



Strål
säkerhets
myndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SPRIDNINGSBERÄKNINGAR FÖR RADIOLOGISK BEREDSKAP I SAMVERKAN

JAN BURMAN

SEBASTIAN BÖÖ

Enheten för Utveckling av Beredskap



Uppdrag inom beredskap (utdrag)

- SSM är beredskapsmyndighet enligt SFS (2022:524)
- Instruktionen, SFS (2008:452):
 - Genomföra beräkningar och mätningar samt ta fram underlag för bedömningar inom strålskyddsområdet
 - Vara pådrivande inom beredskapen och ge råd om strålskydd i samband med radiologiska nödsituationer
 - Svara för teknisk rådgivning till de myndigheter som ansvarar för hantering
 - Stå för expertkompetens samt kunskaps- och beslutsunderlag inom strålskyddsområdet inklusive **spridningsprognoser**, strålningsmätningar och strålskyddsbedömningar
 - Upprätthålla system för kontinuerlig övervakning av strålningsnivåer
- Skydd mot olyckor, SFS (2003:789)
 - Ge råd om strålningsmätningar och bistå med strålskyddsbedömningar för den statliga räddningstjänsten



Spridningsprognoser

- Operativ beredskap för radiologiska nödsituationer
 - ❖ Kärnkraftsolyckor i Sverige eller utomlands
 - ❖ Olyckor i andra kärntekniska anläggningar
 - ❖ Kärnvapen (nedfallet)
- Hur – rutinberäkningar
- Varför – i enlighet med SSM:s instruktion (förordning 2008:452)



Spridningsberäkningar för radiologisk beredskap i samverkan

Förutsättningar för spridningsprognoser

- SMHI
- FOI
- PDC-ARGOS
- METOCC (FM)
- ECMWF
- NSC
- SGSI(MCF)
- kartinformation, marktäckedata,
- ..



Spridningsberäkningar för radiologisk beredskap i samverkan

Beräkningsmodeller

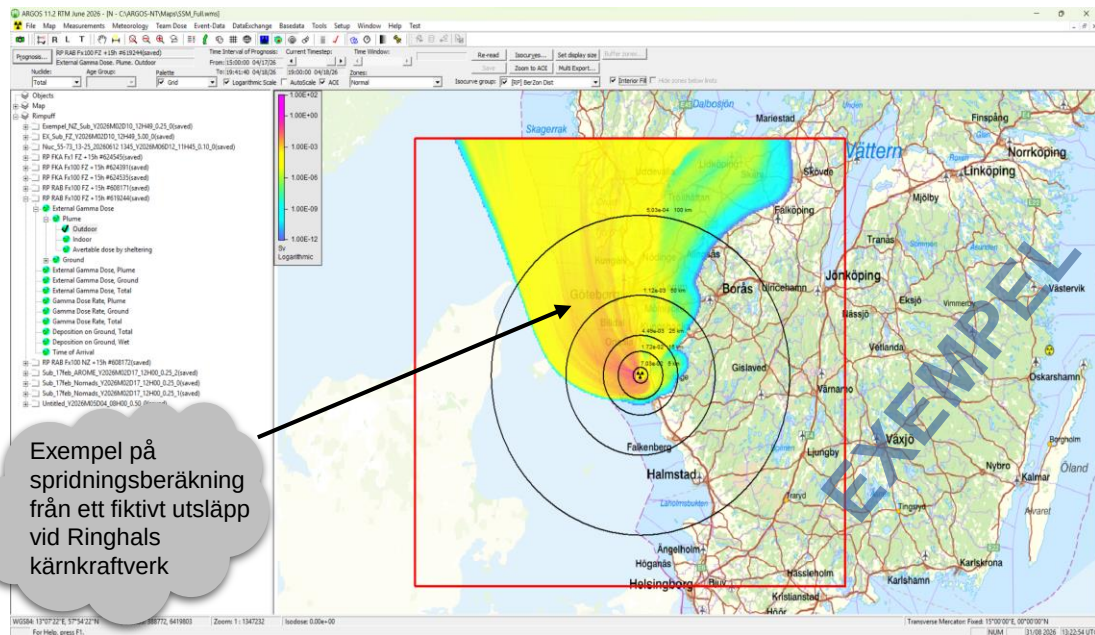
- SMHI – MATCH
- DTU – RIMPUFF
- FOI – DE PELLO
- LLNL – IXP, (NNSA)
- --



ARGOS – ett beslutstödssystem



- ARGOS (Accident Reporting and Guidance Operational System)
- Används främst inom beredskap för radiologiska nödsituationer och utredningar
- Utveckling drivs genom förslag och direkta uppdrag från användare
- Spridningsprognoser beräknas med den integrerade modellen Rimpuff
- Finns även möjlighet att nyttja externa spridningsmodeller t.e.x. SMHI:s MATCH-modell
- Dosberäkningar

