



STUK-B 320 / JUNI 2024

Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Teräväinen M,
Torvela T, Mattila A

B



Strålningsövervakning av omgivningen vid kärnkraftverken i Finland

Årsrapport 2023

Strålsäkerhetscentralen
Ånäsgränden 1
01370 Vanda
www.stuk.fi/sv

Tilläggsuppgifter:
Vesa-Pekka Varti
vesa-pekka.varti@stuk.fi
telefon 09 759 88 593

ISBN 978-952-309-600-4 (pdf)
ISSN 2243-1896

VIRTANEN Sinikka, VARTTI Vesa-Pekka, TURUNEN Jani, TERÄVÄINEN Mikko, TORVELA Tiina, MATTILA Aleksj, Strålningsövervakning av omgivningen vid kärnkraftverken i Finland. Årsrapport 2023. STUK-B 320 Vanda, 2024, 54 s.

NYCKELORD: miljöövervakning, kärnanläggning



Innehåll

1 SAMMANFATTNING	5
2 INLEDNING	6
3 UTSLÄPP FRÅN KÄRNKRAFTVERK	7
4 TILLSTÅNDSHAVARENS MILJÖÖVERVAKNINGSPROGRAM	12
5 STRÅLSÄKERHETSCENTRALENS MILJÖÖVERVAKNINGSPROGRAM OCH - METODER	12
5.1 KONTROLLOBJEKT OCH PROVTAGNING	13
5.1.1 UTOMHUSLUFT OCH NEDFALL	13
5.1.2 LANDMILJÖ	14
5.1.3 HAVSMILJÖ	17
5.1.4 INVÅNARE I OMGIVNINGEN	21
5.2 ÖVERVAKNINGSMETODER	21
5.2.1 BEHANDLING OCH ANALYS AV PROVER	21
6 RESULTAT AV MILJÖÖVERVAKNINGEN	24
6.1 UTOMHUSLUFT OCH NEDFALL	24
6.2 LANDMILJÖ	25
6.3 HAVSMILJÖ	32
6.4 INVÅNARE I OMGIVNINGEN	45
7 SAMMANDRAG OCH SLUTSATSER	46
8 KÄLLOR	47
9 BILAGOR	47

1 Sammanfattning

Denna rapport beskriver resultaten av strålövervakningen som Strålsäkerhetscentralen (STUK) utförde i miljön vid Lovisa och Olkiluoto kärnkraftverk år 2023. STUKs övervakning kompletterar och verifierar den miljöövervakning och utsläppsmätningar som kraftverket utför. Övervakningen genomförs genom insamling av prover från land- och havsmiljön i närheten av kraftverken och av utomhusluft. Dessutom övervakas koncentrationerna av radioaktiva ämnen i kropparna hos invånarna i kraftverkets omgivning. Miljöproverna analyseras i STUKs laboratorium. De radioaktiva ämnen som ingår i de insamlade proverna mätts med gammaspectrometriska och radiokemiska analysmetoder.

I några av de insamlade proverna påträffades små mängder radioaktiva ämnen som härrörde från kraftverket. Det fanns ingen betydande avvikelse från tidigare års miljöfynd vad gäller de identifierade radioaktiva ämnena eller deras mängder. Radioaktivitet som härrör från kraftverket som observerats i miljön är obetydlig när det gäller strålningsexponering av miljö och människor. Resultaten av de utsläppsmätningar som rapporterats av kärnkraftverken och resultaten av den miljöövervakning som utförs av kärnkraftverken motsvarar de resultat som STUK gjort inom ramen för sin egen övervakning.

2 Inledning

Bestämmelser om användningen av kärnenergi finns i kärnenergilagen (990/1987) och kärnenergiförordningen (161/1988). Enligt 7 c § 1 mom. i kärnenergilagen ska *utsläpp av radioaktiva ämnen som härrör från användningen av kärnenergi begränsas i enlighet med optimeringsprincipen enligt 6 § i strålsäkerhetslagen (859/2018). Vid optimering av strålskydd ska dosrestriktioner enligt 9 § i strålsäkerhetslagen användas.* Enligt 7 c § 5 mom. i kärnenergilagen ska *Strålsäkerhetscentralen i behövlig omfattning granska och övervaka en kärnanläggnings omgivning för att säkerställa tillförlitligheten vid mätning av radioaktiva utsläpp och för att verifiera anläggningens miljökonsekvenser.* Strålningsövervakningen av omgivningen säkerställer för sin del att årsdosen för en individ i befolkningen till följd av normal drift av ett kärnkraftverk eller av någon annan kärnanläggning som är försedd med en kärnreaktor ligger under restriktionen för årsdosen på 0,1 millisievert som anges i 22 b § i kärnenergiförordningen (161/1988). Restriktionen för årsdosen är under två procent av finländarnas genomsnittliga årsdos på 5,9 mSv (Siiskonen, 2020).

Strålningsexponeringen på grund av driften av en kärnanläggning ska hållas så låg som det med praktiska åtgärder är möjligt. Dessutom ska kärnanläggningen och driften av den planeras så att restriktionerna i kärnenergiförordningen inte överskrids. Det räcker inte enbart att restriktionerna underskrids, utan utsläppen av radioaktiva ämnen vid drift av en anläggning och strålningsnivåerna i omgivningen ska hållas så låga som möjligt. Innehavaren av ett tillstånd att använda kärnenergi ska hantera gränserna för utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnkraftverket, så att restriktionen för årsdosen för en individ i befolkningen enligt kärnenergiförordningen inte överskrids.

I Strålsäkerhetscentralens (STUK) direktiv YVL C.7 finns detaljerade krav på tillståndshavaren angående strålningsövervakning i kärnanläggningens omgivning.¹ Tillståndshavaren ska göra upp ett program för strålningsövervakning i kärnanläggningens omgivning och rapportera programmets resultat till STUK. Oberoende av tillståndshavaren utför STUK dessutom övervakning i kärnanläggningens omgivning i enlighet med 7 c § 5 mom. i kärnenergilagen genom att under driften av kärnanläggningen ta miljöprover i kärnanläggningens omgivning i den utsträckning som behövs och analysera proverna. IAEA har också gett anvisningen Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.8 (IAEA, 2005) angående ordnandet av miljöövervakning vid kärnanläggningar. Tillståndshavarens och STUKs miljöövervakning motsvarar tillsammans IAEA:s rekommendationer om miljöprogrammets innehåll.

Resultaten av STUKs miljöövervakning har sammanställts i denna rapport. Resultaten jämförs med de observationer och utsläpp som tillståndshavarna rapporterat i sin miljöövervakning.

¹ Med tillståndshavare avses i denna rapport innehavaren av ett tillstånd att använda kärnenergi.

3 Utsläpp från kärnkraftverk

Under normal drift av kärnkraftverken uppkommer radioaktiva ämnen, varav en mycket liten del kan komma ut i miljön. Största delen av de radioaktiva ämnena uppkommer till följd av fission av kärnbränslet i reaktorn samt till följd av neutronstrålning från aktiveringsprodukter av olika material. De radioaktiva ämnena stannar huvudsakligen kvar inuti bränslestavarna, eftersom stavarnas kapsling hindrar ämnena från att frigöras i det omgivande kylvattnet. Radioaktiva ämnen finns också i reaktorns kylsystem samt i anknyttande renings- och avloppssystem. Bränslet ger också upphov till gasformiga radioaktiva ämnen som kan spridas från bränslestavarna genom diffusion. Bränslestavarnas kapsling kan i sällsynta fall skadas under driften och förlora sin täthet, vilket ökar radioaktiviteten i kylvattnet.

Under normala driftsituationer består utsläppen i atmosfären av frånluft från kärnanläggningens ventilation och gasformiga ämnen som avlägsnats ur processerna och som renats vid behov. De gasformiga utsläppen leds till kraftverkens frånluftsskorstenar. Vätskeformiga utsläpp av radioaktiva ämnen som uppstår vid kärnkraftverket minskas genom indunstning, filtrering och fördröjning innan de leds ut i havet. Vätskeformiga utsläpp av radioaktiva ämnen leds ut i havet med kraftverkets kylvatten. Vid störningar och olyckor kan radioaktiva ämnen komma ut i miljön också längs rutter som avviker från det normala och deras sammansättning kan avvika från utsläppen under normal drift.

Tillståndshavarna har under anläggningarnas drifttid gjort moderniseringar för att kunna minska utsläppen i omgivningen. Vissa radionuklider (t.ex. H-3 och C-14) är beroende av anläggningens energiproduktion och ligger på nästan samma nivå varje år (bilderna 1 och 2). Ett exempel på åtgärder är en metod för att separera cesium från vätskeformigt avfall som Fortum införde i Lovisa 1990. Tack vare metoden har mängden av den långlivade radionukliden Cs-137 som leds till havet minskat betydligt. De totala årliga utsläppen av några av de mest betydande nukliderna i vätskeformiga utsläpp presenteras på bilderna 3 och 4.

3 UTSLÄPP FRÅN KÄRNKRAFTVERK

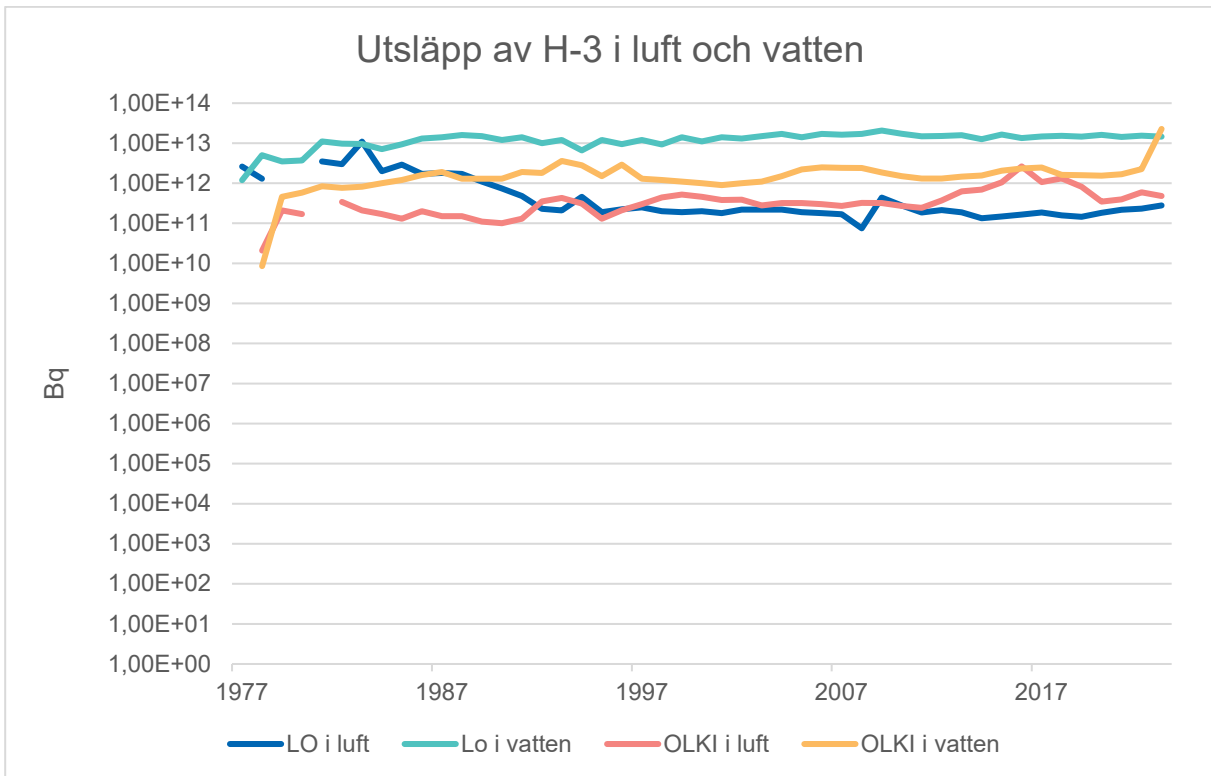


Bild 1. Årlig utsläpp av tritium (H-3) i luft och vatten sedan driften av kraftverken inleddes. Utsläppen av OL3, som startade 2023, återspeglas i de totala vattenutsläppen från Olkiluoto

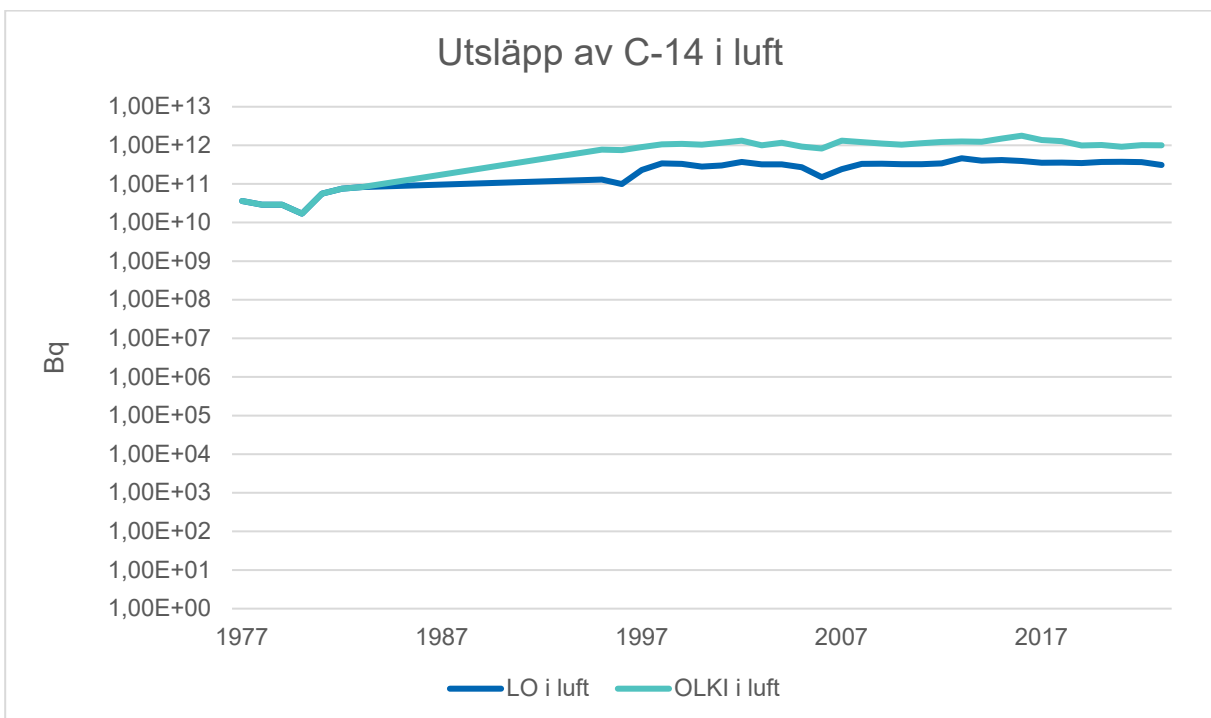


Bild 2. Årlig utsläpp av C-14 i luft sedan driften av kraftverken inleddes. Från 2023 ingår även OL3-utsläpp.

3 UTSLÄPP FRÅN KÄRNKRAFTVERK

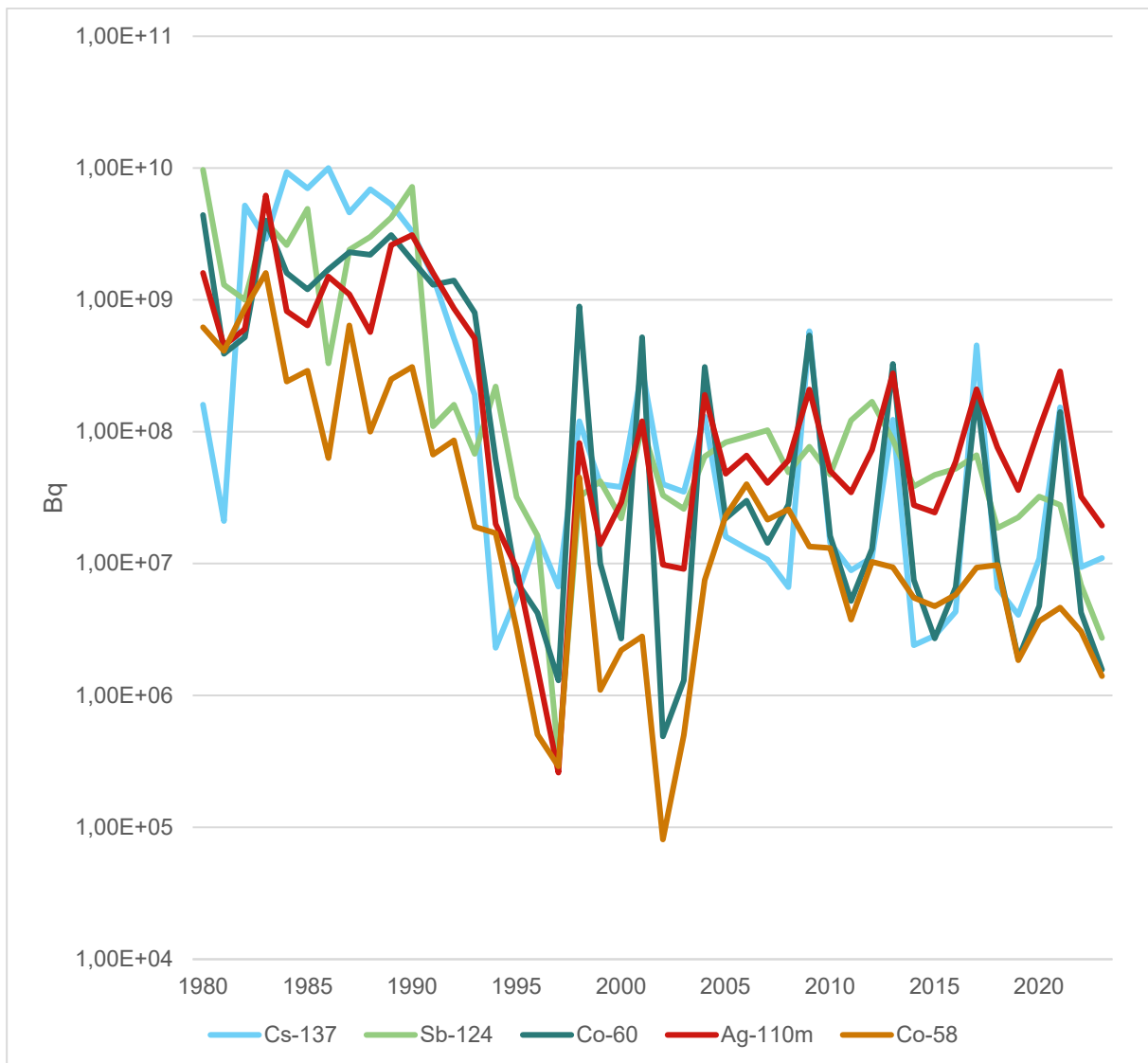


Bild 3. De totala årliga utsläppen av några av de mer betydande utsläppsnukliderna i vätskeformiga utsläpp i Lovisa under 1980 – 2023. Det planerade utsläppet av det cesiumseparerade industrikoncentratet i havet, som sker ungefär vart fjärde år, kan ses som en spik för längre livslängd utsläppsnuklider under dessa år (Fortum 2024).

