

SKI Rapport 2004:22
SSI Rapport 2004:05

Forskning

Detektion av radioaktivt material och kärnämne vid svensk gränskontroll

En pilotstudie

Anders Ringbom
Klas Elmgren
Lena Oliver

Juni 2004



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

ISSN 1104-374
ISSN 0282-4434
ISRN SKI-R-04/22-SE

SKi

MYNDIGHETSPERSPEKTIV

Denna rapport redovisar resultatet från en pilotstudie som utgör en del av den hotanalys som tidigare redovisats i SKI-rapport 2003:42, SSI-rapport 2003:18, Otillåten hantering av radioaktivt material och kärnämne.

Bakgrunden, syftet och resultatet av hotanalysen framgår av den ovan nämnda rapportens myndighetsperspektiv.

Projektinformation

SKI:

Projektledare: Stig Isaksson

Projektnummer: 14.10-020448/01185

SSI:

Projektledare: Erik Höglund

Referens: 70/1492/02, SSI P 1317

SKI Rapport 2004:22

SSI Rapport 2004:05

Forskning

Detektion av radioaktivt material och kärnämne vid svensk gränskontroll

En pilotstudie

Anders Ringbom

Klas Elmgren

Lena Oliver

Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)

SE-172 90 Stockholm

Juni 2004

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Statens kärnkraftinspektion, SKI och Statens Strålskyddsinstitut, SSI. Slutsatser och åsikter som framförs i rapporten är författarens/författarnas egna och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med SKI:s och SSI:s.

FÖRORD

En förutsättning för att ha kunnat genomföra denna studie var att vi fick möjlighet att kostnadsfritt låna nödvändig mätutrustning. Vi vill härmed tacka Gammadata AB för lån av Bicrons ASM III portalmonitor samt Accede AB som lånade oss den bärbara spektrometern fieldSPEC (marknadsförs numera under namnet identFINDER). Instrumenten tillhandahölls utan kostnad under mätperioden.

SAMMANFATTNING

Under en sexmånadersperiod under 2002-2003 genomfördes en pilotstudie i Stockholms Frihamn där en portalmonitor för detektion av radioaktivt material användes för att mäta på inkommande lastbilstrafik. Syftet med studien var dels av få en uppfattning av eventuell otillåten införsel av radioaktivt material och kärnämne samt att förbättra hanteringen av denna typ av händelser hos berörda myndigheter. Under perioden passerade ca 5000 fordon mätutrustningen och resulterade i tre verifierade larm. Inget av larmen kunde bekräftas härröra från annat än naturlig radioaktivitet. Det relativt låga antalet av inpasserande fordon ger dock inte tillräcklig statistik för att dra några långtgående slutsatser för införselfrekvens av radioaktivt material och kärnämne. Studien gav dock väsentligt ökad kunskap hos Tull och övriga inblandade myndigheter och resulterade även i utarbetade rutiner för hur händelser av detta slag kan hanteras.

SUMMARY

A portal monitor for detection of radioactive and nuclear material was used in a pilot study in the harbour of Stockholm during 6 months in 2002-2003. The objective of the study was both to estimate the frequency of possible illicit trafficking of radioactive and nuclear material and also to improve the procedures on how illicit trafficking incidents should be handled by the different authorities.

More than 5000 vehicles passed the portal monitor during the study and three verified alarms were detected by the equipment. None of the alarms could be confirmed to result from other sources than naturally occurring radioactivity. The relatively low number of vehicles that were measured during the study is not enough to draw any conclusions on the general frequency of transfers of radioactive materials to Sweden. The study, however, improved the knowledge and experience considerably for the customs and other authorities. Procedures on how the customs should act in case of an illicit trafficking incident have also been developed and tested during the study and could serve as a basis for establishing such procedures.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INLEDNING – SYFTET MED PILOTSTUDIEN | 6 |
| 2 | GENOMFÖRANDE | 7 |
| 2.1 | ALLMÄNT OM DETEKTIONSUTRUSTNING FÖR RADIOAKTIVT MATERIAL | 7 |
| 2.2 | VAL AV UTRUSTNING..... | 8 |
| 2.3 | UPPRÄTTANDE AV RUTINER | 10 |
| 2.4 | UTBILDNING | 12 |
| 2.5 | INSTALLATION AV PORTALMONITORN..... | 13 |
| 2.5.1 | <i>INSTALLATION</i> | 13 |
| 2.5.2 | <i>Testfas</i> | 14 |
| 2.6 | RUTINMÄTNING..... | 14 |
| 3 | RESULTAT & DISKUSSION | 15 |
| 4 | SLUTSATSER | 17 |
| 5 | REFERENSER | 18 |

Appendix 1

Rutiner för larm i portalmonitor

1 INLEDNING – SYFTET MED PILOTSTUDIEN

Att ha god detektionskapacitet vid landets gränskontroller är av stor vikt i arbetet med att bekämpa smuggling av radioaktivt material och kärnämne och för att förhindra att människor oavsiktligt utsätts för förhöjda stråldosnivåer. Sverige har idag ingen kontinuerlig detektionskapacitet för att upptäcka radioaktivt material eller kärnämne som – avsiktligt eller oavsiktligt – införs över Sveriges gränser. Under 1990-talet förseddes ett antal svenska gränskontroller med bärbara intensimetrar, ett instrument som momentant anger stråldoshastigheten [1]. Intensimetrarna har endast begränsad kapacitet att detektera radioaktivt material och kärnämne och är främst avsedda för det personliga strålskyddet. För att öka möjligheten att avslöja smuggling är det nödvändigt att använda sig av portalmonitörer för övervakning av fordons- och persontrafik. Ett flertal länder i Europa har erfarenhet av sådan utrustning sedan många år. I Sverige har däremot arbetet med detta gått trögt, och till helt nyligen har det inte funnits en enda stationär mätutrustning för radioaktiva material vid Sveriges gräns¹.

I den kartläggning av Sveriges förmåga till detektion och analys av radioaktivt material som FOI genomförde under 2001 föreslogs en pilotstudie vid någon gränskontroll för att utreda behovet och öka erfarenheten av fasta mätinstallationer [1]. Under 2002-2003 genomfördes en sådan pilotstudie

Följande mål sattes upp för denna studie:

- Att få en uppfattning om omfattningen av eventuell otillåten införsel av kärnämne och andra strålkällor.
- Att utforma rutiner för åtgärder då radioaktivt material påträffas vid en gränskontroll. Det faktum att ansvaret och kompetensen är uppdelat på flera myndigheter gör sådana rutiner extra viktiga.
- Att förbättra tullpersonalens kunskap rörande strålning och radioaktiva material.
- Att nationellt erhålla ökad teknisk kompetens på området.

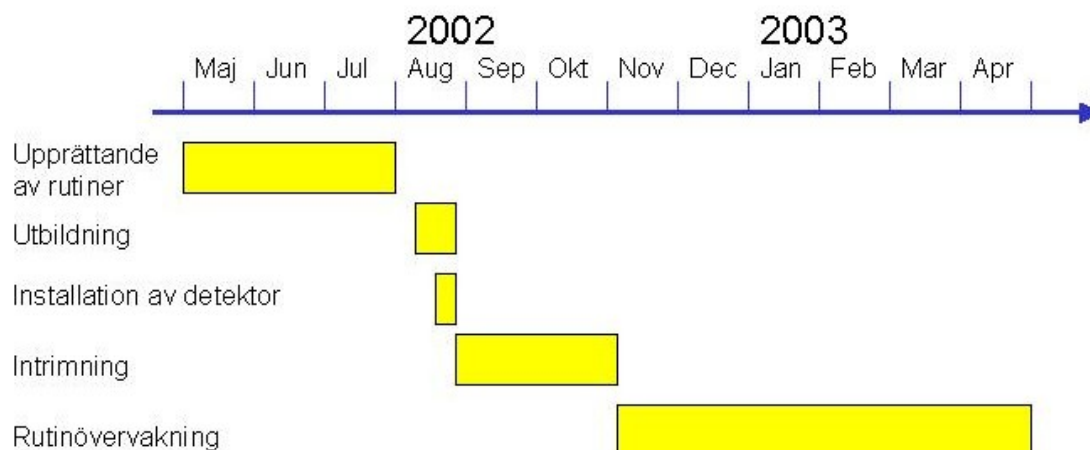
I anknytning till denna studie genomfördes också en hotanalys för att bedöma hot mot Sverige genom smuggling eller annan otillåten hantering av radioaktivt material och kärnämne över Sveriges gränser samt att kartlägga säkerheten vid hanteringen av denna typ av material inom Sverige. Denna hotanalys redovisas i en separat rapport [2].