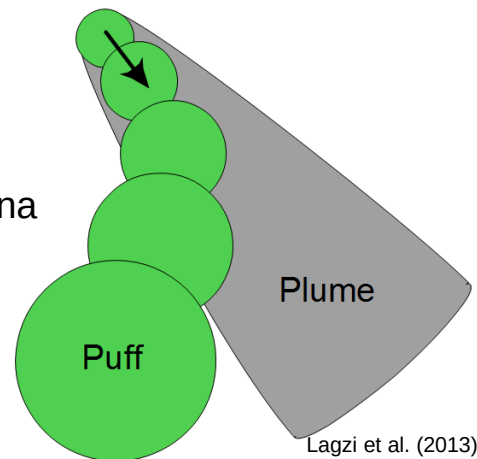


Bakgrundskarta: Lantmäteriet



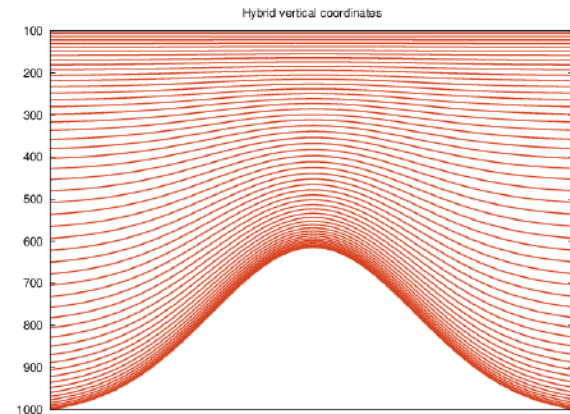
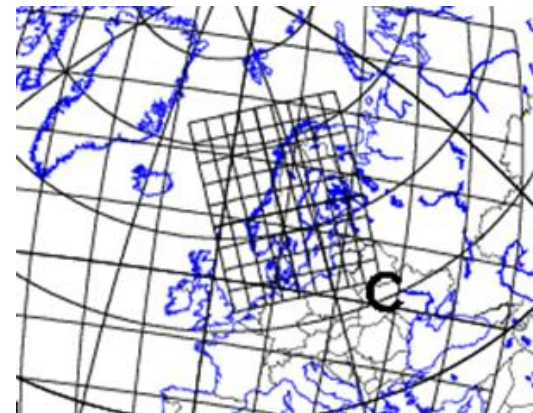
RIMPUFF (Risø Mesoscale Puff Model)

- Gaussisk puffmodell, ett utsläpp fördelas på en serie puffar
- Utvecklades vid danska Risø forskningscenter under 80-talet för att snabbt kunna simulera spridning av radioaktiva ämnen vid olyckor och nödsituationer
- Främst för korta avstånd (några km), men har successivt vidareutvecklats för mesoskala (upp till flera hundra km)
- Beräknar aktivitetskoncentration i luft och markbeläggning → mark- moln- och inhalationsdoser
- Används även i SSM:s utredningsarbeten, resultat har legat till grund för utformande av de nya beredskapszonerna runt kärnkraftverken (Översyn av beredskapszoner, SSM 2017:27)
- Nytt marktäckesdata i Rimpuff på SSM, Lantmäteriets kartor inom Sverige; för övriga världen, kartor från ESA (European Space Agency)



MATCH (Multi-scale Atmospheric Transport and CHemistry model)

- MATCH använder importerad väderinformation och markdata, som bakgrundsinformation för spridningsberäkningarna, lokalt till globalt.
- Horisontellt används oftast det importerade gridet (meter), vertikalt används eta (η)–koordinater (tryckbaserat).
- Eulersk transportmodell där punktkällor beskrivs med lagrangeska partiklar som övergår till eulersk modell när spridningen beskrivs likvärdigt, satt till 12 h.
- MATCH hanterar radioaktivt sönderfall med ett flertal döttrar
- SSM använder MATCH för att simulera spridning från både kärnkraftverk och kärnvapenexplosioner



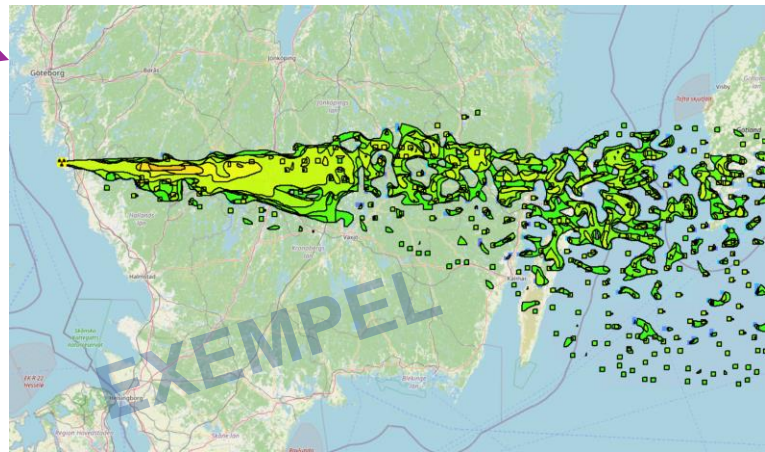
MATCH (Multi-scale Atmospheric Transport and CHemistry model)

MATCH levererar data i GRIB2-format

För ett nukleärt utsläpp:

- Aktivitetskoncentration för den lägsta modellnivån [Bq/m^3]
- Integrerad aktivitetskoncentration för den lägsta modellnivån [kBq/m^3]
- Ackumulerad total deposition [Bq/m^2]
- Ackumulerad våt deposition [Bq/m^2]
- Molnets ankomsttid
- Tidpunkt för start av deposition
- Tidpunkt för avslutad deposition

MATCH har källmodeller för kärnkraftverk och kärnvapen via ARGOS

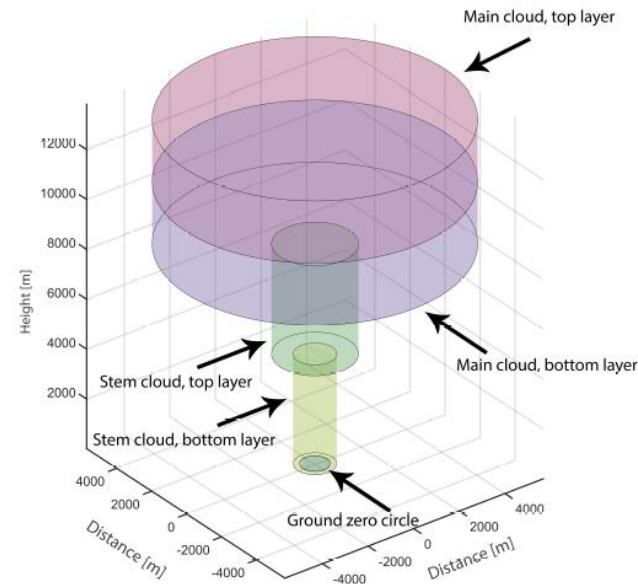


MATCH (Multi-scale Atmospheric Transport and CHemistry model)

- NWSWAMP ger initialmolnet 5 minuter efter en kärnvapenexplosion
- Utseendet på initialmolnet baseras på studier av de experiment som utfördes i USA fram till 1992.
- Energiinnehållet och detonationspunktens avstånd till markytan ger utseendet på initialmolnet.
- Partiklarnas storleks- och aktivitetsfördelning hämtas från nämnda experiment. Rumslig fördelning av partiklar hämtas också från samma experiment*.
- MATCH placerar partiklarna i storleksklasser.
- DE PELLO är en lagrangesk modell som transporterar och deponerar partiklar.