3 UTSLÄPP FRÅN KÄRNKRAFTVERK

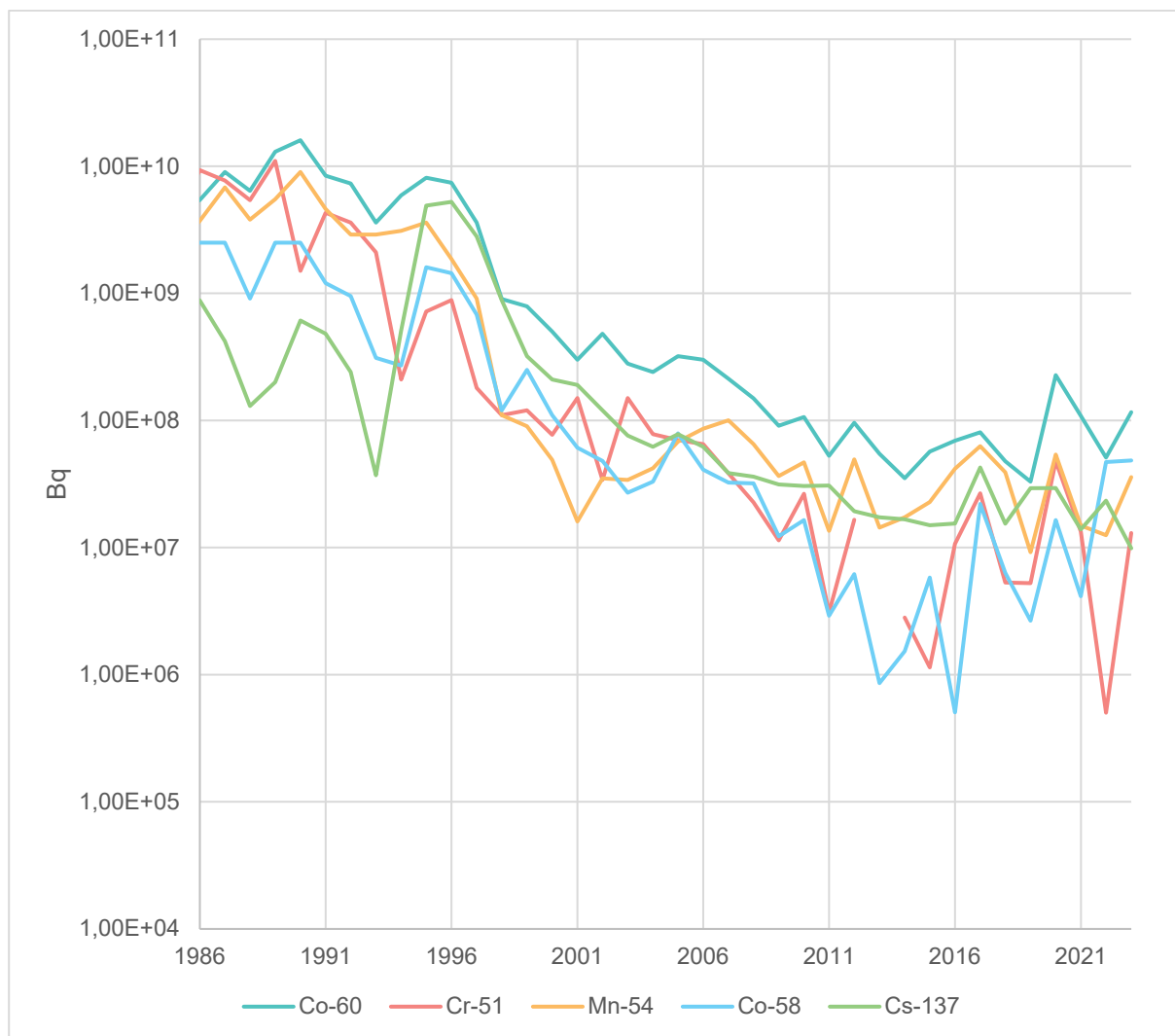


Bild 4. De totala årliga utsläppen av några av de mer betydande utsläppsnukliderna i vätskeformiga utsläpp i Olkiluoto under 1986 – 2023 (obs: 2023 ingår även OL3-utsläpp).

Liksom under tidigare år låg utsläppen 2023 betydligt under utsläppsgränsen.

I Olkiluoto uppnådde kraftverksenheten OL3 kriticitet för första gången den 21 december 2021. Kraftverksenheten kunde tas i bruk 2022 efter att säkerhetsmålen uppfyllts och den användes för första gången med 100 procents effekt den 30 september 2022. Regelbunden elproduktion inleddes den 16 april 2023.

Kraftverkens radioaktiva utsläpp 2023 var små i förhållande till de fastställda utsläppsgränserna (Fortum, 2024; TVO, 2024). I Lovisa var utsläppen av ädelgaser i atmosfären (Kr-87 ekvivalentutsläpp) cirka 0,033 procent år 2023 och jodutsläppen (I-131 ekvivalentutsläpp) mindre än 0,0001 procent av de fastställda utsläppsgränserna. Utsläppen av tritium (H-3) i havet var cirka 10 procent och utsläppen av fissions- och aktiveringsprodukter i havet cirka 0,007 procent av de fastställda utsläppsgränserna.

I Olkiluoto var utsläppen av ädelgaser i atmosfären (Kr-87 ekvivalentutsläpp) 0,0154 procent och jodutsläppen (i Olkiluoto har en utsläppsgräns fastställts för I-131) 0,0244 procent av de fastställda utsläppsgränserna. Tritiumutsläppen i havet var cirka 29 procent och utsläppen av fissions- och aktiveringsprodukter i havet cirka 0,07 procent av de fastställda utsläppsgränserna. Tritiumutsläppen i havet kom till största delen (över 90 %) från den nya

kraftverksenheten OL3, vilket beror på att OL3 regelbundet avlägsnar tritium ur primärkylmedlet.

Typiska radionuklider som härrör från Lovisa kraftverk och som observerats i närheten av kraftverket är H-3, Co-60 och Ag-110m samt från Olkiluoto kraftverk H-3, Mn-54, Co-58 och Co-60. En ny utsläppsnuklid i vattenutsläppen från OL3 är Be-7, som också uppkommer naturligt i miljön till följd av kosmisk strålning. Det finns skäl att följa upp halterna av denna nuklid i havsmiljön, eftersom den numera även förekommer i vattenutsläppen. Skillnaderna mellan de nuklider som kan observeras beror på olika kraftverkstyper och på skillnader exempelvis i de material som använts i reaktorkretsarna.

De kalkylmässigt största nukliderna som bidrar till en stråldos hos en person bland den mest exponerade gruppen ur allmänheten är i luftutsläpp C-14 och i vattenutsläpp H-3, Co-60 eller Cs-137. Den beräknade dosuppskattningen från luftutsläppen av C-14 i Lovisa grundar sig på ett konservativt antagande om att C-14 helt och hållet kommer ut i miljön i form av koldioxid (CO₂). Enligt utredningarna frigörs 80 – 90 procent av C-14-utsläppen i form av kolväten i Lovisa, som inte binds särskilt väl till växter (Fortum 2024). Observeras knappt några skillnader i miljöövervakningsproverna i omgivningen kring kärnkraftverk jämfört med proverna av C-14-aktivitetshalter som tagits på andra håll i Finland.

I bilaga 1 presenteras mer ingående de vanligaste radionukliderna som kan observeras i utsläppen från kärnkraftverken och i miljöövervakningen. Alla radionuklider som kan observeras i miljöövervakningen härrör inte från kärnkraftverken. I omgivningen finns också naturlig radioaktivitet och artificiella radionuklider, såsom H-3, Sr-90 och Cs-137, som härrör från kärnvapenprover på 1950- och 1960-talen samt i synnerhet från kärnkraftsolyckan i Tjernoby 1986.

4 Tillståndshavarens miljöövervakningsprogram

Innehavaren av ett tillstånd att använda kärnenergi ska följa upp halterna av radioaktiva ämnen i omgivningen kring kraftverket. I STUKs direktiv YVL C.7 anges minimikrav på tillståndshavarens program för strålningsövervakning i omgivningen (Bilaga 2):

- Programmet ska inkludera mätningar av extern strålning. Mätningarna ska genomföras med hjälp av miljödosimetrar som placerats i landmiljö i omgivningen kring kraftverket och med hjälp av mätstationer som mäter dosrater från extern strålning.
- Mätningarna i landmiljö är till för att bestämma radioaktiva ämnen i luft, nedfall, hushållsvatten och trädgårdsprodukter. Dessutom undersöks radioaktiva ämnen i indikatororganismer i landmiljö inom ramen för övervakningsprogrammet. Med indikatororganismer avses organismer och växter som samlar och anrikar radionuklider särskilt väl och som därför lämpar sig för granskning av vilka radionuklider som förekommer i omgivningen.
- I vattenmiljön är mätningarna till för att bestämma radioaktiva ämnen som lösts upp i och blandats med vattnet.

Resultaten av tillståndshavarnas strålningsövervakning i omgivningen presenteras i deras årsrapporter över strålsäkerheten i omgivningen som tillståndshavarna lämnar till STUK (Fortum, 2023; TVO 2023). STUK bedömer om tillståndshavarnas egna övervakningsprogram är tillräckliga samt deras resultat och jämför resultaten av tillståndshavarnas övervakning med resultaten av STUKs övervakningsprogram. Resultaten av tillståndshavarnas program behandlas nedan i kapitel 6, Resultat av miljöövervakningen, där resultaten jämförs med resultaten av STUKs övervakningsprogram.

5 Strålsäkerhetscentralens miljöövervakningsprogram och -metoder

I planeringen av STUKs program för övervakning av strålning i miljön beaktas förhållandena på kraftverksplatserna och i deras omgivning samt kraftverkens verksamhet och drift. På så sätt riktas och dimensioneras strålningsövervakningen i omgivningen rätt. Utöver det planerade programmet kan kompletterande provtagning utföras vid behov, till exempel vid en störning vid ett kraftverk. Strålningsövervakningen i omgivningen riktas till omgivningen kring kraftverksplatsen och till invånarna i omgivningen. Kvaliteten på provtagningen säkerställs genom att varje år ta parallellprover från vissa provarter i enlighet med planen.

Mätningarna utförs med prover i land- och havsmiljö och dessutom samlas luftprover in i samband med de årliga underhållsavställningarna. Vid provtagningen fokuserar STUK särskilt på prover i anknytning till mänsklig näringskedjorna, såsom mjölk, jordbruksprodukter, hushållsvatten, fisk, vilt och andra livsmedel. Dessutom inkluderar

strålningsövervakningsprogrammet indikatororganismer och -material i land- och havsmiljö, exempelvis vilda växter och sedimenterbart material.

I omgivningen kring de bägge kärnkraftverken samlas samma eller liknande provarter in, med beaktande av de lokala förhållandena. Provtagningsplatserna och -arterna har valts så att de så väl som möjligt återspeglar statusen i kraftverkens närmaste omgivning. Prover tas representativt på flera kilometers avstånd från kraftverket, så att man beaktar radionuklidernas eventuella utsläppsvägar, utsläppens spridning i omgivningen och allmänhetens levnadsvanor samt var bebyggelsen finns i omgivningen. Radionuklidhalterna i proverna jämförs med radionuklidhalterna i prover som samlats in på andra håll i Finland samt med observationer under tidigare år.

År 2023 utarbetade STUK en intern rapport där STUK gick igenom internationella anvisningar och rekommendationer angående kärnkraftverkens miljöprogram. Miljöövervakningen i Finland jämfördes också med miljöövervakningsprogram i tre andra länder (Frankrike, Sverige, Tjeckien). Utifrån utredningen presenterades några utvecklingsförslag för den miljöövervakning som myndigheten ansvarar för och dessa utvecklingsförslagen kommer att beaktas i övervakningen från och med 2024. Även det faktum att driften vid Posivas slutförvaringsanläggning för använt kärnbränsle enligt nuvarande planen ska inledas 2025 kommer att beaktas i miljöövervakningen genom några extra kontrollobjekt.

Att den regelbundna elproduktionen har inletts vid OL3 beaktas i övervakningen. Tritiumutsläppen (H-3) i vattnet ökar och Be-7 är en ny utsläppsnuklid som följs upp i vattenmiljön.

5.1 Kontrollobjekt och provtagning

Provarterna har fördelats i tre huvudgrupper: provtagning i luft, land- och havsmiljö. Dessutom undersöks ansamlingen av radioaktiva ämnen i invånarna i kraftverkets närområde. I regel är det STUKs provtagare som tar miljöproverna enligt övervakningsprogrammet. En del prover som hör till övervakningsprogrammet erhålls direkt från lokala odlare, uppfödare eller andra aktörer. Provtagnings schemat presenteras i bilaga 3.

År 2021 togs kvalitetssäkringsprover i enlighet med programmet. Varje år samlas parallellprover in från ett objekt i havsmiljö och ett objekt i landmiljö. År 2023 var provarterna granbarr och perifyton.

5.1.1 Utomhusluft och nedfall

Kontinuerlig insamling av utomhusprover är en del av tillståndshavarnas övervakningsprogram. För att komplettera tillståndshavarnas mätningar samlar STUK in partikelprover från utomhusluften i samband med de årliga underhållsavställningarna. Kollektorn av STUKs kompletterande luftprov (bild 5) är försedd med glasfiberfilter. I Fortums kollektorer finns utöver glasfiberfilter även ett glasfiberfilter som är mättat med aktivt kol och i TVO:s luftkollektorer dessutom patroner med aktivt kol. På glasfiberfiltret fastnar aerosoler, som är fasta eller vätskeformiga partiklar som svävar i luften. Vanligen är aerosolpartiklarna mikrometerstora. Patronen med aktivt kol och glasfiberfiltret mättat med aktivt kol samlar också in gasformiga ämnen, till exempel radioaktivt jod. Luftkollektorns flödesmätare mäter mängden luft som passerar glasfiberfiltren och kolpatronen. Radioaktiviteten som samlas i

filtren och kolpatronen beräknas i enheten Bq/m³ i relation till den mängd luft som pumpats genom filtren.

I tillståndshavarnas program analyseras gammaemitterande radionuklider i nedfallsprover. Utöver dessa undersöker STUK aktivitetshalten för Sr-90 i tillståndshavarnas insamling av nedfallsprover för hela året som en del av STUKs övervakningsprogram.



Bild 5. Mobil luftprovskollektor.

5.1.2 Landmiljö

Till prover i landmiljö anses höra jordmån, renlav, björnmossa, barr, ormbunksväxter, svampar, bär, vilt, mjölk, betesgräs, spannmål, rotfrukter, hushållsvatten, grundvatten och slam. Prover på landmiljön samlas varje år om möjligt från samma platser i närheten av kraftverksområdena.

Övervakningen av radioaktiviteten i jordmånen genomförs i form av en kartläggning vartannat år. Inga prover av jordmånen togs 2023. Prover samlas in i jordmånen ytskikt. Radionuklider kan spridas via kraftverkens luftutsläpp till matjorden. Radionuklider i matjorden kan öka människors exponering för radioaktivitet direkt genom att öka den externa stråldosen eller indirekt via födan. Prover av jordmånen tas vartannat år på 3 – 5 platser i de båda kraftverkens närmaste omgivning. Proverna tas på 0 – 5 cm djup, till exempel med en golfhålsborr (bild 6) och för ett prov tas på samma djup 3 – 5 delprover som kombineras till ett prov. Vid behov kan prover också tas för att undersöka radionuklidernas djuputbredning. Som provtagningsområde väljs ett jämnt, öppet och orört område med så litet stenar och rötter som möjligt.

Bland vilda växter samlas en gång om året in arter som konstaterats anrika radioaktiva ämnen väl, såsom björnmossa, renlav, ormbunksväxter (stensöta och strutbräken) och granbarr (nya årsskott). Från och med 2021 har björnmossa i Lovisa ersatts med ett extra ormbunksprov. Växterna torkas och mals. Renlav plockas på ett område där det finns så få andra arter eller förna som möjligt. Förutom i kraftverkens närområden samlas

jämförelseprover av varje art även in på andra ställen i Finland. Varje år samlas också fyra olika svamparter och bärprover in med den lokala skörden i närheten av kraftverken. Avsikten är att samla in prover av viltkött från lokala jägare för undersökning.

Genom att undersöka jordbruksprodukter och hushållsvatten kan man bedöma människors exponering för radioaktiva ämnen via födan. Närliggande mejerier levererar mjölkprover i märkta kärl som STUK lämnat till mejerierna. Mjölken kommer från mjölkgårdar i närheten av kraftverken och de mest avlägsna gårdarna finns på cirka 40 km avstånd från kraftverken. Vid provtagningen följer man allmänna förfaranden för livsmedelsprover av mjölk. Prover av betesgräs samlas in en gång under tillväxtperioden i närheten av kraftverken. Avsikten har varit att välja betesmarker så att mjölken från de kor som betar på markerna levereras till samma mejerier där mjölkproverna samlas in inom ramen för övervakningsprogrammet. Trädgårds- och jordbruksprodukter som analyseras är olika spannmålsslag samt rotfrukter. Spannmålsprover hämtas från lokala odlare på spannmålgårdar som finns på ett område som sträcker sig cirka 20 km från kraftverken. Prover tas av två spannmålsslag en gång per år efter skörden. Ett rotfruktsprov (potatis, morot, kålrot) hämtas från lokala producenter i närheten av kraftverken en gång under sommarsäsongen.

Prover av hushållsvatten samlas in från hushållsvattnet i städerna Lovisa och Raumo två gånger per år, på våren och hösten. I de hushållsvattenprover som tas från kraftverken och som ingår i tillståndshavarnas program undersöks också Sr-90 som en del av STUKs övervakningsprogram. Ett grundvattenprov samlas in i en grundvattenbrunn i närheten av kraftverken eller direkt från en egentlig grundvattenledning. Slamprover samlas in före eller efter den årliga underhållsavställningen och en gång under underhållsavställningen från vattenreningsverken i de närliggande städerna. Provtagningsplatserna i landmiljö visas på bilderna 7 och 8.



Bild 6. Skärning av jordmånsprov som tagits med en golfhålsborr.

5 STRÅLSÄKERHETSCENTRALENS MILJÖÖVERVAKNINGSPROGRAM OCH -METODER



Bild 7. Provtagningsplatser i landmiljö i Lovisa 2023. Kartan innehåller kartmaterial från Lantmäteriverkets bakgrundskartserie. Bakgrundskarta © Lantmäteriverket 5/2024.

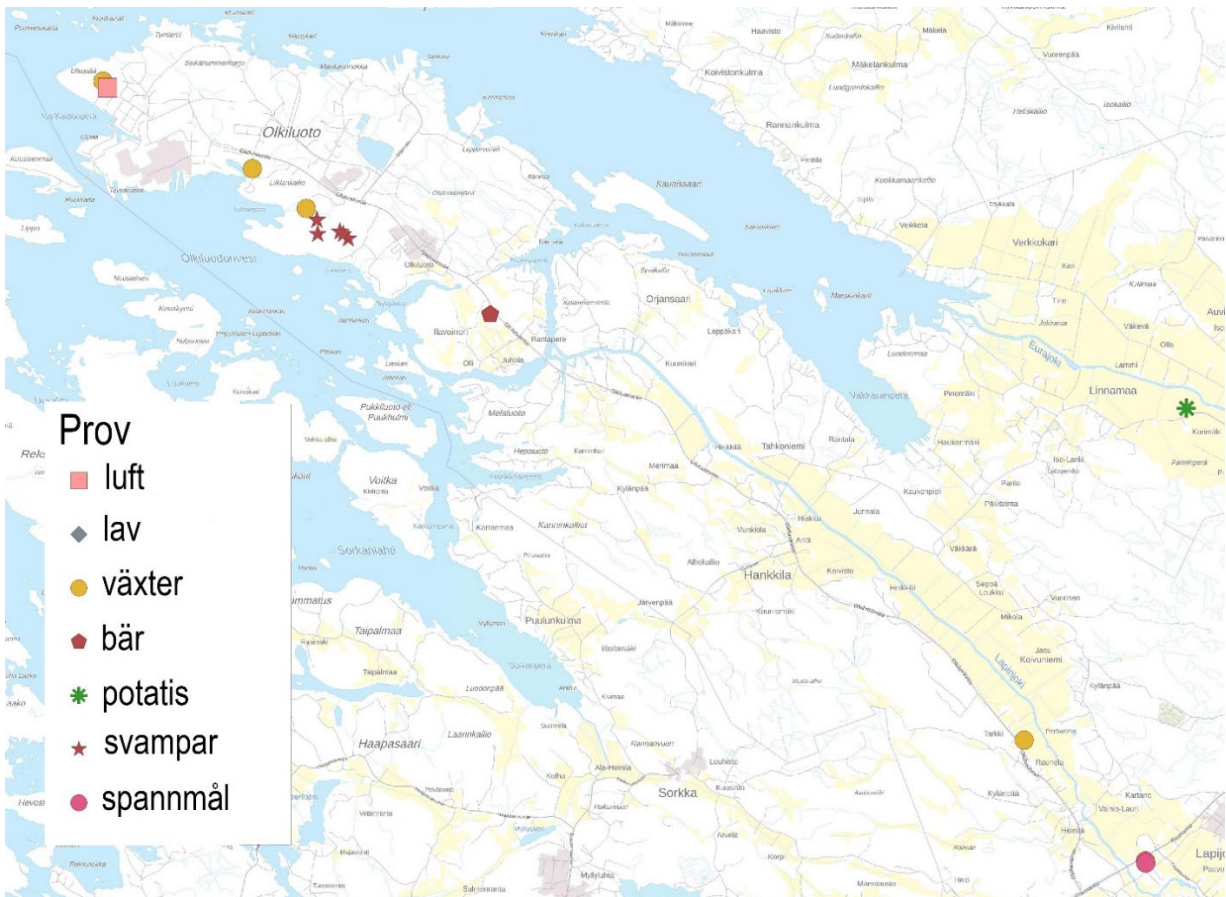


Bild 8. Provtagningsplatser i landmiljö i Olkiluoto 2023. Bakgrundskarta © Lantmäteriverket 5/2024.