Pilotstudien och hotanalysen finansierades gemensamt av Statens strålskyddsinstitut (SSI) och Statens kärnkraftinspektion (SKI) och fokuserades därför både på strålskydds- och icke-spridningsaspekter.

¹ I Göteborgs hamn finns nu sedan en tid en portalmonitor installerad för att mäta på utgående containertrafik till USA.

2 GENOMFÖRANDE

Planeringen inför pilotstudiens genomförande startade 2001. Uppdraget till FOI att leda studien formulerades våren 2002 och projektet startades kort därefter. Arbetet som genomfördes under studien sammanfattas i Figur 1. De olika faserna beskrivs vidare i avsnitten nedan.



Figur 1: Tidplan för studiens olika aktiviteter.

2.1 ALLMÄNT OM DETEKTIONSUTRUSTNING FÖR RADIOAKTIVT MATERIAL

Av de olika slag av joniserande strålning som kan avges från radioaktiva ämnen är det endast gamma- och neutronstrålning som har tillräckligt lång räckvidd för att låta sig detekteras med hjälp av den relativt enkla och robusta teknik som normalt används vid rutinkontroller vid en gränsövergång. Gammastrålning av olika energi avges av i princip alla radioaktiva material. Neutroner avges via så kallad spontan fission av kärnämnen som uran och plutonium. Detektionssannolikheten i en portalmonitor beror på en mängd faktorer såsom strålningens energi, intensitet, avstånd och mängd skärmande material mellan preparat och detektor, detektorns interna effektivitet och mättid samt den naturliga bakgrundsstrålningen på platsen. Vidare är den analysalgoritm som används av mätsystemet betydelsefull.

Bakgrundsstrålningen härrör främst från berggrunden och från kosmisk strålning. För att kunna detektera svagt strålade radioaktiva material måste mätsignalen vara tillräckligt stor så att man kan urskilja provsignalen från bakgrunden. Bakgrundsstrålningen fluktuerar dock något med tiden vilket medför att den måste registreras fortlöpande.

Larmgränsen är den nivå där den uppmätta strålningen avviker tillräckligt mycket från bakgrunden så att man med tillräcklig säkerhet kan säga att det verkligen rör sig om ett larm

och inte bara är en fluktuation i bakgrunden. Larmgränsen² under pilotstudiens operativa fas sattes till 6σ , vilket motsvarade en avvikelse från bakgrunden med ca 6 %. En för högt satt larmgräns kan resultera i att vissa radioaktiva material som passerar ej detekteras utan avförs som avvikelser i bakgrundsstrålningen medan å andra sidan en för lågt satt larmgräns resulterar i alltför många falsklarm.

Utrustning som skall användas för att detektera radioaktivt material i passerande fordon behöver ha kapacitet att snabbt kunna mäta den strålning som det aktuella kollit eventuellt utsänder när fordonet passerar detektorn. Dagens mätsystem kan klara de uppsatta kraven att snabbt mäta en liten ökning av strålningsnivån under förutsättning att fordonet inte har för hög hastighet. Portalmonitorer för fordonsmätning har en hastighetsbegränsning på ca 3-8 km/h.

Uran är ett problematiskt ämne att detektera då väldigt lite och lågenergetisk gammastrålning sänds ut när uran sönderfaller. Om uranet dessutom är skärmat av något material med hög densitet minskas detektionsmöjligheten ytterligare. Då uran och plutonium, till skillnad från övriga radioaktiva ämnen, även avger neutroner är en detektor med kapacitet till neutrontektion av stor vikt för att kunna spåra kärnämne.

Detektorns storlek är delvis relaterad till hur effektiv den är för mätning av gammastrålning. Strålningen måste hinna växelverka i detektormaterialet för att ge en mätsignal. Det är också viktigt att det strålade materialet man vill mäta är så nära detektorn som möjligt. Genom att placera gammadetektorer på vardera sidan av fordonet i passagen ökar man möjligheten till detektion. För att öka känsligheten ytterligare kan man även placera detektorer över och under fordonet.

2.2 VAL AV UTRUSTNING

Som nämnts i en tidigare rapport [1] inkluderar konceptet *detektion* av ett smuglingsförsök av radioaktivt material mer än bara registrering av en signal i en detektor. Förutom en första mätning måste resultatet utvärderas med avseende på falsklarm. Ämnet skall sedan identifieras. Vid den inledande mätningen vid en gränskontroll skall strålningens intensitet registreras med hög effektivitet och tillförlitlighet. Detta kan göras med hjälp av en portalmonitor. Identifikation av materialet kräver en utrustning som även mäter energin hos gammastrålningen. Detta görs lämpligen med en bärbar spektrometer. Användarvänliga sådana finns idag kommersiellt tillgängliga.

Utgångspunkten var att använda sig av sådan utrustning som klarade kraven enligt ITRAP-studien som IAEA genomförde under 1998-1999 i Nickelsdorf vid österrikisk-ungerska gränsen [3]. Enligt dessa krav skall utrustningen klara att detektera en ökning av stråldoshastigheten med $0.1 \mu\text{Sv/h}$ under 1 sekund vid en bakgrund på $0.2 \mu\text{Sv/h}$. Detektorn skulle också kunna detektera ett neutronflöde på 20000 n/s på 2 meters avstånd under 10 sekunder. Normal bakgrundsstrålning ligger på ca $0.1 \mu\text{Sv/h}$.

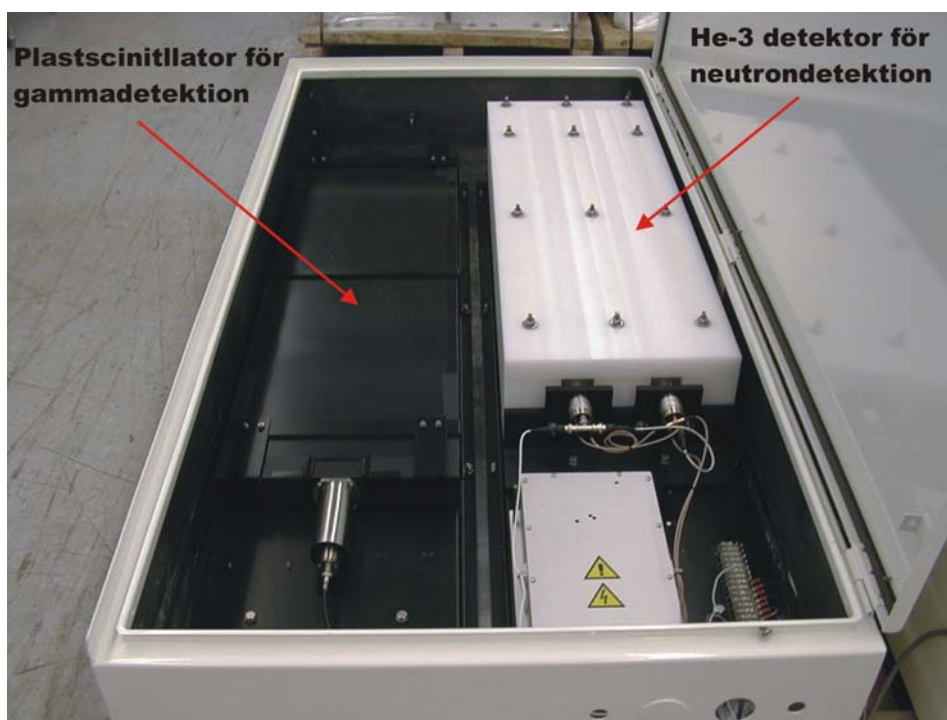
² Standardavvikelsen hos antalet uppmätta pulser anges i σ (sigma). $\sigma = \sqrt{N}$ där N är antalet pulser som detektorn registrerar.

