

Vinteren 2009/10 var kold, men ikke kold nok...

## Isvinteren der forsvandt

Af Flemming Vejen, DMI

*definitionen på en isvinter sættes i et kritisk lys, og der funderes over årsagerne til isvinterens fravær i denne omgang.*

Vinteren 2009/10 blev den koldeste i mange år og huskes især for sine store snemængder og for statsisbrydere, der trods 24-timers varsel for isbrydning aldrig kom i arbejde. Hvorfor blev det ikke en isvinter? Denne artikel er en rejse rundt i isvinterens forunderlige univers. Der sammenlignes med tidligere isvintre,

### Hvad er en isvinter?

Den gængse definition er, at isdannelser i hovedfarvandene skal have budt på så store vanskeligheder for skibsfarten, at mindst én af statsisbryderne skal have været ude at bryde is mindst én dag. Men er denne definition tilstrækkelig? Skibes egnethed for sejlads i isfyldt farvand, deres størrelse, maskinkraft og skrog-

styrke, har givet ændret sig gennem tiden, og derfor skal der mere kulde og is til i dag end for 100 år siden, førend isbryderne rykker ud. Der er trods alt forskel på et moderne handelsskib og et godt gammelt træskib med sejl. Desuden duer definitionen kun i den historiske periode, hvor Danmark har haft mindst én statsisbryder at trække på!

### Et kort historisk rids over brydning af is i Danmark

Historien om statsisbryderne tager sin begyndelse i 1922 med



Figur 1. I 1954 er Øresund frosset til, og skibe der sidder fast i sejlrenden, er blevet et mål for søndagsudflugten. <http://www.berlingske.dk/billeder/dengang-med-rigtig-isevinter>. Foto: Aage Sørensen.

en lovgivning, der førte til bygning af den første statsisbryder Isbjørn (klar i 1923) og skabte grundlaget for en effektiv statslig istjeneste, men forinden opererede Istjenesten såmænd helt fra sidst i 1800-tallet /2/.

Der har været i alt 6 statsisbrydere, hvoraf Danbjørn, Isbjørn og Thorbjørn stadig er i drift. Når der var problemer med is, var det i gamle dage med liv og lemmer som indsats at begive sig over Storebælt og ud til øsamfundene. Den første isbryder var isbryderdamperen "Fyen", som i

1867 blev sat ind på Storebælt af Det kongelige danske Postvæsen /2/. For at sikre hovedfærdselsåren Storebælt var Statsbanerne også forudseende nok til at lade isbryderen Stærkodder bygge i 1883 – den blev i øvrigt købt af Istjenesten i 1928. Den kunne ligesom Fyen medtage passagerer, og siden fulgte yderligere fire DSB isbrydere. Faktisk har flere selskaber såsom DFDS gennem tiderne haft isbrydere /2/, og mange har ydet assistance i bl.a. fjerde og havne under mere eller mindre tilspidsede situationer.

## Isobservationer

Fra vinteren 1906/07 har der været regelmæssige observationer af havis fra et antal udkigsposter og havne, og der er gennem årene indsamlet et unikt datamateriale, der opregner antal dage med forskellige istyper og påvirket skibsfart, istykkelser, maksimale istykkelser samt dato for første og sidste ismelding. Dette har siden da været med til at danne grundlag for udsendelse af daglige isberetninger og tegning af iskort til støtte for skibsfarten.

		nov	dec	jan	feb	mar	apr	dec-feb	Kmax	info
1	1939-1940	5,4	0,6	-4,4	-6,8	-0,3	4,1	-3,5	368,5	isvinter
2	1962-1963	4,0	-0,6	-5,3	-4,5	-0,2	5,1	-3,5	300,3	isvinter
3	1941-1942	2,4	2,8	-6,6	-6,3	-3,5	5,2	-3,4	497,5	isvinter
4	1940-1941	5,4	0,3	-6,2	-3,3	0,6	3,8	-3,1	290,7	isvinter
5	1946-1947	4,7	0,7	-2,7	-7,1	-2,1	5,5	-3,0	378,0	isvinter
6	1928-1929	6,4	1,1	-2,6	-7,0	1,8	2,9	-2,8	266,7	isvinter
7	1969-1970	4,2	-2,1	-2,7	-3,6	0,3	3,3	-2,8	208,4	isvinter
8	1981-1982	5,0	-4,0	-3,6	-0,7	3,3	6,2	-2,8	218,7	isvinter
9	1978-1979	7,4	-0,3	-3,7	-3,7	1,0	4,8	-2,6	215,2	isvinter
10	1995-1996	3,7	-2,2	-1,8	-2,9	0,0	6,6	-2,3	183,2	isvinter
11	1984-1985	5,9	2,7	-5,1	-4,2	1,0	4,8	-2,2	273,4	isvinter
12	1923-1924	2,9	-1,3	-1,9	-2,2	-0,8	3,6	-1,8	238,8	isvinter
<b>13</b>	<b>2009-2010</b>	<b>7,4</b>	<b>0,9</b>	<b>-3,2</b>	<b>-2,2</b>	<b>2,8</b>	<b>7,0</b>	<b>-1,5</b>	<b>176,9</b>	
14	1955-1956	5,3	1,9	0,2	-6,2	1,1	4,1	-1,4	226,0	isvinter
15	1985-1986	1,8	2,6	-1,3	-5,2	1,1	4,1	-1,3	193,3	isvinter
16	1965-1966	1,4	0,5	-2,2	-1,7	2,7	3,5	-1,1	163,0	
17	1986-1987	7,0	2,5	-4,7	-0,5	-1,8	6,3	-0,9	266,3	isvinter
18	1968-1969	4,9	-0,5	0,4	-2,5	-0,5	5,3	-0,9	116,2	
19	1921-1922	1,3	2,4	-1,7	-2,2	1,7	4,2	-0,5	165,4	isvinter
20	1906-1907	7,0	-0,7	0,1	-0,9	2,2	5,0	-0,5	121,1	isvinter
21	1916-1917	5,7	2,1	-1,7	-1,9	-1,5	3,4	-0,5	169,5	isvinter
26	1911-1912	5,2	3,2	-2,1	-1,3	3,9	6,0	-0,1	128,6	isvinter
28	1927-1928	2,3	-2,8	0,7	1,9	1,2	5,6	-0,1	110,3	isvinter
31	1908-1909	2,9	1,4	0,3	-1,5	-0,6	4,5	0,1	151,6	isvinter