5.1.3 Havsmiljö

Med hjälp av prover i havsmiljö följer man upp spridningen av kraftverkens utsläpp i havsmiljön och ansamlingen av utsläpp i växter och djur i havsmiljön. I havsmiljön samlar man in havsvatten, perifyton, blåstång, undervattensväxter (axslinga), bottenfauna, fiskar, botten sediment och sedimenterbart material. Provtagningsplatserna i havsmiljö visas på bilderna 9 och 10.

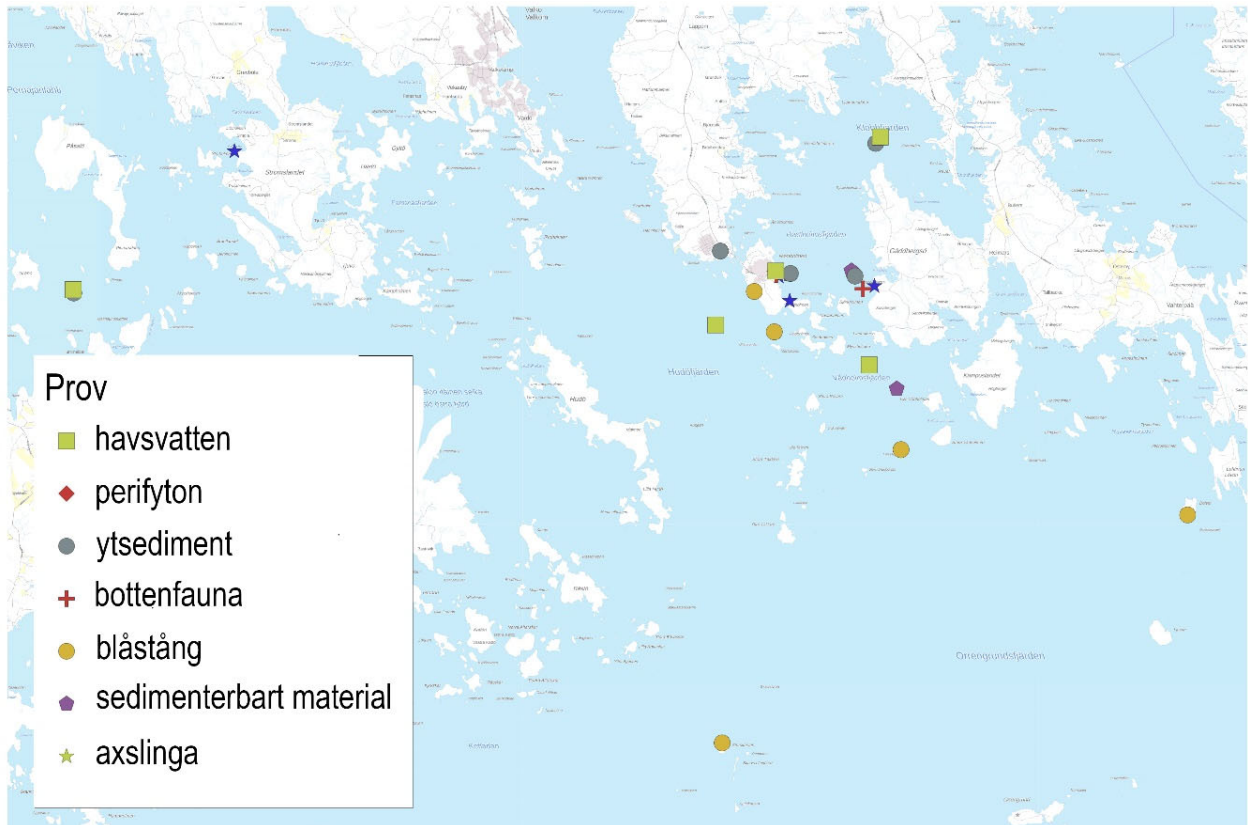


Bild 9. Provtagningsplatser i havsmiljö i Lovisa 2023. Bakgrundskarta © Lantmäteriverket 5/2024.

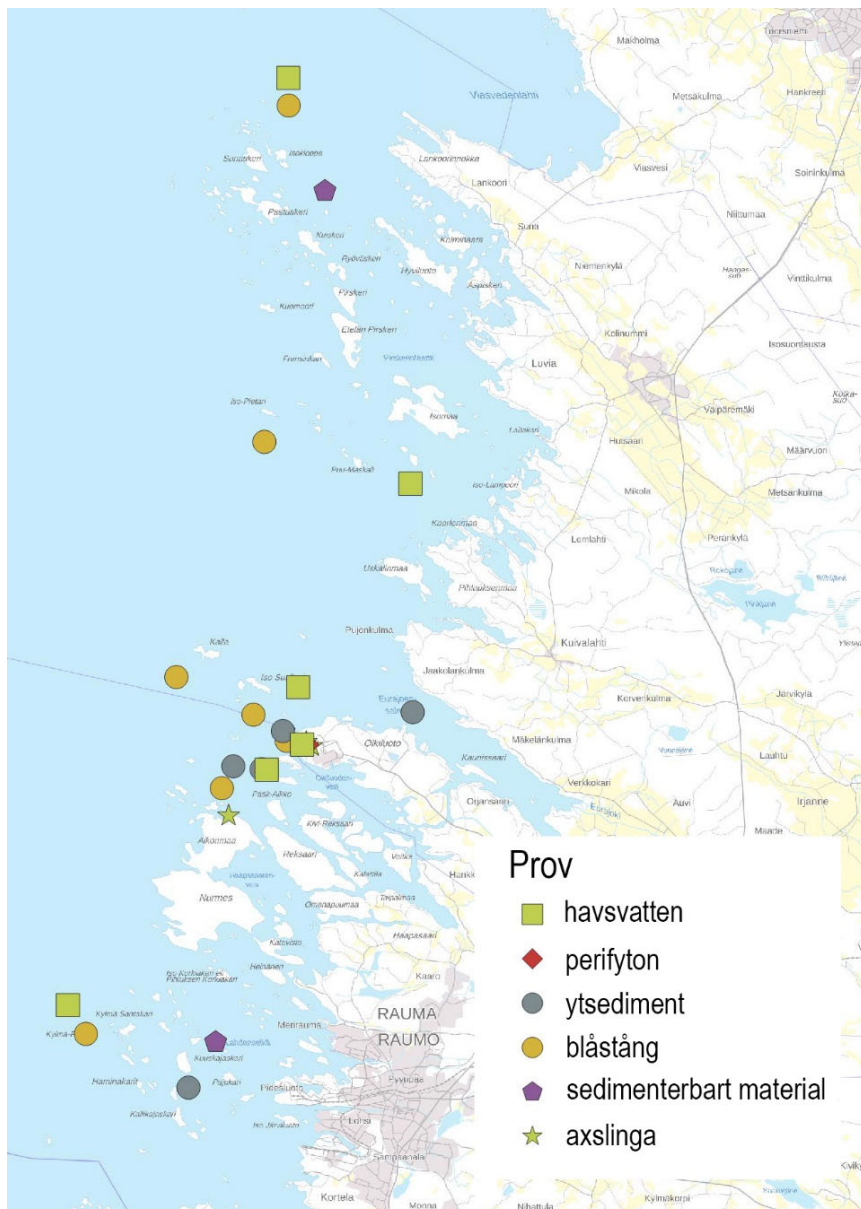


Bild 10. Provtagningsplatser i havsmiljö i Olkiluoto 2023. Bakgrundskarta © Lantmäteriverket 5/2024.

Havsvattenprover (ytvatten) samlas in från flera provtagningsplatser i kraftverkens omgivning. Från platsen närmast kärnkraftverket tas prover oftare och från de andra platserna mera sällan.

Bland vattenväxterna undersöks blåstång och axslinga. Dessa växter samlar effektivt radionuklider från vattnet och fungerar således väl som utsläppsindikatorer. Prover av blåstång tas från flera platser flera gånger per år (bild 11). Växter samlas in både vid kylvattenutloppet och längre bort från kraftverket. I synnerhet allmänna förändringar i miljöförhållandena i Lovisa (t.ex. övergödning av vattnet) märks i form av mindre blåstångsvegetation i närheten av kraftverket. Även perifyton hör till de algprover som samlas in. Med perifyton avses organismer, framför allt alger, som koloniserar substrat i vattnet. Perifyton samlas in under hela tillväxtsäsongen (maj–november), på en 50 x 50 cm polykarbonatskiva. I Lovisa har också perifyton samlats in under en omfattande period vintertid (november–april). Faktorer som påverkar tillväxten av perifyton är till exempel flödes hastighet, ljusstyrka och vattenkvalitet.

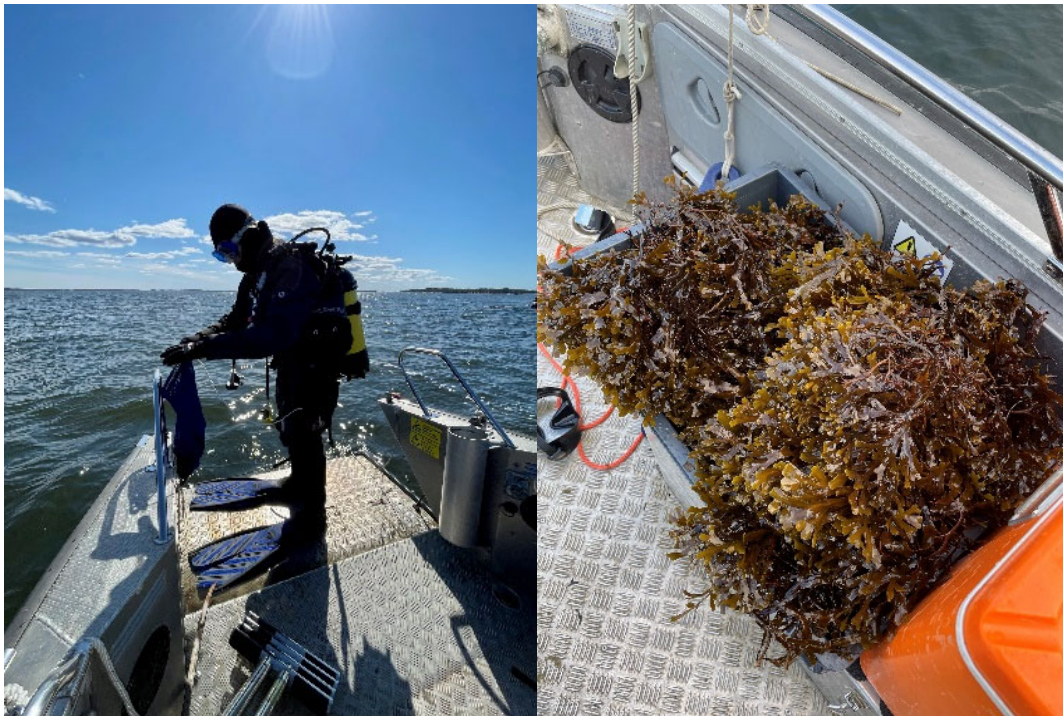


Bild 11. Provtagning av blåstång med hjälp av apparatdykning. Blåstång (till höger).

Den bottenfauna som samlas in är blåmussla, amerikansk trågmussla som dykt upp på området som främmande art eller skorv efter tillgång. I Lovisa samlades prover av skorv in, liksom amerikansk trågmussla (*Rangia cuneata*). I Olkiluoto observerades inte blåmussla vid provtagningsplatsen i Iso Kaalonperä och istället togs prover också på den amerikansk trågmussla. Proverna samlas in från en provtagningsplats en gång om året (bild 12). Fiske för fiskprover utförs en gång om året i maj–oktober och provarterna är minst fyra per år, t.ex. strömming, gädda, abborre eller braxen. I Lovisa undersöks också ett yngelprov som erhålls från en närliggande fiskodling. I närheten av Olkiluoto finns ingen yngelodling. Ett strömmingsprov som lämpar sig för analys kan vid behov hämtas från en fiskbutik i den närliggande regionen, om fångsten uteblir vid normalt provfiske. Dessutom tas ett jämförelseprov av gädda som inte fiskats i den omedelbara närheten av kraftverken.

Med sedimenterbart material avses partiklar som håller på att sjunka till botten i vattnet och som främst består av organiskt fast material som producerats på öppet vatten och i strandzonen, organiskt och oorganiskt fast material som förts med avrinningsvatten, å- och älvvatten samt fast material som tidvis grumlas upp i vattnet från bottensedimentet. Det sedimenterbara materialet samlas in i cylinderformade insamlingsrör från flera provtagningsplatser året om. Insamlingsrören förankras på önskat djup (bild 13). Prover av bottensediment samlas in årligen från 5 – 6 platser och prover tas av ytskiktet från 0 – 5 cm djup. Proverna av bottensedimentet tas med en för ändamålet avsedd cylinderformad sedimenthämtare av stål (Gemini), som med hjälp av sin egen vikt eller extra vikter sjunker ner i sedimentet. En stängningsmekanism låser in sedimentproppen inuti hämtaren.



Bild 12. Amerikansk trågmussla (*Rangia cuneata*).



Bild 13. Insamlare av sedimenterbart material och insamlingsrör i slutet av provtagningsperioden.

5.1.4 Invånare i omgivningen

En gång om året ordnas möjlighet för invånarna kring kärnkraftverket att delta i en mätning, där man utreder mängden radioaktiva ämnen i människokroppen. Inbjudan skickas per post och avsikten är att minst 20 invånare i närheten av de båda kraftverken ska delta i mätningen varje år. Inbjudan skickas i första hand till personer som har en bostadsadress inom 7 km radie från kärnkraftverket det år då mätningen ordnas. Därtill kompletteras gruppen med ett urval av personer vars bostadsadress ligger inom en radie på mindre än 10 km från kärnkraftverken. Namn- och adressuppgifterna erhålls från befolkningsdataregistret hos Myndigheten för digitalisering och befolkningsdata. Myndiga personer bjuds in till mätningen. Det är frivilligt att delta i mätningen och mätresultaten används i en sådan form att resultaten inte kan kopplas till enskilda personer eller bostadsadresser.

Gammastrålände radionuklider i kroppen hos invånare kring kärnkraftverken fastställs genom direkt gammadetektorisk mätning utanför kroppen. Denna så kallade helkroppsmätning sker med en särskild mätutrustning som har byggts på en lastbil. Mätningen tar cirka 15 minuter och under den sitter testpersonen på en stol inuti ett skydd mot bakgrundsstrålning. Vid mätningen utsätts testpersonen inte för strålning och inga prover tas av testpersonen. Med hjälp av mätningen får man reda på om radionuklider som härrör från kraftverken har ansamlats i kroppen på invånarna i närområdet. Testpersonen får veta sitt eget mätresultat genast efter mätningen.

5.2 Övervakningsmetoder

Provtagning och laboratorieanalyser inom ramen för övervakningsprogrammet utförs i första hand av STUKs avdelning för mätningar och övervakning av strålning i miljön. Prover av mjölk, spannmål, rotfrukter, yngel, vilt och slam levereras av utomstående. Övervakningsprogrammets analyser av C-14 utförs i dateringslaboratoriet vid Helsingfors universitet. STUKs avdelning för mätningar och övervakning av strålning i miljön är ett testlaboratorium ackrediterat av FINAS med ackrediteringsnummer T167, ackrediteringskrav EN ISO/IEC 17025:2017.

5.2.1 Behandling och analys av prover

Proverna skickas till STUKs laboratorium för analys. Vid behov renas proverna så att de bara inkluderar den provart som ska analyseras. Förstörda prover eller prover som i övrigt inte uppfyller kvalitetskriterierna avvisas i förbehandlingskedet.

Livsmedelsprover behandlas så att mätningarna görs på de ätliga delarna. Konserveringsmedel tillsätts till mjölkproverna för att förhindra att de förstörs. Mjölkproverna indunstas under värmelampor och bränns till aska i en ugn. Jodhalten i mjölk (I-131) fastställs genom direkt gammadetektorisk mätning i ett separat prov på cirka en halv liter utan förbehandling. Prover som ska torkas (lav, mossa, barr, ormbunksväxter, svamp, bär, vilt, betesgräs, spannmål, rotfrukter, slam, fisk, bottenfauna, blåstång, perifyton, vattenväxter) torkas i värmeskåp och homogeniseras därefter genom malning. Fiskyngel mäts när de är färska och hela. Sedimentprover och sedimenterbart material torkas i kyltork och homogeniseras genom malning. Jordmånsprover torkas i värmeskåp och sållas genom ett 2 mm såll. Havsvattenprover indunstas till en mindre volym med hjälp av värmelampor. För radiokemiska analyser av strontium föraskas proverna efter gammadetektorisk mätning. Vattenproverna destilleras för analys av tritium. Resultaten av livsmedels- och miljöproverna anges i relation till provets volym eller torrsvikt (tv), med undantag för resultaten

av proverna av svamp, bär, rotfrukter, vilt och fisk, som anges i relation till provets färskvikt (fv). Aktivitetshalterna per viktenhet är betydligt större för torkade prover än för färska prover.

I alla prover analyseras radionuklider som avger gammastrålning, till exempel Co-60, I-131, Cs-134 och Cs-137. Gammaemitterande radionuklider identifieras för varje isotop med hjälp av typiska gammastrålningsenergier.

Med hjälp av radiokemiska metoder analyseras alfa- och beta-emitterande radionuklider i proverna (H-3, Sr-90 samt Pu-238, Pu-239 och Pu-240). År 2021 avstod man från analyser av den kortlivade strontiumisotopen Sr-89. Sr-89 kan analyseras i proverna, om den övriga miljöövervakningen ger indikationer på avvikande miljöutsläpp. Utifrån tidigare år är det känt att aktivitetshalterna av Sr-89 i miljöproverna har legat under detektionsgränsen.

I den radiokemiska analysen görs först en kemisk separation av det grundämne som ska undersökas från provet. Vid analys av strontium läggs först en stabil Sr- och Cs-bärare till proverna och fasta prover löses upp. Strontium avskiljs från provet med extraktions-kromatografisk metod, varefter halten av Sr-90 mäts med vätskescintillationsspektrometer. Strontium i fångsten analyseras med en induktivt kopplad plasmamasspektrometer (ICP-MS). H-3 analyseras direkt från ett destillerat vattenprov med vätskescintillationsspektrometer. För analys av plutonium läggs Pu-242-spårämne till proverna och proverna löses upp före den kemiska separationen. Plutonium avskiljs från de övriga alfaaktiva radionukliderna med hjälp av jonbyte och mätprovet bereds genom fällning och mäts med alfaspktrometer. Alfaspktrometers avskiljningsförmåga räcker inte till för att skilja plutoniumisotoperna Pu-239 och Pu-240 från varandra, och i resultaten anges därför deras sammanlagda aktivitetshalt i proverna. C-14 analyseras i torkade prover i dateringslaboratoriet vid Helsingfors universitet.