Uran och plutonium som är skärmat av t.ex. bly för att undgå upptäckt kan dessutom lättare detekteras med detektorer som kan mäta neutroner. En portalmonitor med kapacitet att mäta både gamma- och neutronstrålning valdes därför för studien.

Den utrustning som användes under studien var dels Bicrons portalmonitor ASM 3000 III-GN och dels Targets bärbara gammaskpektrometer fieldSPEC³ (se Figur 2 & 3).

Portalmonitorn består dels av två plastscintillatorer för detektion av gammastrålning och He-3 rör för detektion av neutroner (se figur 2). Totalvolymen för plastscintillatorn, ASM 3000 III-GN, är 50 liter. ASM III Model 6000 som har dubbel volym anges som jämförelse kunna detektera en blyskyddad⁴ strålkälla med 7,4 GBq ¹³⁷Cs som placerats i en kubisk 30 cm stålbox. Denna modell uppges ha en detektionssannolikhet på 99% och en falsklarmsfrekvens på 0,1 %.

För att kunna göra isotopidentifikation utrustades tullen även med den bärbara spektrometern fieldSPEC. Med hjälp av en NaI(Tl) kristall och ett GM-rör registrerar denna detektor både energispektrum och stråldoshastighet. Utrustningen kan användas för isotopidentifikation genom att använda uppmätt energispektrum tillsammans med ett nuklidbibliotek. Instrumentet har en inbyggd källa av Cs-137 för automatisk kalibrering, vilket gör utrustningen stabil under drift. Utrustningen kan mäta i området 10 nSv/h till 1 Sv/h.



Figur 2: Portalmonitor ASM 3000 III-GN.

³ Marknadsförs numera under namnet identFINDER.

⁴ Blyskyddet enligt standard - Texas Nuclear Model 9151.



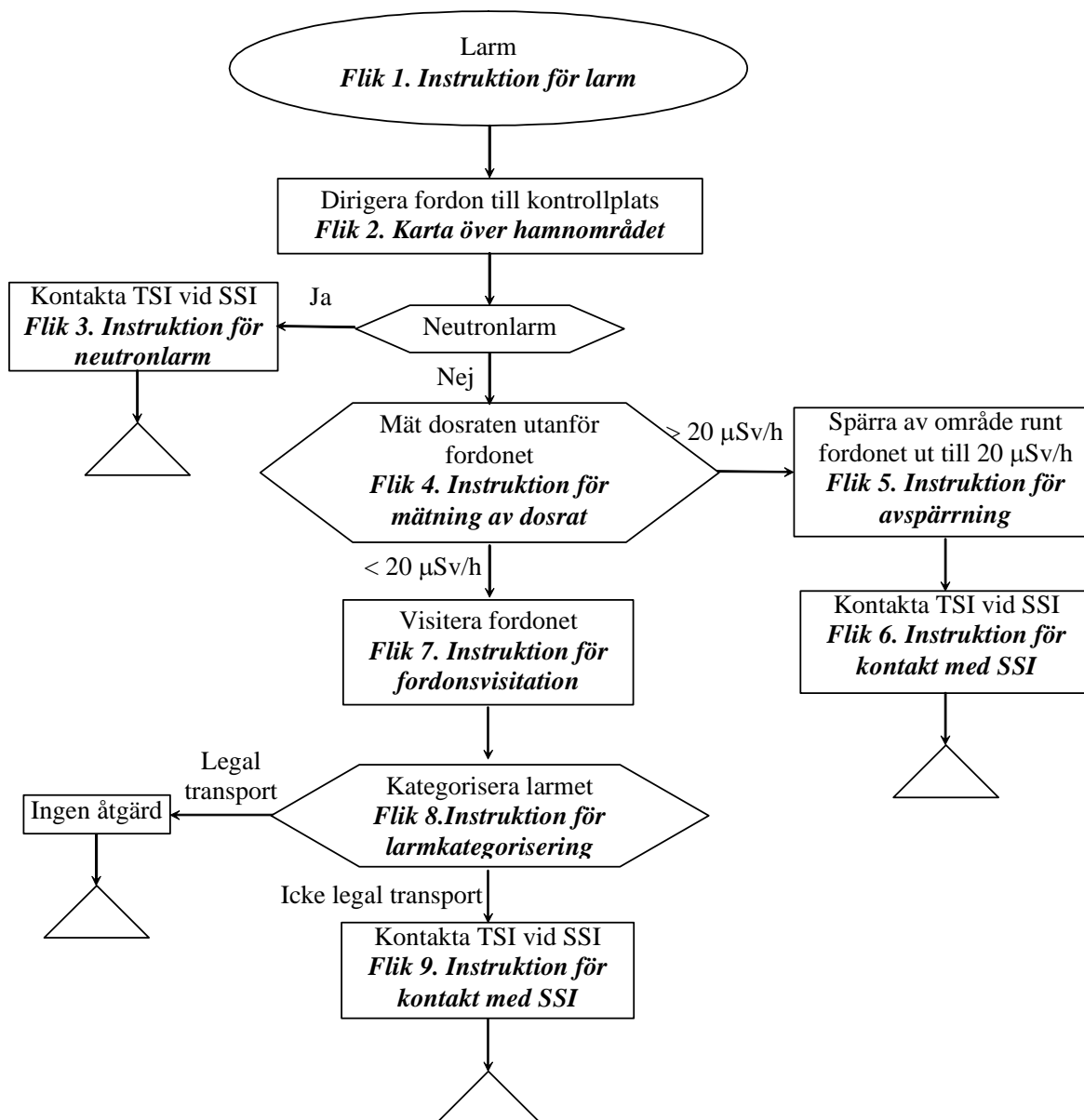
Figur 3: Det handburna instrumentet FieldSPEC som användes för isotopidentifikation i studien.

2.3 UPPRÄTTANDE AV RUTINER

En viktig del i arbetet med pilotstudien har varit att utarbeta rutiner för hur tullen och övriga myndigheter skall agera vid larm i en portalmonitor vid en svensk gränskontroll. Arbetet med att utarbeta rutiner gjordes gemensamt av Tullverket, FOI, SSI och SKI. IAEA har publicerat ett antal dokument om arbete med att förhindra, detektera och åtgärda smugglingsincidenter med radioaktiva material. Dessa dokument användes som utgångspunkt för att utveckla de rutiner som behövdes för Sveriges del [3,4,5].

När det gäller tillsynen av hantering som rör radioaktivt material och strålkällor är det SSI som är den ansvariga myndigheten i Sverige medan SKI ansvarar för tillsynen av hanteringen av kärnämne inom landet. Utgående från respektive myndighets ansvarsområde upprättades rutiner för hur tulltjänstemannen skall agera beroende på vilket material som påträffas. En översikt över larmhanteringen återfinns i Figur 4 och de olika rutinerna beskrivs i detalj i Appendix 1. Rutinerna fanns under pilotstudien samlade i en pärm där varje del beskrevs under en egen flik, därav benämningen Flik 1-8.