Tabel 1. Rangering af de 20 koldeste vintre 1906/07 til 2009/10 samt 4 "mildere" isvintre, regnet efter middeltemperatur for december til februar.  $K_{max}$  = kuldesum.

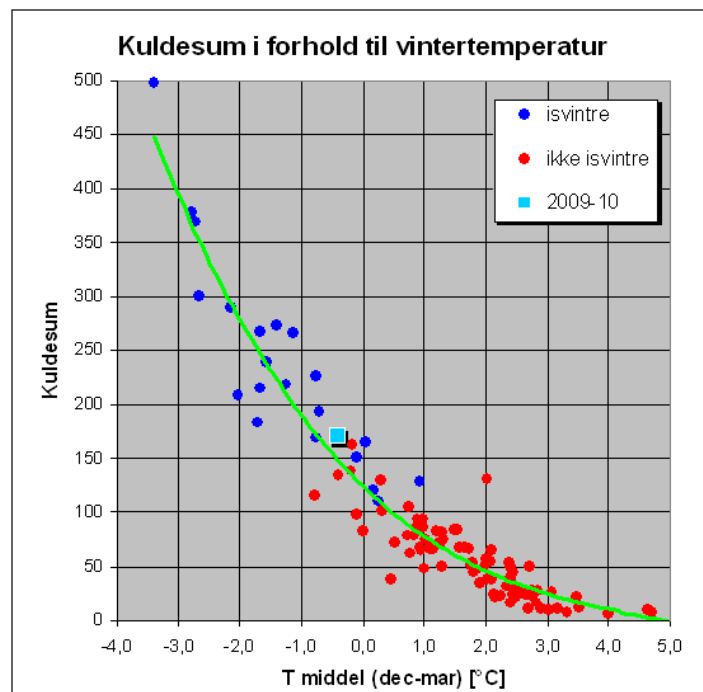
## Hvor tit har der været isvintre?

Holder vi os strengt til definitionen, har der siden vinteren 1923/24 været 16 isvintre, men opgjort ud fra isobservationer og problemer for skibsfarten siden 1906/07 kan yderligere 5 vintre regnes med som isvintre, selvom der ikke var statsbrydere dengang. En svaghed i den almindelige definition på en isvinter er også, at der er andre vintre, hvor isen gav problemer for skibsfarten. F.eks. regnes vinteren 1953/54 ikke for en isvinter, men ikke desto mindre var det en kold vinter, hvor der sad skibe fast i isen (figur 1). At "isvinter" blev forstået anderledes førhen ses også af, at man for 80 år siden regnede med isvanskeligheder hvert 3. år /2/, hvilket snarere end hyppigt kolde vintre skyldtes skibenes mere begrænsede evner i isfyldte farvande.

## Opgørelse af en vinters streghed

Spørgsmålet er, hvordan man angiver en vinters streghed og specielt, om det har været en isvinter. Flere faktorer spiller ind, primært havisens udbredelse, isperiodens længde samt isdækkets fremkommelighed, som er påvirket af vind- og strømforhold.

Der er flere metoder til at beskrive isvintres sværhedsgrad /1/. En metode er at benytte den maksimale isudbredelse som udtryk for vinterens sværhedsgrad. Denne kan dog give et falsk billede, da store havoverflader som Kattegat og Skagerak kortvarigt kan dækkes af nyis, hvis de rette vejrforhold er til stede: svag vind, minusgrader og klart vejr med stor udstråling. Kort tid efter kan



Figur 2. Sammenhængen mellem kuldesum og middeltemperatur for december-marts for data fra vintrene 1906/07-2009/10.  $R^2 = 0,9257$  og korrelationen  $r = 0,9621$ .

