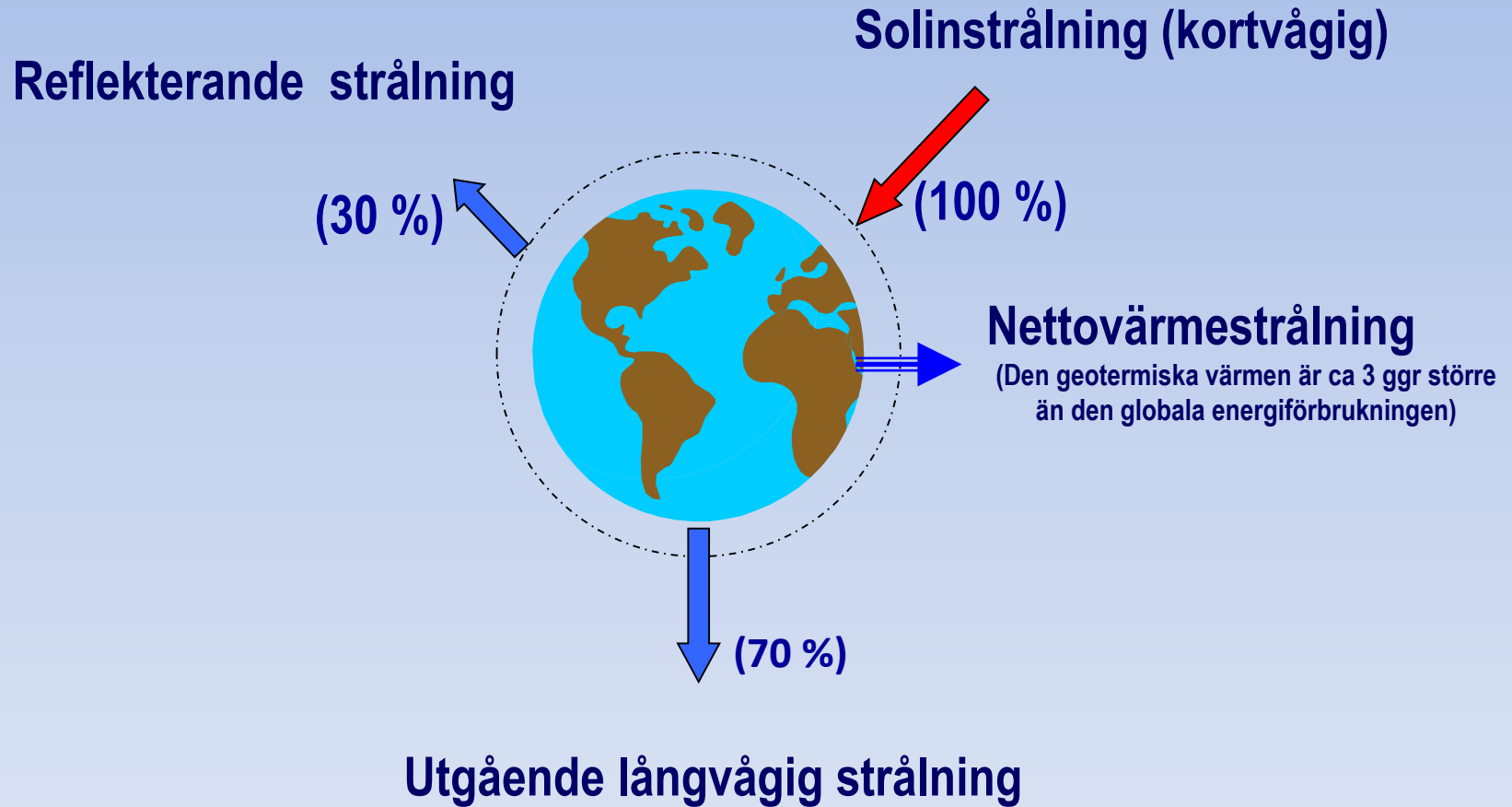


Kylvattenutsläpp i Bottenviken leder till algblomning

Prof. Emeritus Bo Nordell
Luleå Tekniska Universitet
bon@ltu.se

Sköra Bottenviken
Luleå den 9 mars 2019

Global energibalans



Jordens energibalans

All solenergi som når Jorden återstrålas till rymden

- Vid balans får vi ingen nettovärme från solen

Energibalans 1880 (temp. = 13.6°C)

