

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

Steady Energy Oy
Sammonsilta 8
02100 ESBO

SE-STUK-LT-001 (30.8.2024)
SE-STUK-LT-002 (30.12.2024)

Strålsäkerhetscentralens bedömning av en LDR-50-reaktors konceptplanering

Steady Energy Oy (SE) skickade en beskrivning av en LDR-50-anläggning till Strålsäkerhetscentralen (STUK) med referensbrev och bad STUK om en konceptbedömning av godtagbarheten av planeringslösningarna i anslutning till kärn- och strålsäkerhet, skyddsarrangemang, beredskapsarrangemang och kärnämneskontroll utgående från de finländska kärn- och strålsäkerhetskraven.

Inledning

Lagstiftningen om användningen av kärnenergi håller på att förnyas. Den nya lagstiftningen kommer sannolikt att omfatta en bedömning av konceptplaneringen före byggtillståndsfasen. STUK använde utkastet för bedömning av konceptplanering som planerats för den nya lagstiftningen, som underlag för bedömningen av LDR-50. SE och STUK hade kommit överens om förfarandet på förhand.

Bedömningen av konceptplaneringen omfattar följande ämnesområden:

- planeringsgrunder på anläggningsnivå, hot och inledande händelser som beaktats i planeringen
- säkerhetsfunktioner och beaktande av säkerhetsprinciper (djupförsvar, redundans, diversifiering, separation) i genomförandet av dem
- strukturellt djupförsvar
- planlösning och separation på övergripande nivå, skydd mot interna och externa hot
- strukturell strålsäkerhet och begränsning av utsläpp
- beaktande av driftverksamheten i planeringen
- beaktande av hanteringen av åldrandet i planeringen
- beaktande av skyddsarrangemang i planeringen
- kärnämneskontroll i planeringen

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

- beaktande av beredskapsverksamheten i planeringen
- kärnbränsle samt beredskap för hantering och lagring av det
- beredskap för behandling och lagring av radioaktivt avfall
- beaktande av avveckling i planeringen
- påvisande av säkerhet
- leverantören av kärnkraftverket (kompetens och förfaranden).

LDR-50-reaktor

LDR-50 är en ny typ av anläggning, även om den grundar sig på välkänd och beprövad tryckvattenteknik. Nya drag är till exempel

- Användning enbart för fjärrvärmeproduktion samt kärnreaktorns låga effekt (värme-effekt 50 MW) och driftsparametrar som avviker från traditionella tryckvattenanläggningar (betydligt lägre drifttryck och drifttemperatur än normalt).
- Integrerad primärkrets, där kretsen i sin helhet är placerad inuti reaktortryckkärlet.
- Utnyttjande av passiv restvärmekylning på flera olika nivåer inom djupförsvaret.
- Ett reaktorinneslutningskoncept där reaktorinneslutningen inte är en egentlig byggnad, utan en stålbehållare runt reaktortryckkärlet. Reaktorinneslutningsbehållaren är nedsänkt i vattenbassängen i reaktorhallen. Reaktorhallen fungerar som ett hinder för spridningen av radioaktiva ämnen.
- Det kan finnas flera reaktorer i samma infrastruktur. Det bedömda konceptet omfattar fyra reaktorer i samma reaktorhall och reaktorerna har t.ex. ett gemensamt kontrollrum och driftskift.
- Självциirkulation i primärkretsen vid konventionell drift.
- Borfrihet i primärkretsen.
- Anläggningen är till största delen placerad inne i ett berg.

Utförande av bedömningen

I bedömningen användes de gällande säkerhetskraven i regelverket för användning av kärnenergi, men dessutom beaktades eventuella kommande ändringar i kravunderlaget i samband med reformen av lagstiftningen. Eftersom reformen av lagstiftningen pågår är det som framförs i bedömningen angående de nya kraven inte slutgiltigt, utan kan ännu ändras.