NWSWAMP**

Nuclear Weapon Source With Airborne Model Particles



* KDFOC3. Harvey et al. LLNL 1992

** NWSWAMP Manual FOI-R-5769

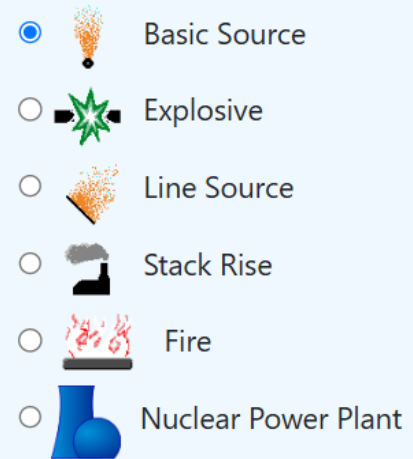


IXP (International eXchange Program)



Core Models Used

- ADAPT (Atmospheric Data Assimilation and Parameterization Techniques):
A 3-D diagnostic wind field model that adjusts meteorological data and forecasts to match terrain and local observations.
- LODI (Lagrangian Operational Dispersion Integrator):
A 3-D particle-dispersion model that simulates the advection, diffusion, radioactive decay, chemical reactions, and settling of materials.
- Plume Rise and Source Models:
Modules that calculate the initial rise and behavior of buoyant or momentum-driven releases from fires, stacks, or detonations.



IXP (International eXchange Program)



Release time

Start time (MM/DD/YYYY hh:mm timezone)

08 ▾ 19 ▾ 2026 ▾ 08 ▾ : 23 ▾ UTC ▾

Time duration of release of material to atmosphere

4 ▾ hours 0 ▾ minutes

Release location

Site

World Site ▾ No sites available ▾ No locations available ▾

Located at the point (Lat,Lon) and height. [Select/Adjust the location using a map](#)

(,) and 0 ft ▾ above ground level (AGL)

Downwind distance (extent, area of concern)

50.0 Km

Material properties

Material

All available ▾ Unknown Material ▾ PARTICULATE ▾

Strength type

Mass ▾

Strength (Amount)

1.0 kg ▾

Model

Model

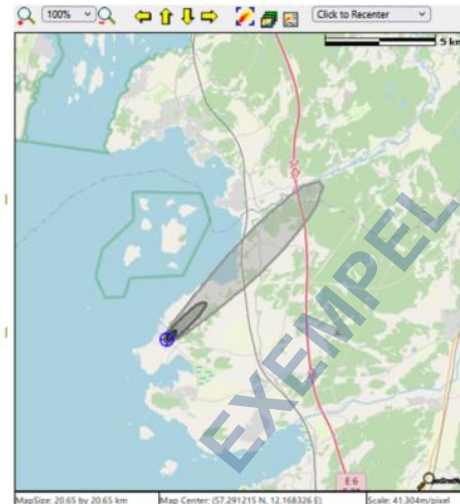
NARAC (3D) ▾

Weather data

Obtain met data from

Use system default ▾

Total Deposition



Effects and Actions		
Description	(MBq/m2) Extent Area	Population
No guidelines specified. Possibly contaminated area. Use to confirm with monitoring surveys.	>1.00E-13 0.5km 0.07km2	60
No guidelines specified. Possibly contaminated area. Use to confirm with monitoring surveys.	>1.00E-14 2.4km 1.0km2	370
No guidelines specified. Possibly contaminated area. Use to confirm with monitoring surveys.	>1.00E-15 9.9km 12.4km2	1,380

Note: Note: Areas and counts in the table are cumulative. Population Source = LandScanGlobal2024