Rutinerna är upplagda så att tulltjänstemännen så långt som möjligt skall klara att hantera larmen själva utan att tillkalla tjänstgörande strålskyddsinspektör (TSI) eller annan expertis. Vid larm i portalmonitorn skall larmet först verifieras genom att låta fordonet passera detektorn en andra gång (Flik 1). Om detektorn larmar på två på varandra följande mätningar anses larmet vara verifierat och man går vidare i flödesschemat – annars släpps fordonet igenom utan vidare åtgärd. Om portalmonitorn larmar för neutroner och inte gammastrålning skall TSI kontaktas omedelbart utan vidare åtgärd (Flik 3). Ett neutronlarm indikerar att förmodligen kärnämne då det i praktiken inte finns några naturligt förekommande ämnen som skulle kunna orsaka ett ”oskyldigt” larm. Den normala naturliga neutronbakgrunden härrör från kosmisk strålning och är mycket låg. Det finns dock uppgifter om att elektroniska störningar i vissa fall kan orsaka falska neutronlarm.



Figur 4. Åtgärdsschema för larm vid portalmonitor. De olika flikarna i figurerna hänvisar till olika rutiner som återfinns i Appendix 1.

Efter att larmet har verifierats dirigeras fordonet till en kontrollplats där utsidan av fordonet mäts med hjälp av den bärbara spektrometern (Flik 4). Om nivåer över $20 \mu\text{Sv/h}$ uppmäts någonstans på utsidan av fordonet spärras området av enligt instruktionerna i Flik 5 och TSI kontaktas (Flik 6). Om doshastigheten hela tiden understiger $20 \mu\text{Sv/h}$ under mätningen utanför fordonet kan man fortsätta att lokalisera källan genom fordonsvisitation (Flik 7). Om doshastigheten vid något tillfälle under de fortsatta undersökningarna överstiger $100 \mu\text{Sv/h}$ skall undersökningen avbrytas och TSI kontaktas enligt Flik 6.

Under fordonsvisitationen görs noggranna doshastighetsmätningar både på utsidan av fordonet och i lastutrymmet. När källan lokaliserats mäts doshastigheten på 1 meters avstånd och mätvärdet noteras i loggboken varefter en nuklididentifikation utförs med hjälp av den

bärbara spektrometern. Om en specifik nuklid har kunnat identifieras kan man sedan gå vidare och kategorisera larmet enligt Flik 8. Genom att stämma av informationen som fordonsvisitationen gett (identifierad nuklid och uppmätt doshastighet) mot uppvisade transporthandlingar eller lathunden till Flik 8 kan larmet kategoriseras. Om det rör sig om material som är naturligt strålende som exempelvis konstgödsel (^{40}K) eller avlagringar i rör (^{226}Ra) resulterar larmet inte i någon ytterligare åtgärd. Lasten kan också släppas om transporthandlingarna stämmer överens med nuklididentifikationen och rätt storleksordning på den uppmätta doshastigheten. Det kan då röra sig om lagliga transporter av exempelvis medicinska eller industriella isotoper. I övriga fall kontaktas TSI enligt Flik 9.

Alla mätvärden och andra observationer under larmhanteringen skall enligt instruktionerna antecknas i loggbok.

Detektion med portalmonitorn med efterföljande fordonsvisitation med bärbar utrustning testades av de olika myndigheterna, samt under utbildningen av tullpersonal, innan den operativa fasen startade.

2.4 UTBILDNING

Ett av målen med pilotstudien var att utbilda tullpersonal så att de – så långt som möjligt – skall kunna hantera eventuella larm i detektorn och göra en första analys och bedömning av vilken typ av larm det rör sig om och vilka åtgärder som bör vidtagas. Innan pilotstudien startades genomfördes därför en utbildning av de tulltjänstemännen i Mälardalsregionen som skulle kunna komma att beröras av pilotstudien.

Utbildningsinsatsen innefattade dels en halvdagskurs för ett större antal tulltjänstemän och dels en heldagskurs för ett färre antal resurspersoner. Målet med halvdagskursen var främst att ge en allmän bakgrund om strålning, detektorns funktion, hotbild, rutiner och strålskydd till de tulltjänstemän som skulle kunna bli berörda av pilotstudien. Halvdagsutbildningen skedde vid fyra tillfällen med totalt ca 65 deltagare.

De resurspersoner som deltog i heldagskursen fick lära sig mer om hur utrustningen fungerade och hur man skulle hantera en larmsituation. Tanken vara att det i varje arbetslag skulle finnas minst en som fått den längre utbildningen och kunde agera larmansvarig. Heldagskursen innehöll därför en halv dag med praktiska övningar i handhavandet av detektorerna och hur genomsökning av fordon och omhändertagande av strålkällor skulle utföras. Heldagsutbildningen gavs vid två tillfällen och omfattade ca 20 personer.

Den grundkurs som alla kursdeltagare fick del av innefattade:

- Bakgrund till pilotstudien och allmän information om problematiken kring otillåten hantering av radioaktivt material och kärnämne
- Radioaktivitet, strålning och strålskydd
- Biologiska effekter av strålning
- Användning och hantering av radioaktivitet och kärnämne i Sverige
- Hantering av larm, detektorns funktion och demonstration av bärbara detektorer

2.5 INSTALLATION AV PORTALMONITORN

2.5.1 INSTALLATION

De kriterier som användes för placeringen av portalmonitorn var:

- Mäta på ett så stort antal fordon (eller kollin) som möjligt för att erhålla god statistik
- Utrustningen skall kunna installeras utan alltför stora ombyggnadskostnader
- Logistiken skall fungera praktiskt
- Närhet till Stockholm där deltagande myndigheter och expertis finns tillgänglig

Efter olika överväganden installerades portalmonitorn i lastbilsfilen i Stockholms Frihamn. Att mäta på containertrafiken skulle gett ett större antal mätta kollin under mätperioden – och kanske också en annan typ av laster – men ett sådant förfarande skulle orsakat oacceptabla förseningar i containertrafiken på grund av logistiska problem på platsen. Lastbilsfilen valdes därför även om mätning av lastbilar skulle innebära ett färre antal passerade kollin. Ett annat skäl var att man då hade möjlighet att kunna vända lastbilen på området för att kunna genomföra ommätning vid eventuellt larm.

Urustningen placerades för att mäta på samtliga lastbilar som passerade gränskontrollen. Portalmonitorn består av två detektorer som placerades på vardera sidan av lastbilsfilen. Detektorerna placerades så nära körbanan som var praktiskt möjligt. Höjden valdes så att mätningen skulle bli så effektiv som möjligt på en typisk lastbil. I Figur 4 syns en lastbil som precis passerar portalmonitorns position.



Figur 5. Portalmonitorns placering i lastbilsfilen i Stockholms frihamn. Pilarna markerar läget för de två detektorerna.

Portalmonitorns ena detektor syns som en stor, vit dosa på väggen i inloppet till tunneln på lastbilens högra sida. Innan detektorn finns en bom placerad (uppfällt läge på bilen) där fordonet måste stanna och föraren knappar in den kod han erhållit vid tullklareringen innan bommen öppnas. Vid infarten finns också skylt uppsatt för hastighetsbegränsning. I andra änden av tunneln finns ett stoppljus uppsatt som visar rött vid larm.

Larmet indikerades med ljud- och ljussignal i och utanför fordonsvisitationshallen samt kontoret vid tullklareringen.