- Nettoutstrålning = geotermiskt värme flöde

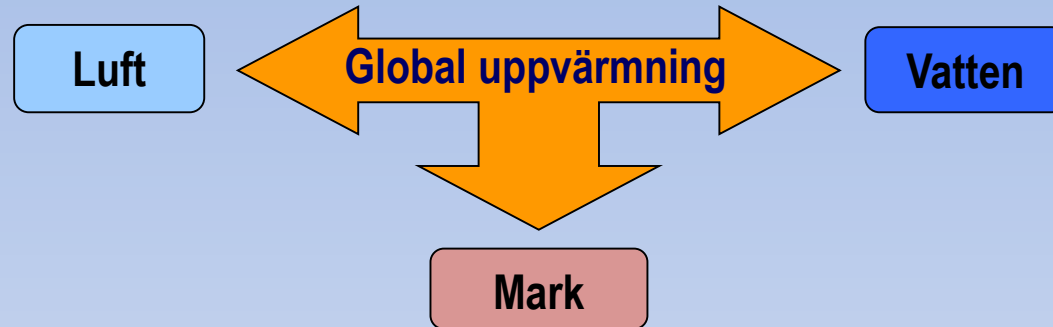
Energibalans 2000 (temp. = 14.3°C)

- Nettoutstrålning > geotermiskt värme flöde

SLUTSATS

- Det måste ha tillkommit ny värme sedan 1880, för att förklara ökad (uppvärmning och) utstrålning.

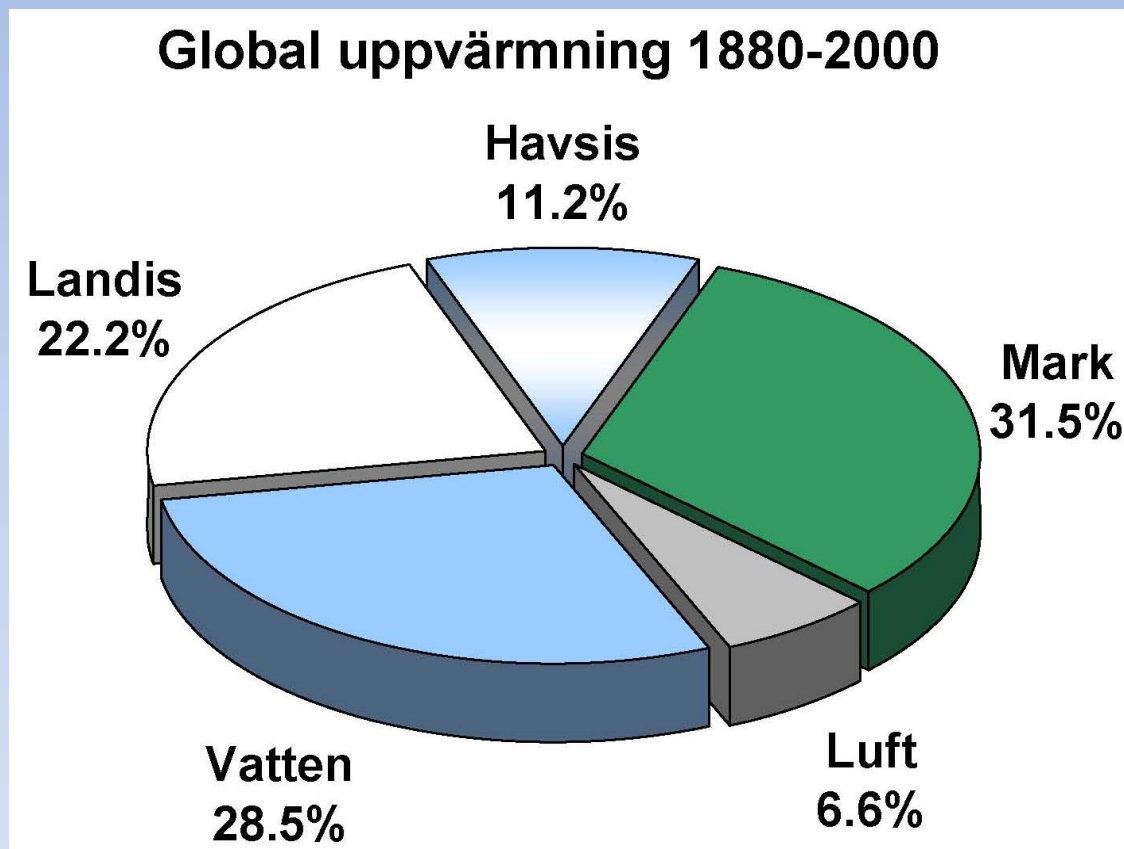
Global uppvärmning = Global energilagring