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

Planeringen av LDR-50 är fortfarande i ett tidigt skede. En del av planeringsgrunderna har ännu inte slagits fast och konceptplaneringen pågår fortfarande. Därför hade STUK inte tillgång till tillräcklig information för att möjliggöra den bedömning av planeringslösningarnas godtagbarhet som SE begärde i sina brev. STUK fokuserade på att bedöma om det är möjligt att planera en reaktor som LDR-50, och de tillhörande nya lösningarna så att de uppfyller de finländska kraven.

Bedömningens resultat

Slutsatser

Anläggningsplanering

LDR-50 och dess nya huvudplaneringslösningar kan planeras så att de uppfyller säkerhetskraven. Vissa av observationerna i bedömningen kan dock påverka planeringen.

Leverantören av kärnkraftverket

SE uppfyller inte ännu de förväntningar på kärnkraftverksleverantören som gäller i byggtillståndsfasen. SE har dock en plan för att utveckla sin organisation och sitt ledningssystem och bolagets ledning verkar vara motiverad att utveckla bolaget. STUK ser inte hinder för att SE med tiden skulle kunna utvecklas till en kärnkraftverksleverantör som uppfyller kraven.

Planeringsfasen

Planeringen har ännu inte kommit så långt som den nya lagstiftningen skulle förutsätta för att planeringen ska anses vara tillräckligt mogen för den konceptbedömning som behövs före byggtillståndsfasen.

Bedömningens resultat per ämnesområde

De viktigaste observationerna från bedömningen av de olika delområdena presenteras nedan. I den bifogade säkerhetsbedömningen presenteras andra observationer och bakgrundsfakta till slutsatserna.

Allmänna observationer som gäller flera delområden

Planeringen har drag som är fördelaktiga med tanke på säkerheten. Till exempel långa karenstider vid olyckor, användning av passiva system och beredskap för allvarliga reaktorolyckor, fastän händelsekedjorna som leder till en allvarlig reaktorolycka inte är uppenbara.

Informationssäkerheten har inte beaktats systematiskt i planeringen.

Mänskliga faktorer (HFE, Human Factors Engineering) har inte beaktats systematiskt i planeringen.

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

Som planeringsgrund för en del lösningar har använts 72 timmars autonomitid. Tidsfristen överensstämmer med det nuvarande kravet (Föreskrift STUK Y/1/2018, 11 § 7 punkten), men den autonomitid som krävs i regelverksreformen kommer sannolikt att utökas till t.ex. 7 dygn. Ändringen kan påverka säkerhetsklassificeringen för komponenterna och systemen, materialreserverna samt den materiella beredskapen, som behövs under en sådan situation.

Man har inte beaktat N+2-felkriteriet (Föreskrift STUK Y/1/2018, 11 § 4 punkten) i planeringen av systemen, men systemen i fråga har planerats uppfylla enkelt fel kriteriet. Kravet på N+2-felkriteriet slopas i samband med regelverksreformen.

Planeringsgrunder på anläggningsnivå, hot och inledande händelser som beaktats i planeringen

I planeringen har man i stor utsträckning identifierat inledande händelser samt externa och interna hot. Arbetet pågår dock fortfarande. Ännu har man inte på ett heltäckande sätt identifierat till exempel inledande händelser i olika driftlägen, händelser som orsakats av antagonistiska handlingar, eventuella kombinationer av händelser och/eller hot, eller händelser eller hot som samtidigt påverkar flera reaktorer. Det är inte heller ännu klart vilka händelser som är dimensionerande för till exempel reaktorinneslutningen eller primärkretsens övertrycksskydd.

Utifrån uppgifterna kan man inte dra slutsatser om planeringsgrundernas täckning.

Säkerhetsfunktioner och beaktande av säkerhetsprinciper i genomförandet av dem

Reaktivitetshantering

Säkerhetsprinciperna har beaktats på behörigt sätt i konceptplaneringen för reaktivitetshantering. Utöver styrtavarna kan underkriticitet säkerställas med nödboreringssystem. Ett nytt drag för tryckvattenanläggningar (i Finland) är att primärkretsen är borfri vid normal drift. I anslutning till detta har man i planeringen separat beaktat säkerställandet av underkriticiteten under driftstopp för bränslebyte. Likaså har man särskilt noggrant granskat den ökning av reaktiviteten som oavsiktlig utdragnings av en styrtav orsakar och säkerställt att det inte äventyrar säkerheten.