2.5.2 TESTFAS

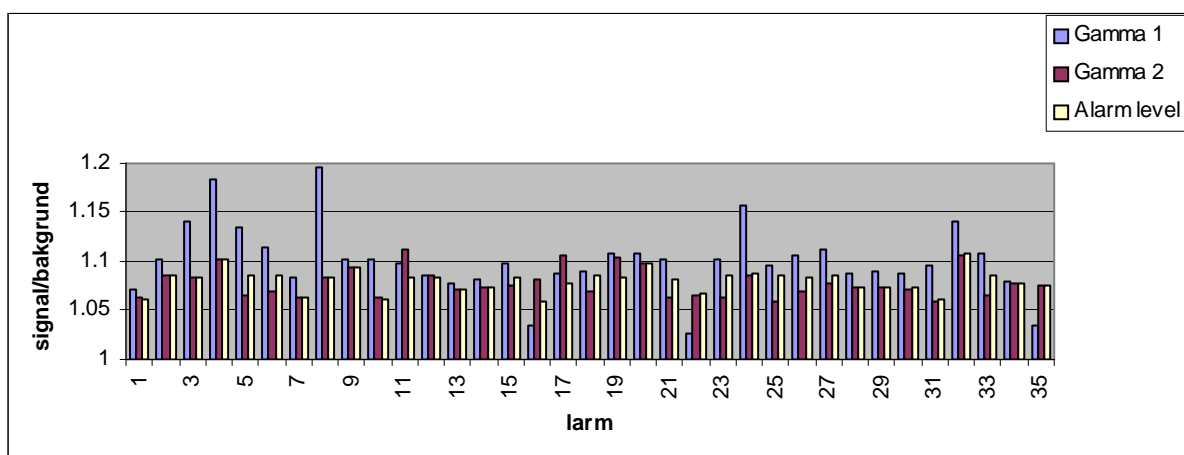
Innan detektorn kunde användas operativt måste vissa instrumentinställningar göras. Framförallt måste en larmnivå trimmas in. Att finna rätt larmnivå är en avvägning mellan att ha få falsklarm och eventuellt missa något larm från lågstrålande material eller att ha många falsklarm men kunna detektera mycket lågstrålande prover. Under testfasen ökades larmnivån successivt från 3σ till 6σ för att minska antalet falsklarm som initialt var alltför många.

För att portalmonitorn skall hinna detektera eventuellt förhöjd strålningsnivå i en lastbilslast krävs att lastbilen passerar portalmonitorn med en hastighet på mellan 3-8 km/h. Vid uppstart av utrustningen visade det sig att de passerande fordonen hade en högre hastighet än vad utrustningen klarade av. Skylt för hastighetsbegränsning uppsattes och senare krävdes också ett farthinder för att begränsa hastigheten ytterligare.

Då en tillfredsställande larmnivå ställts in kördes utrustningen ”tyst” under en dryg månad. Detektorn mätte och registrerade de passerande fordonen utan att larma vid förhöjda strålnivåer. Resultaten sparades dock och kunde analyseras för att bekräfta att rätt larmnivå användes.

2.6 RUTINMÄTNING

Den operativa fasen inleddes den 2 oktober 2002 och utrustningen kördes utan avbrott fram till 7 april 2003 då systemet stängdes av. Mätperioden blev således totalt ca 6 månader. Under första tiden bedömdes systemet ge ifrån sig ett för stort antal falsklarm (flera i veckan) vilket justerades genom att man 1 november ökade larmnivån från 5σ till 6σ . Under testperioden skötte tullpersonalen själva kvittering av larm, avläsning av larmmonitor och larmkvitton, ommätningar och utförde även en första analys och bedömning av larmet. Mätresultaten för samtliga larm, falska eller äkta, sammanfattas i Figur 6.



Figur 6. De larm som skedde vid första passage under mätperioden. Larmen angivna som förhållandet mellan signal och bakgrund i de två gammadetektorerna.

3 RESULTAT & DISKUSSION

Under studien passerade ca 5000 fordon kontrollen och registrerades i portalmonitorn. Det registrerades också ett stort antal gående och fordon som passerade portalmonitorn i motsatt åkriktning (förmodligen främst personal från Tull och Stockholms hamn). Av totalt 8900 mätningar registrerades 31 ”falsklarm” vilket motsvarar en falsklarmsfrekvens på 0,36 %. Detta resultat bedöms stämma överens med tillverkarens specifikation på 0.1% falsklarmsfrekvens för ett system med dubbelt så stor detektorvolym. Under mätperioden registrerades tre riktiga larm, det vill säga att fordonen även larmade vid ommätning. Ytterligare ett larm registrerades, men utan att man hann stoppa fordonet för ommätning innan det försvunnit från platsen. Två av de tre verifierade fallen kunde konstateras härröra från ”naturlig” radioaktivitet. Det tredje verifierade larmet feltolkades dock av tullpersonalen som att det inte hade larmat vid ommätning och orsaken till detta larm är därför oklart. Övriga falsklarm berodde förmodligen på fluktuationer i bakgrunden eller möjligtvis att det rörde sig om mycket svagt radioaktiva material. Att tre av larmen skedde under samma dag har inte kunnat förklaras med annat än att det rör sig om en tillfällighet.

De fyra fall som nämns ovan kan sammanfattas nedan:

Larm 1 (2002-12-12 kl.10.47)

Ett larm registrerades vid passage, men då ingen tullpersonal fanns på plats kunde inte fordonet omdirigeras för ommätning innan det försvunnit från platsen. Under studien fanns ett stoppljus installerat efter att fordonet passerat portalmonitorn och som visar rött för föraren om mätningen måste göras om. Detta stoppljus kan förstås negligeras av föraren om inte tullpersonal finns på plats för kontroll. Kan påpekas att detta larm var relativt svagt (7 % över bakgrundsnivån) och hade möjligen inte gett upphov till ett andra larm vid ommätning.

Lärdom: Detta fall visar att man på något sätt bör se till att fordon inte kan försvinna från platsen innan tullpersonal kan undersöka fallet vidare. Detta bör i framtiden lösas genom att antingen 1) se till att tullpersonal hela tiden finns på plats för att kunna åtgärda eventuella larm eller 2) att ha en bom eller annan stoppanordning efter att portalmonitorn passerats som fälls ned och stoppar fordonet vid larm i detektorn.

Larm 2 (2002-12-12 kl.11.00)

Detta fordon larmade vid första passagen och gav ett utslag som låg 8 % över bakgrundsnivån. Vid ommätning 6 minuter senare fås enligt larmkvittot också ett larm med ungefär samma strålningsnivå. Enligt loggboken verkar dock detta larm ha tolkats av tullpersonalen som att det inte hade larmat vid ommätning – larmkvittot från ommätningen visar dock att ett andra larm skett. Orsaken till varför man tolkade detta larm som falsklarm var förmodligen ovana med utrustningen och liten erfarenhet på området.

Lärdom: Denna typ av misstag kan undvikas genom kontinuerlig utbildning och övning i larmhantering och detta hade förmodligen inte skett om man haft mer rutin och erfarenhet på området.

Larm 3 (2002-12-12 kl. 11.08)

Bilen larmade både vid första och andra mätningen. Lasten innehöll ved vilket förmodligen orsakade larmet. Ved kontaminerat av nedfall från Tjernobylyolyckan är en relativt vanlig larmorsak runt om i Europa. SSI kontaktades, men tullpersonalen misstolkade SSI:s instruktioner och fordonet släpptes utan vidare åtgärd. Enligt instruktionerna skulle i detta fall en isotopidentifikation utförts med den bärbara gammaspectrometern för att verifiera att det rör sig om ^{137}Cs från Tjernobylnedfall. Efter en sådan identifikation och kategorisering av larmet skulle tullpersonalen kunnat dra slutsatsen att det rörde sig om en isotop med naturlig förklaring och kunnat släppt fordonet utan vidare åtgärd. Om en sådan mätning identifierat en annan isotop än någon med naturlig förklaring skulle SSI behövt komma till platsen för vidare analys. Rutinerna fallerade här på grund av misstolkning av instruktioner från SSI.

