

# 2.2

## Abiotiske faktorer

### 2.2.1 FYSIKK (SIRKULASJON, VANNMASSER OG KLIMA)

Kjell Arne Mork

kjell.arne.mork@imr.no

#### Trender

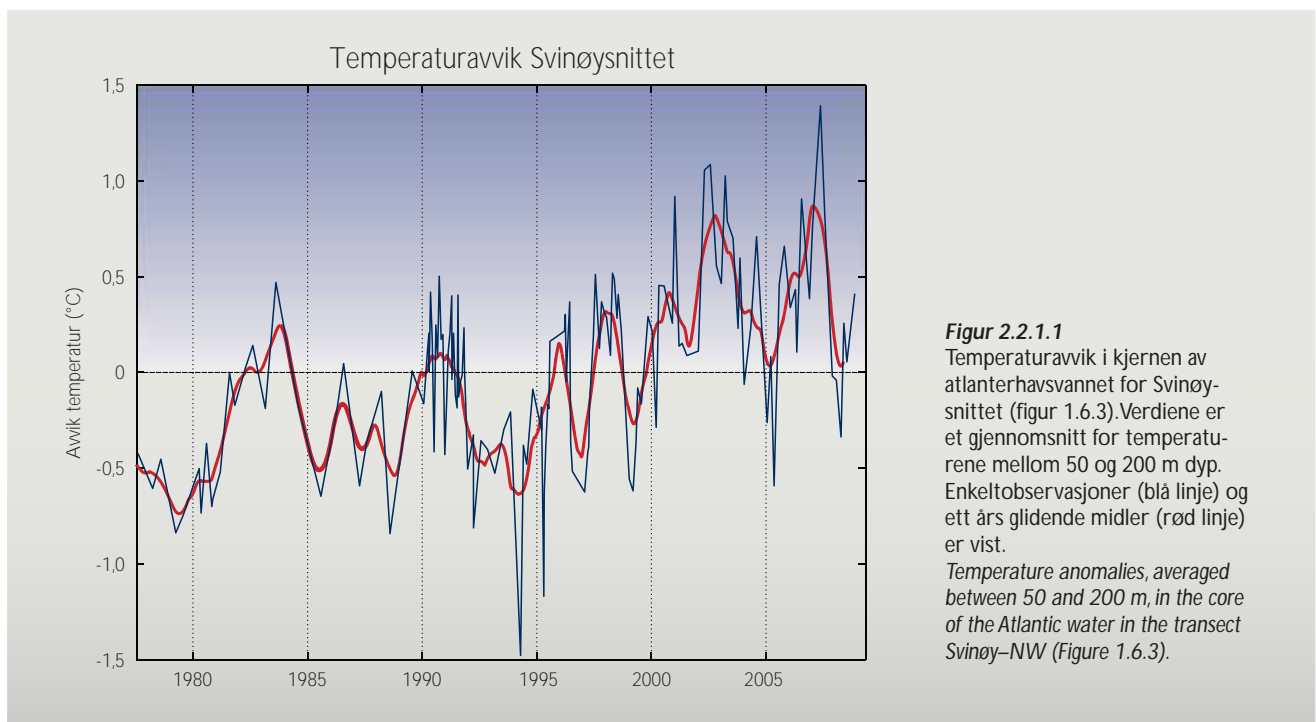
Siden 2002 har atlantehavsvannet i Norskehavet vært bemerkelsesverdig varmt og salt. 2007 var det varmeste året siden observasjonene startet i 1977 (figur

2.2.1.1). I slutten av 2007 sank derimot temperaturen og var i 2008 på det normale. I slutten av 2008 er det derimot observert varmere og saltere innstrømmende atlantehavsvann enn normalt i sørlige Norskehavet. Dette er foreløpig ikke observert lenger nord i Norskehavet. Etter at innstrømmingen av atlantehavsvann var

rekordhøy i 2005–2006, har den de to siste årene ligget på det normale.

