

Projektnummer/Project no Uppdragsgivare/Client  
B404524/A400324 MSBFoT-område  
Inget

Författare/Author

Marcus Östman (FOI), Petra Lagerkvist (FOI),  
Annika Tovedal (FOI), Marion Grange (SLV),  
Magnus Mortensen (SLV), Mårten Dario (LiU),  
Marie Carlsson (LiU), Yixuan Liu (LiU), Mats  
Eriksson (LiU)

Datum/Date

2025-03-18

Memo nummer/Number

FOI Memo 8836

## Förstärkt förmåga till livsmedelsförsörjning vid radioaktivt nedfall i Sverige - utökad nationell mätförmåga, del 2

### Inledning

En av de viktigaste radionukliderna att kunna mäta efter ett radioaktivt nedfall från ett kärnreaktorhaveri eller en kärnvapenexplosion är  $^{90}\text{Sr}$ . Eftersom nukliden är en ren  $\beta$ -strålare analyseras den vanligtvis med vätskescintillationsräknare (LSC). Mättekniken har flera fördelar men är relativt tidskrävande och behärskas av relativt få nationellt. En möjlighet till ökad nationell redundans är att mäta  $^{90}\text{Sr}$  med masspektrometri vilket är ett potentiellt snabbare och mer tillgängligt alternativ. I och med utvecklingen av trippelkvadrupol ICP-MS (ICP-MS/MS) har det blivit möjligt att uppnå tillräckligt låga detektionsgränser för  $^{90}\text{Sr}$ . Gränsvärdet för strontiumisotoper ( $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$ ) i mjölk och flytande livsmedel enligt Euratom 2016:52 är 125 Bq/kg (Euratom), vilket en potentiell ICP-MS/MS-metod måste klara för att kunna nyttjas.

### Mål med projektet

Målet med detta projekt var att införskaffa ett ICP-MS/MS-instrument till FOI i Umeå och att sedan implementera och verifiera den redan framtagna mätmetoden, i det tidigare MSB 2:4-projektet "Förstärkt förmåga till livsmedelsförsörjning vid radioaktivt nedfall i Sverige – utökad nationell mätförmåga". I det projektet införskaffades ett ICP-MS/MS-instrument till Livsmedelsverket och en analysmetod för  $^{90}\text{Sr}$  i mjölk och dricksvatten togs fram och validerades. Dessutom skulle mätmetoden sättas upp och verifieras på ytterligare ett svenskt laboratorium utöver Livsmedelsverket och FOI. Det laboratoriet finns i Linköpings universitets regi.

För att stärka samarbetet på sikt skulle ett nytt nationellt mätnätverk för laboratorier som utför analyser av radionuklider med ICP-MS bildas.

### Resultat

#### Inköp av ICP-MS/MS

Upphandling av ett ICP-MS/MS-instrument till FOI i Umeå skedde under 2023. Instrumentet levererades i januari 2024 och installerades i april 2024. Under våren 2024 skedde dessutom anpassningar av labbet i form av ventilations-, el- och gasdragning för att möta instrumentets krav.

Det instrument som köptes in var ett Agilent 8900 (figur 1) med den tillhörande provväxlaren SPS 4. För att uppnå full funktionalitet på instrumentet nyttjas olika gaser i kollision/reaktionscellen. Inom

Titel/Title

Memo nummer/Number

Förstärkt förmåga till livsmedelsförsörjning vid radioaktivt nedfall i Sverige FOI Memo 8836  
- utökad nationell mätförmåga, del 2

projektet köptes följande gaser in: vätgas, syrgas, helium och ammoniak/helium-blandning. Efter installation genomförde FOI funktionstester och instrumentets prestanda bedömdes som tillfredsställande och godkändes i mitten av maj 2024.



Figur 1. Agilent 8900 ICP-MS/MS.

## Sammanfattning av metodik

Metoden består i korthet av att mjölk blandas med salpetersyra och uppsluts under högt tryck och temperatur i en mikrovågsugn. Efter uppslutningen separeras strontium i provet på kemisk väg före analys på ICP-MS/MS. Vid analys av dricksvatten utesluts steget med mikrovågsuppslutning. Metoden finns beskriven i detalj i hos Livsmedelsverket (SLV-m303, SLV-m328).

