes Programm für das Alterungsmanagement (AMP) benötigt. Die finnische Atomaufsichtsbehörde STUK publizierte 2013 eine Anleitung zum Alterungsmanagement, die mittlerweile einer Aktualisierung unterzogen wurde. Laut ANWERS (2022) werden die neuen Anforderungen bereits in der PSÜ angewendet. STUK hat die Überprüfung der PSÜ allerdings noch

nicht abgeschlossen. Die Umsetzung der notwendigen Auflagen sollte verpflichtend abgeschlossen sein, bevor die Lebensdauererlängerungen genehmigt werden.

Finnland beteiligte sich an der Topical Peer Review (TPR) "Ageing Management", die 2017/18 gemäß der Richtlinie 2009/71/EURATOM über einen Gemeinschaftsrahmen für die nukleare Sicherheit kerntechnischer Anlagen – novelliert 2014/87/EURATOM – durchgeführt wurde. Die abschließende Bewertung bezeichnete das Alterungsmanagement als ausreichend. Dennoch wurden einige Problempunkte und Bereiche identifiziert, bei denen Verbesserungen erzielt werden könnten. Zur Umsetzung dieser Erkenntnisse hat Finnland einen nationalen Aktionsplan aufgesetzt. Dieser nationale Aktionsplan und die Fortschritte bei dessen Umsetzung werden im UVP-Bericht nicht angeführt. Die Realisierung der notwendigen Maßnahmen sollte mit 31. Dezember 2021 abgeschlossen sein, was allerdings nicht gelungen ist. ANSWERS (2022) führt nicht an, wann die offenen Punkte abgeschlossen sein werden.

Eines der Probleme beim Alterungsmanagement beim KKW Loviisa ist die strahlungsbedingte Versprödung der Reaktordruckbehälter (RDB). Um die Lebensdauererlängerung zu ermöglichen, müssen einige Maßnahmen durchgeführt werden, weil das Risiko der Versprödungsbrüche nur bis zum Ende der 50-jährigen Lebensdauer behandelt werden kann. Aktuell plant Fortum zusätzliche Abschirmelemente im äußeren Bereich des Reaktorkerns von Block 2 anzubringen, wodurch die Neutronendosen an der Schweißnaht des RDB reduziert werden. Laut ANSWERS (2022) ist die Evaluierung der Optionen für die weitere Vorgangsweise (etwa Glühen) im Laufen. Das Glühen der RDB-Schweißnaht wurde für Loviisa 1 im Jahre 1996 durchgeführt.

Vor einigen Jahre wurde ein Versagen in den Niederdrucksicherheits-Einspritzröhren beim RDB von Loviisa 1 entdeckt. Laut ANSWERS (2022) wurden Inspektionen durchgeführt, die auch als periodische Inspektionen weiterhin stattfinden werden. Angesichts der Sicherheitsrelevanz dieser Komponenten wird empfohlen die Frequenz und den Umfang der periodischen Inspektionen der Röhren zu erhöhen.

Auf Einladung der finnischen Regierung besuchte das IAEA Operational Safety Review Team (OSART), eine Mission internationaler Expert:innen, das Kernkraftwerk Loviisa im März 2018, und im Februar 2020 wurde eine Follow-up Mission durchgeführt. Die OSART-Missionen deckten Defizite bei der Wartung und dem Monitoring des Kraftwerks auf, wobei beide Bereich für die Lebensdauererlängerung von Relevanz sind. Diese Fragen wurden bereits gelöst, doch können Fehler aus der Vergangenheit in Zukunft zu Sicherheitsproblemen im Betrieb führen.

Wissenschaft und Technik bringen laufend neues Wissen über Versagensmodi, Materialeigenschaften und Überprüfungs-, Test- und Computermethoden hervor. Dadurch tritt für die Sicherheitskonzepte der laufenden Kernkraftwerke eine technologische Alterung ein. Die Erkenntnisse aus den großen Reaktorun-

fällen wie Three Mile Island, Tschernobyl und Fukushima Dai-ichi führen gleichzeitig dazu, dass die früheren Sicherheitskonzepte obsolet werden (konzeptuelle Alterung).