#### Klimavariasjoner

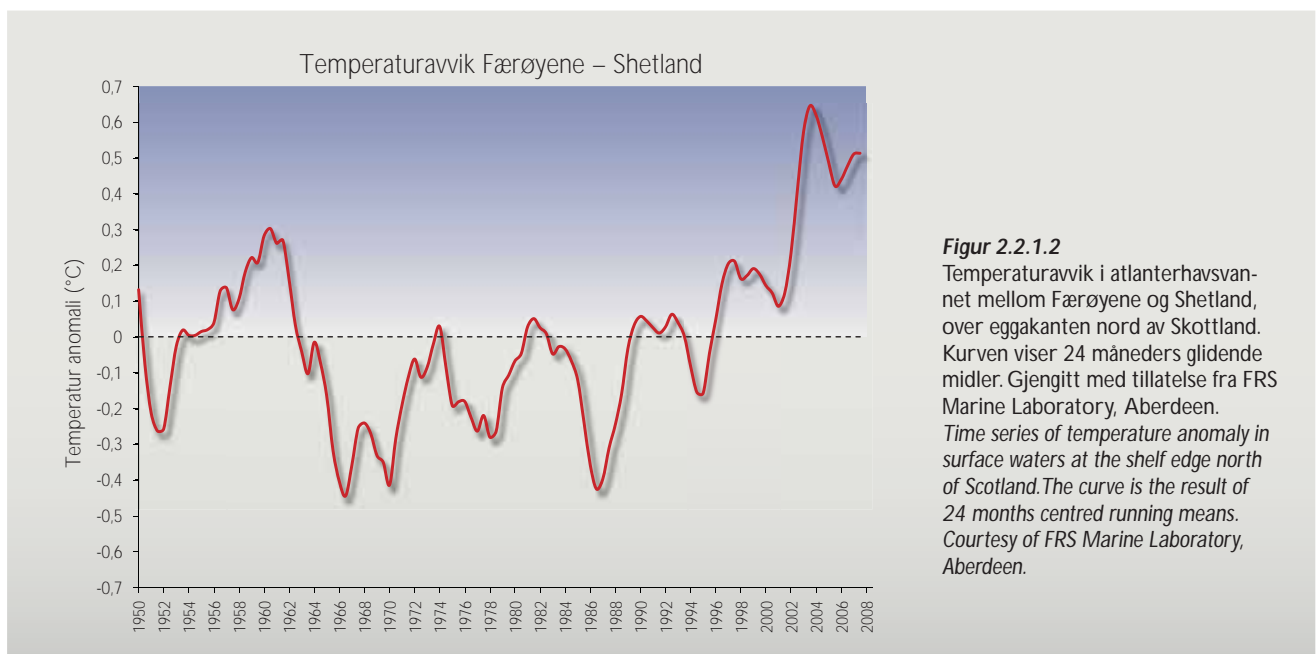
De store, årlige temperatursvingningene i Norskehavet skyldes temperaturvariasjoner i det innstrømmende, varme atlantehavsvannet, mengden av kaldt arktisk



**Figur 2.2.1.1**

Temperaturavvik i kjernen av atlantehavsvannet for Svinøysnittet (figur 1.6.3). Verdiene er et gjennomsnitt for temperaturerne mellom 50 og 200 m dyp. Enkeltobservasjoner (blå linje) og ett års glidende midler (rød linje) er vist.

*Temperature anomalies, averaged between 50 and 200 m, in the core of the Atlantic water in the transect Svinøy–NW (Figure 1.6.3).*



**Figur 2.2.1.2**

Temperaturavvik i atlantehavsvannet mellom Færøyene og Shetland, over eggkanten nord av Skottland. Kurven viser 24 måneders glidende midler. Gjengitt med tillatelse fra FRS Marine Laboratory, Aberdeen.

*Time series of temperature anomaly in surface waters at the shelf edge north of Scotland. The curve is the result of 24 months centred running means. Courtesy of FRS Marine Laboratory, Aberdeen.*

vann som strømmer inn i havområdet og lokalt varmetap fra hav til luft. Hvor mye arktisk vann som kommer inn, avhenger ofte av vindforholdene i Norskehavet og Nord-Atlanteren. Det arktiske vannet kommer fra Islandshavet og har dermed størst innvirkning i vest. Atlanterhavsvannet har størst innflytelse på de østligste områdene nærmest kysten.