## Implementering av metodik

Eftersom det tidigare MSB 2:4-projektet "Förstärkt förmåga till livsmedelsförsörjning vid radioaktivt nedfall i Sverige – utökad nationell mätförmåga" förlängdes har detta projekt pågått parallellt i två år i stället för ett år, som ursprungligen planerades. Detta gjorde att tiden för att implementera och validera metoden på de olika laboratorierna minskade jämfört med den ursprungliga planen.

Då varje laboratorium hade olika förutsättningar med tillgång till utrustning, främst för provuppslutning, gjordes nödvändiga anpassningar i metodiken. Den främsta skillnaden mellan laboratorierna var olika fabrikat på mikrovågsuppslutningsutrustningen, samt att FOI även nyttjade vätgas i ICP-MS/MS instrumentets reaktionscell. En detaljerad beskrivning över metodiken finns beskriven hos Livsmedelsverket.

## Nytt system för mikrovågsuppslutning

Under testfasen av metoden havererade FOI:s mikrovågsuppslutningssystem. Då utrustningen var kritisk för att kunna slutföra projektet upphandlades ett nytt system. Det nya systemet är en Milestone Ultrawave 3 och installerades i september 2024.

## Kompetensprövning

För att kunna undersöka att de deltagande laboratorierna i projektet lyckades med att implementera metodiken genomfördes en jämförelsemätning i oktober 2024. Mjölk (4,5 % fetthalt) och dricksvatten spikades med  $^{90}\text{Sr}$  och skickades ut till respektive laboratorium. Totalt fick varje

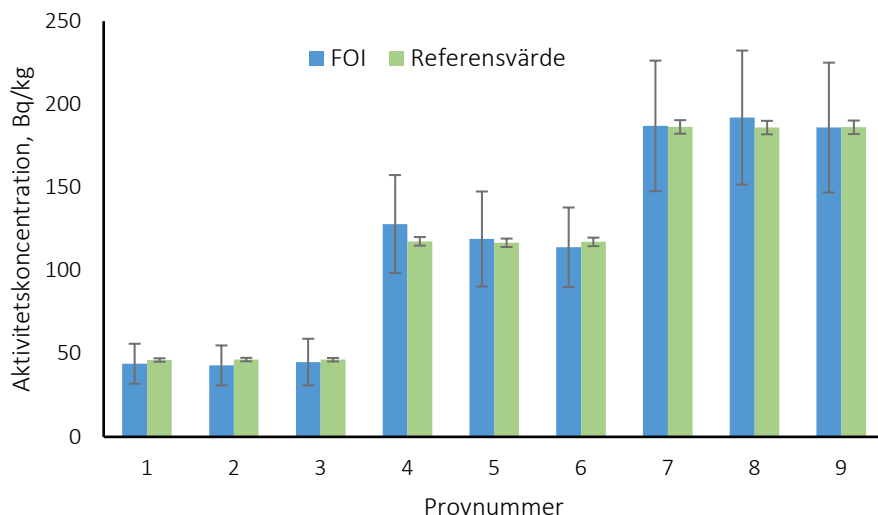
Titel/Title

Memo nummer/Number

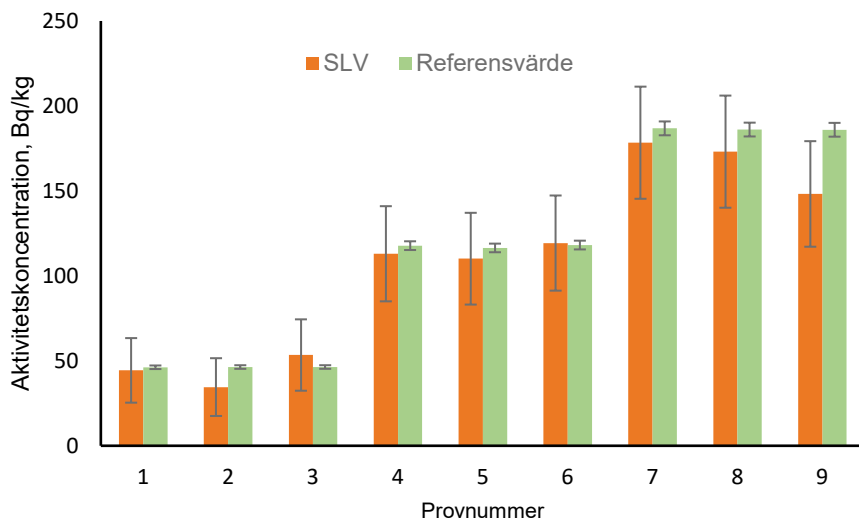
Förstärkt förmåga till livsmedelsförsörjning vid radioaktivt nedfall i Sverige FOI Memo 8836  
- utökad nationell mätförmåga, del 2

laboratorium tio mjölkprover och tio dricksvattenprover, varav en blank per provmatrix. Aktivitetsnivåerna i proverna var okända för deltagarna i testet. Proverna spikades med både högre och lägre halter av  $^{90}\text{Sr}$  än gränsvärdet på 125 Bq/kg.