Frågan är: Hur mycket energi krävs för att förklara:

- Uppvärmningen av mark, luft och vatten
- Ökande vattenånga i atmosfären
- Smältning av land och havsisar

Global värmelagring dvs global uppvärmning, 1880 – 2000



Total global uppvärmning = $75.8 \cdot 10^{14}$ kWh = 100%
(10^{14} kWh = global energianvändning år 2000)

Varifrån kommer (energin) värmen?

Termodynamiken säger:

- **Energi kan inte förstöras eller skapas utan endast omvandlas från en form till en annan**
- **All energi blir så småningom värme**

Även förnybar energi (solenergi i någon form) blir till värme men denna ger inget nettotillskott

Förbränning av fossila bränslen + kärnkraft ger nettovärme dvs frigör värme som annars inte skulle vara tillgänglig

Det finns även andra (mindre) nettovärmekällor som bidrar till den globala uppvärmningen

Globala nettovärmekällor



Global uppvärmning-Fossila bränslen

- Vid förbränning av fossila bränslen bildas CO_2 och värme, vilka förr eller senare hamnar i omgivningen
- Min uppfattning är att det är värmen som värmer världen medan CO_2 har mycket liten betydelse
- Detta är en kontroversiell idé

Globala nettovärmekällor, 1880 - 2000

Kommersiell icke-förnybar energi

- Olja, gas, kol, och kärnkraft

Icke-kommersiella värmekällor

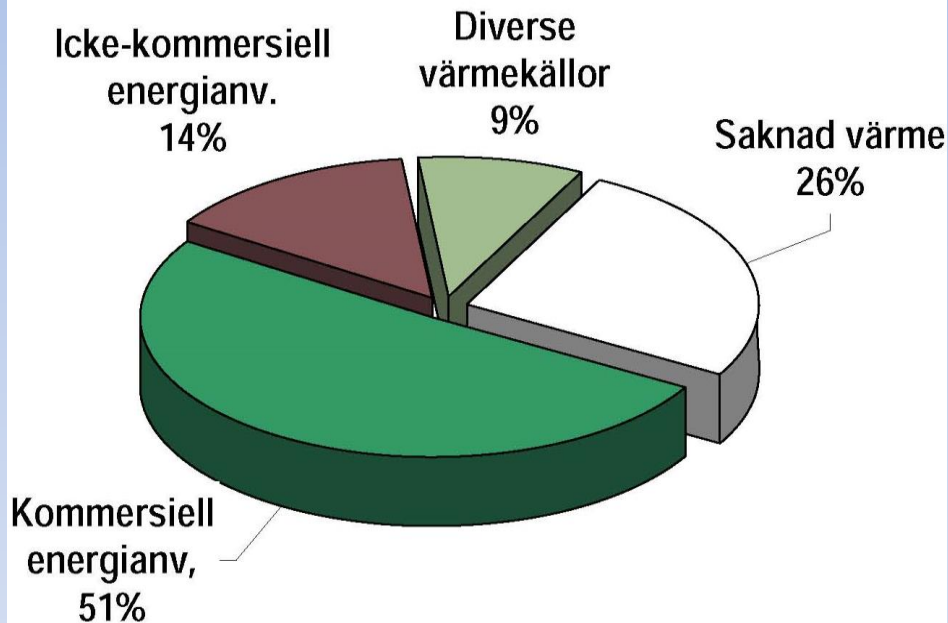
- Gasfackling, kolbränder
- Avskogning
- Olja som används för plaster mm.
- Spillvärme från kärnkraft