Temperaturen i atlanterhavsvannet som strømmer inn i Færøyrenna mellom Færøyene og Shetland, er blitt registrert siden 1902. Det har vært både kalde og varme perioder (figur 2.2.1.2). Mellom 1965 og 1971 var det en tydelig kald periode, men også hele 30-årsperioden mellom 1965 og 1995 var kald, bare avbrutt av noen få, varme år. Etter dette har atlanterhavsvannet vært relativt varmt. De seks siste årene har vært bemerkelsesverdig varme. 2003 var det varmeste året som noensinne er observert.

### Innstrømning av atlanterhavsvann

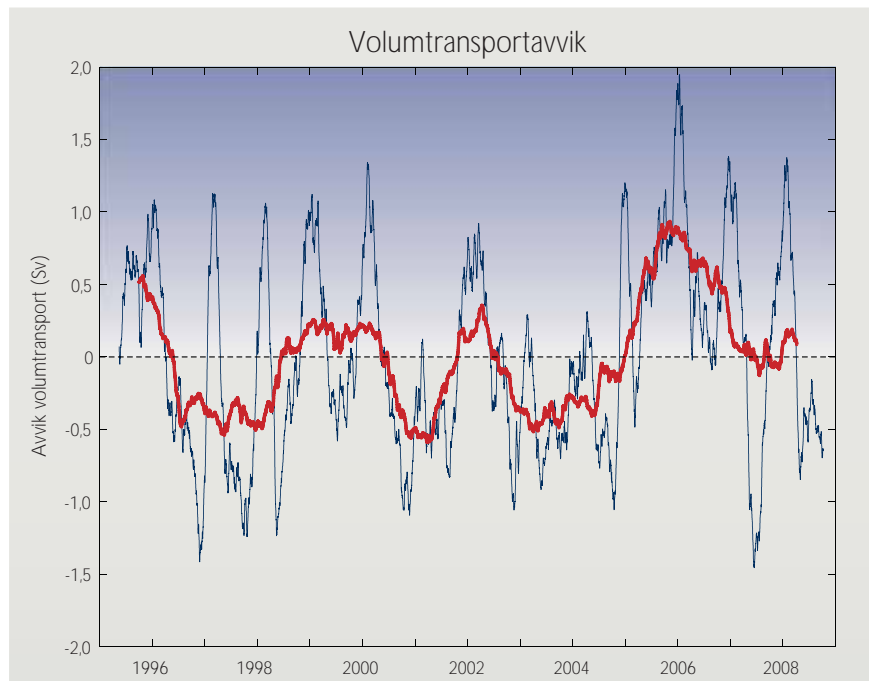
Hvor mye atlanterhavsvann som strømmer inn i Norskehavet, avhenger i stor grad av vindforholdene. Siden disse er svært varierende, vil også innstrømningen variere mye mellom årstidene, men også fra år til år (figur 2.2.1.3). Det er for eksempel sterkere sørvestlige vinder og dermed større innstrømning om vinteren enn om sommeren. Vanntransport måles i Sverdrup (Sv), og 1 Sv er definert som transporten av 1 million tonn vann per sekund. Det tilsvarer mengden vann som renner ut i havet fra alle verdens elver til sammen. I gjennomsnitt strømmer det 4,5 Sv atlanterhavsvann gjennom Færøyrenna inn i Norskehavet.

Etter to år med høy innstrømning i 2005 og 2006, der vinteren 2006 var det høyeste som er observert siden disse målingene startet i 1995, sank innstrømningen. De to siste årene har den vært nær langtidsmiddelet. Etter første kvartal 2008 har derimot transporten ligget omtrent 0,5 Sv under middelet frem til oktober 2008, som er slutten på tidsserien.

### Temperatur

I samme område som innstrømningen av atlanterhavsvann måles – i Svinøysnittet (figur 6.3.1) – blir også temperaturen i atlanterhavsvannet observert regelmessig. Temperaturen her er svært avhengig av klimavariasjonene lenger sør i Nord-Atlanteren, men påvirkes også av lokale atmosfæriske forhold og andre tilstøtende vannmasser.