Lärdom: Att både Tull och SSI har god kännedom om rutinerna och kan ge korrekta instruktioner vid larm är en förutsättning för att larmhanteringen skall fungera. Mer övning vad gäller larmhantering krävs för både tull och berörda myndigheter. En större erfarenhet på området från tullpersonalens sida borde lett till att de på egen hand klarat av larmet. De skrivna instruktionerna till tullpersonalen kan förmodligen tydliggöras, exempelvis genom en enkel kortfattad sammanfattning.

Larm 4 (2003-03-17 kl. 11.20)

Ett fordon som larmade vid både första och andra mätning visade sig, genom att studera transporthandlingarna, innehålla en last av 23 kg kaliumbensoat. Kaliumprodukter innehåller naturligt små koncentrationer av isotopen ^{40}K som kan utlösa larm i detektorn. Fordonet kunde därför, enligt rutinerna, släppas då det rörde sig om naturlig radioaktivitet. Enligt instruktionerna skall en isotopidentifikation utföras för att verifiera att den nuklid som gett upphov till larmet är densamma som anges i transporthandlingarna. Om så skedde är dock oklart och framgår ej av loggboken.

Lärdom: Att dokumentera hanteringen av larm är av vikt för att kunna lära av tidigare fall samt för att kunna analysera händelsen i efterhand. Bör därför finnas tydligare instruktioner om hur loggbok och dokumentation skall ske vid larm.

Det relativt begränsade antalet fordon, dels beroende på den begränsade båttrafiken under mätperioden, dels beroende på att endast lastbilar studerades, medger inte en heltäckande analys av hotbilden. Man kan dock konstatera att larmfrekvensen stämmer väl med tidigare försök, exempelvis den av IAEA genomförda ITRAP-studien⁵ vid österrikisk-ungerska gränsen [3].

I ITRAP larmade detektorerna för kontaminerat skrot i genomsnitt en gång per 6 300 passerande fordon, vilket är en frekvens jämförbar med vår studie. Det skedde också ungefär en laglig transport av radioaktivt material och en transport av radioaktiva jordbruksprodukter per 6 300 passerande fordon. Dessutom larmade detektorer vid ungefär var hundra passerande lastbil p.g.a. naturligt radioaktiva material såsom konstgödsel, keramiska material, glödlampor, TV-apparater etc. Att vår genomförda pilotstudie ej hade denna frekvens av larm för naturligt förekommande material beror antagligen på att denna typ av last ej är så vanlig i Stockholms Frihamn.

⁵ ITRAP = Illicit Trafficking Radiation detection Assessment Program.

4 SLUTSATSER

Pilotförsöket gav en väsentligt ökad kunskap hos tullpersonal och de inblandande myndigheterna om hantering av larm och om mätinstrumentens prestanda. Försök visade att instrumentet klarar av att detektera relativt små mängder naturlig radioaktivitet, samt även små kvantiteter låganrikat uran. Vidare gav försöket värdefull erfarenhet om vilken utbildning som krävs för att kunna hantera utrustningen, samt hur rutiner bör utformas. Det kan också påpekas att de utarbetade rutinerna nu också används vid CSI projektet i Göteborgs hamn.

Då antalet larm var förhållandevis få under testperioden kan man inte dra några långtgående slutsatser vad gäller generell införselsfrekvens av radioaktivt material till Sverige. För bedömningar av detta slag hänvisar vi till den hotanalys som gjorts i anslutning till denna pilotstudie och som diskuteras i separat rapport [2].

Det krävs regelbundna övningar för både tullpersonal och övriga inblandade myndigheter för att träna hanteringen av larm. Det är speciellt viktigt att träna rutinerna för mer allvarliga fall där frekvensen är så låg att man inte får tillräcklig erfarenhet av hur hanteringen skall gå till då de sker så sällan.

De skrivna rutinerna bör kompletteras med en kort, punktformig sammanfattning att använda sig av när man fått mer erfarenhet på området. De mer detaljerade rutinerna bör finnas som ett stöd att använda vid eventuella frågor.

Loggboken bör utformas på ett annorlunda sätt där det finns plats att klistra in kvitton från portalmonitorn samt lätt kunna bekräfta eller inte om ommätning skedde och vilket resultat det gav exempelvis genom att kryssa i en ruta att ommätningen ej larmade och fordonet släpptes. Som det nu är redovisat är det inte alltid klart om ommätning skedde och i sådant fall ej gav larm, eller om ommätning inte skedde överhuvudtaget. Det bör också finnas plats för att beskriva händelseförloppet i loggboken.

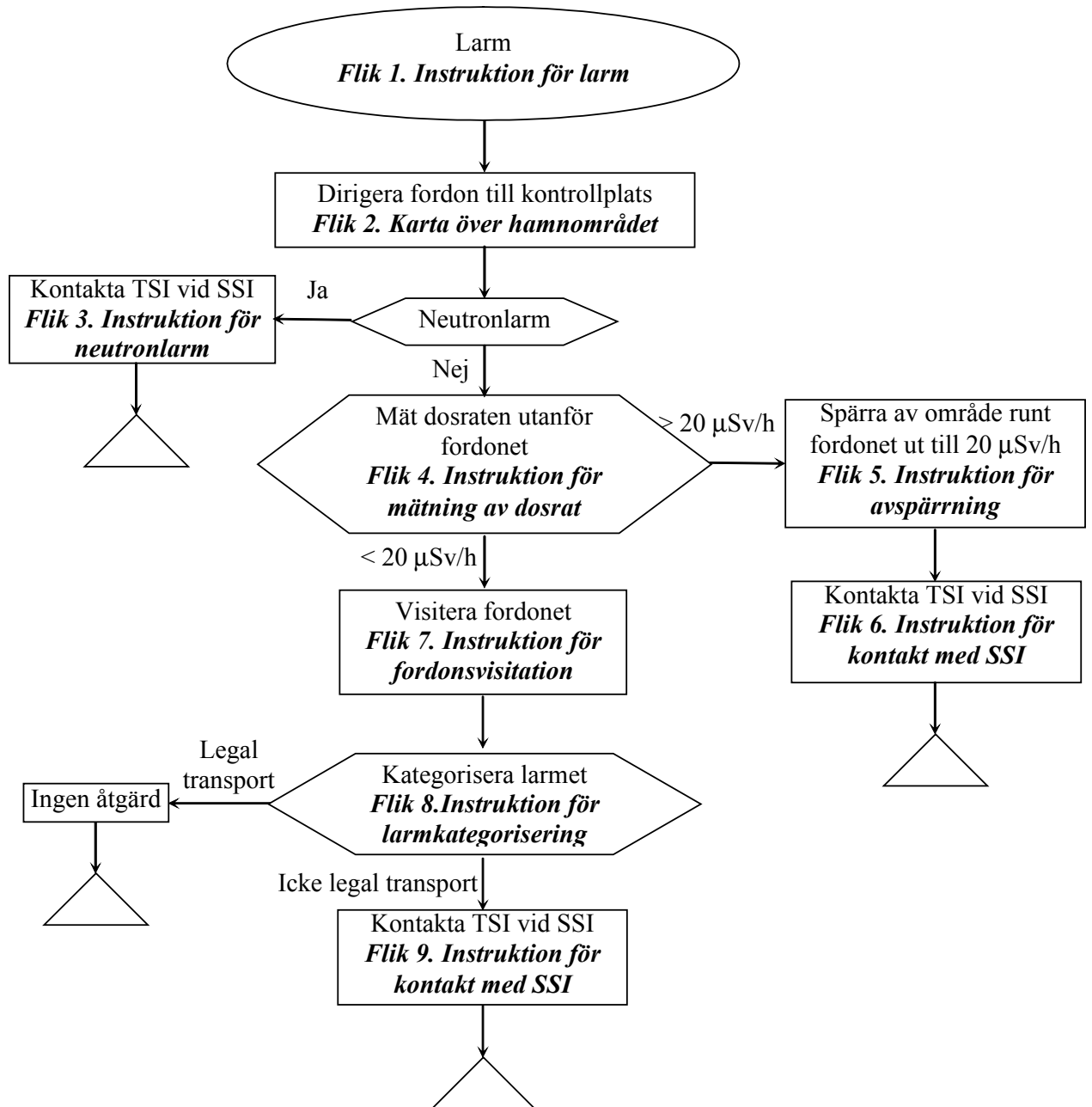
Rutiner och handlingsplaner för vilka instruktioner som skall ges vid larm bör vara väl kända på relevanta avdelningar i de olika myndigheternas organisation och framförallt hos SSI som får den första kontakten med tullpersonal vid ett eventuellt larm.