Effects or contamination at August 20, 2026 12:00 UTC

Spridnings- och dosberäkningar i produktion I



ARGOSWEB

3-6 h
intervall
24/7/365

Group filter: <input type="text"/>										Results	Publish status	Comment
Scheduled Requests												
Select	Jd	Run Id	Result Id	Name	Domain	Dynamic time	Run every (minutes)	Next scheduled run	Release time	Last run	Status	Comment
Select	417	73526	597861	RP FKA Fx100 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	418	73524	597859	RP FKA Fx100 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	419	73527	597862	RP FKA Fx10 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	420	73525	597860	RP FKA Fx10 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	421	73507	597842	RP FKA Fx1 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	422	73515	597850	RP FKA Fx1 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	423	73508	597843	RP OKG Fx100 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	424	73516	597851	RP OKG Fx100 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	425	73510	597845	RP OKG Fx10 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	426	73518	597853	RP OKG Fx100 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	427	73511	597846	RP OKG Fx1 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	428	73519	597854	RP OKG Fx1 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	429	73512	597847	RP RAB Fx100 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	430	73520	597855	RP RAB Fx100 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	431	73513	597848	RP RAB Fx10 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	432	73521	597856	RP RAB Fx100 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	OK	
Select	433	73514	597849	RP RAB Fx1 FZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	434	73522	597857	RP RAB Fx1 NZ +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running	
Select	435	54760	579065	RP OPERATIVE FZ	N	Fixed date/time	180	2025-11-11 12:00 UTC	2025-11-11 06:00 UTC	2025-11-11 09:12 UTC	OK	
Select	436	54761	579064	RP OPERATIVE NZ	N	Fixed date/time	180	2025-11-11 12:00 UTC	2025-11-11 06:00 UTC	2025-11-11 09:10 UTC	OK	
Select	437	73472	597807	LR NW 5326 +00h	N	Relative	360	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 04:00 UTC	OK	
Select	438	73480	597815	LR NW 4836 +00h	N	Relative	360	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 04:00 UTC	OK	
Select	439	73480	597815	LR NW 5036 +00h	N	Relative	360	2026-01-29 11:00 UTC	2026-01-29 11:00 UTC	2026-01-29 05:00 UTC	OK	
Select	440	73479	597814	LR NW 4731 +00h	N	Relative	360	2026-01-29 11:00 UTC	2026-01-29 11:00 UTC	2026-01-29 05:00 UTC	OK	
Select	453	73505	597840	RP ZAP Fx100_BM +00h	N	Relative	180	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 07:00 UTC	OK	
Select	454	73502	597837	RP SOU Fx100 +00h	N	Relative	180	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 07:00 UTC	OK	
Select	455	73503	597838	RP RVV Fx100 +00h	N	Relative	180	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 07:00 UTC	OK	
Select	456	73504	597839	RP KHM Fx100 +00h	N	Relative	180	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 07:00 UTC	OK	
Select	462	73471	597806	LR ZAP Fx100 BM +12h	N	Relative	360	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 22:00 UTC	2026-01-29 04:01 UTC	OK	
Select	463	73478	597813	LR SOU Fx100 +12h	N	Relative	360	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 22:00 UTC	2026-01-29 04:30 UTC	OK	
Select	464	73470	597805	LR KHM Fx100 +12h	N	Relative	360	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 22:00 UTC	2026-01-29 04:00 UTC	OK	
Select	465	73473	597808	LR RVV Fx100 +12h	N	Relative	360	2026-01-29 10:00 UTC	2026-01-29 22:00 UTC	2026-01-29 04:00 UTC	OK	
Select	466	73506	597841	LR CHL ISL1 +12h	N	Relative	360	2026-01-29 13:00 UTC	2026-01-30 01:00 UTC	2026-01-29 07:00 UTC	OK	
Select	467	55307	579578	LR KSK Fx100 +12h	N	Relative	360	2025-11-13 19:00 UTC	2025-11-14 07:00 UTC	2025-11-13 13:01 UTC	OK	
Select	468	73523	597858	LR FKA Fx100 Partial +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running on server	
Select	469	73517	597852	LR OKG Fx100 Partial +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running on server	
Select	470	73509	597844	LR RAB Fx100 Partial +15h	N	Relative	180	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-30 03:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Running on server	
Select	472	47060	571347	LR BSH Fx100 +12h	N	Relative	360	2025-10-09 21:00 UTC	2025-10-10 09:00 UTC	2025-10-09 17:00 UTC	OK	
Select	473	47061	571349	LR RW FWD +00h	N	Relative	360	2025-10-09 21:00 UTC	2025-10-09 21:00 UTC	2025-10-09 17:14 UTC	OK	
Select	474	64192	588525	LR NVN Fx100 +12h	N	Relative	360	2025-12-21 01:00 UTC	2025-12-21 13:00 UTC	2025-12-20 19:00 UTC	OK	

☐ Show all requests



Spridnings- och dosberäkningar i produktion II



ARGOSWEB

RP FKA Fx100 FZ +15h Id:597758

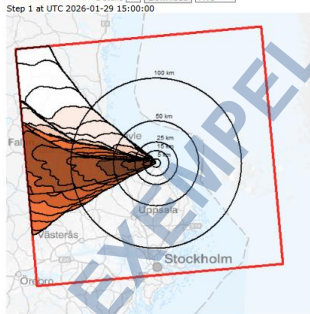
Release Start: 2026-01-29 15:00 UTC

Select a prognosis: Nuclear Forecast #597758

Id	Status	Release time	Run time	Type	Total	Cs-137	I-131
597861	Running	2026-01-30 00:00 UTC	2026-01-29 09:00 UTC	Concentration, Time	no data	no data	no data
597836	OK	2026-01-29 21:00 UTC	2026-01-29 06:00 UTC	Integrated (Fig6)	no data	no data	no data
597783	OK	2026-01-29 18:00 UTC	2026-01-29 03:00 UTC	Total Effective Dose, Outdoor (Fig1) 1 year	no data	no data	no data
597758	OK	2026-01-29 15:00 UTC	2026-01-29 00:00 UTC	Total Effective Dose, Outdoor (Fig2) 1 year	no data	no data	no data
597726	OK	2026-01-29 12:00 UTC	2026-01-28 21:00 UTC	Total Effective Dose, Outdoor (Fig3) 1 year	no data	no data	no data
597701	OK	2026-01-29 09:00 UTC	2026-01-28 18:00 UTC	Total Effective Dose, Outdoor (Fig4) 1 year	no data	no data	no data
597669	OK	2026-01-29 06:00 UTC	2026-01-28 15:00 UTC	Total Effective Dose, Outdoor (Fig5) 1 year	no data	no data	no data
597644	OK	2026-01-29 03:00 UTC	2026-01-28 12:00 UTC	Total Effective Dose, Outdoor (Fig6) 1 year	no data	no data	no data
597612	OK	2026-01-29 00:00 UTC	2026-01-28 09:00 UTC	Thyroid Organ Dose, Outdoor (Fig7) 1 year	no data	no data	no data
597587	OK	2026-01-28 21:00 UTC	2026-01-28 06:00 UTC	Thyroid Organ Dose, Outdoor (Fig8) 1 year	no data	no data	no data
				Deposition on Ground, Total (Fig9)	no data	no data	no data
				Deposition on Ground, Total (Fig10)	no data	no data	no data
				Deposition on Ground, Total (Fig11)	no data	no data	no data
				Deposition on Ground, Total (Fig12)	no data	no data	no data
				Total Effective Dose, Outdoor (Fig13) 1 year	no data	no data	no data
				Thyroid Organ Dose, Outdoor (Fig14) 1 year	no data	no data	no data
				Thyroid Organ Dose, Outdoor (Fig15) 1 year	no data	no data	no data
				Time of Arrival (Fig16)	no data	no data	no data