Radiokemiska metoder är arbetsamma och tar tid jämfört med enbart analys av nuklider som avger gammastrålning och därför är det inte möjligt att rutinmässigt fastställa alfa- och beta-emitterande radionuklider i varje prov. Man har valt att utföra radiokemiska analyser av de provarter där de spelar en betydande roll för människans strålningsexponering (till exempel Sr-90 i mjölk och H-3 i hushållsvatten) eller där de eventuellt förekommer (till exempel H-3 i havsvatten och Pu-239 eller Pu-240 i sediment i havsmiljö). Om resultaten av övervakningsprogrammet tyder på en ökning av aktivitetshalterna av en del alfa- eller beta-emitterande radionuklider i proverna, är det möjligt att öka omfattningen och frekvensen av de radiokemiska analyserna. De analyser som görs av olika provarter presenteras i tabell 1.

Provernas mättider varierar utifrån provet och i enskilda fall kan de vara längre än normalt, till exempel om provet lämnas in för mätning under veckoslutet. En längre mättid kan vara orsaken till att det för en del enskilda prover rapporteras en lägre observationsgräns än genomsnittet. I enskilda prover kan då också observeras mindre mängder radioaktiva ämnen än normalt. Radionuklidernas beräknade aktivitetshalter motsvarar medelvärdet under provtagningsperioden och beskriver därför inte med exakthet tillfälligt större aktivitetshalter under kortvariga utsläpp. Osäkerheten hos resultaten anges med 2σ noggrannhet (95 % konfidensintervall).

Tabell 1. Kontrollobjekt och undersökta radionuklider inom STUKs miljöövervakning 2023.

Kontrollobjekt	Gamma	Sr-90	C-14	H-3	Pu-238, Pu-239, Pu-240
Utomhusluft	x				
Nedfall (årsprov)		x			
Renlav	x				
Björnmossa	x				
Barr	x		x		
Ormbunksväxter	x				
Svampar	x				
Bär	x				
Vilt	x				
Mjök	x	x			
Betesgräs	x		x		
Spannmål	x	x			
Rotfrukter	x				
Hushållsvatten	x	x		x	
Grundvatten	x				
Slam	x				
Havsvatten	x	x		x	
Fiskyngel	x				
Perifyton	x				
Blåstång	x	x			x
Axslinga	x				
Bottenfauna	x	x			
Fiskar	x	x			
Ytsediment	x	x			x
Sedimenterbart material	x				x
Invånare i omgivningen	x				

6 Resultat av miljöövervakningen

I land- och havsmiljön vid Olkiluoto kraftverk samlade man in och analyserade sammanlagt cirka 410 prover under 2023. Av proverna var 130 stycken STUKs övervakningsprover och resten var en del av tillståndshavarens eget övervakningsprogram. Under 2023 undersökte man sammanlagt cirka 410 prover från land- och havsmiljön vid Lovisa kraftverk. Av dessa var 125 stycken STUKs myndighetsövervakningsprover. Dessutom mättes även radioaktivitet som ansamlats i kroppen på invånarna i omgivningen närmast de bägge kraftverken.

Detaljerade analysresultat av STUKs övervakningsmätningar i proverna 2023 presenteras i tabellerna 2 – 23. Tillståndshavarnas egna mätresultat behandlas i texten. Alla radionuklider som visas i resultattabellerna härrör inte från kraftverken i Olkiluoto och Lovisa. I miljöprover och människor förekommer alltid den radioaktiva kaliumisotopen K-40, som vanligen utgör den största delen naturlig radioaktivitet i proverna. I proverna i landmiljö förekommer också Be-7, som förekommer i den övre atmosfären till följd av kosmisk strålning. I nästan alla prover förekommer små mängder av radionukliden Cs-137, som härrör från kärnvapenprover i atmosfären och kärnkraftsolyckan i Tjernoby. Vid sidan av K-40 utgör nämnda Cs-137 en del av de bakgrundshalter som kan observeras i miljöproverna. En typisk bakgrundshalt av Cs-137 i utomhusluften i Finland är 0,1 – 4 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ och Cs-137-nedfallet är 0,1 – 1 Bq/m^2 per månad (Mattila och Inkinen, 2023). Halterna av Cs-137 i Bottniska viken och Finska viken är vanligen cirka 10 – 20 Bq/m^3 (HELCOM, 2022) och halten av Sr-90 cirka 4 – 11 Bq/m^3 (HELCOM, 2018). Bakgrundshalten av Cs-137 i land- och havsmiljö kan variera kraftigt beroende på det geografiska läget, vilket har observerats till exempel i aktivitetshalterna av Cs-137 i sediment i Östersjön (HELCOM, 2018). Om det i övervakningsproverna hade förekommit Cs-137 som härrörde från kraftverket, skulle detta kunna observeras som ökade halter jämfört med den regionala bakgrundshalten och observationerna under tidigare år, och även en annan mer kortlivad radionuklid, Cs-134, skulle då förekomma i miljöproverna.

6.1 Utomhusluft och nedfall

Tillståndshavarna ansvarar för kontinuerlig övervakning av radioaktiva ämnen i utomhusluften. Som komplement till tillståndshavarnas mätningar samlar STUK in prover av utomhusluften på kraftverksplatserna i samband med de årliga underhållsavställningarna (tabell 2). I STUKs kompletterande luftprover har inte observerats nuklider som härrör från kraftverken, och aktivitetshalten av Cs-137 är liten i STUKs prover.

I de prover av utomhusluften som tillståndshavaren samlade in i Lovisa kunde små halter av artificiella radionuklider observeras i de prover som samlades in från tre olika mätstationer i maj–juni. De observerade nukliderna var Co-60, Nb-95, Zr-95, Ru-103 och Cs-134. Under samma tidpunkt kunde samma nuklider också observeras i prover som samlades in från mätstationerna i STUKs riksomfattande miljöövervakning, bl.a. i Kotka, Imatra och Vanda. Enligt STUKs utredning härrörde de observerade radionukliderna inte från kärnkraftverken i Finland. I ett av proverna av utomhusluften i Lovisa kunde dessutom observeras en liten halt av Co-60 i februari (Keitala). I tillståndshavarnas övriga prover av utomhusluften observerades inga radionuklider från kraftverken, och aktivitetshalterna av Cs-137 var små i proverna.

Tabell 2. Luftprov som kompletterar tillståndshavarnas övervakning 2023.

Provtagningsplats	Provtagningsperiod	Co-60 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	Cs-137 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	Osäkerhet 2σ
Lovisa	17.8–22.8.	<0,54	<0,42	16 %
	11.9–21.9.	<0,23	0,86	
Olkiluoto	14.4–21.4.	<0,43	0,64	32 %
	2.5–12.5.	<0,36	0,63	32 %

Insamlingen och övervakningen av nedfallsprover hör också till tillståndshavarnas egna övervakningsprogram. I tillståndshavarnas program fastställs gammaemitterande radionuklider med hjälp av nedfallsprover, och som en del av STUKs övervakningsprogram analyseras Sr-90 i årsprovet som är en kombination av de nämnda nedfallsproverna. Den sammanlagda ytaktiviteten för Cs-137 under hela året i nedfallsproverna i Lovisa varierade mellan 0,6 och 1,2 Bq/m². Efter att kärnvapenprover utfördes i atmosfären har det funnits tritium i atmosfären och denna så kallade bakgrundshalt har minskat till följd av halvering. Aktivitetshalter på över 2 Bq/l kan anses komma från kraftverken. Tritiumhalterna i Lovisa varierade mellan 1,3 och 2,5 Bq/l eller låg under detektionsgränsen. I Olkiluoto var motsvarande intervall för Cs-137 0,5 – 0,9 Bq/m² och för tritium 1,2 – 2,2 Bq/l eller under detektionsgränsen. I flera nedfallsprover i Olkiluoto observerades Co-58 och Co-60 samt i två prover dessutom Mn-54. De observerade aktivitetshalterna av Cs-137 och H-3 motsvarar halterna i prover som samlats in på andra håll i Finland. Resultaten för Sr-90 i de kombinerade nedfallsproverna för hela året varierade mellan 0,02 och 0,07 Bq/m² (tabell 3), vilket ligger på samma nivå som eller under de halter av Sr-90 som observerats i nedfallsprover på olika orter i Finland i STUKS riksomfattande strålningsövervakning av miljön (Mattila och Inkinen, 2023).

Tabell 3. Resultat för Sr-90 i de kombinerade nedfallsproverna för hela året 2023.

Plats	Provtagningsperiod	Sr-90 Bq/m ²	Osäkerhet 2 σ
Lovisa			
LPO	2.1.-29.12.2023	0,068	11 %
Smoltti	2.1.-29.12.2023	0,023	24 %
Olkiluoto			
Vädermast	22.12.2022–20.12.2023	0,067	12 %

6.2 Landmiljö

Bland de prover som samlades in i landmiljö vid kraftverken i Lovisa och Olkiluoto kunde en del radionuklider som härrörde från kraftverken observeras endast i några prover (i Lovisa slam från avloppsreningsverket på kraftverksområdet och i Olkiluoto lakvatten från avstjälningsplatsen). Halterna av Cs-137 i proverna i landmiljö varierade mellan olika prover. Halterna av radionuklider var emellertid små och de har ingen betydelse för strålningsexponeringen i omgivningen.

Mossor, ormbunksväxter och lavar samlar effektivt radionuklider i omgivningen och i dessa växter observeras ställvis höga halter, framför allt av Cs-137 som härrör från

kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. Aktivitetshalterna av Cs-137 som observerats i ormbunksväxter visas i bild 14. I utsläppen från kärnkraftverket ingår också den mer kortlivade Cs-134, vars halveringstid är 2,06 år. I proverna av ormbunksväxter observerades små mängder Cs-134 ända fram till de första åren under 2010-talet. Utifrån förhållandena mellan isotopernas aktivitetshalter var den mest sannolika källan Tjernobyl. Trots att högre halter har observerats på nytt senare (år 2021 mer än 3000 Bq/kg), har Cs-134 inte längre kunnat observeras i dem. Utifrån detta torde de högre aktivitetshalterna inte härröra från en ny, färskare källa. Aktivitetshalterna av Cs-137 i ormbunksväxter varierar också stort på ett litet område. Ett exempel på detta är prover som togs 2021 i Lovisa på några kilometers avstånd. I proverna var skillnaden i aktivitetshalt tiofaldig. På grund av den dåliga tillväxten av stensöta har man varit tvungen att byta provtagningsplats i Olkiluoto, och 2018 var man tvungen att byta provart till strutbräken. (Tabell 4.)

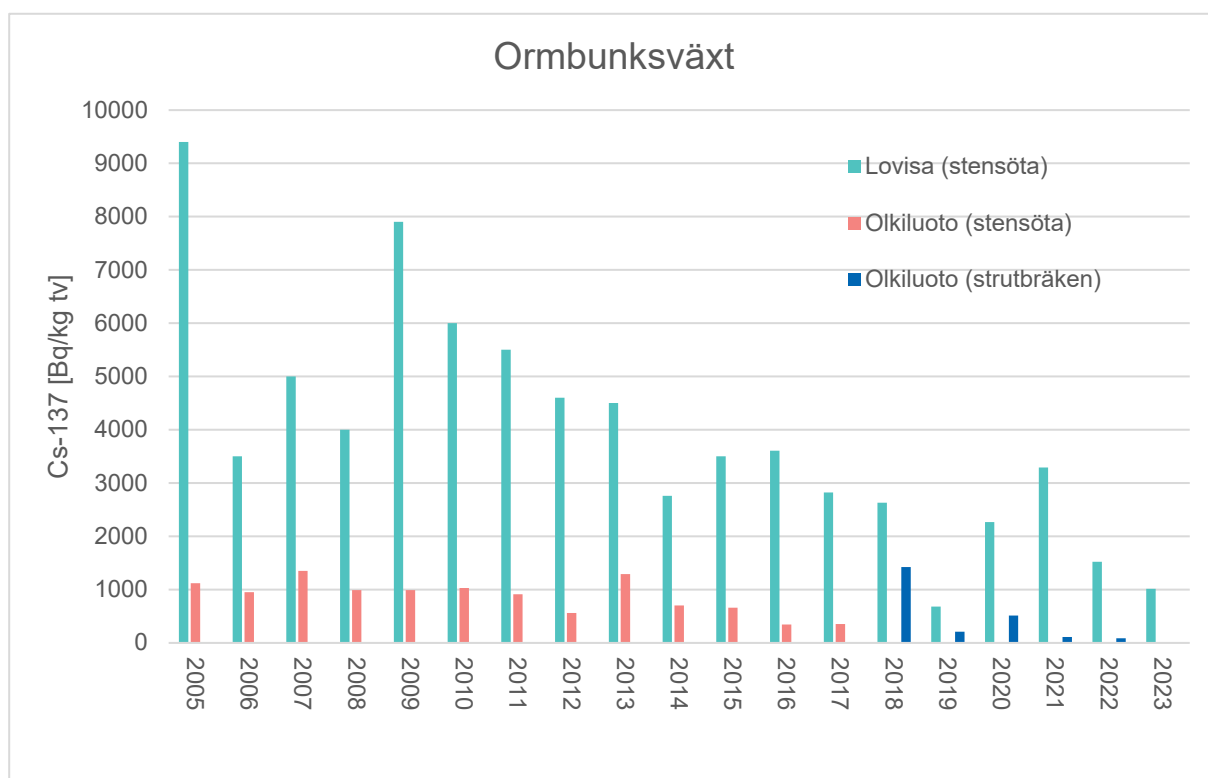


Bild 14. Aktivitetshalter av Cs-137 i prover av ormbunksväxter [Bq/kg torrsvikt] i Lovisa och Olkiluoto under 2005 – 2023.

Både i Lovisa och i Olkiluoto togs kvalitetssäkringsprover av granbarr. Kvalitetssäkringsprovet av granbarr togs samtidigt som det egentliga provet, behandlades parallellt med detta och mättes med samma gammadetektor som det egentliga provet.

Tillståndshavaren samlade in ett prov av björnmossa i omgivningen kring Olkiluoto. I provet observerades bara naturliga nuklider och Cs-137. Aktivitetshalten av Cs-137 i provet av björnmossa var 30 Bq/kg. I omgivningen kring kraftverket i Lovisa samlade tillståndshavaren in ett prov av ormbunksväxter (stensöta) där inga nuklider från kraftverket observerades. Halten av Cs-137 i provet av ormbunksväxter var 1 100 Bq/kg.

Tabell 4. Resultat av övervakningsmätningar i prover av lav, mossa, barr och ormbunksväxter 2023. Björnmossa kunde inte samlas in i Lovisa och ersattes med ormbunksväxter. Dessutom togs inget prov av renlav i Lovisa.

Ort	Provtagningsdag	Be-7 Bq/kg	Osäkerhet 2 σ	Cs-137 Bq/kg	Osäkerhet 2 σ	C-14 Bq/kg	Osäkerhet 2 σ
Granbarr							
Lovisa	1.6.	4,2	9 %	430	4 %	130	8 %
Lovisa*	1.6.	5,8	20 %	330	11 %	128	8 %
Olkiluoto	8.6.	12	13 %	140	10 %	130	8 %
Olkiluoto*	8.6.	8,7	12 %	110	10 %	-	-
Jämförelse, Kimola, Kouvola	12.6.	15	11 %	410	9 %	130	8 %
Renlav							
Lovisa	Inget prov						
Olkiluoto	23.5.	170	9 %	120	9 %	-	
Jämförelse, Kimola	23.10.	300	10 %	180	10 %	120	8 %
Björnmossa							
Lovisa	Inget prov						
Olkiluoto	11.7.	290	10 %	380	10 %	-	
Ormbunksväxt							
Lovisa, Hästholmen (stensöta)	18.7.	30	11 %	1 010	10 %	-	
Lovisa, Källa (stensöta)	18.7.	42	11 %	470	10 %	-	
Jämförelse, Kyrkslätt (stensöta)	4.7.	45	10 %	68	7 %	-	
Olkiluoto (strutbräken)	11.7.	130	11 %	11	11 %	-	
Jämförelse, Kyrkslätt (strutbräken)	4.7.	46	11 %	140	7 %	-	

*Kvalitetssäkringsprov.

- Radionuklid har inte analyserats av provet.

Aktivitetshalterna av Cs-137 i svampprover som samlats in i närheten av kraftverken i Lovisa och Olkiluoto varierade mellan 17 och 640 Bq/kg färskvikt (tabell 5). I svampproverna kan tidvis förekomma förhöjda halter av Cs-137 till följd av nedfallet efter Tjernoby, och i vissa svamparter (t.ex. riskor) kan man allmänt observera halter över 600 Bq/kg också på områden med litet nedfall (Kostiainen och Ylipieti, 2010). Det av EU rekommenderade gränsvärdet för livsmedel från naturen som släpps ut på marknaden är 600 Bq/kg (EU-rekommendation 274/2003/EC). År 2023 erhöles inget viltprov från Olkiluoto. Aktivitetshalterna i bärprover som samlats in i närheten av kraftverken och i ett viltprov (älgkött) som erhöles från lokala jägare i Lovisa var låga, under 30 Bq/kg färskvikt.

Tabell 5. Resultat av övervakningsmätningar i prover av svampar, bär och vilt 2023.

Ort	Provtagningsdag	Art	Cs-137 Bq/kg fv	Osäkerhet 2 σ
Svampar				
Lovisa	30.8.	smörsopp	81	7 %
	13.9.	skäggriska	170	7 %
	13.9.	pepparriska	640	7 %
	13.9.	stensopp	120	8 %
	13.9.	vanlig kantarell	120	6 %
Olkiluoto	24.8.	vanlig kantarell	17	7 %
	24.8.	rynkad tofsskivling	160	7 %
	24.8.	skogsrisika	95	6 %
	24.8.	sandsopp	59	7 %
	24.8.	blek taggsvamp	170	7 %
Bär				
Lovisa	19.7.	blåbär	18	7 %
	13.9.	lingon	15	12 %
Olkiluoto	6.9.	lingon	3,1	8 %
Vilt				
Lovisa	10.11.	älg	23	7 %
Olkiluoto	Inget prov			

Aktivitetshalterna av Cs-137 i mjölkprover som togs inom ramen för kärnkraftverkens program för övervakning av strålning i omgivningen varierade mellan 0,05 och 0,66 Bq/l (tabell 6). Aktivitetshalten av Sr-90 i det kombinerade mjölkprovet för hela året (på 20 – 40 km avstånd från kraftverken) var 0,025 Bq/l i provet från Lovisa och 0,031 Bq/l i provet från Olkiluoto. Aktivitetshalterna motsvarar väl aktivitetshalterna i mjölkproverna inom ramen för den riksomfattande miljöövervakningen, som för Cs-137 låg mellan 0,09 och 0,60 Bq/l och för Sr-90 mellan 0,015 och 0,027 Bq/l år 2022 (Mattila och Inkinen, 2023). På bilderna 15 och 16 visas aktivitetshalten av Cs-137 i mjölkproverna inom ramen för kärnkraftverkens program för övervakning i omgivningen under 2010 – 2023. I proverna från mjölkgårdar på 20 km avstånd från kraftverken undersöktes också I-131. Detta gjordes i veckovisa mjölkprover under de årliga underhållsavställningarna samt även i några andra mjölkprover under andra tidpunkter. Inte i något av mjölkproverna observerades I-131 (detektionsgräns 0,04 – 0,09 Bq/l).

Inga radionuklider från kraftverken observerades i mätningarna av jordbruksprodukter (spannmål och rotfrukter) och betesgräs i landmiljö inom ramen för övervakningsprogrammet (tabell 7). Aktivitetshalten av Cs-137 var låg i proverna. Aktivitetshalten av Sr-90 i spannmålsproverna (vete) var 0,11 Bq/kg i Olkiluoto och 0,10 Bq/kg i Lovisa. Halten av C-14 i betesgräs i Olkiluoto var 110 Bq/kg och i Lovisa samt i jämförelseprovet (Jaala, Kimola) 120 Bq/kg. I tillståndshavarnas övervakningsprogram observerades inga radionuklider från kraftverket i ett äppelprov från omgivningen i Lovisa. Aktivitetshalten av Cs-137 i äppelprovet var 0,027 Bq/kg. I ett sallatsprov som samlades in i Olkiluoto observerades inga radionuklider från kraftverket och aktivitetshalten av Cs-137 i nämnda prov var 6,3 Bq/kg.