Diverse värmekällor

- Vulkanutbrott, jordbävningar
- Meteoritnedslag
- Kärnvapentester, krig (bomber)

Globala nettovärmekällor, 1880 - 2000

Global uppvärmning och dess ursprung



Total global uppvärmning = $75.8 \cdot 10^{14}$ kWh = 100%
(10^{14} kWh = global energianvändning år 2000)

Slutsatser

Med reservation för vissa osäkerheter i tillgängliga data kan man säga att

- Värmeutsläpp förklarar 74% av global uppvärmning
- De saknade värmen (26%) kan bero på ökad CO_2 -halt i atmosfären eller naturliga temperaturvariationer.

För att algblomning, dvs en kraftig alg tillväxt, ska inträffa krävs gynnsamma betingelser. Olika alger gillar olika förhållanden dvs temperatur, pH-värde, salthalt, syrehalt, och tillgängliga näringsämnen.

- Näringsämnen tillförs till havet naturligt, men även från industrier och genom läckage från jordbruket
- Värme tillförs av solen och industriella värmeutsläpp

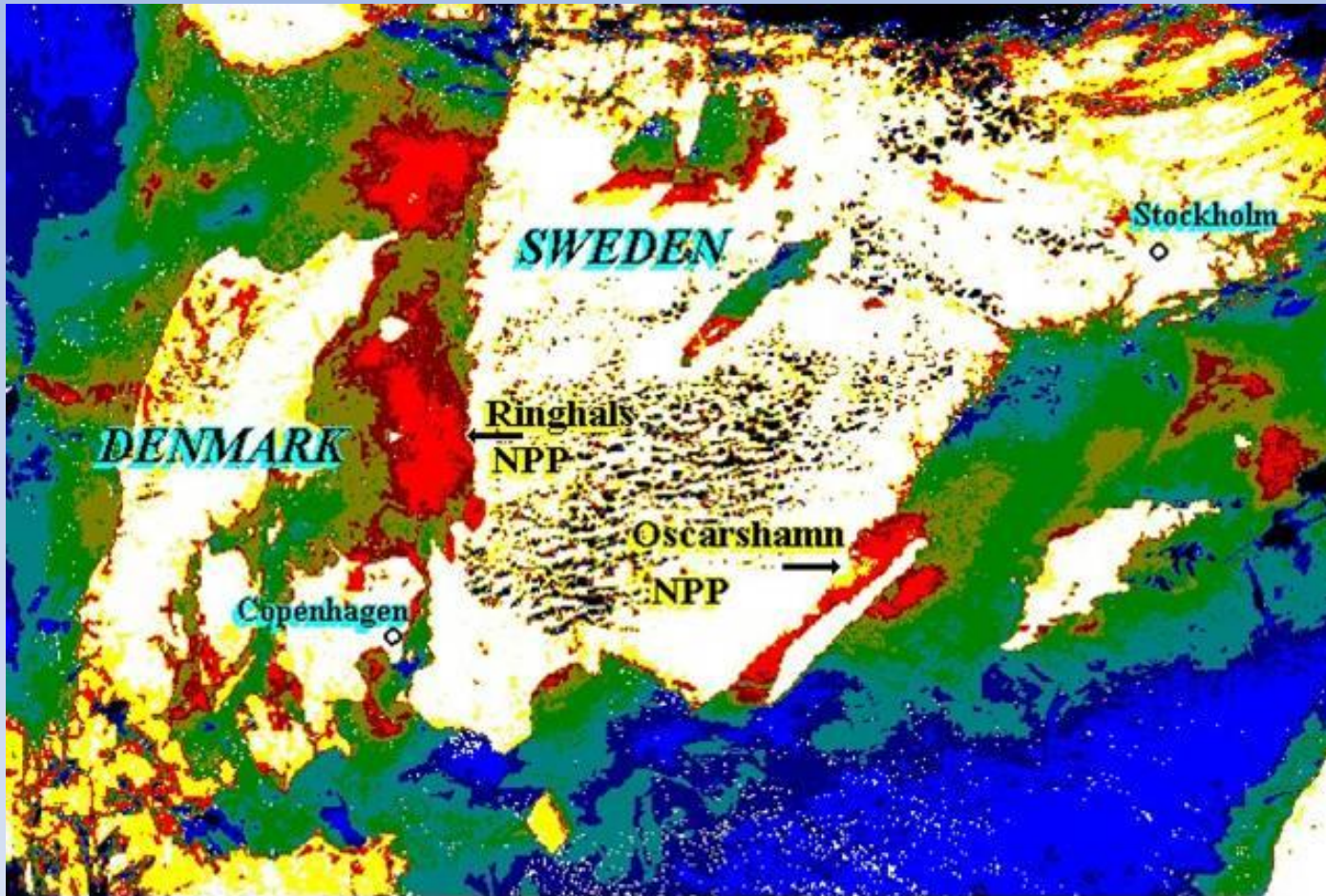