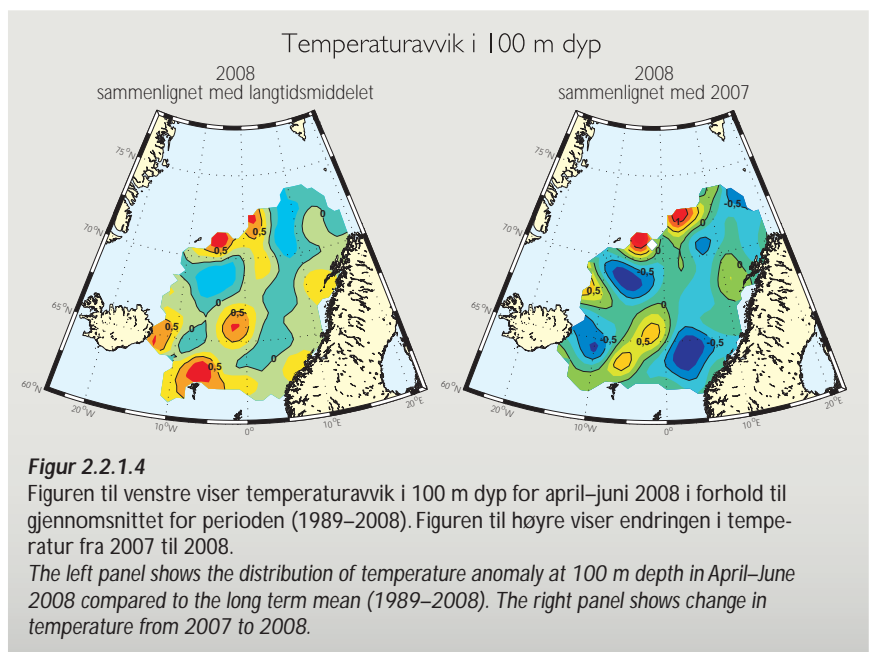
Etter midten av 1990-tallet har atlanterhavsvannet i Svinøysnittet blitt varmere og flere varmerekorde er satt. I tillegg var 2007 det varmeste året noensinne siden målingene startet i 1977 (figur 2.2.1.1). Da



**Figur 2.2.1.3**

Transport av atlanterhavsvann ved eggkanten gjennom Svinøysnittet i Sverdrup (1 Sv = 1 million m<sup>3</sup>/s). Verdiene er vist som avvik fra et gjennomsnitt. Tre måneders (blå linje) og ett års (rød linje) glidende midler er vist. Gjengitt med tillatelse fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

*Volume transport anomalies of Atlantic water at the shelf edge through the Svinøy transect. Three months (blue) and one year (red) moving averages are shown. Courtesy of the Geophysical Department, University of Bergen.*



**Figur 2.2.1.4**

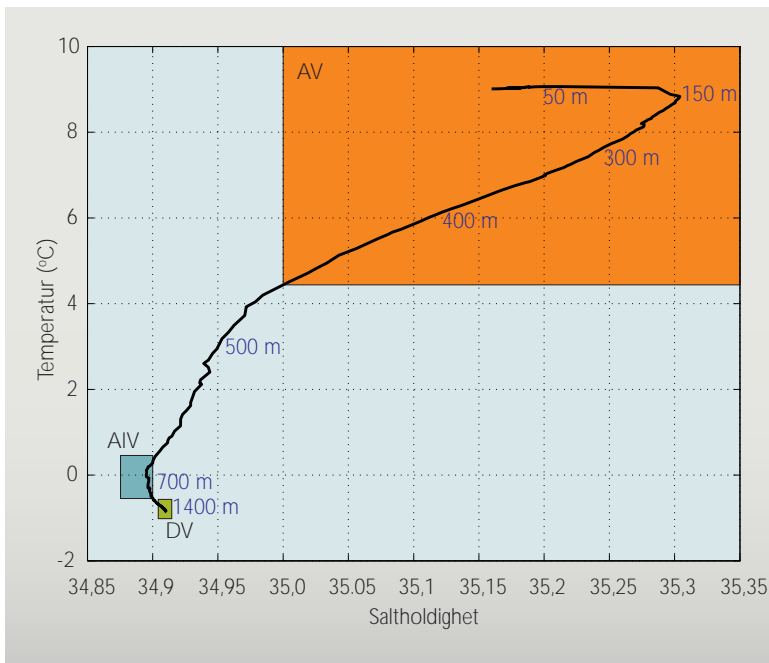
Figuren til venstre viser temperaturavvik i 100 m dyp for april-juni 2008 i forhold til gjennomsnittet for perioden (1989–2008). Figuren til høyre viser endringen i temperatur fra 2007 til 2008.