STUK anser att det finns förutsättningar för att planera hanteringen av anläggningens reaktivitet så att den uppfyller kraven.

Förebyggande av spridning av radioaktivitet

LDR-50 har ett nytt reaktorinneslutningsskoncept. I synnerhet vid allvarliga olyckor deltar också reaktorhallen i reaktorinneslutningsfunktionen. Det enda scenariot som leder till en allvarlig olycka och som identifierats av

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

SE är ett läckage i ett primärsystem som går förbi reaktorinneslutningsbehållaren.

Reaktorinneslutningsfunktionen och hanteringen av allvarliga olyckor uppfyller inte till alla delar de nuvarande kraven (t.ex. kraven 324 och 328 angående isolering av reaktorinneslutningen i anvisningen YVL B.6 samt kraven 418-420 angående primärkretsens trycksänkning vid allvarliga olyckor i anvisningen YVL B.5). Det kan dock vara möjligt att motivera avvikelser.

Det är positivt att man i planeringen i princip har förberett sig på allvarliga reaktorolyckor, även om händelsekedjorna som leder till en allvarlig reaktorolycka inte är uppenbara.

STUK anser att det föreslagna reaktorinneslutningskonceptet och hanteringen av allvarliga reaktorolyckor kan vara möjliga att planera så att de uppfyller kraven.

Restvärmekylning

Vid restvärmekylningen utnyttjas en passiv värmeöverföringskedja från reaktorn via reaktorinneslutningsbassängen till reaktorbassängen. I allmänhet är det fördelaktigt att använda passiva system med tanke på säkerheten, eftersom det minskar beroendet av operatörernas åtgärder och anordningarnas funktionsförmåga till exempel vid fel i anordningarna eller vid förlust av deras drivkraft.

En passiv värmeöverföringskedja utnyttjas på flera djupförsvarsnivåer (2, 3a, 3b, 4), vilket inte uppfyller de nuvarande kraven (Föreskrift STUK Y/1/2018, 9 § 3 punkten). Lösningen kan vara möjlig inom ramen för det nya regelverket. Det väsentliga med tanke på lösningens godtagbarhet är att man har identifierat händelser som skulle kunna hindra värmeöverföringskedjans funktion och att sådana händelser är mycket osannolika.

Reaktorn har endast två matarlinjer som används av alla system som matar vatten till reaktorn (normalt tilläggsavtenssystem, reaktorns nödmatningssystem, nödboreringssystem). Även om det med tanke på säkerheten är förmanligt att minska genomföringarna i tryckkärlet är det bra att i fortsättningen granska för- och nackdelarna med lösningen, om det t.ex. kan uppstå en situation där linjerna inte är tillgängliga när de behövs.

Vid postulerade haverier och vissa utvidgningar av postulerade haverier är reaktorbassängen den slutliga värmesänkan. Trots att vattnet i bassängen har betydande värmekapacitet, är den inte jämförbar med t.ex. havet eller atmosfären. Bassängen kan inte betraktas som en slutgiltig värmesänka, utan förr eller senare bör värmen ledas bort från den. I fall det inte finns någon annan värmesänka tillgänglig, leds värmen till berggrunden. Berggrunden kan vara möjlig att påvisa som slutgiltig värmesänka. Vid granskandet av den slutgiltiga värmesänkan bör också det möjliga behovet av nedkylning av komponenter och utrymmen beaktas.

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

STUK anser att om ovan nämnda observationer beaktas på behörigt sätt finns det förutsättningar för att planera restvärmekylningen så att det uppfyller kraven.

Stödfunktioner

Stödfunktioner är till exempel automation, elförsörjning och nedkylning eller uppvärmning av utrymmen och komponenter. Enligt SE:s nuvarande uppfattning är nedkylning eller uppvärmning av utrymmen och komponenter i LDR-50-konceptet inte nödvändiga för att genomföra säkerhetsfunktionerna, men i den fortsatta planeringen görs noggrannare analyser av saken.