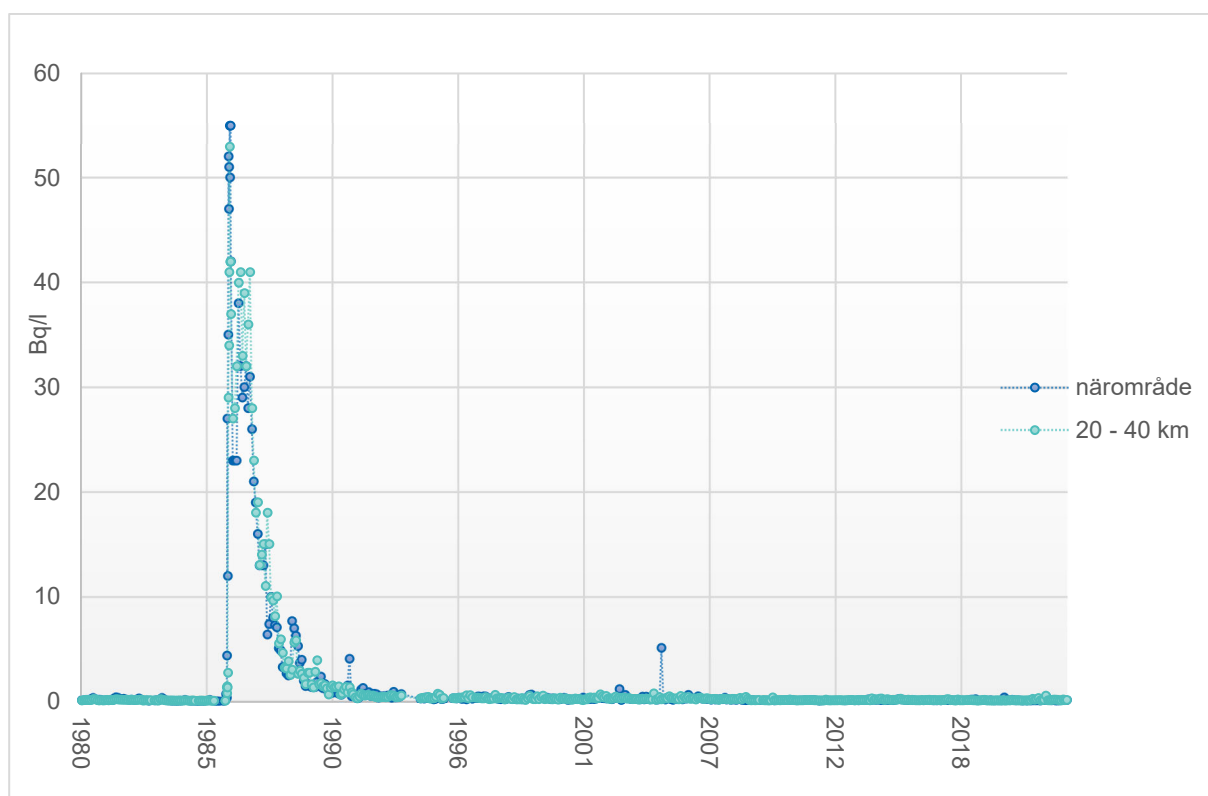


Bild 15. Halten av Cs-137 (Bq/l) i mjölkprover som levererades av mejerier i närheten av Lovisa kraftverk (gårdarnas avstånd från kraftverket var närområde (0 – 20 km) eller 20 – 40 km) under 1980 – 2023.

6 RESULTAT AV MILJÖÖVERVAKNINGEN

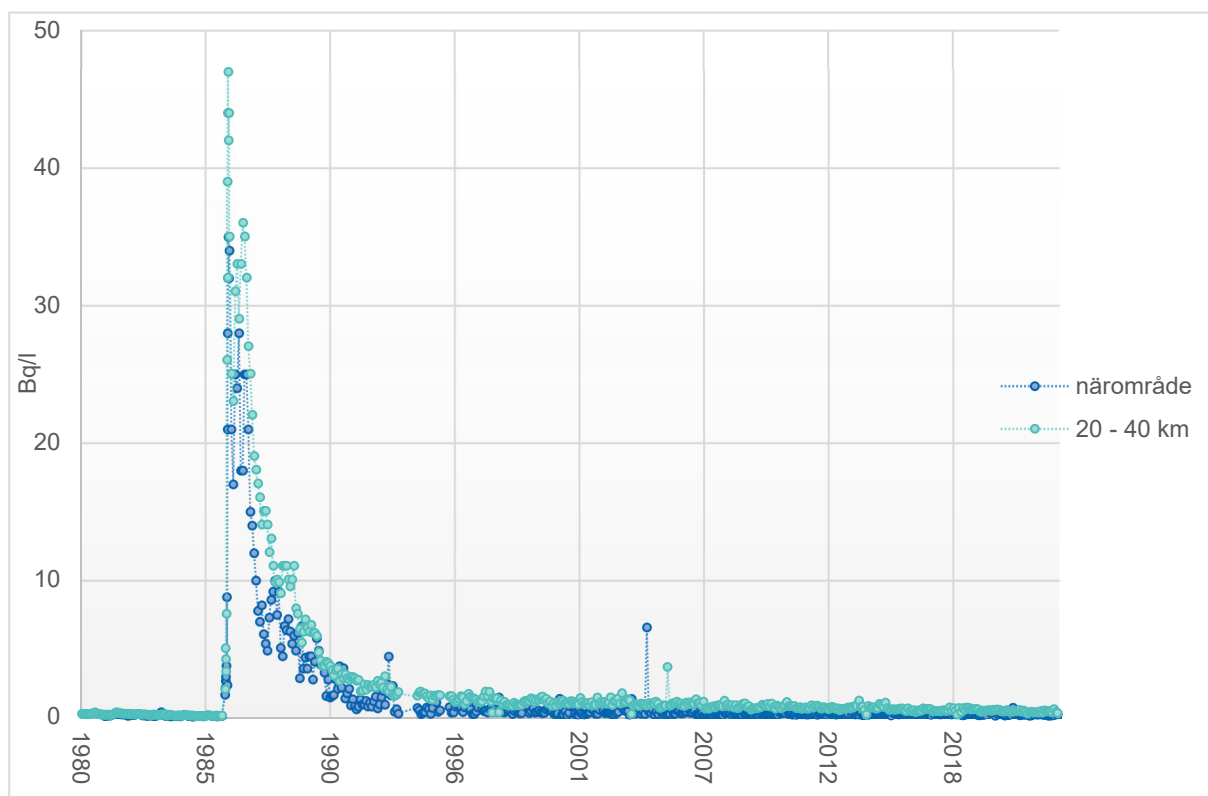


Bild 16. Halten av Cs-137 (Bq/l) i mjölkprover som levererades av mejerier i närheten av Olkiluoto kraftverk (gårdarnas avstånd från kraftverket var närområde (0 – 20 km) eller 20 – 40 km) under 1980 – 2023.

Tabell 6. Resultat av radioaktivitetsövervakning i mjölkprover från mejerier i omgivningen kring kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto 2023.

Ort	Period	0–20 km				20–40 km			
		K-40 Bq/l	Osäkerhet 2σ	Cs-137 Bq/l	Osäkerhet 2σ	K-40 Bq/l	Osäkerh. 2σ	Cs-137 Bq/l	Osäkerh. 2σ
Lovisa	26.12.2022-29.1.2023	48	10 %	0,10	10 %	47	13 %	0,07	9 %
	30.1.-26.2.2023	49	9 %	0,09	11 %	47	11 %	0,06	15 %
	27.2.-19.3.2023	45	10 %	0,07	15 %	47	11 %	0,08	14 %
	27.3.-30.4.2023	48	10 %	0,05	20 %	47	12 %	0,09	14 %
	1.5.-28.5.2023	46	10 %	0,05	16 %	48	14 %	0,07	13 %
	29.5.-25.6.2023	47	14 %	0,07	14 %	48	10 %	0,10	12 %
	26.6.-30.7.2023	48	10 %	0,06	16 %	48	12 %	0,12	12 %
	31.7.-27.8.2023	48	13 %	0,15	10 %	49	11 %	0,08	16 %
	28.8.-24.9.2023	52	12 %	0,15	10 %	48	10 %	0,19	12 %
	25.9.-29.10.2023	48	14 %	0,11	12 %	50	11 %	0,25	10 %
	30.10.-26.11.2023	49	11 %	0,32	8 %	51	12 %	0,15	11 %
27.11.-31.12.2023	48	10 %	0,07	16 %	49	14 %	0,39	8 %	
Olkiluoto	26.12.2022-29.1.2023	48	14 %	0,18	8 %	46	10 %	0,28	8 %
	30.1.-26.2.2023	49	10 %	0,18	12 %	47	8 %	0,38	8 %
	27.2.-26.3.2023	48	11 %	0,12	12 %	47	10 %	0,27	10 %

6 RESULTAT AV MILJÖÖVERVAKNINGEN

27.3.-30.4.2023	49	8 %	0,19	11 %	47	13 %	0,33	8 %
1.5.-28.5.2023	47	11 %	0,14	10 %	48	10 %	0,34	9 %
29.5.-25.6.2023	48	9 %	0,19	13 %	48	10 %	0,43	9 %
26.6.-30.7.2023	47	12 %	0,15	11 %	48	13 %	0,29	8 %
31.7.-27.8.2023	49	10 %	0,22	11 %	48	11 %	0,30	10 %
28.8.-24.9.2023	50	10 %	0,20	11 %	45	11 %	0,32	9 %
25.9.-29.10.2023	53	10 %	0,19	9 %	47	11 %	0,45	9 %
30.10.-26.11.2023	47	8 %	0,66	10 %	48	8 %	0,50	8 %
27.11.-31.12.2023	49	12 %	0,25	11 %	49	13 %	0,39	8 %

Tabell 7. Resultat av övervakningsmätningar i prover av betesgräs, spannmål och rotfrukter 2023. Inget prov av rotfrukter erhöles i Lovisa 2023.

Ort	Provtagningsdag	Art	K-40 Bq/kg	Osäkerhet 2 σ	Cs-137 Bq/kg	Osäkerhet 2 σ
Betesgräs						
Lovisa	22.6.	betesgräs	840	15 %	0,23	40 %
Olkiluoto	29.6.	betesgräs	260	15 %	<0,06	
Jämförelse, Jaala, Kimola	23.10.	betesgräs	830	14 %	0,73	20 %
Spannmål						
Lovisa	8.11.	vete	140	15 %	0,31	22 %
	8.11.	havre	130	14 %	1,3	15 %
Olkiluoto	3.11.	vete	140	17 %	0,11	46 %
	3.11.	havre	110	15 %	0,51	21 %
Rotfrukter						
Lovisa	Inget prov					
Olkiluoto	8.9.	potatis	160	11	<0,06	

Aktivitetshalterna av H-3, Sr-90 och Cs-137 i hushållsvattnet i städerna Raumo och Lovisa och aktivitetshalterna av Sr-90 i de hushållsvattenprover som togs från kraftverken och som ingår i tillståndshavarnas program låg på samma nivå som halterna i hushållsvattnet på andra håll i Finland (tabell 8). Inom ramen för tillståndshavarnas övervakningsprogram analyserades radionuklider som avger gammastrålning i kraftverkens hushållsvatten fyra gånger per år. I kraftverkens hushållsvatten observerades inga radionuklider från kraftverken. Aktivitetshalterna av H-3 låg under 2 Bq/l i alla hushållsvattenprover. Halterna motsvarar halterna av H-3 som uppmätts i hushållsvatten på andra håll i Finland. I grundvattenproverna som togs i omgivningen kring kraftverken i Lovisa och Olkiluoto hittades inga artificiella radionuklider.

Tabell 8. Resultat av övervakningsmätningar av hushållsvatten i städerna Raumo och Lovisa 2023.

Plats	Provtagningsdag/period	H-3 Bq/l	Osäkerhet 2 σ	Sr-90 Bq/m ³	Osäkerhet 2 σ	Cs-137 Bq/m ³	Osäkerh. 2 σ
Lovisa	27.4.	<1,1		-		<0,41	
	16.11.	<1,2		-		<0,31	
	27.4–16.11.	-		1,9	11 %	-	
Lovisa kraftverk*	28.2–30.11.	-		3,8	10 %	-	
Raumo	18.4.	<1,1		-		0,95	30 %
	14.11.	<1,1		-		1,4	18 %
	18.4–14.11.	-		4,3	10 %	-	
Olkiluoto kraftverk*	24.1–20.9.	-		3,7	9 %	-	

- Radionuklid har inte analyserats av provet.

*Kombinerat årsprov, endast Sr-90 analyseras.

I Olkiluoto togs ett slamprov i januari och maj under den årliga underhållsavställningen från UPM Raumos avloppsreningsverk. Av artificiella radionuklider observerades Cs-137 i proverna och dessutom I-131 i provet som togs i januari. Jod observeras också i de prover som tas varje år vid Viksbacka avloppsreningsverk i Helsingfors och är en vanlig nuklid som används vid isotopbehandling på sjukhus. Därför härrör den sannolikt från patienter som fått isotopbehandling. Inga slamprover som ingår i övervakningsprogrammet togs i Lovisa 2023. I Lovisa undersöks slamprover från avloppsreningsverket på kraftverksområdet inom ramen för tillståndshavarens eget program fyra gånger per år under de årliga underhållsavställningarna och utanför dessa tidpunkter. I dessa slamprover observerades artificiella radioaktiva ämnen som härrör från kraftverket: Co-60 och Ag-110m. I Olkiluoto samlade tillståndshavaren in ett prov av lakvattnet från luftningsbassängen på Olkiluoto avstjälningsplats. Provet innehöll en liten mängd Co-60 (3,4 Bq/m³). Aktivitetshalten av Cs-137 i provet av lakvattnet från avstjälningsplatsen var 2,0 Bq/m³ och aktivitetshalten av H-3 var 2,0 Bq/l.

Jordmånsprover som ingår i STUKs övervakningsprogram samlas in vartannat år i omgivningen kring kraftverken. Inga jordmånsprover samlades in i Lovisa och Olkiluoto 2023.

6.3 Havsmiljö

I de prover som samlades in i havsmiljö vid kraftverken i Lovisa och Olkiluoto observerades en del radionuklider som härrör från kraftverken. Halterna av radionuklider var emellertid små och de har ingen betydelse för strålningsexponeringen i omgivningen. Den vanligaste artificiella nukliden som finns i havsmiljön är Cs-137, som huvudsakligen härrör från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl.

I tabellerna 9 och 10 presenteras resultaten av övervakningsmätningarna av havsvattenproverna 2023. Resultaten ordnas enligt avstånd från utloppet. Resultaten närmare utloppet anges i början av tabellerna.

Aktivitetshalten av H-3 som uppmättes i havsvattenproverna i omgivningen kring de båda kraftverken överskred 2 Bq/l, men halterna låg emellertid under 10 Bq/l med undantag för ett prov. Inga havsvattenprover tas omedelbart efter att kraftverken släppt ut vatten. I havsvattnet i Östersjöområdet uppgick den typiska tritiumhalten under 2011 – 2015 till

1 – 2 Bq/l (HELCOM 2018). Utifrån de långsiktiga resultaten i Östersjöområdet anses bakgrundsnivån för tritiumhalt vara under 2 Bq/l i havsvatten-, regnvatten- och hushållsvattenprover som ingår i strålningsövervakningen i omgivningen kring kraftverken i Olkiluoto och Lovisa. Tritiumhalter som är högre än denna bakgrundsnivå anses bero på utsläpp från kraftverken. Aktivitetshalterna av Sr-90 och Cs-137 i havsvattenproverna låg på normal nivå för Östersjön.

I längre tidsserier (bilderna 17 och 18) kan man se att den största källan till Cs-137 i havsvatten är kärnkraftsolyckan i Tjernoby 1986. Effekten av kraftverkens normala utsläpp kan inte särskiljas från den aktivitet som beror på Tjernobyolyckan, eftersom halterna av Cs-137 i havsvattnet motsvarar den allmänna aktivitetshalten av Cs-137 i Östersjön (HELCOM 2018).

Halterna av Cs-137 i de havsvattenprover som tillståndshavarna tog motsvarade den allmänna aktivitetshalten av Cs-137 i Östersjön. I tillståndshavarens mätningar låg halten av H-3 i havsvattnet i Lovisa under detektionsgränsen i ett prov och var 2,3 Bq/l i det andra provet. I Olkiluoto låg halten mellan 1,8 och 5,7 Bq/l. I övrigt motsvarade analysresultaten av de havsvattenprover som togs av tillståndshavarna resultaten av de prover som togs av STUK.

Tabell 9. Resultat av övervakningsmätningar i havsvattenprover i Lovisa 2023.

Plats	Provtagningsdag	H-3 Bq/l	Osäkerhet 2σ	Sr-90 Bq/m ³	Osäkerhet 2σ	Cs-137 Bq/m ³	Osäkerhet 2σ
Halkokari 02	18.1.	2,3	33 %	4,9	9,6 %	11	8 %
	25.4.	5,1	19 %	4,8	9,4 %	12	16 %
	18.7.	<1,1	67 %	5,1	9,4 %	13	12 %
	9.11.	1,9	40 %	4,3	9,8 %	9,8	18 %
Klobbfjärden 1	25.4.	10	14 %	-		9,1	15 %
	9.11.	2,8	30 %	-		17	10 %
Vådholmsfjärden 4	27.4.	4,3	21 %	-		11	11 %
	6.11.	1,2	60 %	-		10	16 %
Hudöfjärden 8	27.4.	2,3	33 %	-		9,8	18 %
	6.11.	<1,2		-		12	12 %
Påsalöfjärden R1	27.4.	1,6	46 %	4,7	9,5 %	8,2	13 %
	7.11.	<1,2		3,9	9,8 %	9,7	15 %

- Radionuklid har inte analyserats av provet.

Tabell 10. Resultat av övervakningsmätningar i havsvattenprover i Olkiluoto 2023.

Plats	Provtagningsdag	H-3 Bq/l	Osäkerhet 2 σ	Sr-90 Bq/m ³	Osäkerhet 2 σ	Cs-137 Bq/m ³	Osäkerhet 2 σ
Iso Kaalonperä 13	10.1.	<1,1		4,8	10 %	18	9,4 %
	20.4.	3,9	23 %	5,1	9,5 %	17	13 %
	12.7.	4,6	20 %	5,8	9,5 %	17	16 %
	1.11.	2,4	33 %	4,8	9,4 %	17	10 %
Liponluoto 2	20.4.	2,3	33 %	-		18	13 %
	31.10.	2,3	35 %	-		17	13 %
Räpinkivet 3	20.4.	1,2	60 %	-		17	13 %
	2.11.	<1,2		-		16	12 %
Santakari 15	20.4.	<1,1		-		17	13 %
	2.11.	<1,2		-		14	17 %
Kylmäpihlaja 17	10.5.	<1,1		-		18	13 %
	1.11.	<1,2		-		16	14 %
Viikari 16	20.4.	<1,1		5,8	9,5 %	17	11 %
	2.11.	<1,2		4,6	10 %	17	13 %

- Radionuklid har inte analyserats av provet.