SSM FxS*100 FKA OKG BAB: Time of Arrival (Fig16)

Step 1 at UTC 2026-01-29 15:00:00

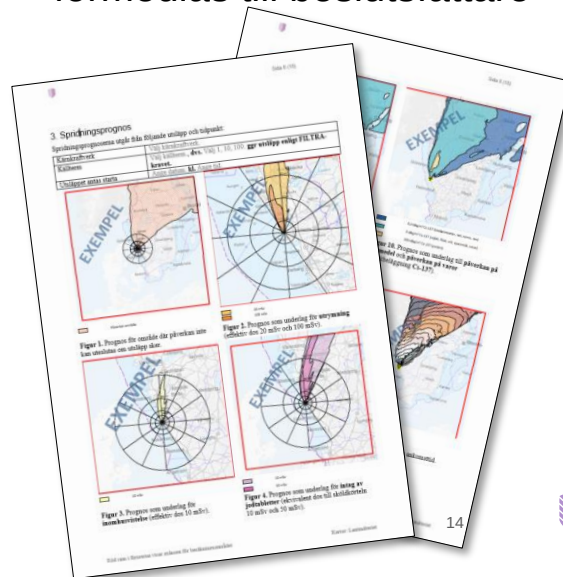


Bakgrundskarta: Lantmäteriet

Dimensionerande
händelser → källterm

Källtermen ligger till grund
för spridningsberäkningarna

**KRU – Kärntekniskt och
Radiologiskt Underlag –
förmädlas till beslutsfattare**



**ARGOSWEB**

Ökad produktion med fokus på Ukraina

LR NW 5126 +00h Id:507856

Release Start: 2025-01-29 10:00 UTC

Select a prognosis:

Nuclear Forecast #507856

	<u>Id</u>	<u>Status</u>	<u>Release time</u>	<u>Run time</u>	<u>Type</u>	<u>Total</u>	<u>H - 1</u>
	507919	OK	2025-01-29 16:00 UTC	2025-01-29 16:00 UTC	Deposition on Ground, Total (Fig01)	no data	
	507856	OK	2025-01-29 10:00 UTC	2025-01-29 10:00 UTC			
	507786	OK	2025-01-29 04:00 UTC	2025-01-29 04:00 UTC	Deposition on Ground, Total (Fig02)	no data	
	507714	OK	2025-01-28 22:00 UTC	2025-01-28 22:00 UTC			
	507642	OK	2025-01-28 16:00 UTC	2025-01-28 16:00 UTC	Start of deposition (Fig03)		no data
	507570	OK	2025-01-28 10:00 UTC	2025-01-28 10:00 UTC			
	507498	OK	2025-01-28 04:00 UTC	2025-01-28 04:00 UTC	Time of Arrival (Fig04)		no data
	507426	OK	2025-01-27 22:00 UTC	2025-01-27 22:00 UTC			
	507354	OK	2025-01-27 16:00 UTC	2025-01-27 16:00 UTC	<div><div>Download files</div><div>PNG ▾</div></div>		

Download files PNG v

KÄLLTERM:

> Nuklidvektor: $H+1$

> Antal laddningar: 1

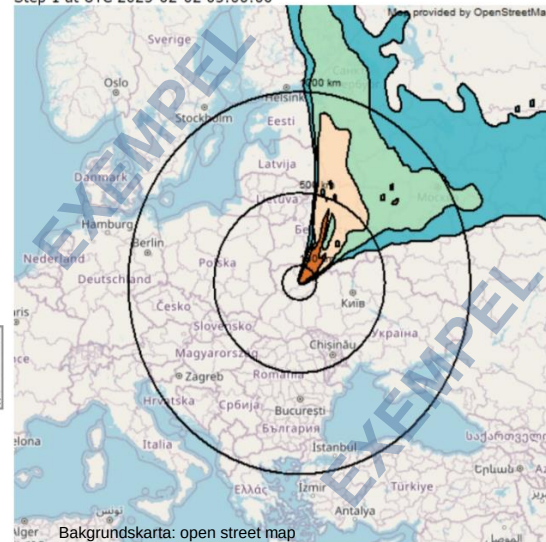
↳ Detonationshöhd: 0

Save comment

H - 1: Deposition on Ground, Total (Fig02)