Die Reaktoren des KKW Loviisa sind Druckwasserreaktoren der Generation II der russischen Reaktorserie WWER-440. Im ursprünglichen Design dieser Reaktoren wurden externe Gefährdungen wie Erdbeben, chemische Explosionen oder Flugzeugabstürze nicht berücksichtigt. Um die größeren Designdefizite abzufedern, sind beide finnische WWER-440/V-213 Reaktoren mit einem Containment und Steuerungssystem westlicher Provenienz ausgestattet.

Das alte Kernkraftwerk in Loviisa ist im Vergleich zum aktuellen Wissenstand sowie zu den aktuellen Standards und Technologien zunehmend veraltet. Die WWER-440 Reaktoren sind Doppelblockanlagen, die sich viele Betriebssysteme/Komponenten und die Anlagen für die Beherrschung schwerer Unfälle (SAM) teilen. Diese geteilten Systeme erhöhen das Risiko für ein Versagen aus gemeinsamer Ursache und für die gleichzeitige Sicherheitsbeeinträchtigung bei den Reaktoren. ANSWERS (2022) bestätigte, dass für die Lebensdauererlängerungen keine Designänderungen geplant sind.

Die Western European Nuclear Regulator's Association (WENRA) hat die Safety Reference Levels (SRL) für bestehende Reaktoren revidiert, um die Erkenntnisse und Lektionen zu integrieren, die aus dem Unfall von Fukushima Dai-ichi im Jahre 2011 gezogen wurden. Im Jahre 2014 wurde eine Liste von 342 SRLs veröffentlicht. Gemäß WENRA Safety Reference Level F1.1 sollte eine Analyse der erweiterten Auslegungsbedingungen (Design Extension Conditions, DEC) durchgeführt werden, um die Sicherheit des KKW zu erhöhen. Das Prinzip der kontinuierlichen Sicherheitserhöhung ist in Abschnitt 71 des finnischen Atomenergiegesetzes (990/1987) festgelegt: *„Die Sicherheit in der Kernenergienutzung ist auf dem höchsten praktisch realisierbaren möglichen Niveau zu erhalten“*. Bei der Entscheidung darüber, ob eine neue oder revidierte Vorgabe für eine bestimmte Nuklearanlage angewendet werden soll, kann STUK jedoch eine Ausnahme genehmigen, wenn eine Sicherheitsvorgabe für nicht vernünftigerweise praktikabel betrachtet wird. Verbesserungen, die bei den in Betrieb befindlichen finnischen KKW für nicht vernünftigerweise praktikabel gehalten werden, betreffen etwa Sicherheitsmaßnahmen gegen den Absturz großer Verkehrsflugzeuge. In ANSWERS (2022) wird angeführt, dass einige technisch möglichen Verbesserungen zur Erreichung moderner Sicherheitsanforderungen als nicht „vernünftigerweise praktikabel“ betrachtet wurden (d.h. Anwendung des Prinzips von Redundanz, Trennung und Diversität). Nicht erläutert wird jedoch, um welche Verbesserungen es sich handelte oder welche Kriterien bei dieser Evaluierung herangezogen wurden. Maßnahmen zur Erhöhung der Redundanz, Trennung und Diversität haben allgemein eine günstige Auswirkung auf die Sicherheit.

Die WENRA Reference Levels wurde 2020 aktualisiert. Die WENRA Dokumente müssen für die Lebensdauererlängerung nicht explizit verwendet werden, werden jedoch in Fällen herangezogen, wo sie bereits in das nationale Regelwerk aufgenommen wurden. Das ist für die 2014 WENRA Richtlinien der Fall. Laut ANSWERS (2022) sieht STUK die Umsetzung der WENRA Richtlinien 2020 nicht vor, die das Thema Obsoleszenz in Issue I (Alterungsmanagement) aufnahm.