5 REFERENSER

- [1] Anders Ringbom, Lena Spjuth, *Smuggling av radioaktivt material. Sveriges förmåga till detektion och analys*. SKI Rapport 01:26, april 2001.
- [2] Lena Oliver et. al., *Otillåten hantering av radioaktivt material och kärnämne – hotanalys och förslag till åtgärder*. SKI Rapport 2003:42, SSI Rapport 2003:18, januari 2004.
- [3] “*Detection of radioactive materials at borders*”, IAEA TECDOC Series No. 1312, 2002.
- [4] “*Response to Events Involving the Inadverted Movement or Illicit Trafficking of Radioactive Materials*”. IAEA TECDOC Series No. 1313, 2002.
- [5] “*Prevention of the Inadverted Movement and Illicit Trafficking of Radioactive Materials*”. IAEA TECDOC Series No. 1311, 2002.
- [6] *Final Report, ITRAP, Illicit Trafficking Radiation Detection Assessment Program*, Austrian Research Centers Seibersdorf, Health Physics, Radiation Protection, 2000.

APPENDIX 1

Rutiner för larm vid portalmonitor



Flik 1

Instruktion för larm

Syfte: Att hantera ett larm i portalmonitorn och verifiera att det ej rör sig om ett falsklarm.

Utrustning:

- Portalmonitorn
- PC i fordonsvisitationshallen
- Larmljus, vägbom, trafikljus

Rutin för mätningens genomförande:

Då lastbilsföraren har tullklarerat och knappat in sin erhållna kod för vägbommen och passerar fotocellen vid portalmonitorn (detektorn) startar mätningen. Om en förhöjd radioaktivitet uppmätes larmar detektorn genom ljussignal inne och utanför fordonsvisitationshallen samt i kontoret vid tullklareringen.

Vid larm indikerar trafikljuset rött (STOPP) och man får då uppmärksamma lastbilsföraren att stanna tills man avläst larmet på PCn i kontoret i fordonsvisitationshallen. PCn larmar även med ljudsignal. För att kvittera och avläsa larmet gör så här:

- 1) Tryck på den röda knappen (tredje från vänster) en gång. Då tystnar ljudsignalen. Riv av det kvitto som skrivits ut. Här kan man avläsa hur många procent över bakgrunden som radioaktiviteten uppmätts till och ungefär var i lastbilen som strålningen härrör. Detta kvitto sparas och häftas fast vid larmloggen.
- 2) Genom att trycka på knappen markerad ⓘ ett antal sidor fram kan man få samma information som på kvittot.
- 3) Genom att sedan trycka på den röda knappen (tredje från vänster) ännu en gång kvitteras larmet och en ommätning av lastbilen kan ske.

Visa runt lastbilen ännu en gång till vägbommen och släpp igenom lastbilen m.h.a. masterkoden för väg bommen. Om detektorn larmar ännu en gång anses larmet vara äkta och gå då vidare till **Flik 2**.

Flik 2

Karta över hamnområdet

Denna karta har av säkerhetsskäl exkluderats i denna rapport.

Flik 3

Instruktion för neutronlarm – kontakt med SSI

Denna instruktion gäller då portalmonitorn indikerat att fordonet avger neutronstrålning. Fordonet skall ha dirigerats till kontrollplats.

Neutronlarm i portalmonitorn indikerar att klyvbart material kan finnas i lasten och fordonet bör bevakas. Kontakt med berörda myndigheter bör sedan ske via Statens trålskyddsinstitut, SSI enligt nedan.

Kontakta tjänstgörande strålskyddsinspektör, TSI, vid SSI.

Telefon: 08-xxxxxxx (SOS Alarm Stockholm)

Be att få tala med tjänstgörande strålskyddsinspektör, TSI.

OBS!

Var beredd på att redogöra för den information som monitorns datorsystem printar ut.

Flik 4

Instruktion för mätning av doshastighet efter verifierat larm från portalmonitor

Syfte: *Att avgöra om doshastigheten på utsidan av fordonet är så hög att avspärrning är nödvändig.*

Uppmäts nivåer över 20 $\mu\text{Sv/h}$ någonstans på utsidan av fordonet spärras området av enligt instruktion under **Flik 5. Instruktion för avspärrning.**

Utrustning:

- Handinstrument
 - target fieldSPEC (kombinerad doshastighetsmätare och spektrometer)

Kortfattad bruksanvisning för instrumentet finns i *Appendix 1*.

Rutin för mätningens genomförande:

1. Innan mätning utförs skall mätinstrumentet slås på och bakgrunds nivån kontrolleras på en plats där strålningsnivån är känd genom tidigare mätningar.
Denna rutin är också en kontroll av att instrumentet fungerar.
2. Föraren ombeds lämna fordonet vid mätningen. För att säkerställa att föraren inte bär strålkällan på sig görs en kontrollmätning av föraren.
3. När man närmar sig fordonet som skall undersökas görs observationer av strålningsnivån.
4. Snabbkontroll av doshastigheten görs på utsidan av fordonet genom att gå runt det för att få en grov uppfattning om nivåerna och om strålningen är högre från någon del av fordonet. Instrumentets indikering med ljudsignal är här till stor hjälp.
Högsta uppmätta värde noteras i ”**Loggbok för larmansvarig**” (se flik 1).

Vid strålningsnivåer under 20 mikrosievert/h på fordonets utsida fortsätter undersökning med lokalisering av strålkällan enligt instruktion under **Flik 7 Instruktion för fordonsvisitation.**

Flik 5

Instruktion för avspärrning

Denna instruktion gäller för fallet att doshastigheten på utsidan av fordonet är uppmätt och att den överstiger 20 mikrosievert/h (20 μ Sv/h). Fordonet skall ha dirigerats till kontrollplats (se karta flik 2).

Avspärrningen kring fordonet skall sättas upp på ett avstånd som gör att den uppmätta doshastigheten utanför avspärrningen inte överstiger 20 μ Sv/h.

Mät med handinstrumentet utanför avspärrningen runt hela fordonet och var noga med att doshastigheten inte överstiger 20 μ Sv/h vid någon plats runt fordonet.

Fordonet och avspärrningen bör bevakas för att förhindra onödig exponering av övrig personal och allmänhet.

Utrustning:

- Handinstrument, Target ”fieldSPEC”
- Avspärrnings- eller markeringsband (Blå/Gult)
- Stolpar

Då fordonet är avspärrat:

- kontrollera att händelsen är införd i larmlogg (se flik 1),
- kontakta tjänstgörande strålskyddsinspektör, TSI, vid Statens strålskyddsinstitut, SSI (se flik 6).

Flik 6

Instruktion för kontakt med SSI

Denna instruktion gäller för fallet att doshastigheten på utsidan av fordonet är uppmätt och att den överstiger 20 mikrosievert/h ($\mu\text{Sv/h}$). Fordonet har dirigerats till kontrollplats (se karta flik 2) och området kring fordonet skall vara avspärrat.