*The left panel shows the distribution of temperature anomaly at 100 m depth in April–June 2008 compared to the long term mean (1989–2008). The right panel shows change in temperature from 2007 to 2008.*

var temperaturen 0,8 °C over langtidsmiddelet. I 2008 derimot sank temperaturen, og årsmiddelet var da omtrent som langtidsmiddelet. Lenger nord i Norskehavet var det også en temperaturreduksjon, slik at årsmiddelet for 2008 også der var som normalt. Tilsvarende som for temperaturen har saltholdigheten også vært relativ høy etter 2002. Det er et resultat av at det innstrømmende vannet fra Nord-Atlanteren er blitt saltere og varmere. For 2008 har saltholdigheten også sunket. Målinger fra

slutten av 2008 viser derimot at det innstrømmende atlanterhavsvannet i sørlige Norskehavet igjen er betydelig varmere og saltere enn det normale. Dette er foreløpig ikke observert lenger nord i Norskehavet, der temperaturen i slutten av 2008 fortsatt var tilsvarende som langtidsmiddelet.

Avviket fra gjennomsnittlig temperatur på 100 m dyp viser at det i mai 2008 stort sett var normale temperaturer i Norskehavet (figur 2.2.1.4). Nord for Færøyene,



**Figur 2.2.1.5**  
Temperatur–saltholdighet (T–S) -diagram fra en hydrografisk stasjon på Svinøysnittet november 2008. Sammen med kurven er det vist tre forskjellige karakteristiske vannmasser i sørlige Norskehavet: innstrømmende atlantehavsvann (AV), arktisk intermediært vann (AIV) og dypvann (DV). Dybder i meter til noen T-S punkter er merket med blå tall. *Temperature–salinity (T–S) diagram for a hydrographic station in the Svinøy section, November 2008. Three characteristic water masses in the Norwegian Sea are also indicated: Atlantic water (AV), Arctic intermediate water (AIV) and deep water (DV). Depths in meter are indicated with blue numbers.*

øst for Island og mellom Norskehavet og Grønlandshavet var det noe varmere enn normalt, med temperaturer  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  over gjennomsnittet. Sammenlignet med 2007 var temperaturen i 2008 lavere over store deler av Norskehavet (figur 2.2.1.4).

#### Vannmasser

En vannmasse er vann med identifiserbare fysiske egenskaper som er forskjellig fra det omliggende vannet. Egenskapene kan blant annet være temperatur, saltholdighet, kjemiske og isotopiske forhold. Som regel blir bare temperatur og saltholdighet brukt for å identifisere vannmassene. Endringer i vannmassenes egenskaper skjer ofte i overflaten, der oppvarming, avkjøling, nedbør og fordampning er de typiske prosessene. I det indre av havet skjer endringene ved blanding av forskjellige vannmasser.

Det er vanlig å bruke et temperatur–saltholdighet (T–S) -diagram for å studere vannmasser. En homogen vannmasse, dvs. vannmasse med en temperatur og en

saltholdighetsverdi, vil da være et punkt i diagrammet. Blandinger av to forskjellige vannmasser vil ligge på en rett linje mellom de to vannmassene. Tilsvarende vil blandinger av tre vannmasser ligge innenfor et triangel der sidene er linjene mellom de tre punktene.

Figur 2.2.1.5 viser et T–S-diagram fra en hydrografisk stasjon på Svinøysnittet i november 2008 med målinger av temperatur og saltholdighet i dypet. T–S-kurven til denne stasjonen er vist sammen med tre karakteristiske vannmasser i sørlige Norskehavet: innstrømmende atlantehavsvann (AV), arktisk intermediært vann (AIV) og dypvann (DV). Det innstrømmende atlantehavsvannet i sørlige Norskehavet er ofte definert som alt vann med saltholdighet høyere enn 35. I dette tilfellet vil temperaturen til dette vannet være høyere enn  $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Det arktisk intermediære vannet ligger mellom det øvre atlantehavsvannet og dypvannet. Vannet har temperaturer mellom  $\pm 0,5$  og  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  og saltholdighet mellom 34,87 og 34,91.