Ovan nämnda allmänna observationer gäller stödfunktionerna. Med beaktande av dessa anser STUK att det finns förutsättningar för att stödfunktionerna kan planeras så att de uppfyller kraven.

Strukturellt djupförsvär

Det strukturella djupförsvaret vid LDR-50-anläggningen avviker från det traditionella, eftersom utöver reaktorinneslutningen har också reaktorhallen en roll i djupförsvaret. Dessutom representerar primärkretsen och reaktorinneslutningen nya planeringslösningar (en integrerad primärkrets i reaktortryckkärlet, en reaktorinneslutningsbehållare av stål som omger reaktortryckkärlet).

Det finns ännu öppna frågor angående planeringsgrunderna. Man har inte ännu definierat några dimensionerande händelser för reaktorinneslutningen, reaktorhallen eller primärkretsens övertrycksskydd. Belastningarna på reaktortryckkärlet är ännu delvis odefinierade, likaså de mest belastade punkterna. Svetsfogarnas placering har ännu inte bestämts.

STUK anser att det finns förutsättningar att planera det föreslagna strukturella djupförsvaret och den strukturella hållbarheten så att de uppfyller kraven.

Planlösning och separation på övergripande nivå, skydd mot interna och externa hot

Redundansseparationen mellan parallella säkerhetssystem iakttas på djupförsvarnivåerna 3a och 4, men inte på djupförsvarnivåerna 2 eller 3b. Detta är en avvikelse från de nuvarande kraven 434, 437 och 438 i anvisningen YVL B.1, men i regelverksreformen kan det bli ändringar i redundanskraven. Lösningens godtagbarhet (i enlighet med det nya regelverket) kan bedömas först när planeringen har preciserats.

Principerna för skydd mot hot och till exempel kraven på brandskydd har identifierats väl. Eftersom definitionen av hoten och deras konsekvenser

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

ännu är under arbete, kan STUK inte bedöma skyddsåtgärderna mot hoten och hur de föreslagna principerna förverkligas i planeringen.

Strukturell strålsäkerhet och begränsning av utsläpp

SE har identifierat ämnesområdets väsentliga principer och krav väl. Genom att följa dem finns det förutsättningar för att beakta strukturell strålsäkerhet i planeringen på ett tillräckligt sätt. Den mer detaljerade planeringen är dock till största delen ogjord, så noggrannare slutsatser kan ännu inte göras.

Avsikten är att från en i ett stadsområde placerad anläggning avleda vattenutsläpp, som till sin aktivitet underskrider undantagsnivån, i avloppsnätet i den placeringskommun där anläggningen är belägen. Utsläpp från de nuvarande kärnkraftverken har inte avletts i avloppsnätet. Strålsäkerhetslagen föreskriver om begränsningar för utsläpp i avloppsnätet. Det är ännu inte klart hur den nya kärnenergilagstiftningen kommer att reglera detta. Även avloppsnätsförvaltaren kan fastställa begränsningar på utsläppen. Lösningen är således förknippad med osäkerheter.

Beaktande av hanteringen av åldrandet i planeringen

SE har identifierat de väsentliga principerna för hantering av åldrandet. Genom att följa dessa och de presenterade planeringsreglerna finns det förutsättningar för att beakta hanteringen av åldrandet på ett tillräckligt sätt i planeringen. Det är bra att i ett tillräckligt tidigt skede av planeringen säkerställa att vissa nya planeringslösningar (t.ex. rörledningar som går inne i skyddsrör) är möjliga att granska och underhålla..

Beaktande av driftverksamheten i planeringen

Driftverksamheten har nya drag jämfört med de kärnkraftverk som för närvarande används i Finland, såsom liten personal och ett gemensamt kontrollrum och driftskift för flera reaktorer.