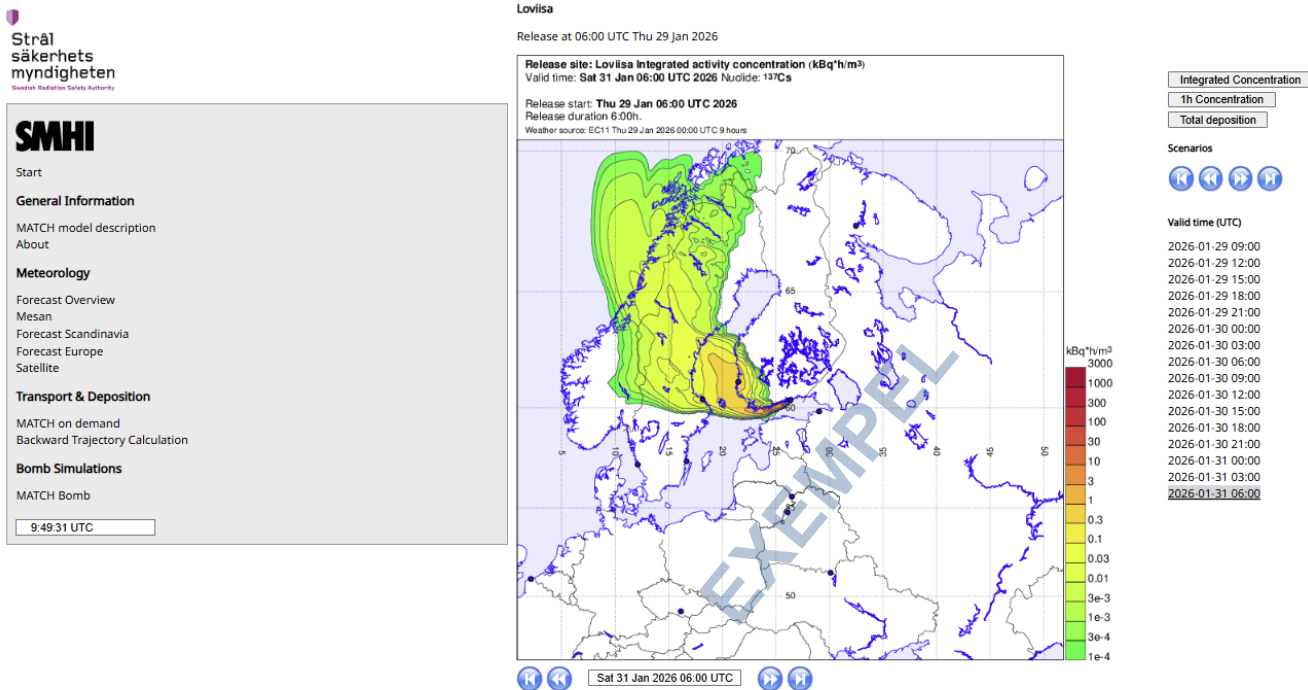
[Details](#)
[Download](#)
[PNG](#)

Step 1 at UTC 2025-02-02 03:00:00



SMHI på uppdrag av SSM I

Kärnenergiwebben – ett initialt stöd



SMHI på uppdrag av SSM II

BAPS – BeredskAPSSystem för spridning i atmosfären

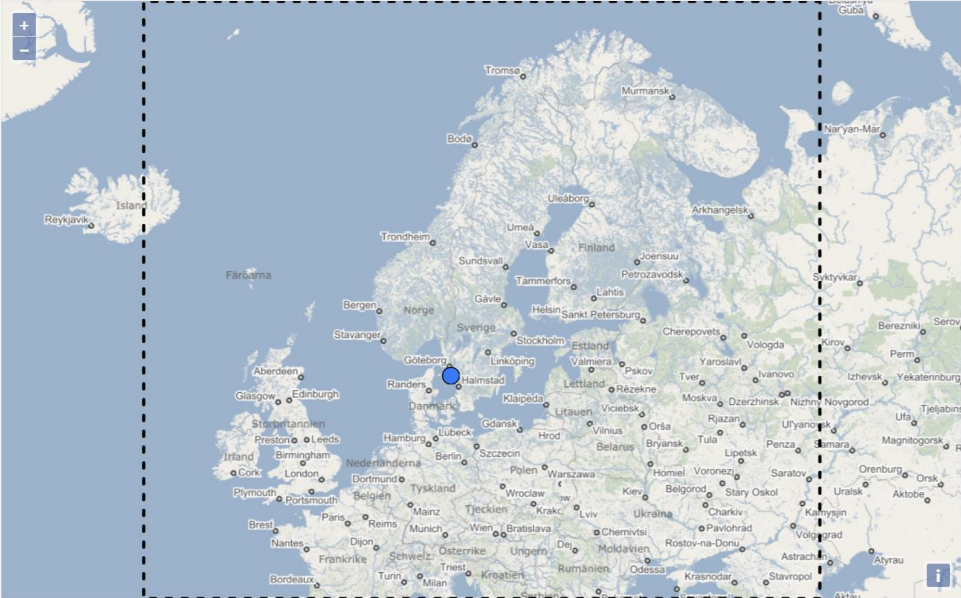
SMHI | BAPS

About

08:52:40 UTC

e009983

→



Nuclear reactor accident

Title

(Optional)

Location

Ringhals NPP (SE)