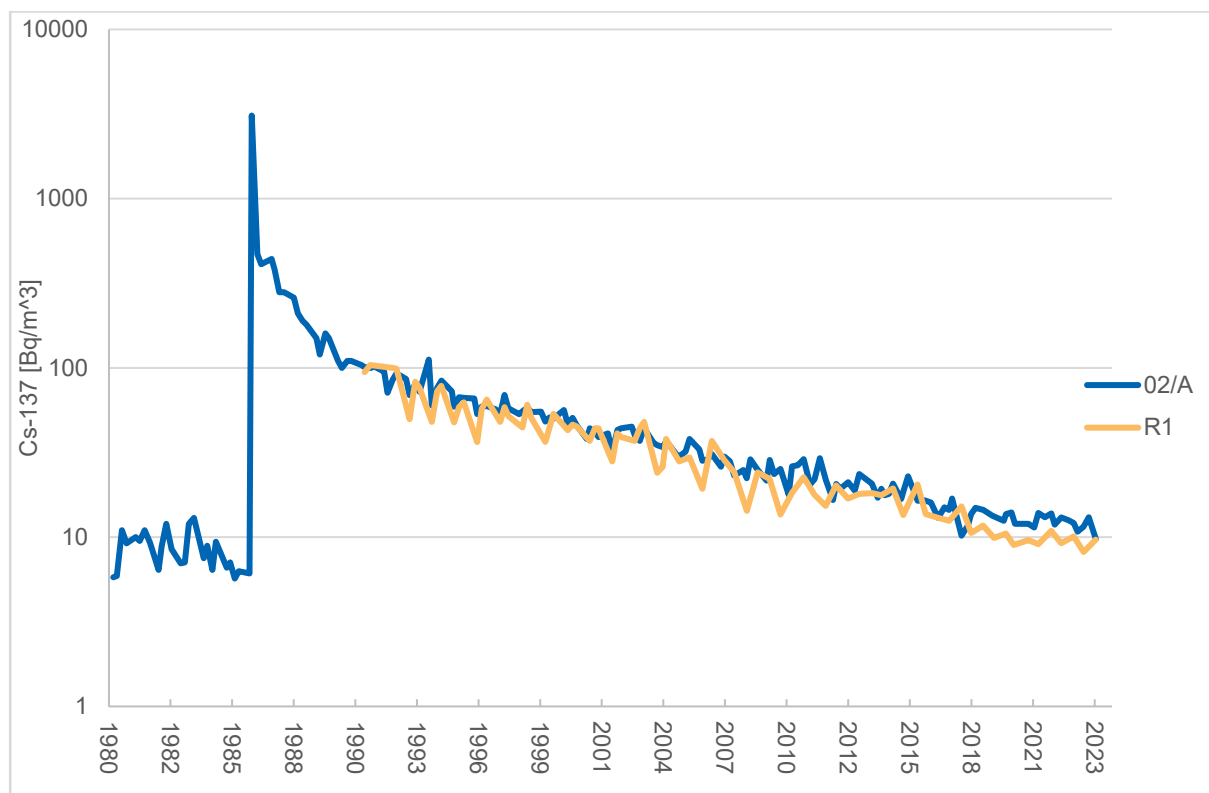


Bild 17. Aktivitetshalt av Cs-137 i havsvattnet vid provtagningsplatsen närmast Lovisa kraftverk (02/A, med blått) och längst bort från kraftverket (R1, med gult) på en logaritmisk skala under 1980 – 2023.

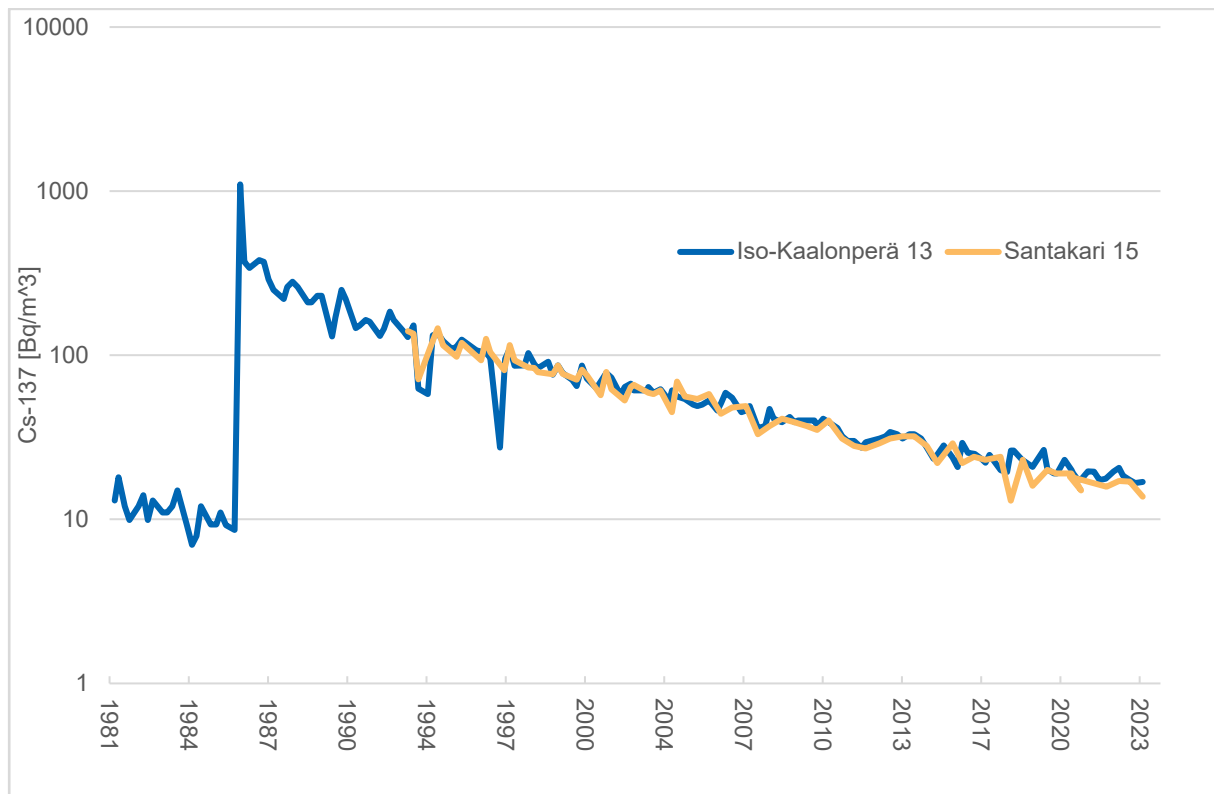


Bild 18. Aktivitetshalt av Cs-137 i havsvattnet vid provtagningsplatsen närmast Olkiluoto kraftverk (Iso-Kaalonperä 13, med blått) och längst bort från kraftverket (Santakari 15, med gult) på en logaritmisk skala under 1981 – 2023.

Fisket för fiskprover i närheten av kraftverken sker på två olika avstånd från kraftverken. I Lovisa finns fiskeområdena på 0 – 2 km och 2 – 10 km avstånd från kraftverket och i Olkiluoto på 0 – 3 km och 3 – 10 km avstånd från kraftverket. Strömming fiskas på 0 – 10 km avstånd. Halterna av Cs-137 i fiskproverna (strömming, id, abborre, gädda och braxen) varierade mellan 1,8 och 8,3 Bq/kg (per färskvikt, tabell 11). Halterna var låga och motsvarade väl aktivitetshalterna av Cs-137 i fiskar och jämförelseprover i Östersjöområdet (HELCOM 2018, Mattila och Inkinen, 2023). Halterna av Sr-90 i fiskproverna var också låga. Aktivitetshalten av Cs-137 i ett yngelprov som erhöles från Loviisan Smolttis fiskodling var mycket låg.

Radioaktivitetshalterna i proverna av bottenfaunan (amerikansk trågmussla och skorv) var låga (tabell 12). I skorvprovet i omgivningen kring Lovisa kraftverk observerades Ag-110m som härrör från kraftverket och i provet av amerikansk trågmussla från Olkiluoto observerades Co-60, men halterna är låga och påverkar inte organismernas strålningsexponering.

Tabell 11. Resultat av övervakningsmätningar i fiskprover i havsmiljön i Lovisa och Olkiluoto 2023.

Provart	Plats	Provtagnings- period	Cs-137 Bq/kg	Osäkerhet 2 σ	Sr-90 Bq/kg	Osäkerhet 2 σ
Strömning	Lovisa 0–10 km	27.4.	1,8	8,2 %	0,02	26 %
	Olkiluoto 0–10 km	25.5.	2,3	8,4 %	0,02	26 %
Abborre	Lovisa 0–2 km	14.6.	8,0	6,6 %	<0,005	40 %
	Lovisa 2–10 km	14.9.	6,8	6,8 %	-	
	Olkiluoto 0–3 km	24.5.	8,3	6,5 %	0,007	
	Olkiluoto 3–10 km	24.8.–6.9.	7,5	7,1 %	-	
Gädda	Lovisa 0–2 km	30.5.–31.5.	6,9	7,2 %	-	
	Lovisa 2–10 km	5.10.	5,1	7,4 %	-	
	Olkiluoto 0–3 km	10.5.–26.5.	6,7	7,0 %	-	
	Olkiluoto 3–10 km	5.9.	6,0	7,7 %	-	
Braxen	Lovisa 0–2 km	27.4.–30.5.	1,9	8,0 %	-	
	Lovisa 2–10 km	14.6.	1,8	10 %	-	
	Olkiluoto 3–10 km	23.5.	2,3	8,1 %	-	
Id	Olkiluoto 0–3 km	10.5.	2,4	9,4 %	-	
Yngelprov (sik)	Loviisan Smoltti	9.11.	0,83	12 %	-	

- Radionuklid har inte analyserats av provet.

Tabell 12. Resultat av övervakningsmätningar i prover av bottenfaunan som samlats in i havsmiljön i Lovisa och Olkiluoto 2023.

Provart	Plats	Period	Sr-90 Bq/kg	2 σ	Co-60	2 σ	Ag-110m Bq/kg	2 σ	Cs-137 Bq/kg	2 σ
Skorv	Hästholmsfjärden Lovisa	28.4.-13.6.	0,42	12 %	<0,58		0,77	25 %	8,3	9 %
Amerikansk trågmussla (kött)	Halkokari, Lovisa	14.8.	-		<0,34		<0,37		1,9	13 %
Amerikansk trågmussla (skal)	Halkokari, Lovisa	14.8.	-		<0,16		<0,19		<0,18	
Amerikansk trågmussla (kött)	Iso Kaalonperä, Olkiluoto	19.9.	0,48	36 %	1,70	25 %	<0,94		3,5	18 %
Amerikansk trågmussla (skal)	Iso Kaalonperä, Olkiluoto	19.9.	7,6	13 %	<0,12		<0,14		0,21	40 %

Perifyton och blåstång samt bland undervattensväxterna i synnerhet axslinga har visat sig fungera särskilt väl som indikatorer för kraftverkens utsläpp i vattenmiljö. De längsta observationsserierna finns för blåstång, och effekten av kraftverkens utsläpp observeras tydligt i dem. Blåstången är dock känslig för förändringar i omgivningen och har inte kunnat samlas in på de etablerade provtagningsplatserna varje år. På bilderna 19 och 20 visas årsmedelvärden för aktivitetshalterna av några av de mest betydande nukliderna som härrör från kraftverken i de blåstångsprover som tagits närmast kraftverken. Aktivitetshalterna av nuklider som härrör från kraftverken har minskat tydligt i blåstångsproverna i takt med att utsläppen från kraftverken har minskat. På bilderna 21 och 22 visas sambandet mellan aktivitetshalten av Co-60 i blåstångsproverna och kraftverkens utsläpp av Co-60 i havet. Förändringarna i aktivitetshalterna följer förändringarna i utsläppen. I omgivningen kring Lovisa kraftverk verkar förändringarna i aktivitetshalterna visa sig med cirka ett års fördröjning. Vid Lovisa kraftverk genomförs vart fjärde år utsläpp av ytvatten från tankarna för indunstningskoncentrat från vilket cesium separerats. Utsläppen leder bland annat till att utsläppen av Co-60 ökar. Utsläppen i fråga har schemalagts till slutet av året för att lindra konsekvenserna av de näringsämnen som finns i utsläppen. Av denna orsak syns de radioaktiva ämnen som härrör från utsläppen först i resultaten av övervakningen i de prover som tas under följande tillväxtperiod. Det senaste utsläppet genomfördes i december 2021, vilket i viss mån syntes i övervakningsproverna 2022, men inte längre i de prover som togs 2023.

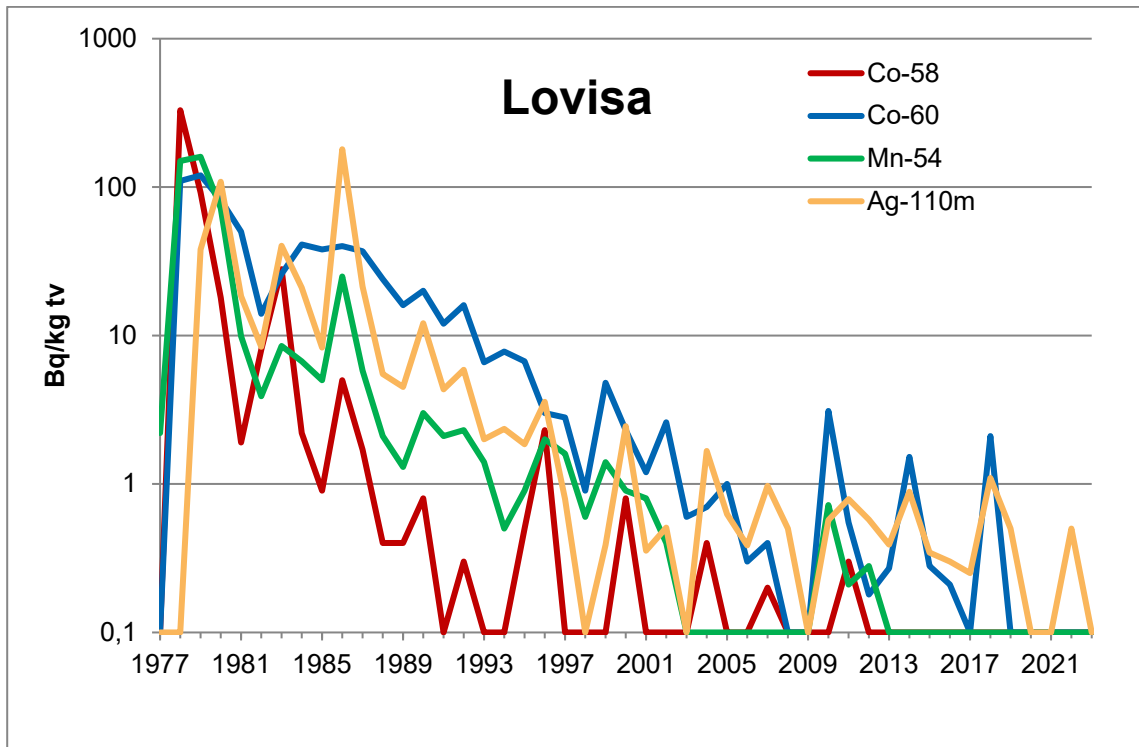


Bild 19. Medelvärden för aktivitetshalterna av några av de mest betydande radionukliderna som härrör från kraftverket i blåstång (Bq/kg torrsvikt) på en logaritmisk skala vid provtagningsplatsen närmast Lovisa kraftverk under 1977 – 2023.

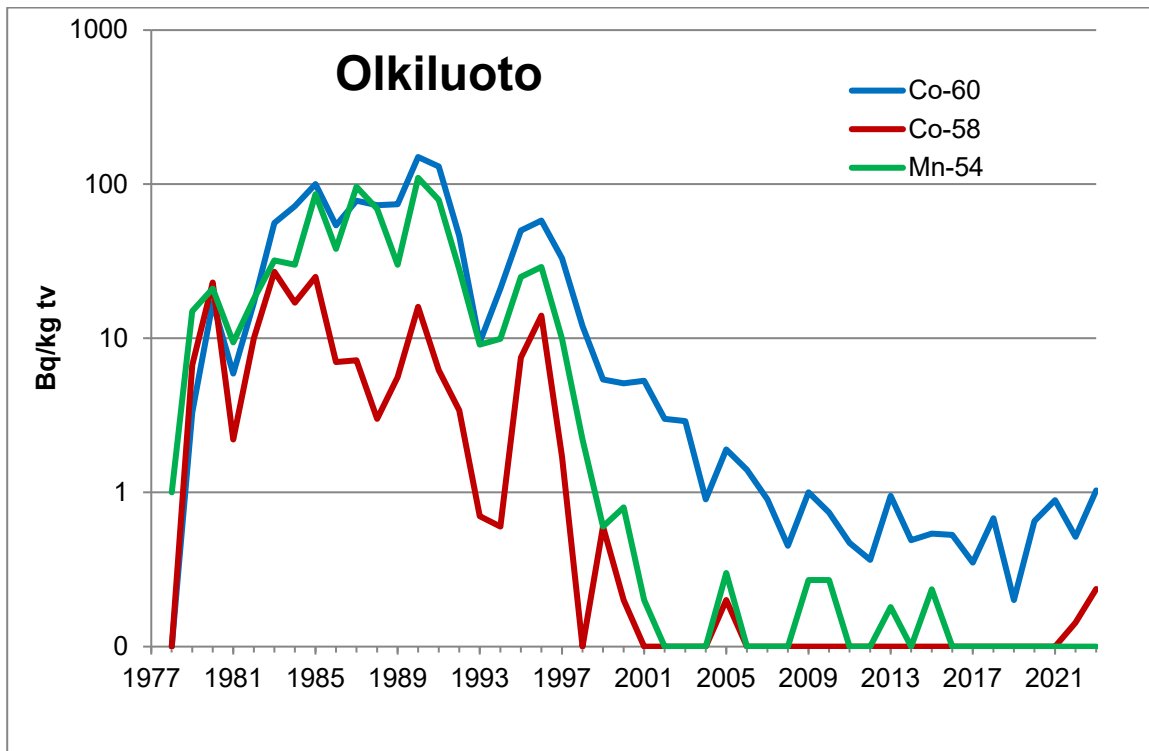


Bild 20. Medelvärden för aktivitetshalterna av några av de mest betydande radionukliderna som härrör från kraftverket i blåstång (Bq/kg torrsvikt) på en logaritmisk skala vid provtagningsplatsen närmast Olkiluoto kraftverk under 1977 – 2023.

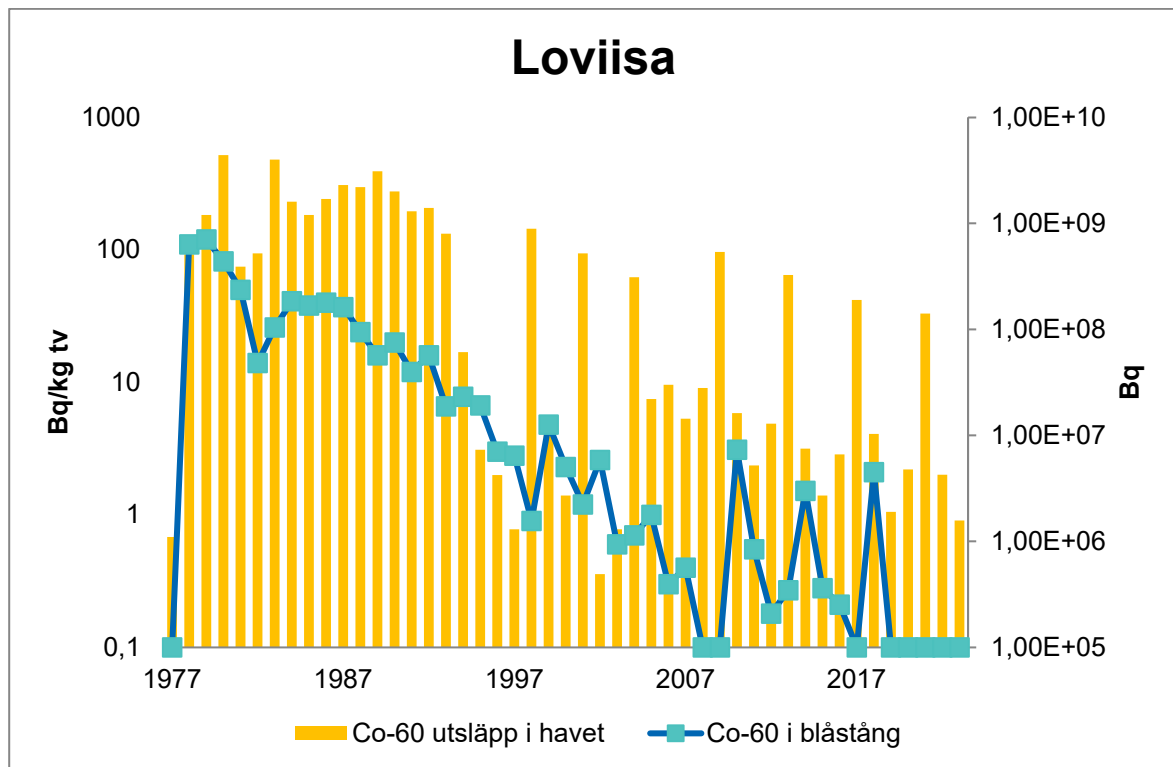


Bild 21. Utsläpp av Co-60 i havet och medelvärde för aktivitetshalten av Co-60 på en logaritmisk skala i blåstångsprover vid provtagningsplatsen närmast Lovisa kraftverk under 1977 – 2023.