Vid förlust av huvudkontrollrummet är reservkontrollrummet inte nödvändigtvis kontinuerligt bemannat. De nödvändiga manövreringarna utförs från reservkontrollrummet, varefter driftläget övervakas från beredskapscentralen. Vid förlust av huvudkontrollrummet ska man alltid kunna göra de nödvändiga manövreringarna tillräckligt snabbt och kunna övervaka driftläget på ett tillförlitligt sätt.

Materialet klargör inte om det till exempel är tillåtet att arbeta ensam i kontrollrummet och på fältet. I utrymmen där man kan arbeta ensam ska man inte kunna vidta åtgärder som äventyrar anläggningens säkerhet.

Då observationerna ovan beaktas anser STUK att det finns förutsättningar för att planera driftverksamheten så att den uppfyller kraven.

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

Beaktande av skyddsarrangemang i planeringen

SE har inte ännu tillgång till en dimensionerande hotbeskrivning och SE har inte heller framställt vilka hot de själv definierat att anläggningen ska skyddas mot.

Informationssäkerheten har inte beaktats systematiskt i planeringen.

Av de uppgifter som lämnats framgår inte att skyddsarrangemangen skulle ha behandlats på ett integrerat sätt med alla andra delområden av säkerheten. Till exempel har man från handlingen angående påvisandet av säkerheten, utelämnat att påvisa skyddsarrangemangens överensstämmelse med kraven och deras effektivitet.

STUK anser att det av det inlämnade materialet inte framgår sådana omständigheter som skulle förhindra att skyddsarrangemangen skulle kunna genomföras i enlighet med kraven medan planeringen framskrider.

Kärnämneskontroll i planeringen

LDR-50 motsvarar i stor utsträckning konventionella tryckvattenanläggningar med tanke på kärnämneskontrollen. SE har kartlagt och identifierat LDR-50-reaktors speciella egenskaper som kan ha betydelse för genomförandet av kärnämneskontrollen. Vissa frågor som är centrala för den fortsatta planeringen är ännu öppna – till exempel konceptet för hantering och lagring av färskt bränsle är ännu inte färdigt. I materialet beskrivs inte heller hur man säkerställer att kärnämneskontrollen beaktas i planeringsprocessen.

Det finns fortfarande öppna frågor inom planeringen, men STUK anser att det finns förutsättningar för att planera LDR-50-kärnämneskontrollen så att den uppfyller kraven, om kärnämneskontrollen beaktas vid planeringen av anläggningen i enlighet med de principer som SE har angett.

Beaktande av beredskapsverksamheten i planeringen

I planeringen har man för beredskapsverksamheten reserverat utrymmen och nödvändig utrustning samt beaktat behovet av dataöverföring och kommunikation. Utöver anläggningens beredskapscentral kommer det att utanför anläggningsområdet finnas ett utrymme för ledning av beredskapsverksamheten, ifall beredskapscentralen inte är tillgänglig.

Konsumtionsvaror (livsmedel, bränslen osv.) som behövs i beredskapssituationer reserveras för tre dygn. Den autonomitid som krävs i regelverksreformen höjs sannolikt till 7 dygn.

Till skillnad från det nuvarande kravet 391 i anvisningen YVL B.8, kommer anläggningen inte att få någon anläggningsbrandkår, utan man förlitar sig på det lokala räddningsväsendets brandbekämpning. Det absoluta kravet

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

på en egen anläggningsbrandkår kommer sannolikt att slopas i samband med regelverksreformen.

STUK anser att det finns förutsättningar att planera anläggningen så att den uppfyller kraven angående beredskapsverksamheten. En eventuell ändring av autonomikravet i regelverksreformen bör beaktas.

Behandling och lagring av radioaktivt avfall

Avfallet som uppkommer är typiskt för en lättvattenanläggning och för det finns tekniska lösningar för behandling, lagring och slutförvaring. I planeringen har man identifierat behov för system för behandling av avfall i fast flytande och gasform samt för lagring av avfallet. Man har inte uppskattat mängden låg- och medelaktivt avfall i flytande och fast form som driften åstadkommer, så det är inte möjligt att bedöma om de utrymmen som reserverats för avfallssystemen eller lagringskapaciteten är tillräckliga. Materialet anger på ett tillräckligt sätt den planerade lagringskapaciteten för använt kärnbränsle.