Auch sind die Gefährdungen im Safety Case zu ergänzen (WENRA RHWG 2021a). Daher wäre es wichtig, die WENRA 2020 RL in das finnische Regelwerk aufzunehmen und bei der Genehmigung von Lebensdauererweiterungen anzuwenden.

Auch die WENRA "Safety Objectives for New Power Reactors" sollten als Referenz für die Identifizierung vernünftigerweise praktikabler Sicherheitsverbesserungen für das KKW Loviisa herangezogen werden. Das ehrgeizigste Sicherheitsziel von WENRA besteht aus der Reduktion potentieller radioaktiver Freisetzungen bei Kernschmelzunfällen: Kernschmelzunfälle mit möglichen frühen oder hohen Freisetzungen sind praktisch auszuschließen. Selbst wenn die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls sehr gering ist, sollten alle vernünftigerweise praktikablen Maßnahmen im Design, Betrieb oder Unfallmanagement umgesetzt werden, um das Risiko weiter zu verringern.

Laut ANSWERS (2022) ist geplant, das berechnete Risiko für einen Kernschmelzunfall nur mit Modifikationen in der Sicherheitsanalyse zu senken, indem der Konservatismus in der Berechnung verringert wird. Es sind keine adäquaten Modifikationen am Kraftwerk geplant, denn ANSWERS (2022) stellt klar, dass im Zusammenhang mit der Lebensdauererweiterung keine Designänderungen durchgeführt werden.

Unfallanalysen

Der UVP-Bericht enthält eine Beschreibung eines angenommenen schweren Reaktorunfalls. Die Bewertung beruht auf der Annahme einer in die Umwelt freigesetzten Menge an radioaktiven Stoffen (100 TBq Cs-137), die dem Grenzwert für einen schweren Unfall gemäß Abschnitt 22b der finnischen Kernenergieverordnung 161/1988 entspricht.

Die Regelung schreibt für die Auslegung für Kernkraftwerke vor, dass bei einem Unfall die durchschnittliche Freisetzungshäufigkeit von Cs-137 von mehr als 100 TBq in die Atmosphäre unter $5 \cdot 10^{-7}/a$ bleiben muss. Die jüngste Aktualisierung der Probabilistischen Risikobewertung Level 2 für das KKW Loviisa erfolgte im Jahre 2018 und ging von einer Gesamthäufigkeit für große Freisetzungen (LRF) in die Umwelt von $7,8 \cdot 10^{-6}$ pro Reaktorjahr aus.

Die Unfallanalyse im UVP-Bericht hätten als möglichen Quellterm für einen schweren Unfall einen Wert verwenden sollen, der sich aus der Berechnung des aktuellen PSA Level 2 ergibt. Wenn auch die Wahrscheinlichkeit für schwere Unfälle mit frühen und/oder großen Freisetzungen bei bestehenden Kraftwerken als sehr gering eingeschätzt wird, so ist doch der eintretende Schaden enorm, der durch diese Unfälle verursacht werden würde. Daher ist es in diesem Zusammenhang wichtig herauszustreichen, dass die berechnete Häufigkeit für hohe Freisetzungen aus dem KKW Loviisa über den Grenzwerten der STUK-Regelung liegt.

Laut ANSWERS (2022) hat Fortum die PSA Level 1 und Level 2 durchgeführt und aktualisiert diese jedes Jahr. Zu den Ergebnissen einer PSA Level 2 zählen auch die Quellterme von hohen und/oder frühen Freisetzungen. Allerdings ist unklar,

warum diese Ergebnisse nicht im UVP-Bericht zur Berechnung möglicher Auswirkungen schwerer Unfälle herangezogen werden.