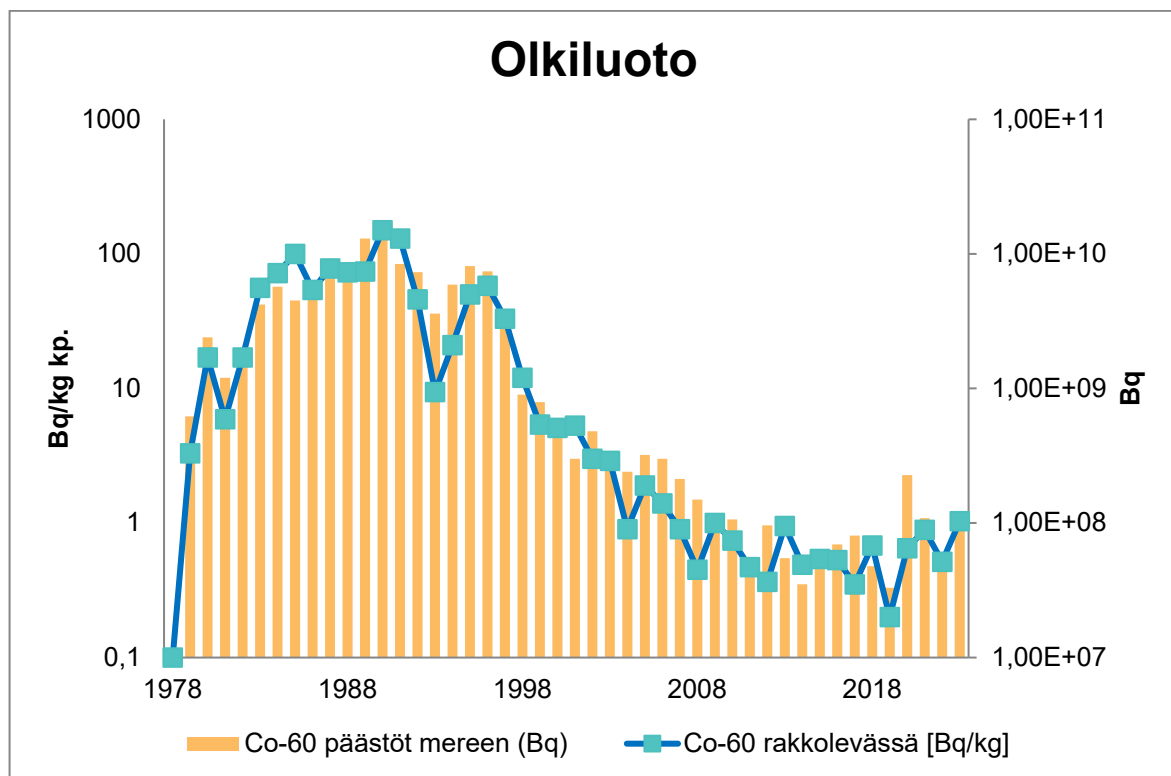


Bild 22. Utsläpp av Co-60 i havet och medelvärde för aktivitetshalten av Co-60 på en logaritmisk skala i blåstångsprover vid provtagningsplatsen närmast Olkiluoto kraftverk under 1977 – 2023.

Resultaten av perifytonproverna visas i bilaga 4. I perifytonproverna observerades flera artificiella radionuklider, vars halter emellertid var låga. De artificiella nuklider som observerades i perifytonproverna i Lovisa var Co-60, Ag-110m och Cs-137 samt i Olkiluoto Mn-54, Co-58, Co-60 och Cs-137. Förutom i perifytonproverna observerades Co-58 och Co-60 också i blåstångsproverna i Olkiluoto (tabellerna 13 och 14). I Lovisa varierade aktivitetshalterna av Cs-137 i blåstång mellan 8,2 och 15 Bq/kg och i Olkiluoto mellan 7,4 och 15 Bq/kg torrsvikt. I perifyton- och blåstångsproverna har samma nuklider som härrör från kraftverken observerats som under tidigare år och aktivitetshalterna avviker inte från de uppmätta halterna under tidigare år. De kraftverkshärledda radionuklider som observerats i proverna är samma nuklider som kraftverken har rapporterat utsläpp av i havsvattnet utifrån sina egna utsläppsmätningar.

I Olkiluoto gjordes observationer av en liten mängd radionuklider som härrör från kraftverket i axslinga (tabellerna 15 och 16). I prover av axslinga vid utloppet i Olkiluoto observerades Co-58 och Co-60. I provet av axslinga vid Lovisa kraftverk observerades endast Cs-137, vars aktivitetshalter i Lovisa låg mellan 7,9 och 24,1 Bq/kg torrsvikt och i Olkiluoto mellan 3,7 och 23,8 Bq/kg torrsvikt. Jämförelseprover av axslinga samlades in längre bort från utloppen, dock i närheten av kraftverken (Strömslandet i Lovisa och Aikonmaa i Olkiluoto). I dessa prover observerades inga radionuklider även i Olkiluoto som härrörde från kraftverken, vilket tyder på att radionuklidernas aktivitetshalter är lägre längre bort från utloppen.

Tabell 13. Radionuklider i blåstångsprover som samlades in i havsmiljön i Lovisa 2023.

Provtagningsplats	Provtagningsdag	Cs-137 Bq/kg tv	2 σ	Sr-90 Bq/kg tv	2 σ
Stenörarna	3.5.	15	8 %	4,2	10 %
	17.8.	8,6	11 %	-	
Hästholmen SW	3.5.	14	8 %	-	
	16.8.	8,2	12 %	-	
Lilla Djupberget	3.5.	9,4	8 %	-	
	15.8.	9,4	11 %	-	
Boistö	16.5.	11	16 %	-	
	15.8.	11	10 %	-	
Storskarven	4.5.	9,2	8 %	3,4	10 %
	15.8.	8,4	14 %	-	

- Radionuklid har inte analyserats av provet.

Tabell 14. Radionuklider i blåstångsprover som samlades in i havsmiljön i Olkiluoto 2023.

Plats	Provtagningsdag	Co-58 Bq/kg tv	2 σ	Co-60 Bq/kg tv	2 σ	Cs-137 Bq/kg tv	2 σ	Sr-90 Bq/kg tv	2 σ
Iso Kaalonperä 9	9.5.	0,27	29 %	0,50	23 %	14	16 %	8,8	9,7 %
	23.8.	<0,42		1,6	23 %	15	9 %	-	
Kalliopöllä	9.5.	0,30	23 %	0,25	29 %	14	7 %	-	
	23.8.	0,33	33 %	1,1	17 %	11	10 %	-	
Reimarkrunni	9.5.	<0,29		<0,30		14	7 %	-	
	22.8.	<0,17		0,62	21 %	11	12 %	-	
Iso-Siiliö	11.5.	<0,21		<0,24		11	11 %	-	
	7.9.	<0,14		<0,16		7,8	12 %	-	
Iso-Pietari	11.5.	<0,13		<0,17		8,8	7 %	-	
	7.9.	<0,16		<0,20		8,8	12 %	-	
Kylmäpihlaja 17	10.5.	<0,10		<0,13		9,6	7 %	-	
	22.8.	<0,12		<0,14		7,4	10 %	-	
Viikari 16	11.5.	<0,21		<0,24		13	11 %	4,6	10 %
	7.9.	<0,17		<0,20		9,7	10 %	-	

- Radionuklid har inte analyserats av provet.

Tabell 15. Radionuklider i prover av axslinga som samlades in i havsmiljön i Lovisa 2023.

Plats	Provtagningsdag	Cs-137 Bq/kg tv	2 σ
Halkokari	14.8.	24	8 %
Tallholmen	16.8.	9,3	11 %
Kasabergsudden	16.8.	7,9	12 %
Strömslandet (jämförelse)	17.8.	24	8 %

Tabell 16. Radionuklider i prover av axslinga som samlades in i havsmiljön i Olkiluoto 2023.

Plats	Provtagningsdag	Co-58 Bq/kg tv	2 σ	Co-60 Bq/kg tv	2 σ	Cs-137 Bq/kg tv	2 σ
Iso Kaalonperä, utloppskanalens mynning	23.8.	0,54	34 %	4,4	10 %	14	7 %
Iso-Kaalonperä, bastustrand	23.8.	0,30	35 %	0,48	22 %	3,7	8 %
Aikonmaa (Jämförelse)	19.9.	<0,53		<0,70		24	8 %

I proverna av sedimenterbart material som samlades in i omgivningen kring kraftverken observerades små halter av artificiella radionuklider (tabellerna 17 och 18). I Lovisa observerades Co-60, Ag-110m och Cs-137 samt i Olkiluoto Mn-54, Co-60, Cs-137 och Am-241. Sedimenterbart material är en bra indikator på utsläpp från kraftverken och detta illustreras på bild 23. Halten Cs-137 som kan observeras i sedimenterbart material härrör till stor del från kärnkraftsolyckan i Tjernoby. I de kombinerade proverna av sedimenterbart material, blåstångsproverna och sedimentproverna undersöktes också aktivitetshalterna av plutoniumisotoperna Pu-238, Pu-239 och Pu-240, vilka presenteras i tabellerna 19, 20 och 21. I sedimenten och det sedimenterbara materialet förekommer små bakgrundshalter av radionukliderna Pu-238, Pu-239 och Pu-240 som härrör från globalt nedfall efter kärnvapenprover i atmosfären. Aktivitetshalterna av Pu-238, Pu-239 och Pu-240 i de prover som tagits i omgivningen kring kraftverken i Olkiluoto och Lovisa ligger på samma nivå som kan observeras allmänt i sediment i Östersjöområdet (HELCOM, 2018).

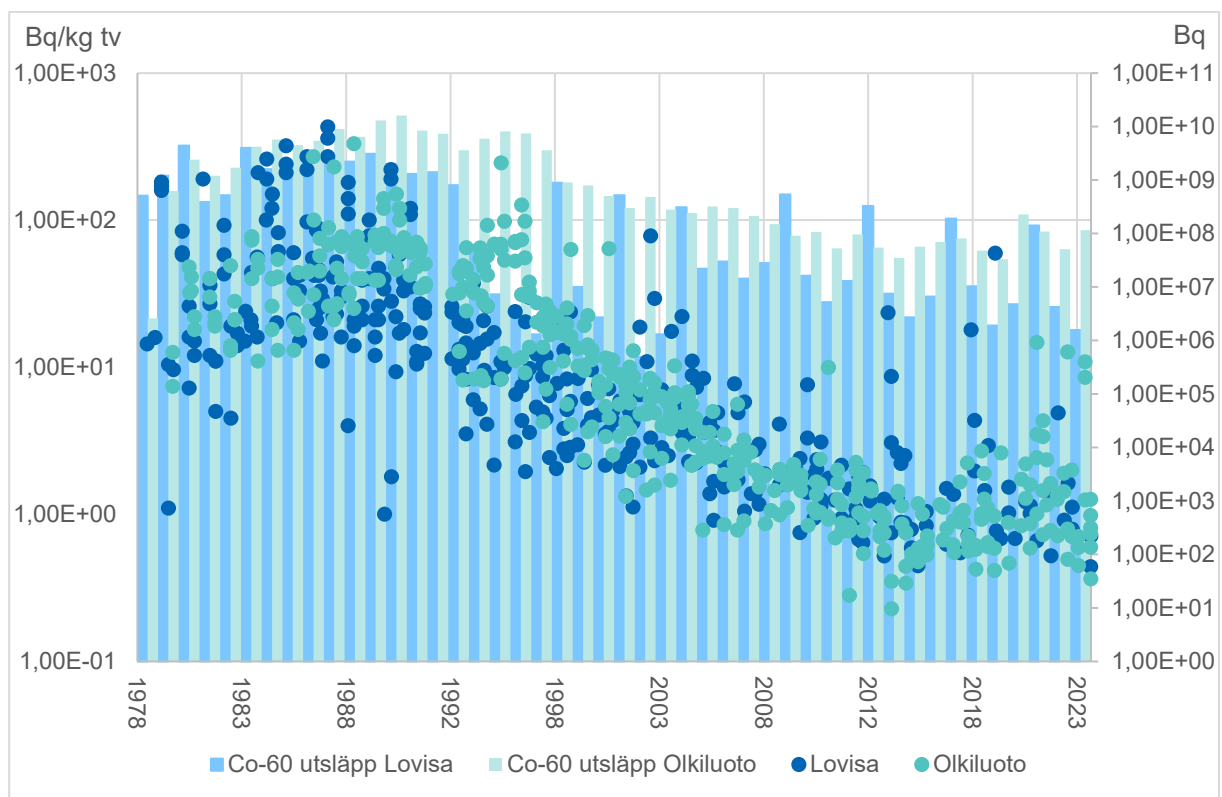


Bild 23. Observationer av Co-60 i sedimenterbart material samt kraftverkens årsutsläpp under 1978 – 2023.

Tabell 17. Radionuklider i prover av sedimenterbart material som samlades in i havsmiljön i Lovisa 2023.

Plats	Period	Co-60 Bq/kg	2 σ	Ag-110m Bq/kg	2 σ	Cs-137 Bq/kg	2 σ
Hästholsfjärden 5S	17.11.2022–25.4.2023	<0,86		1,7	21 %	280	14 %
	25.4.–22.6.2023	<1,1		2,0	38 %	170	7 %
	22.6.–9.11.2023	0,71	20 %	1,4	19 %	240	7 %
Hästholsfjärden 3	17.11.2022–25.4.2023	<0,85		<1,2		250	7 %
	25.4.–20.6.2023	<1,8		<2,3		150	8 %
	20.6.–6.11.2023	0,44	37 %	1,5	15 %	230	7 %
Klobbfjärden 1	17.11.2022–25.4.2023	<0,97		<1,4		270	7 %
	27.4.–20.6.2023	<1,1		<1,2		250	8 %
	20.6.–9.11.2023	<0,36		<0,53		290	7 %
Vådholmsfjärden 4	16.11.2022–27.4.2023	<0,90		<1,2		250	7 %
	27.4.–21.6.2023	<2,0		<2,3		140	7 %
	21.6.–6.11.2023	<0,90		<1,2		250	7 %
Påsalöfjärden R1	16.11.2022–27.4.2023	<0,72		<1,2		220	7 %
	27.4.–21.6.2023	<0,74		<1,1		170	7 %
	20.6.–7.11.2023	<0,49		<0,75		190	7 %

Tabell 18. Radionuklider i prover av sedimenterbart material som samlades in i havsmiljön i Olkiluoto 2023.

Plats	Provtagningsperiod	Co-60 Bq/kg	2 σ	Cs-137 Bq/kg	2 σ
Räापinkivet 3	10.11.2022–20.4.2023	0,59	31 %	120	7 %
	20.4.–28.6.2023	1,3	19 %	120	7 %
	28.6.–2.11.2023*	0,84	30 %	110	7 %
Vähä Kivikkokari 12	8.11.2022–19.4.2023	0,45	48 %	150	7 %
	19.4.2023–28.6.2023	11	10 %	130	7 %
	28.6.–31.10.2023	0,60	30 %	140	7 %
Iso Kaalonperä 9	9.11.2022–19.4.2023	0,70	35 %	110	7 %
	19.4.–28.6.2023**	8,5	11 %	140	7 %
	28.6.–31.10.2023	1,3	19 %	140	7 %
Santakari 15	9.11.2022–20.4.2023	<0,54		140	6 %
	20.4.–29.6.2023	<0,95		130	7 %
	29.6.–2.11.2023	0,36	53 %	140	7 %
Kuuskajaskari 20	10.11.2022–10.5.2023	<0,70		130	7 %
	10.5.–28.6.2023	<1,7		140	8 %
	28.6.–1.11.2023	<0,47		140	7 %
Keskivedenkari 18	9.11.2022–20.4.2023	<0,30		130	7 %
	20.4.–29.6.2023	<0,53		120	7 %
	29.6.–2.11.2023	<0,44		120	7 %

* På grund av provets volym delades det i tre delar, resultatet är medelvärdet av tre prover.

** Innehöll också 0,56 Bq/kg av Mn-54.

Tabell 19. Aktivitetshalter av plutoniumisotoperna Pu-238, Pu-239 och Pu-240 i kombinerade årsprover av sedimenterbart material som samlats in i havsmiljön i Lovisa och Olkiluoto 2023.

Ort	Plats	Provtagningsperiod	Pu-238 Bq/kg	2 σ	Pu-239, 240 Bq/kg	2 σ
Lovisa	Hästholmsfjärden 5S	17.11.2022-9.11.2023	<0,030		0,67	13 %
	Påsalöfjärden R1	16.11.2022-7.11.2023	<0,023		0,26	17 %
Olkiluoto	Rääpinkivet 3	10.11.2022-2.11.2023	<0,030		0,41	16 %
	Keskivedenkari 18	9.11.2022-2.11.2023	<0,030		0,41	15 %

Tabell 20. Aktivitetshalter av plutoniumisotoperna Pu-238, Pu-239 och Pu-240 i blåstångsprover som samlats in i havsmiljön i Lovisa och Olkiluoto 2023.

Ort	Plats	Provart	Period	Pu-238 Bq/kg	2 σ	Pu-239, 240 Bq/kg	2 σ
Lovisa	Stenörarna	Blåstång	3.5.	<0,012		0,039	31 %
	Storskarven E	Blåstång	4.5.	<0,010		0,039	28 %
Olkiluoto	Iso Kaalonperä	Blåstång	9.5	<0,011		0,045	27 %
	Viikari 16	Blåstång	11.5	<0,012		0,020	48 %

Artificiella radionuklider observerades i ytsedimenten i havsmiljön vid kraftverken (tabell 21). I Lovisa observerades Co-60 och Ag-110m och i den närliggande omgivningen (mindre än 5 km från kraftverket) låg halten av Cs-137 i sedimenten mellan 200 och 320 Bq/kg. I Olkiluoto observerades Co-60 och i den närliggande omgivningen låg aktivitetshalten av Cs-137 i sedimenten mellan 150 och 180 Bq/kg. Jämförelseprover av sedimenten samlades in längre bort från kraftverken och i de proverna observerades inga radionuklider från kraftverken. Aktivitetshalten av Cs-137 i jämförelseproverna var cirka 180 – 200 Bq/kg torrsvikt.

Tabell 21. Radioaktiva ämnen i sedimentprover i havsmiljön 2023.

Plats	Dag	Co-60 Bq/kg	2 σ	Ag-110m Bq/kg	2 σ	Cs-137 Bq/kg	2 σ	Sr-90 Bq/kg	2 σ	Pu-239, 240 Bq/kg	2 σ
Hästholmsfjärden 5, Lovisa	29.8.	0,43	20 %	1,7	11 %	280	7 %	0,57	14 %	0,52	31 %
Hästholmsfjärden 3, Lovisa	29.8.	0,44	21 %	<0,51		250	7 %	0,55	20 %	0,61	26 %
Klobbfjärden 1, Lovisa	29.8.	<0,36		<0,39		320	7 %	0,51	20 %	0,99	24 %
Hudöfjärden 10, Lovisa	11.9.	<0,41		<0,45		250	7 %	0,63	19 %	0,62	27 %
Påsalöfjärden R1, Lovisa	11.9.	<0,34		<0,47		200	7 %	0,44	16 %	0,19	45 %
Vähä Kivikkokari 12, Olkiluoto	6.6.	1,1	13 %	<0,29		150	7 %	0,46	28 %	0,46	28 %
Olkiluoto 9, Olkiluoto	6.6.	1,1	13 %	<0,36		150	7 %	0,53	29 %	0,53	30 %
Liponluoto 2, Olkiluoto	6.6.	0,74	33 %	<0,42		170	7 %	0,57	28 %	0,57	28 %
Tankarit 4, Olkiluoto*	8.6.	0,95	19 %	<0,40		170	7 %	0,63	26 %	0,63	26 %
Olkiluoto S8, Olkiluoto	7.6.	<0,43		<0,51		180	7 %	0,69	25 %	0,69	26 %

I proverna undersöktes också Pu-238 och alla resultat låg under detektionsgränsen, med undantag för provtagningsplatsen *Tankarit 4, där en halt på 0,04 Bq/kg observerades av Pu-238.