Ett nytt drag är användningen av torrlager vid mellanlagring av använt bränsle. I Finland har man inte beviljat tillstånd för torrlager, men många används ute i världen.

STUK anser att det finns förutsättningar för att planera behandlingen och lagringen av radioaktivt avfall så att kraven uppfylls.

Beaktande av avveckling i planeringen

SE har identifierat de aspekter i planeringsfasen som påverkar avvecklingsbarheten och de principer som tillämpas i planeringen för att säkerställa avvecklingsbarheten. Planeringen har inte kommit så långt att man kan verifiera hur principerna förverkligas i planeringen, men STUK anser att man genom att följa de föreslagna principerna har förutsättningar att beakta avvecklingen i planeringen på ett sätt som uppfyller kraven.

Kärnbränsle samt beredskap för dess hantering och lagring

LDR-50:s bränsle är typiskt bränsle för en tryckvattenreaktor, men driftsförhållandena avviker från typiska tryckvattenanläggningar (låg temperatur och lågt tryck, borfri vattenkemi) och det finns knappt någon erfarenhet av bränslets användning i förhållanden som motsvarar LDR-50. Påvisandet av bränslets säkerhet under LDR-50:s driftsförhållanden ska bedömas i byggtillståndsfasen. Det finns flera bränsleleverantörer i världen som kan leverera den typ av bränsle som beskrivs. Utrymmen har reserverats för förvaring av färskt och använt bränsle i anläggningsplaneringen.

STUK anser att det finns förutsättningar för att planera bränslet och hanteringen av det så att kraven uppfylls.

STUK 5/Y42259/2024,
STUK 9/Y42259/2024

12.6.2025

Påvisande av säkerhet

SE ska bygga en fullskalig provanläggning som omfattar en reaktor, primärkrets, reaktorinneslutningsbehållare och reaktorbassäng. Syftet med provanläggningen är bl.a. att testa primärkretsens naturliga kretslopp och passiva restvärmekylning. En provanläggning är en bra lösning för att påvisa säkerheten av en ny typ av anläggning, och en fullskalig anläggning ger säkerhet om provens representativitet.

Angående de flesta andra nya planeringslösningarna (t.ex. ett gemensamt kontrollrum för flera enheter, ett litet gemensamt driftskift för manövrering av flera reaktorer) har det ännu inte presenterats några planer för att påvisa säkerheten.

Skyddsarrangemangen hade utelämnats från handlingen om påvisande av säkerheten. Alla delområden av säkerheten (3S: Safety, Security, Safeguards) bör behandlas integrerat redan från ett tidigt skede.

Leverantören av kärnkraftverket

SE är ett mycket nytt företag som just nu håller på att utveckla sin organisation och sitt ledningssystem. Endast en liten del av funktionerna har ännu en systematisk och dokumenterad process och för de övriga pågår utvecklingsarbetet. SE:s mål är att erhålla ISO 9001-certifiering under 2025 och ISO 19443 eventuellt under 2026. ISO 19443 är en global standard för kvalitetsledningssystem inom kärnenergiindustrin.

SE:s organisation är fortfarande liten, men växer kraftigt – under tiden för STUK:s konceptbedömning fördubblades nästan antalet anställda. Inom vissa delområden har SE nyligen skaffat eller håller på att skaffa de experter som behövs (t.ex. HFE, informationssäkerhet).

SE uppfyller ännu inte de förväntningarna på en kärnkraftverksleverantör som gäller i byggtillståndsfasen. SE har dock en plan för att utveckla sin organisation och sitt ledningssystem och bolagets ledning verkar vara motiverad att utveckla bolaget. STUK ser inte hinder för att SE med tiden skulle kunna utvecklas till en kärnkraftverksleverantör som uppfyller kraven.

Direktör

Tapani Virolainen

Ledande sakkunnig

Minna Tuomainen