I figur 2 - 4 visas resultaten för  $^{90}\text{Sr}$  i mjölkproverna från de tre laboratorierna samt referensvärden. I figur 5 visas samtliga resultat för  $^{90}\text{Sr}$  i dricksvatten från de tre laboratorierna samt referensvärden<sup>1</sup>.



**Figur 2.** Uppmätta aktivitetskoncentrationer  $^{90}\text{Sr}$  i mjölkprover från FOI. Gröna staplar är referensvärden. Felstaplarna avser sammanlagd, utvidgad mätosäkerhet ( $k=2$ ).

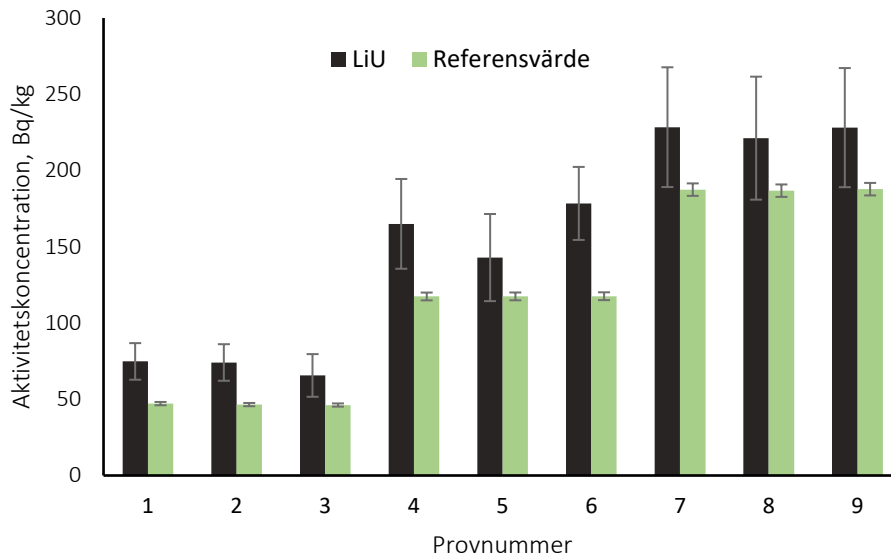


**Figur 3.** Uppmätta aktivitetskoncentrationer  $^{90}\text{Sr}$  i mjölkprover från Livsmedelsverket. Gröna staplar är referensvärden. Felstaplarna avser sammanlagd, utvidgad mätosäkerhet ( $k=2$ ).

<sup>1</sup> Referensvärdena har lägre sammanlagd, utvidgad mätosäkerhet än de rapporterade resultaten från laboratorierna. Detta beror på att de avspeglar referensmaterialets mätosäkerhet och inte metodens mätosäkerhet, vilket är fallet för laboratoriernas rapporterade mätosäkerheter.