Kärnkraft och kylvattenutsläpp



**Fukushimas kärnkraftverk,
Japan (<11 mars 2011)**

- En 1000 MW kärnkraftreaktor ger 2000 MW värme, som måste kylas bort
- Kylningen sker med luft eller (oftast) vatten som därigenom värms
- Kylvattnet ökar 10°C vid kylningsprocessen
- För att kyla bort 2000 MW krävs 46 m³ kylvatten per sekund
- Detta bidrar (naturligtvis) till den globala uppvärmningen

Spillvärmeutsläpp vid Sveriges sydkust



Spillvärme från svensk kärnkraft 140 TWh
Sveriges totala uppvärmningsbehov 100 TWh

Kärnkraft och kylvattenutsläpp

	Eleffekt MW	Termisk effekt MW	Drifftimmar h	Årsprod. TW/år	Kylvatten km ³ /år
Ringhals 1	865	2540	7200	6,2	1,4
Ringhals 2	900	2660	7200	6,5	1,5
Ringhals 3	1070	3144	7200	7,7	1,7
Ringhals 4	1120	3300	7200	8,1	1,8
Forsmark 1	984	2928	7200	7,1	1,6
Forsmark 2	1120	3253	7200	8,1	1,8
Forsmark 3	1167	3300	7200	8,4	1,8
Oskarshamn 1	492	984	7200	3,5	0,4
Oskarshamn 2	661	1322	7200	4,8	0,6
Oskarshamn 3	1450	2900	7200	10,4	1,2