Der Erhalt der Containment-Integrität unter den Bedingungen schwerer Unfälle ist ein wichtiges Thema für das Unfallmanagement. Das Management des KKW Loviisa für die Beherrschung schwerer Unfälle (SAM) beruht weitgehend auf dem Rückhalt des Coriums innerhalb des Reaktordruckbehälters (in-vessel retention (IVR)). Allerdings gibt es einige Sicherheitsprobleme, die die Containment-Integrität beeinträchtigen könnten (Szenarien mit Containment-Bypass, Cliff-edge Effekte im abgeschalteten Zustand). Es wird an der Reduktion der Frequenzhäufigkeit von Bypass-Sequenzen kontinuierlich gearbeitet und diese Anstrengungen werden fortgesetzt. In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass die Freisetzung von großen Mengen an radioaktiven Stoffen zum gegenwärtigen Zeitpunkt möglich ist. ANSWERS (2022) bestätigt, dass für die Beherrschung dieser Unfallszenarien keine Vorkehrungen im Design vorliegen, sondern betriebliche Verfahren zur Unfallbeherrschung zur Anwendung kommen sollen.

Die in ANSWERS (2022) angeführten Werte zeigen, dass externe Ereignisse nur wenig zur Kernschmelzhäufigkeit (CDF) und hohen (frühen) Freisetzungshäufigkeit (L(E)RF) beitragen. Die seismischen Risiken sind allerdings noch nicht ausreichend berücksichtigt, da die Arbeiten noch laufen.

Der Unfall von Fukushima Dai-ichi zeigte unter anderem die Wichtigkeit des Prinzips des tiefengestaffelten Sicherheitskonzepts, aber auch die anhaltende Notwendigkeit sicherzustellen, dass die Auslegung externe Gefährdungen ausreichend berücksichtigt.

Zur Zeit der Errichtung der Reaktorblöcke des KKW Loviisa gab es keine Vorschriften der Aufsichtsbehörden für die **seismische Auslegung**, Erdbebenlasten wurden in der Auslegung nicht gesondert betrachtet. Laut STUK erwies sich die erneute Bewertung der seismischen Gefährdung und des seismischen Risikos als Herausforderung für das KKW Loviisa. Die jüngsten Gefährdungsberichte für Loviisa zeigen erhöhte Bodenbeschleunigungswerte insbesondere bei langen Eintrittsperioden. Beim KKW Loviisa wurden die SAM-Systeme nicht so ausgelegt, dass sie gegenüber Erdbeben widerstandsfähig wären und daher kann auf keine ausreichende Betriebseignung dieser Systeme nach einem Erdbeben verwiesen werden. Laut ANSWERS (2022) sind seismische Modifikationen notwendig, doch wurden die seismischen Evaluierungen noch nicht abgeschlossen.

Das KKW Loviisa liegt an der Küste des Golfs von Finnland, etwa 90 km östlich von Helsinki. Über die letzten Jahrzehnte hat sich die Gefährdung durch **Überflutungen** für viele KKW-Standorte erhöht. In Folge des Unfalls des KKW Fukushima Dai-ichi kam es auch beim KKW Loviisa zur Umsetzung von Maßnahmen zur Sicherheitserhöhung. Zur Absicherung der langfristigen Zerfallswärmeabfuhr bei einem Verlust des Meerwassers wurde eine alternative Wärmesenke eingerichtet. Diese Modifikation besteht aus zwei luftgekühlten Kühleinheiten pro Reaktoreinheit, die von einem luftgekühlten Dieselgenerator versorgt werden. Um eine entsprechende Auslegung für den verbesserten Schutz gegen

Überflutungen sicherzustellen, beauftragte das KKW Loviisa beim Finnischen Meteorologischen Institut eine Aktualisierung der Verteilung extremer Werte des Meeresspiegels. Die neuen Ergebnisse für die erwarteten Meeresspiegelhöhen bei niedriger Eintrittshäufigkeit sind höher als ursprünglich angenommen.