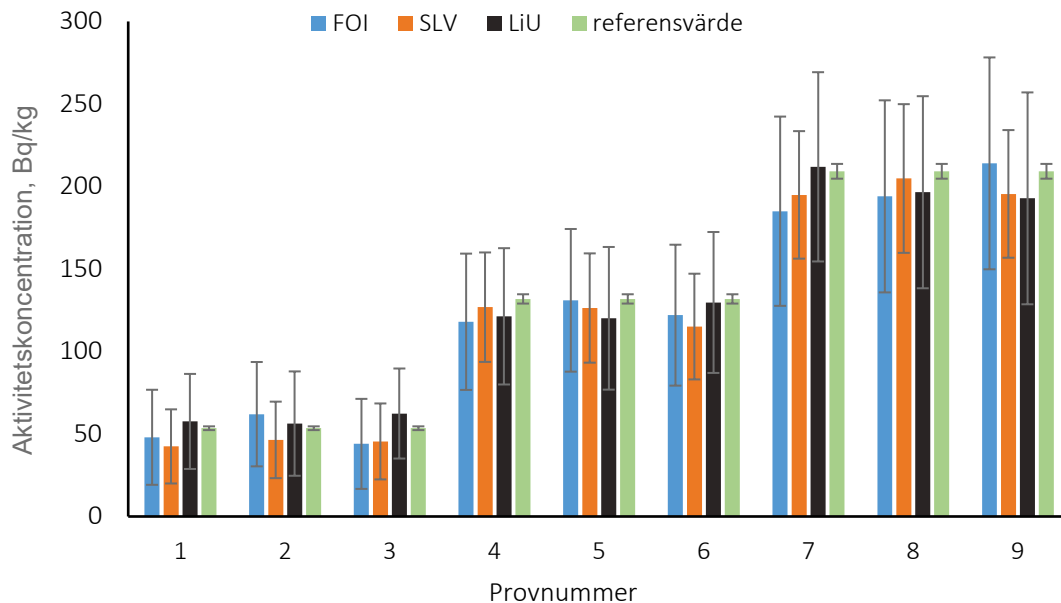
Titel/Title

Memo nummer/Number

Förstärkt förmåga till livsmedelsförsörjning vid radioaktivt nedfall i Sverige FOI Memo 8836  
- utökad nationell mätförmåga, del 2

**Figur 4.** Uppmätta aktivitetskoncentrationer  $^{90}\text{Sr}$  i mjölkprover från Linköpings universitet. Gröna staplar är referensvärden. Felstaplarna avser sammanlagd, utvidgad mätosäkerhet ( $k=2$ ).

För mjölkproverna har tillfredsställande resultat uppnåtts för FOI och Livsmedelsverket vid alla tre koncentrationsnivåer. Resultat från Linköpings universitet är något förhöjda. Denna bias kan förklaras av en kontamination i laboratoriet som påverkat utbytesbestämningen. Detta är ett hanterbart problem och kommer att kunna åtgärdas genom att sätta upp noggrannare rutiner för disk av laboratoriemateriel och hantering av kemikalier. Vid korrektion för de höga blank-värdena blir resultatet tillfredsställande.



**Figur 5.** Uppmätta aktivitetskoncentrationer  $^{90}\text{Sr}$  i dricksvattenprover från de tre laboratorierna. Felstaplarna avser sammanlagd, utvidgad mätosäkerhet ( $k=2$ ).

Titel/Title

Memo nummer/Number

Förstärkt förmåga till livsmedelsförsörjning vid radioaktivt nedfall i Sverige FOI Memo 8836  
- utökad nationell mätförmåga, del 2

För dricksvattenproverna har tillfredsställande resultat uppnåtts vid samtliga tre koncentrationsnivåer på samtliga laboratorier.

Överlag gick således jämförelsemätningen bra. FOI och Livsmedelsverket klarade av att mäta alla nivåer. Även det lägsta värdet, som låg kring 50 Bq/kg, vilket är en nivå som är mindre än hälften av Euratoms gränsvärde för flytande livsmedel för strontiumisotoper. Linköpings universitet överskattade aktiviteten i mjölkproverna något, av anledningen som beskrivs ovan.

## Sammanfattning

Inom projektet har det anskaffats en ICP-MS/MS till FOI i Umeå. Mätmetoderna, som i huvudsak har utvecklats av Livsmedelsverket, för att mäta <sup>90</sup>Sr i mjölk och dricksvatten har implementerats på FOI och Linköpings universitet. En jämförelsemätning mellan laboratorierna har genomförts, och det kan konstateras att laboratorierna med tillfredsställande noggrannhet kan mäta <sup>90</sup>Sr i mjölk och dricksvatten med ICP-MS/MS, vid nivåer som understiger Euratoms gränsvärden. Kunskap och metodik för att mäta <sup>90</sup>Sr med ICP-MS/MS finns nu på tre geografiskt skilda platser i Sverige.

## Referenser

- Euratom <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0052>
- SLV-m303 Valideringsrapport Analys av Sr-90 i mjölk med ICP-MS/MS. Livsmedelsverket, 2025
- SLV-m328 Valideringsrapport Analys av Sr-90 i dricksvatten med ICP-MS/MS. Livsmedelsverket, 2025