6.4 Invånare i omgivningen

I invånarna kring kraftverken observerades inga radioaktiva ämnen som härrör från kraftverken i mätningarna. I Lovisa deltog 19 personer och i Olkiluoto 35 personer i mätningarna.

7 Sammandrag och slutsatser

Under 2023 samlade man in och analyserade sammanlagt cirka 410 prover i land- och havsmiljö vid kraftverken i Lovisa och Olkiluoto. År 2023 observerades små mängder radioaktiva ämnen som härrör från kraftverken i de prover som samlades in i havsmiljö vid de båda kärnkraftverken i Finland. I Olkiluoto hade driften av den nya kraftverksenheten ingen märkbar effekt på mängden radioaktiva ämnen i omgivningen. I prover i landmiljö observerades främst nedfall som härrör från kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. Mängden radioaktiva ämnen motsvarar de mängder som observerats i omgivningen kring kraftverken under senare år och följer på lång sikt en nedåtgående trend som beror på hur hanteringen av kraftverkens utsläpp utvecklas. De observerade radionukliderna avviker inte väsentligt från de nuklider som observerats i omgivningen under tidigare år och som härrör från kraftverken och dessutom observerades samma nuklider i havsmiljö som kraftverken hade rapporterat utsläpp av i miljön.

Mängden radioaktiva ämnen som observerats i omgivningen var så små att de saknar betydelse för strålningsexponeringen i omgivningen och för människorna. I invånarna kring kraftverken observerades inga radioaktiva ämnen som härrör från kraftverken i mätningarna. Stråldosen som beräknats utifrån utsläppen 2023 hos den individ som exponerats mest i omgivningen kring kärnkraftverken i både Lovisa och Olkiluoto var under 1 % av den restriktion som fastställts i kärnenergiförordningen (161/1988) och som är 0,1 mSv (Marttila, 2024).

Halten av Cs-137 som observerades i partikelprover från utomhusluften i samband med de årliga underhållsavställningarna motsvarar halten av Cs-137 som kan observeras i prover på andra håll i Finland och som främst härrör från nedfall till följd av kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. Mängden Cs-137 och Sr-90 som kan observeras i prover i landmiljö skiljer sig inte nämnvärt från motsvarande prover på andra håll i Finland, och skillnaderna i halterna av Cs-137 mellan proverna från de olika kraftverksplatserna har sin förklaring i regionala skillnader i nedfallet efter kärnkraftsolyckan i Tjernobyl. Mängderna Cs-137 och Sr-90 som observerats i proverna skiljer sig inte heller från de mängder som observerats i prover i landmiljö i närheten av kraftverken under tidigare år. Halterna av C-14 i de prover som samlats in i närheten av kraftverken motsvarar halterna i de jämförelseprover som samlats in på andra håll i Finland. År 2023 observerades inga andra radionuklider som eventuellt härrör från kraftverken i de prover som STUK samlade in i landmiljö.

Halterna av Cs-137 som observerades i de prover i landmiljö som tillståndshavarna undersökte motsvarar halterna som STUK observerat i sin egen övervakning. I slammet vid avloppsreningsverket på kraftverksområdet i Lovisa och i lakvattnet från avstjälningsplatsen i Olkiluoto kunde små mängder radionuklider från kraftverken observeras. Halterna av Cs-137 som tillståndshavarna observerade i proverna i landmiljö motsvarar också de halter av Cs-137 som kan observeras i miljöprover på andra håll i Finland och som främst härrör från nedfall på grund av kärnkraftsolyckan i Tjernobyl.

Analysresultaten av de havsvattenprover som togs av tillståndshavarna motsvarade resultaten av de prover som togs av STUK.

Observationerna inom ramen för den miljöövervakning som STUK utför vid kärnanläggningarna motsvarar observationerna inom ramen för tillståndshavarnas miljöövervakning.

8 Källor

Fortum Power and Heat Oy (2024), Loviisan voimalaitoksen ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportti 2023.

HELCOM (2018), Thematic assessment of the radioactive substances in the Baltic Sea, 2011 – 2015. Baltic Sea Environment Proceedings No. 151.

HELCOM (2022), HELCOM Core Indicator: Radioactive substances: Caesium-137 in fish and surface seawater, <https://indicators.helcom.fi/indicator/radioactive-substances/>.

IAEA (2005), Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection: safety guide, IAEA Safety series standards series No. RS-G-1.8, International Atomic Energy Agency, Wien, Österrike.

Kostiainen, E. och Ylipieti, J. (2010), Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä, STUK-A 240. Helsingfors, Strålsäkerhetscentralen.

Mattila A. och Inkinen S. (red.) (2023), Strålningsövervakning av miljön i Finland: Årsrapport 2022, STUK-B 304. Helsingfors, Strålsäkerhetscentralen.

Siiskonen, T. (red.) (2020), Suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos vuonna 2018, STUK-A 263. Helsingfors, Strålsäkerhetscentralen.

TVO Industrins Kraft Abp (2024), Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyturvallisuuden vuosiraportti 2023.

Marttila, J. (red.) (2024) Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta: Vuosiraportti 2023, STUK-B 315. Helsingfors, Strålsäkerhetscentralen.

9 Bilagor

- Bilaga 1** De vanligaste radionukliderna som kan observeras i omgivningen kring kärnkraftverken
- Bilaga 2** Minimikrav på tillståndshavarens program för strålningsövervakning i omgivningen kring kärnkraftverket (direktiv YVL C.7)
- Bilaga 3** Tidsschema för STUKs övervakningsprover
- Bilaga 4** Resultat av övervakningsmätningar i perifytonprover

BILAGA 1

De vanligaste radionukliderna som kan observeras i omgivningen kring kärnkraftverken

Nuklid	Halveringstid	Det vanligaste ursprunget i miljöprover	Förekomst i miljöövervakningen
Tritium H-3	12,2 år	Utsläpp från kraftverken och kärnvapenprover på 50- och 60-talen	Vattenprover (land- och havsmiljö)
Be-7 beryllium	53 dagar	Uppkommer i den övre atmosfären till följd av kosmisk strålning samt vid aktivering av litium i kraftverkens primärkrets (särskilt OL3)	I OL3 grundar sig primärkretsens kemi på litium, varvid Be-7 aktiveras från litium. Kan observeras i vattenutsläpp, om reningssystemet inte fungerar ordentligt.
C-14 kol	5 700 år	Av kosmiskt ursprung (förekommer också annars i naturen) eller härrör från kraftverken	C-14 i gasform som härrör från kraftverket (CO ₂ eller CH ₄), kan tas upp av växter genom fotosyntes (om det förekommer CO ₂ -utsläpp).
K-40 kalium	1,248×10 ⁹ år	Naturligt radioaktivt ämne	
Cr-51 krom	27,7 år	Utsläpp från kraftverken	Luft och havsmiljö
Mn-54 mangan	312 dagar	Utsläpp från kraftverken	Luft och havsmiljö
Co-58, Co-60 kobolt	70 dagar 5,3 år	Utsläpp från kraftverken	Luft och havsmiljö
Sr-89, Sr-90 strontium	51 dagar 28,8 år	Utsläpp från kraftverken. Sr-90 i miljöprover härrör också från kärnvapenprover på 1950–1960-talen	Havs- och landmiljö
Ru-103, Ru-106 rutenium	39 dagar 372 dagar	Utsläpp från kraftverken eller annan kärnanläggning	I luftprover
Ag-110m silver	250 dagar	Utsläpp från kraftverken	Luft och havsmiljö
Sb-124 antimon	60 dagar	Utsläpp från kraftverken	Luft och havsmiljö
I-131 jod	8 dagar	Utsläpp från kraftverken, används också vid isotopbehandling på sjukhus	Kan ibland observeras vid övervakningen av prover i luft och havsmiljö, undersöks också separat i mjölk (inga observationer). Observeras också i slamprover vid avloppsreningsverk. Jod hamnar i slammet främst på

BILAGA 1
 DE VANLIGASTE RADIONUKLIDERNA SOM KAN OBSERVERAS I OMGIVNINGEN KRING
 KÄRNKRAFTVERKEN

			grund av medicinsk användning.
Cs-134, Cs-137 cesium	2,1 år 30 år	Cs-137 i miljöprover härrör främst från nedfall från Tjernobyl, Cs-134 är en mer kortlivad fissionsprodukt som härrör från utsläpp från kraftverken	Land- och havsmiljö
Ce-141, Ce-144 cerium	33 dagar 284 dagar	Utsläpp från kraftverken	Luft och havsmiljö
Pu-238, Pu-239, Pu-240 plutonium	87,7 år 24 110 år 6 561 år	I miljöövervakningen syns små halter som härrör från kärnvapenprover på 1950–1960-talen	I sediment och sedimenterbart material

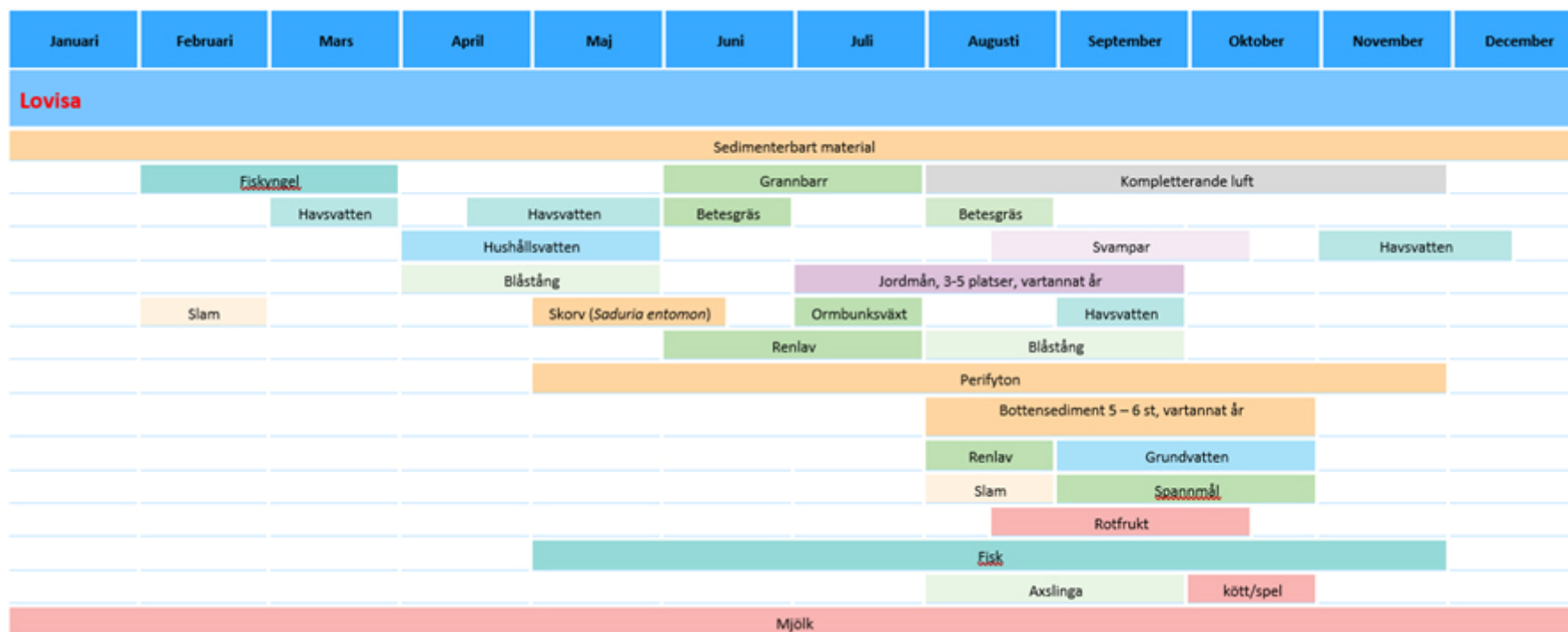
BILAGA 2

Minimikrav på tillståndshavarens program för strålningsövervakning i omgivningen kring kärnkraftverket (direktiv YVL C.7)

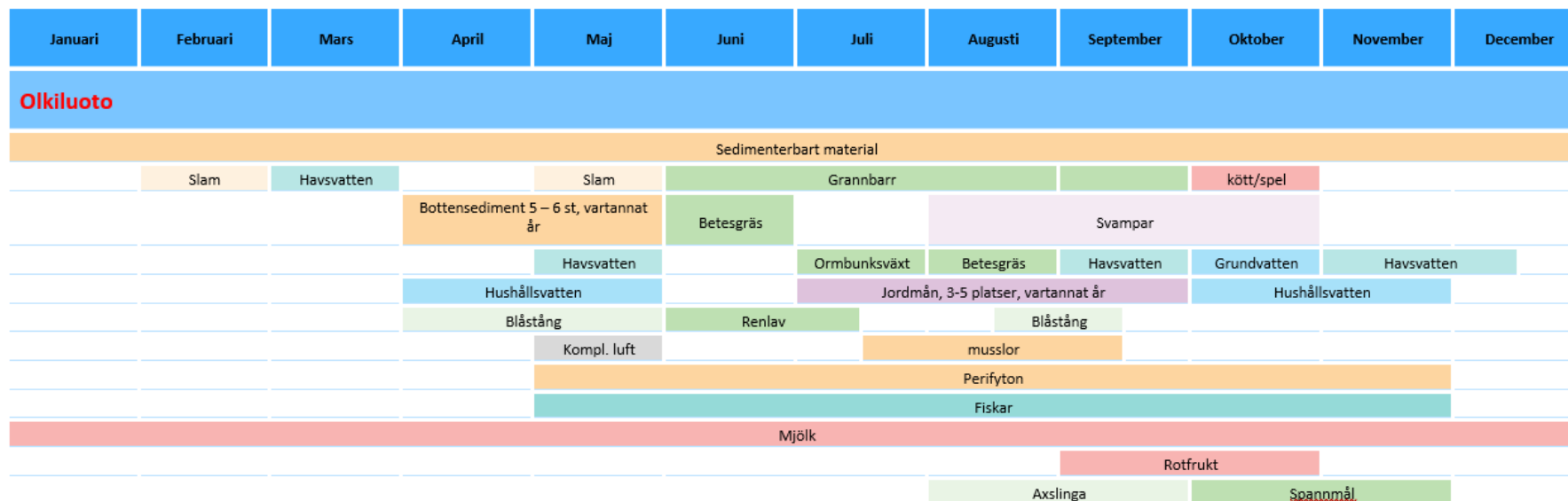
Övervakningsobjekt	Antal mätanordningar eller prover samt mät- eller provtagningsplatser	Provtagningsfrekvens (antal/tid)	Analys och frekvens
B01. Extern strålning	Mätstationer som mäter dosrater från extern strålning på kraftverksområdet (eller i dess närhet) och utanför kraftverksområdet på ca 5 km avstånd från kraftverket	—	Kontinuerlig mätning och lagring av mätdata
B02. Extern strålning	10–20 dosimeterstationer jämnt fördelade i de viktigaste väderstrecken på 1–10 km avstånd från kraftverket	Kontinuerlig insamling, byte av dosimetrar 4 gånger/år	Gammados 4 gånger/år
B03. Radioaktiva ämnen och jod i partikelform i luften	4–5 luftprovskollektorer på 1–10 km avstånd från kraftverket	Kontinuerlig insamling, filtren byts 2 gånger/månad, förutom i den närmaste kollektorn 1 gång/vecka under de årliga underhållsavställningarna	Gammastrålare 2 gånger/månad (1/vecka)
B04. Nedfall	3–5 regnvattenkollatorer på 1–10 km avstånd från kraftverket	Kontinuerlig insamling, byte av den närmaste kollektorn 1 gång/månad och resten 4 gånger/år	Gammastrålare och H-3 i den närmaste kollektorn 1 gång/månad, i resten gammastrålare och H-3 4 gånger/år
B05. Indikatororganismer i landmiljö	Minst en indikatorart som anrikar radionuklider	1–2 gånger/år	Gammastrålare 1–2 gånger/år
B06. Trädgårdsprodukter	Minst 1 art på 1–10 km avstånd från kraftverket	1–2 gånger/år	Gammastrålare 1–2 gånger/år
B07. Hushållsvatten	Från kraftverket	4 gånger/år	Gammastrålare och H-3 4 gånger/år
B08. Havsvatten eller insjövatten beroende på kraftverkets placering	På minst en plats i närheten av utloppet	2–4 gånger/år	Gammastrålare samt H-3 från närmaste plats 4 gånger/år
B09. Specialobjekt	Vid behov kan man välja specialobjekt i omgivningen kring kärnkraftverket som övervakningsobjekt. Specialobjekten kan ha betydelse för strålningsexponeringen i omgivningen samt för organismers och människors strålningsexponering. Specialobjekt kan till exempel vara lakvatten från avstjälningsplatsen på kraftverksområdet, vatten från avloppsreningsverket samt produkter som föds upp och odlas i närheten av kärnanläggningen (t.ex. återanvändning av spillvärme i livsmedelsproduktionen).		

BILAGA 3

Tidsschema för STUKs övervakningsprover



BILAGA 3
TIDSSCHEMA FÖR STUKS ÖVERVAKNINGSPROVER



Planerat tidsschema för inhämtande av STUKS övervakningsprover.

BILAGA 4

Resultat av övervakningsmätningar i perifytonprover

Tabell 22. Resultat av övervakningsmätningar i perifytonprover i Lovisa 2023.

Provtagningsperiod	Be-7 Bq/kg	2 σ	K-40 Bq/kg	2 σ	Co-60 Bq/kg	2 σ	Ag-110m Bq/kg	2 σ	Cs-137 Bq/kg	2 σ
17.11.2022-25.4.2023	780	9 %	420	10 %	<0,42		<0,57		67	7 %
17.11.2022-25.4.2023*	670	9 %	410	10 %	<0,46		<0,67		63	7 %
25.4.-17.5.2023	310	7 %	530	10 %	<0,61		<0,72		79	7 %
17.5.-15.6.2023	140	8 %	850	11 %	<0,46		0,79	16 %	42	9 %
15.6.-19.7.2023	260	8 %	430	11 %	<0,46		<0,54		39	9 %
19.7.-17.8.2023	330	8 %	420	12 %	1,9	19 %	1,7	30 %	45	7 %
17.8.-15.9.2023	330	8 %	430	12 %	<1,4		6,1	21 %	50	8 %
15.9.-9.11.2023	470	8 %	390	11 %	<0,53		1,3	30 %	80	9 %

*Kvalitetskontrollprov

Tabell 23. Resultat av övervakningsmätningar i perifytonprover i Olkiluoto 2023.

Provtagningsperiod	Be-7 Bq/kg	2σ	K-40 Bq/kg	2σ	Mn-54 Bq/kg	2σ	Co-58 Bq/kg	2σ	Co-60 Bq/kg	2σ	Cs-137 Bq/kg	2σ
20.4.–11.5.	120	10 %	540	13 %	7,5	11 %	4,6	12 %	11	13 %	69	7 %
11.5.–8.6.	110	10 %	550	11 %	2,1	22 %	<0,87		5,5	11 %	68	7 %
8.6.–29.6.	140	9 %	640	10 %	2,4	19 %	<0,73		10	11 %	53	7 %
29.6.–12.7.	210	8 %	540	12 %	<0,63		<0,60		1,5	22 %	61	7 %
12.7.–24.8.	270	10 %	610	11 %	<1,7		<1,9		<1,7		30	11 %
24.8.–31.10.*	13	10 %	66	11 %	<0,11		<0,12		0,14	29 %	3,9	7 %

*I provet fanns rikligt av slät havstulpan och knappt någon annan växtlighet, och därför är resultatet avvikande.