Laut dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) werden sich die Art, die Häufigkeit und die Intensität **von extremen Wetterereignissen** in Folge des Klimawandels ändern.

Laut ANSWERS (2022) ist die Liste der natürlichen Gefährdungen aus der jüngst durchgeführten PSÜ umfassend. Dennoch empfiehlt das Expert:innenteam die "Non-exhaustive List of Natural Hazard Types" (WENRA 2015) bei der Überprüfung heranzuziehen, dann dadurch wird sichergestellt, dass alle für den Standort spezifischen Gefährdungen erfasst werden. In der PSÜ werden einige kausal zusammenhängende Gefährdungen evaluiert. Allerdings sollten laut WENRA (2015) auch glaubhafte Kombinationen aller nicht kausal zusammenhängenden Gefährdungen betrachtet werden.

Unfälle mit der Beteiligung Dritter

Kernkraftwerke sind gegenüber einem breiten Spektrum möglicher Angriffe verletzbar, auch auf das KKW Loviisa ausgeübte Terrorattacken oder Sabotageakte können schwerwiegende Auswirkungen haben. Dennoch befassten sich die UVP-Dokumente nicht mit böswilligen Handlungen Dritter gegen das KKW Loviisa, mögliche Auswirkungen werden nicht behandelt. Im Gegensatz zu dieser Vorgangsweise berücksichtigten vergleichbare UVP-Verfahren diese Ereignisse bis zu einem gewissen Ausmaß.

Die Terrorgefährdung von Kernkraftwerken erfuhr in den letzten zwanzig Jahren beträchtliche öffentliche Aufmerksamkeit. Diese Aufmerksamkeit konzentrierte sich auf die Gefahren eines beabsichtigten Absturzes eines großen Verkehrsflugzeugs.

Wenn auch die Vorkehrungen gegen Sabotage und Terrorangriffe nicht öffentlich in einem UVP-Verfahren aufgrund notwendiger Vertraulichkeit nicht besprochen werden können, so sollten doch die gesetzlichen Anforderungen in den UVP-Dokumenten dargelegt werden. Angesichts der enormen Konsequenzen von potentiellen Terrorangriffen, wäre Information dazu von größtem Interesse. Der UVP-Bericht enthält dazu nur sehr wenig Information, auch ANSWERS (2022) hat dazu keine weiteren Informationen gebracht. Es wurde nicht einmal erwähnt, ob eine Studie zu den möglichen Auswirkungen eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs durchgeführt wurde.

Die Reaktorgebäude des KKW Loviisa sind nicht gegen einen Flugzeugabsturz ausgelegt und STUK bezeichnete eine derartige Nachbesserung als nicht "vernünftigerweise praktikabel". Im Zusammenhang mit der Lebensdauerverlängerung des KKW Loviisa hätte ein möglicher Terrorangriff auf die Abklingbecken mit den abgebrannten Brennelementen im UVP-Bericht bewertet werden sollen.

Grenzüberschreitende Auswirkungen

Ein schwerer Unfall mit großen Freisetzungen kann zu signifikanten grenzüberschreitenden Auswirkungen auf Österreich führen. Für den UVP-Bericht wurde ein Unfall mit einem Quellterm von 100 TBq Cs-137 berechnet, die Ausbreitungsrechnungen berücksichtigten eine Entfernung von bis zu 1.000 km. Dies kann zu einer Unterschätzung der Auswirkungen auf Österreich führen. Es ist nicht nachgewiesen, dass ein höherer Quellterm ausgeschlossen werden kann, und die Berechnung für die Distanz von 1.000 km ist zu gering, um Auswirkungen auf Österreich abschätzen zu können.

Imprint

Owner and Editor: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Laende 5, 1090 Vienna/Austria

This publication is only available in electronic format at <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Vienna, 2022
All Rights reserved