Source term

Cs-137, 6h release

Weather data

ECMWF NHSP

Model area

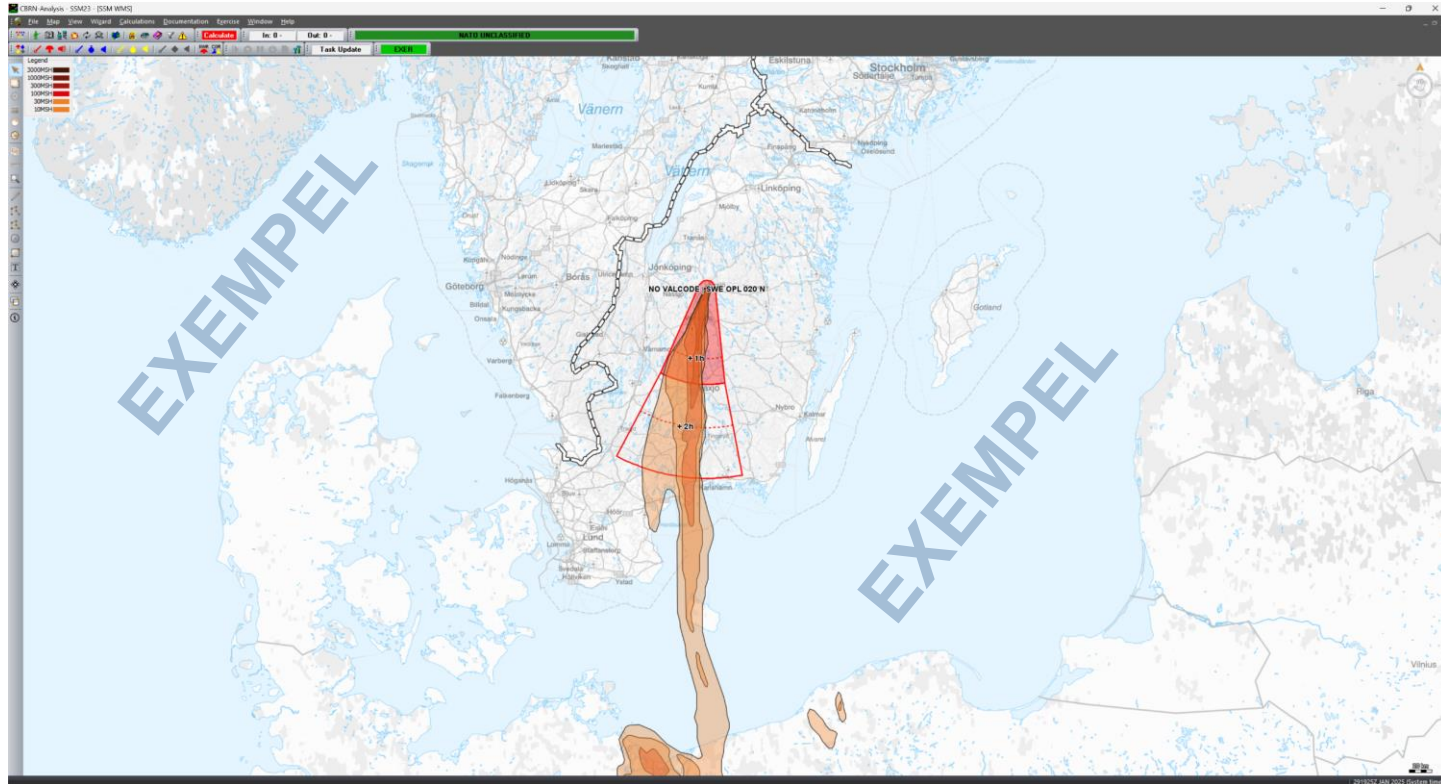
Europe NHSP

Release start (UTC)

2026-09-01 08:00

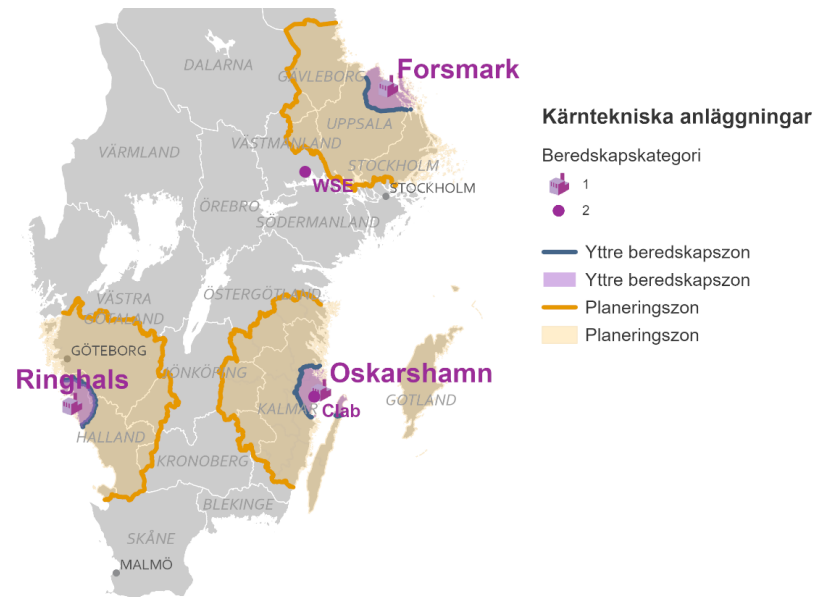


Stöd till Försvarsmakten, (CBRN-ACC)



Kärnkraftsolycka: planering

- Kända platser, särskild planering i utsedda zoner
- Länsstyrelsen ansvarig för räddningstjänst
- Beredskapszoner
 - Inre beredskapszon: ca. 5 km
 - Yttre beredskapszon: ca. 25 km
 - Utrymning, inomhusvistelse, jodtabletter, ...
- Planeringszon, ca. 100 km
 - Inomhusvistelse, begränsad extrautdelning av jodtabletter, utrymning på grund av markbeläggning, ...
- Grundförmåga i hela landet

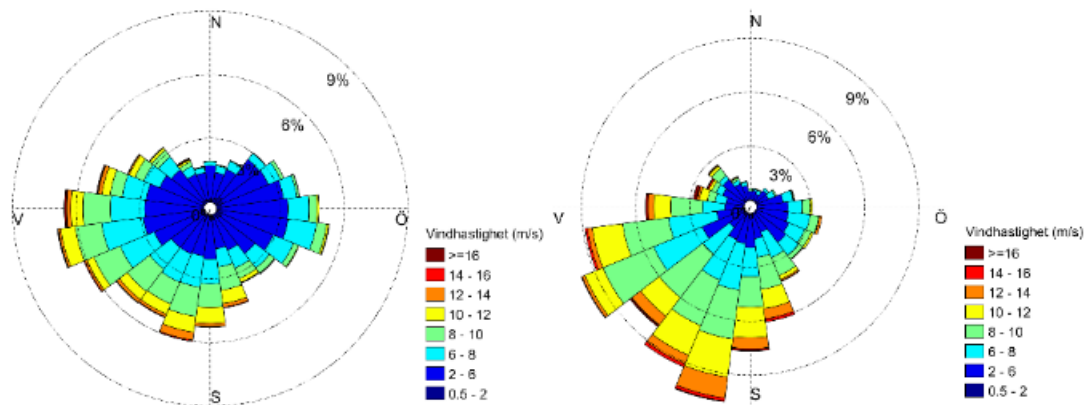


Data: Länsstyrelserna, Lantmäteriet, Strålsäkerhetsmyndigheten (2025)