Det dypeste vannet (dypvannet) er kaldere enn  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  og har en saltholdighet på rundt 34,91. Dette vannet er en blanding av vann som kommer fra Polhavet og Grønlandshavet. Dybdene til T–S-punktene kan ikke direkte leses i T–S-diagrammet, men i figuren er dybden i meter angitt for noen T–S-punkter. Som eksempel vil det varmeste vannet i dette tilfellet ligge i de øvre 150 m, mens det salteste vannet er på 150 m dyp.

#### Oceanography

The Atlantic water in the Norwegian Sea has been extraordinarily warm and salt since 2002 with record-high temperature in 2007. Since then a cooling is observed, and in 2008 the temperature sunk to normal. After the record-high volume transport of Atlantic water into the Norwegian Sea during 2005–2006, the temperature fell, and has been normal the last two years.

## 2.2.2 FORURENSNING

Overvåking av marint miljø omfatter blant annet målinger av polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter. Stoffene kan forekomme naturlig eller som følge av menneskelige aktiviteter. Nivåene av PAH i sedimentene er generelt lave. Havforskningsinstituttet undersøker også radioaktiv forurensning i vann og sedimenter i Norskehavet, og målingene viser generelt lave nivåer.

Jarle Klungsoyr  
jarle.klungsoeyr@imr.no

Stepan Boitsov  
stepan.boitsov@imr.no

Hilde Elise Heldal  
hilde.heldal@imr.no

**Hydrokarboner i sedimenter**

I regi av MAREANO-programmet ble det gjennomført et tokt i 2006 og to tokt i 2007 på Tromsøflaket, Troms II/Malangsdypet og nærliggende fjorder (Lyngenfjorden, Andfjorden, Gavlfjorden og Sørøysundet). Det ble tatt prøver av korte sedimentkjerener for å få informasjon om den historiske utviklingen av forurensningsbelastningen i ulike sedimentasjonsbasseng. Blant annet ble nivåene til 48 polyaromatiske hydrokarboner (PAH) målt i prøvene. PAH kan dannes som produkt av ulike forbrenningsprosesser og inngår også som del av råolje. Stoffene kan derfor ha både naturlig og menneskeskapt opprinnelse.

Nivåene av PAH målt i overflatesedimentene var svært lave. SFT har fått utarbeidet et klassifiseringssystem for forurensning i sedimenter for sum av 16 ulike PAH-forbindelser (PAH16). Dette er prioriterte PAH-forbindelser som kan virke giftig,

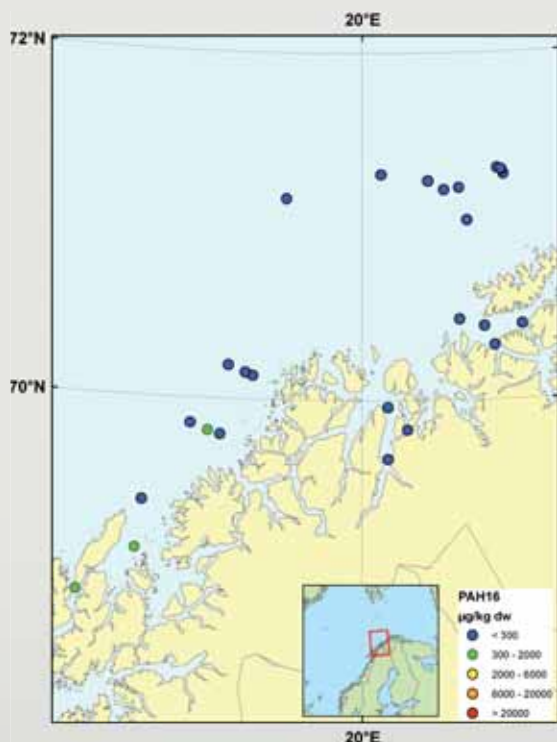
kreftfremkallende og ha negativ effekt på miljøet. Systemet er primært utarbeidet for fjord- og kystområder. Figur 2.2.2.1 angir konsentrasjonsnivåene av PAH og tilhørende SFT-klasse på sedimentstasjonene fra 2006–2007, verdiene ligger i klasse I ("Bakgrunn") eller klasse II ("God").