Kontakta tjänstgörande strålskyddsinspektör, TSI, vid SSI.

Telefon: 08-xxxxxxx (SOS Alarm Stockholm)

Be att få tala med tjänstgörande strålskyddsinspektör, TSI.

Förbered om möjligt svar på följande frågor:

- Hur hög var den uppmätta doshastigheten?
- Vid vilket ungefärligt avstånd mättes den upp?
- Går det att identifiera vad som orsakat larmet?
 - godsslag
 - det misstänkta godsets placering i fordonet
- Vilka misstänkta godsvolymer rör det sig om?

Flik 7

Instruktion för fordonsvisitation

Syfte: Att lokalisera strålkällan och att ge underlag för kategorisering av larmet.

Utrustning:

- Bärbar spektrometer **target fieldSPEC**.
- Distansverktyg för ev. hantering av strålkällor

Kortfattad bruksanvisning för instrumentet finns i *Appendix 2*.

Rutin för mätningens genomförande:

Om doshastigheten vid något tillfälle under de fortsatta undersökningarna överstiger 100 $\mu\text{Sv/h}$ skall undersökningen avbrytas och TSI/SSI kontaktas enligt instruktion under **Flik 6. Instruktion för kontakt med SSI**.

Noggrannare doshastighetsmätning kan nu göras på utsidan av fordonet för att säkrare lokalisera källan. Glöm ej att mäta vid hjul, stötdämpare, bränsle och lufttankar. En liten stege kan behövas för att nå högt på fordonets utsida. Information från portalmonitorn kan ge viss ledning till var i fordonet strålkällan finns.

Om ett specifikt område där strålningen är högre kan identifieras fortsätter undersökningen där, t.ex. i lastutrymmet. Det kan härvid vara nödvändigt att göra omflyttningar av lasten för att hitta ett enskilt kolli som avger strålning. Ha alltid instrumentet påslaget och observera utslaget.

Om man vid sökning hittar t.ex. tegelsten, betong, tjock metall eller bly kan det tyda på att man försökt skärma av strålningen. Mätning bör då göras noggrant runt sådana material.

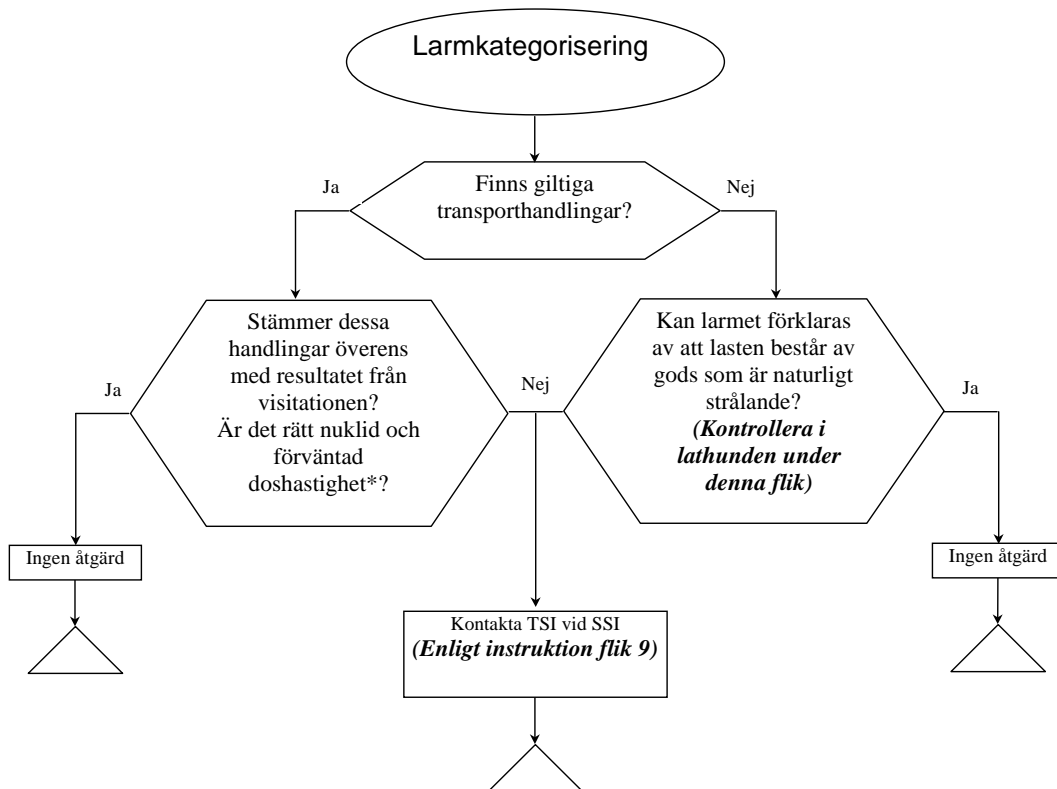
När källan är lokaliserad skall doshastigheten på 1m avstånd mätas upp och noteras i ”**Loggbok för larmansvarig**” (se flik 1). Gör också om möjligt en nuklididentifikation med spektrometern. En sådan identifikation är till stor hjälp vid kategoriseringen av larmet enl. instruktionen under **Flik 8**.

Flik 8

Kategorisering av larm

Denna instruktion gäller för fallet att fordonet är visiterat (enligt instruktion flik 7) och syftar till att försöka avgöra om den last som orsakat larmet utgör en legal eller en illegal transport.

Genom att stämma av den information som fordonsvisitationen ger (eventuell identifikation av aktuell nuklid, uppmätt doshastighet, typ av last och utseende), mot uppvisade transporthandlingar eller annan information (se till exempel bifogad lathund) kan larmet kategoriseras.



Förväntad doshastighet på 1 meters avstånd från ett kolli, emballage eller last kan utläsas av något som kallas *transportindex*, TI. TI är en siffra som skall finnas angiven på den etikett som skall sitta på kollits utsida. Doshastigheten ($\mu\text{Sv/h}$) som kollit *borde* avge fås om man multiplicerar denna siffra med 10.

Exempel:

Ett kolli som är märkt med TI 0,4 indikerar att kollit borde ha en doshastighet på 1m avstånd som understiger $4 \mu\text{Sv/h}$.

Lathund - larmkategorisering

Naturligt förekommande radionuklider

K-40, Ra-226, Th-232, U-238 kan detekteras i bl.a. följande produkter

- Konstgödsel (K-40, Ra-226)
- Avlagringar i rör från oljeindustrin
- Timmer
- Tobak, marijuana (K-40)
- Mineraler (fältspat, marmor, sandsten, granit, adobe, monazite, betong)
- Kamera linser, svetselektroder (Th-232)
- Färgat keramiskt glas
- Bananer (K-40), paranötter (K-40, Ra-226)

Cs-137 kan detekteras från t.ex. kontaminerade livsmedel från Tjernobyloområdet

Medicinska isotoper som kan identifieras med instrumentet (fieldSPEC)

| | |
|--------------|----------------|
| Barium-133 | Natrium-22 |
| *Cesium-137 | Palladium-103 |
| Kobolt-58 | *Radium-226 |
| *Kobolt-60 | Ruthenium-106 |
| Gallium-67 | Tallium-201 |
| Indium-111 | Technetium-99m |
| Jod-123 | Xenon-133 |
| Jod-131 | Yttrium-88 |
| *Iridium-192 | |

*Dessa radionuklider används främst för strålningsterapi och en patient som behandlats på detta sätt skall ej ha spår av dessa nuklider i sig. Får man indikation från passagerare med dessa isotoper är det därför ej troligt att de härrör från behandling och patienten bör undersökas vidare.