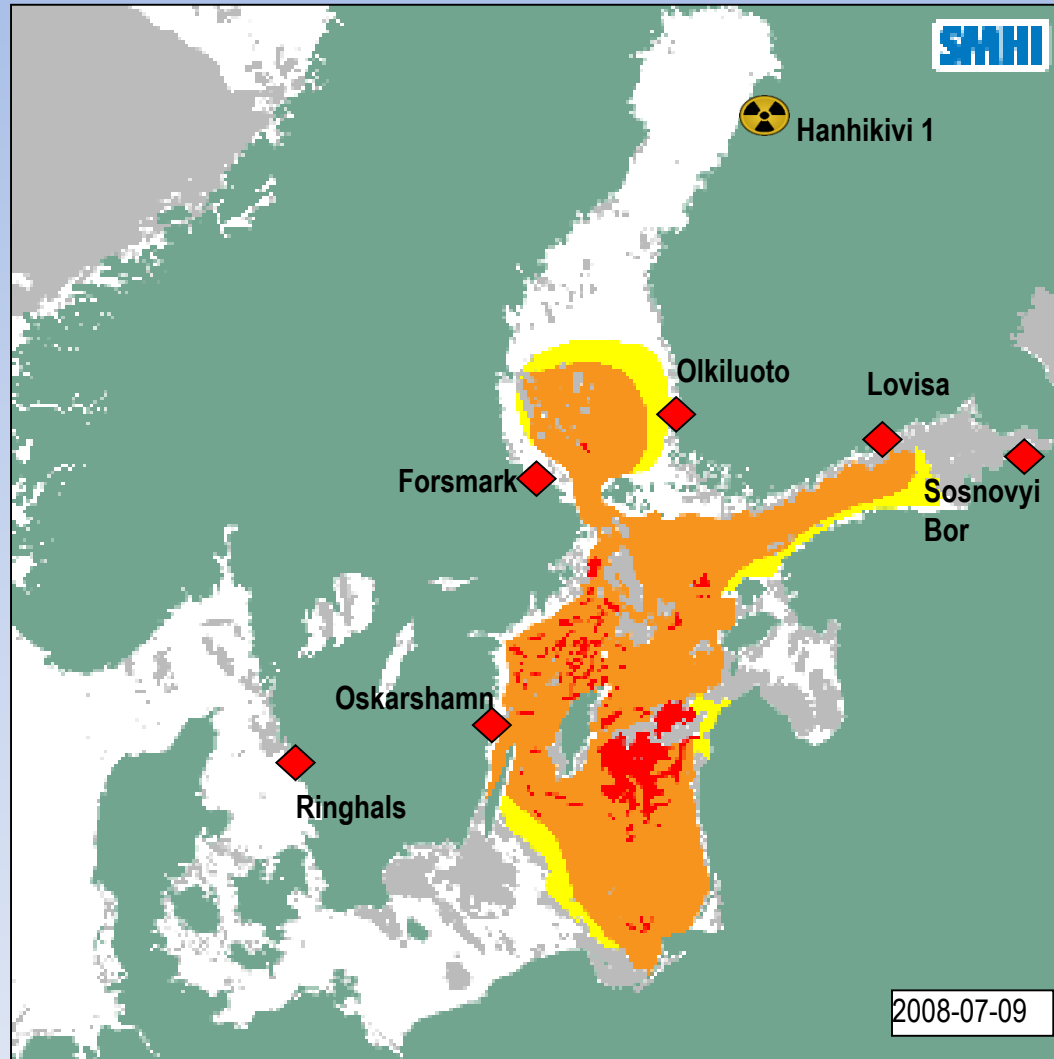
Olkiluoto 1	860	2500	7200	6,2	1,4
Olkiluoto 2	860	2500	7200	6,2	1,4
[Olkiluoto 3]	1720	5000	7200	12,4	2,7
Lovisa 1	488	1500	7200	3,5	0,8
Lovisa 2	488	1500	7200	3,5	0,8
Hanhikivi 1	1200	3200	7200	8,6	1,7
[Hanhikivi 2] ?	1200	3200	7200	8,6	1,7

[Leningrad - 1]	925	2683	7200	6,7	1,5
Leningrad - 2	925	2683	7200	6,7	1,5
Leningrad - 3	925	2683	7200	6,7	1,5
Leningrad - 4	925	2683	7200	6,7	1,5
Leningrad II - 1	1085	3147	7200	7,8	1,7
Leningrad II - 2	1085	3147	7200	7,8	1,7
Leningrad II - 3	1085	3147	7200	7,8	1,7
Leningrad II - 4	1085	3147	7200	7,8	1,7

	MWe	km ³ /år
Sverige	9829	13,8
Ryssland	8040	12,7
Finland	6816	10,5
Totalt	24685	37,0