**Radioaktiv forurensning**

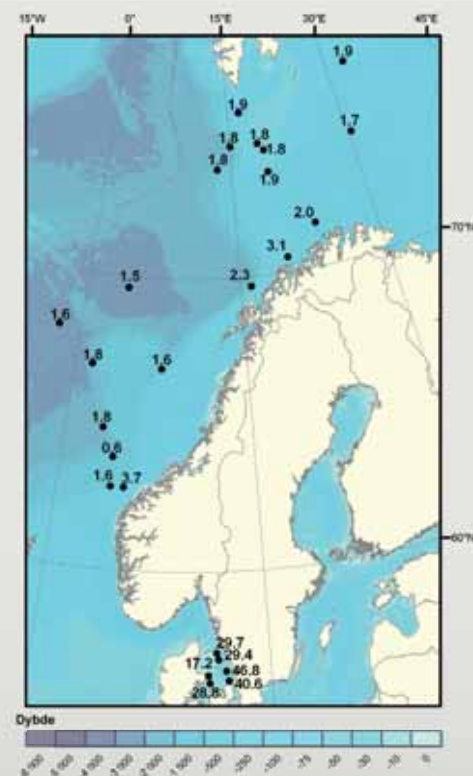
De viktigste kildene til radioaktiv forurensning i Norskehavet er nedfall fra kjernefysiske prøvesprengninger på 1950- og 1960-tallet, utslipp fra europeiske gjenvinningsanlegg for brukt kjernefysisk brensel (Sellafield og La Hague) og Tsjernobylulykken. Blant viktige menneskeskapt radioaktive stoffer er cesium-137 (Cs-137) og technetium-99 (Tc-99).

I sedimentprøver tatt på 3000–3500 m dyp i Norskehavet i 1999 fant vi svært lave konsentrasjoner av Cs-137, plutoniumisotoper og americium-241. Forholdsvis få målinger av sedimenter er gjennomført i Norskehavet, blant annet på grunn av forventede lave nivåer i området og praktiske problemer med prøvetaking på svært store dyp.

Figur 2.2.2.2 viser konsentrasjonene av Cs-137 i sjøvann i flere havområder i



**Figur 2.2.2.1**  
PAH16 nivåer i øverste sedimentlag (0–1 cm) på prøvetaksstasjoner fra 2006–2007. SFT-tilstandsklasser er vist med farge. PAH16 levels in surface sediments (0–1 cm) at stations collected 2006–2007. Levels of PAH contamination are indicated by colours according to State Pollution Control Authority (SFT) classification.



**Figur 2.2.2.2**  
Konsentrasjoner av cesium-137 (Cs-137, mBq/L) i sjøvann i 2006. Concentrations of caesium-137 (Cs-137, mBq/L) in sea water collected 2006.

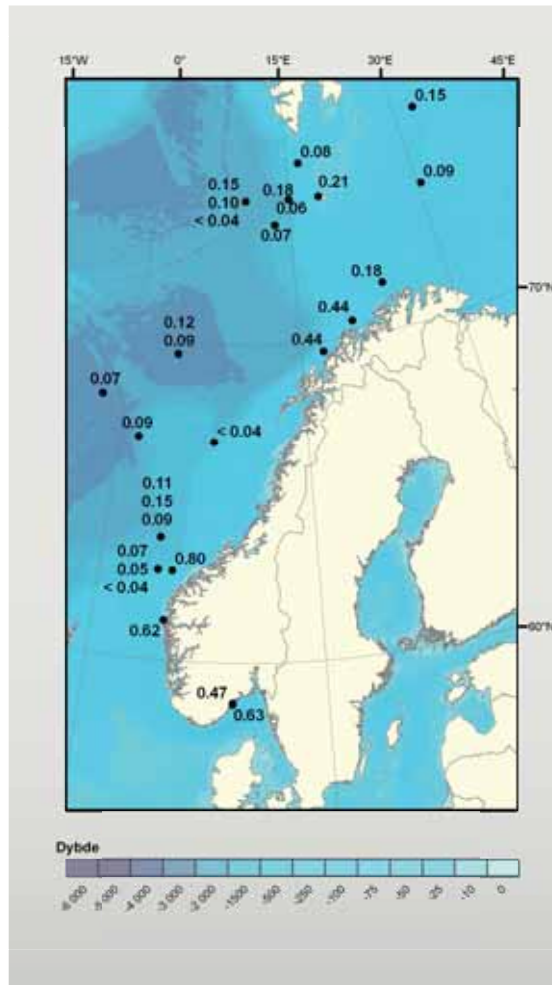
2006. De fleste prøvene av Cs-137 fra Norskehavet hadde konsentrasjoner på litt i underkant av 2 mBq/L. Konsentrasjonene tilsvarer de vi fant i området rundt Bjørnøya og Spitsbergen samme år. Videre tilsvarer konsentrasjonene de vi har funnet i Norskehavet tidligere på 2000-tallet, men her er sammenligningsgrunnlaget noe dårlig. Figur 2.2.2.2 viser at konsentrasjonene i Kattegat er 10–20 ganger høyere enn i Norskehavet. Årsaken er at Østersjøen og landområdene rundt fikk store mengder nedfall av Cs-137 etter Tsjernobyl-ulykken. Nedfallet transporteres fremdeles med havstrømmer ut i Kattegat og Skagerrak, og videre nordover med den norske kyststrømmen.