Kärnkraftsolycka: planering

- Meteorologiska data över tid
- Doskriterier/åtgärdsnivåer
- Beräkna avstånd till överskridet analyskriterium
- Var 26:e timme över 10 år
- RIMPUFF (upp till 72 tim) max ut till 500 km

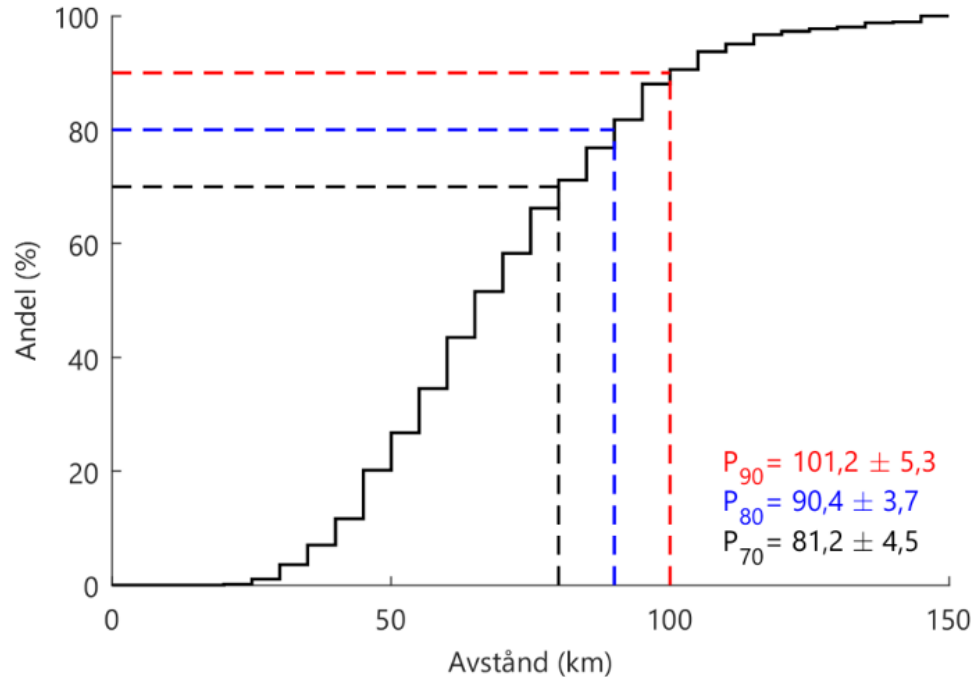


Figur 4. Vindros i närheten av Ringhals kärnkraftverk, totalt (vänster) eller vid nederbörd (höger). Svaga vindar redovisas ej i figurerna.

RIMPUFF används för spridningsberäkningar med meteorologiska prognoser för var 26:e timme där resultatet är det största avståndet till var doskriteriet uppnås.



Kärnkraftsolycka: planering

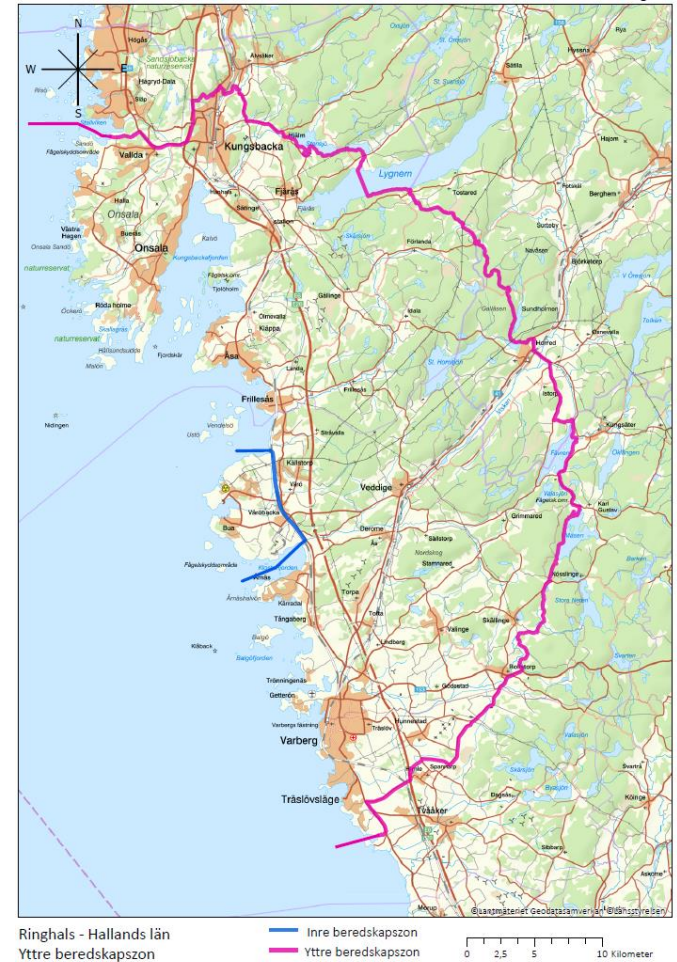


Figur 3. Exempel på ett kumulativt histogram för beräkning av största avstånd för ett givet kriterium. Varje intervall (trappsteg), beskriver andelen av de analyserade väderfallen som för det valda kriteriet innehålls för ett visst avstånd. Ur figuren kan utläsas att avståndet där detta kriterium överskrids är kortare än $90,4 \pm 3,7$ km i 80 procent av väderfallen.



2017:27 Översyn av beredskapszoner

Beredskapszoner är geografiska områden kring vissa verksamheter med joniserande strålning inom vilka skyddsåtgärder förbereds. Förberedelserna ger förutsättningar för att kunna genomföra effektiva skyddsåtgärder för allmänheten vid olyckor inne på anläggningen som påverkar omgivningen.



Frågor?





Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Tack för oss!