Årsflödet i Luleälven är ca 10 km³

Kärnkraft och algblomning



Alg tillväxt

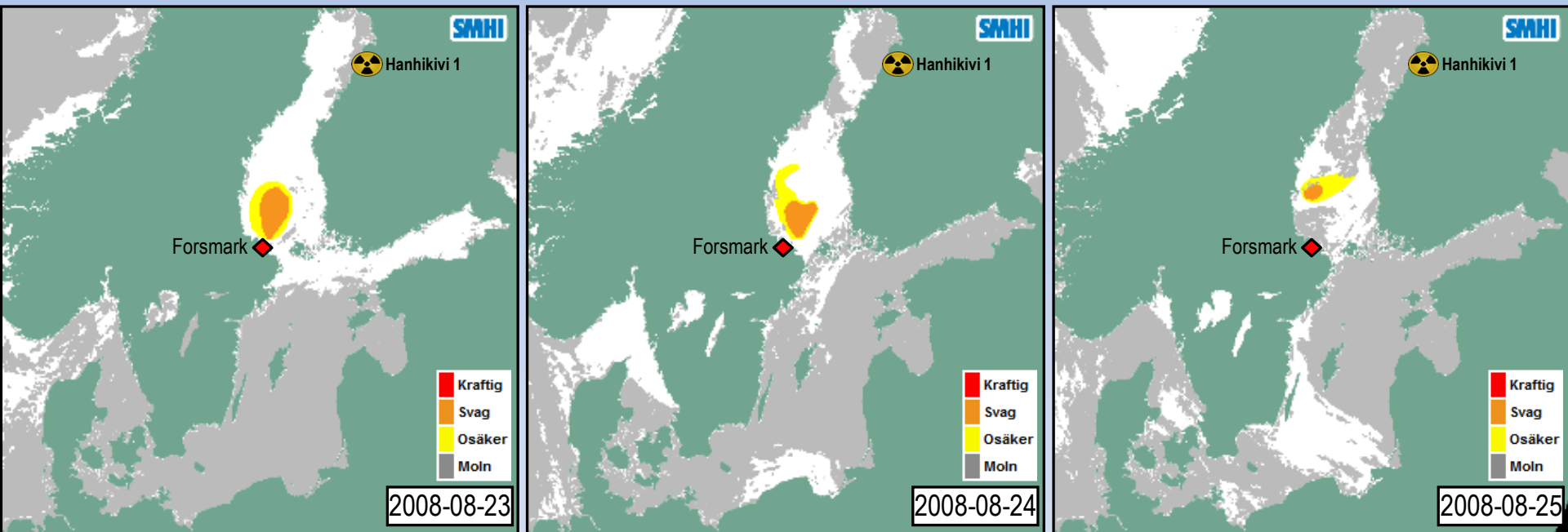


Spillvärme

- 37 km³ vatten/år
- $\Delta T = 10^\circ\text{C}$

Årsflödet i Luleälven är ca 10 km³

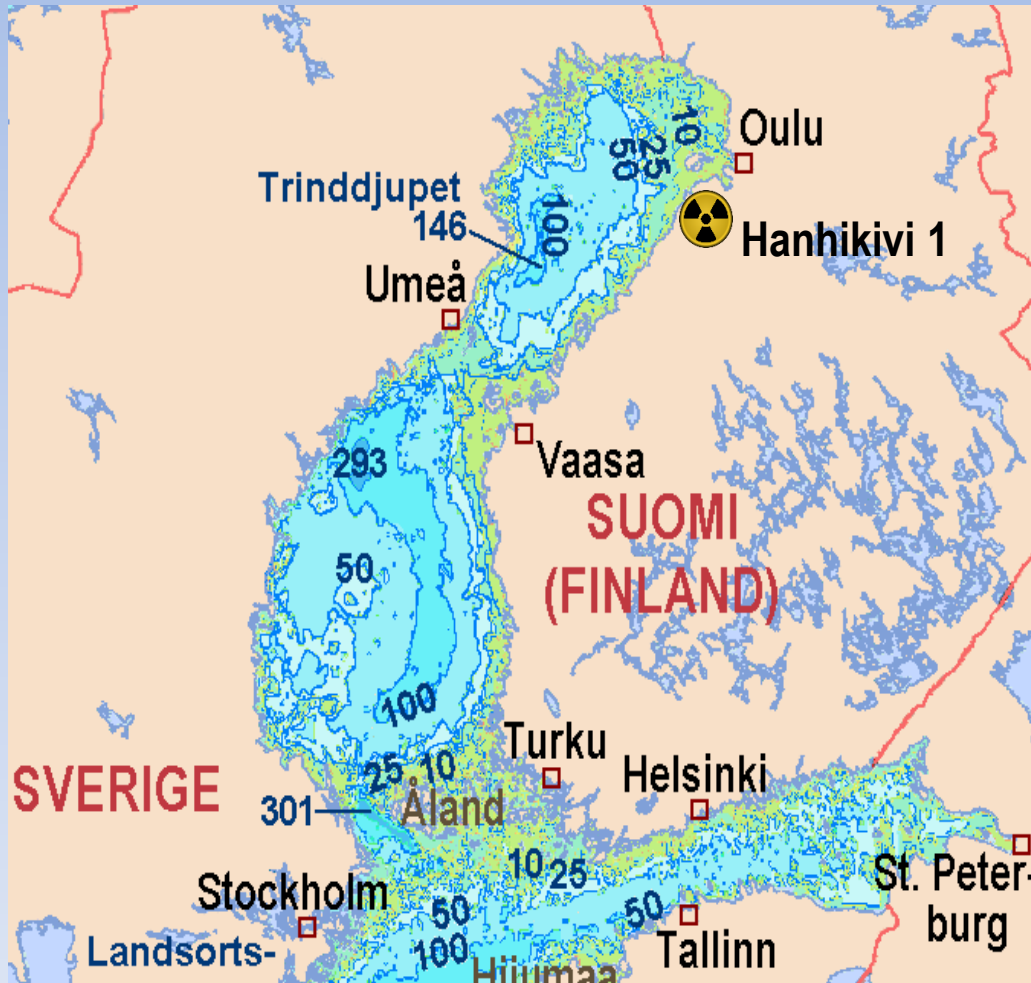
Kärnkraft och algblomning



Algsituationen i Bottenviken under tre dagar i augusti 2008

<http://www.smhi.se>

Algblomning



Kärnkraftsreaktorn Hanhikivi 1, ger 1200 MW_e (3200 MW_t). Nr 1 antyder fler reaktorer framöver.

Kylvatten:

Med 10°C temperaturökning vid kylningen blir kylvattenmängden:

- $56 \text{ m}^3/\text{s} = 200.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- $4.800.000 \text{ m}^3/\text{d} = 1,75 \text{ km}^3/\text{år}$

Norra Bottenviken är synnerligen olämplig för kärnkraftverk då man kan förvänta kraftig algblomning till följd av kylvattenutsläpp.

Kärnkraft och kylvattenutsläpp

Marinbiolog Erkki Ilus arbetade 40 år för finska Strålsäkerhetscentralen (STUK). Han medverkade på 60-talet vid lokaliseringen av Lovisa I o II. Hans doktorsavhandling från 2009 behandlar miljöeffekter av kylvattenutsläpp från kärnkraftverk.

(ILUS Erkki, 2009. Environmental effects of thermal and radioactive discharges from nuclear power plants in the boreal brackish-water conditions of the northern Baltic Sea”, STUK-A. 0781-1705)

ERKKI varnar, av miljömässiga skäl, för att bygga kärnkraft i Norra Bottenhavet.

- **Skärgårdsområden med högt innehåll av näringsämnen och litet vattenutbyte är inte idealiska**
- **Låg salthalt är en nackdel jämfört med områden med högre salthalt**
- **De termiska effekterna kan begränsas i näringsfattiga vatten men kombinerad effekt av både förhöjd temperatur och näringsämnen påskyndar övergödningen vilket kan ge konsekvenser som överstiger ekosystemets tolerans**
- **När man väljer platser för potentiella kärnkraftverk, bör dessa koncentreras till tidigare belastade områden och därmed spara jungfruliga områden.**

Blågröna alger vid Landsort, 27 juli 2008



Kylvattenutsläpp i Bottenviken leder till algblomning

Prof. Emeritus Bo Nordell
Luleå Tekniska Universitet
bon@ltu.se

Sköra Bottenviken
Luleå den 9 mars 2019