Konsentrasjonene av Tc-99 i sjøvann i det åpne Norskehavet lå i 2006 på rundt 0,1 mBq/L (figur 2.2.2.3). Konsentrasjonene i kyststrømmen var høyere. Verdiene i 2006 er en del lavere enn de vi fant tidligere på 2000-tallet. Da ble det registrert opp mot 2 mBq/L i kyststrømmen og opp mot 0,7 mBq/L i det åpne Norskehavet. Konsentrasjonene har gått ned etter at Tc-99-utslippene fra Sellafield ble redusert i 2003/2004.

I 1989 havarete den russiske atomubåten "Komsomolets" sørvest av Bjørnøya. Atomubåten har en atomreaktor og to torpedoer med atomstridshoder om bord. Havforskningsinstituttet tar prøver av sedimenter og bunnvann i området rundt vraket én gang i året. Prøver tatt de senere årene viser ingen forhøyede nivåer av Cs-137 (figur 2.2.2.4).

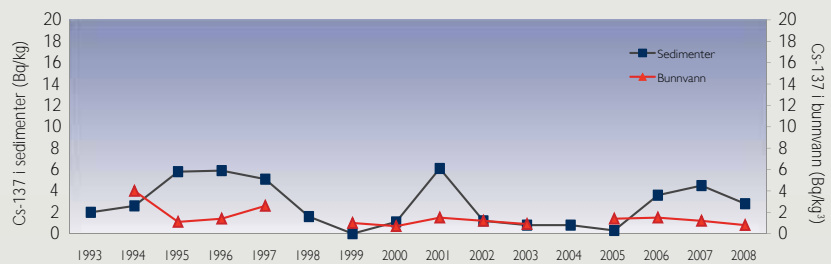
#### Contaminants

Analysis of polyaromatic hydrocarbons (PAH) in sediments are included in monitoring of the marine environment. Both natural and anthropogenic sources of PAH are present. Results show that the levels of PAH are generally low in sediments collected from the Norwegian Sea. Monitoring of radioactive contaminants in seawater and sediments is also included in the monitoring activities of Institute of Marine Research. Observed levels of radioactivity are generally low.



**Figur 2.2.2.3**  
Konsentrasjoner av technetium-99 (Tc-99, mBq/L) i sjøvann i 2006. På enkelte stasjoner ble det tatt prøver fra flere dyp i vannsøylen. Disse resultatene er listet under hverandre i figuren. Den øverste konsentrasjonen er i overflatevann, og den nederste er i bunnvann. Concentrations of technetium-99 (Tc-99, mBq/L) in sea water collected in 2006. At stations where samples were collected from several depths, the results are listed in the figure with top number as the value for surface water and lower number as the value for bottom water.

#### Cesium-137 i området rundt vraket av atomubåten "Komsomolets"



**Figur 2.2.2.4**

Konsentrasjoner av cesium-137 (Cs-137) i bunnvann (mBq/L) og sedimenter (Bq/kg) i området rundt vraket av den russiske atomubåten "Komsomolets". Concentrations of caesium-137 (Cs-137) in deep water (mBq/L) and sediments (Bq/kg) in the area close to the wreck of the Russian nuclear powered submarine "Komsomolets".