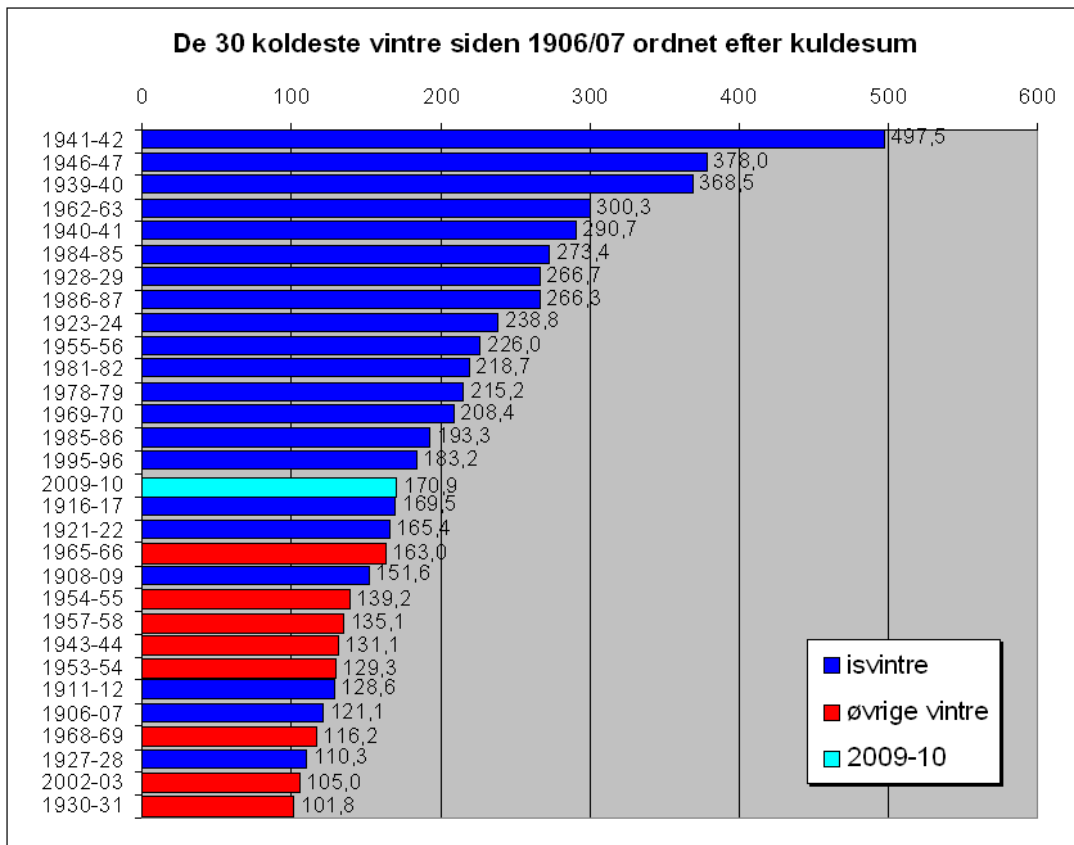
isen være forsvundet. I vore dage kan isens udbredelse kortlægges ganske effektivt vha. satellitdata, hvorimod tidligere tiders kortlægning vha. manuel rapportering er mindre effektiv.

En anden mere subjektiv metode er at se på faktorer som isens varighed, udbredelse og fremkommelighed for søfarten. Disse principper ligger til grund for den traditionelle definition af en isvinter i Danmark. Metoden kan dybest set kun benyttes i en begrænset tidsperiode, hvor isbryderressourcer, skibstrafik og tonnage har været nogenlunde konstant. Sammenligning med ældre tider kræver en mere objektiv metode. Sædvanligvis benyt-

tes den såkaldte kuldesum som udtryk for vinterens streghed.

## Definition af kuldesum: vinterens "streghed" som funktion af lufttemperatur

Kuldesum er blevet anvendt til at kategorisere vintre i Danmark siden 1906/07, og denne metode vil blive benyttet i resten af artiklen. Kuldesummen  $K_{\max}$  beregnes som summen af negative døgnmiddeltemperaturer i vinterperioden. Kuldesummen for en vinterperiode i Danmark beregnes som middelværdien af  $K_{\max}$  ved seks stationer, der så vidt det er muligt er placeret ved kysten. De seneste år er benyttet Skagen Fyr, Gniben, Rønmø/Juvre,



Figur 3. Rangering af vintre efter samlet kuldesum for vinterperioden.

Gedser Odde, Københavns Lufthavn og Hammer Odde Fyr. Metoden tager dog ikke hensyn til varmetab som følge af vindens påvirkning, havets varmemagasin eller strålingseffekter. Korte perioder med hård frost giver samme bidrag til  $K_{\max}$  som længere perioder med moderat frost, men en kort tids streng frost med kraftig vind giver mere isdannelse end moderat frost ved svag vind, selvom  $K_{\max}$  har samme værdi. Det kan derfor være svært at sammenligne vintres strengthed objektivt.

### Vinteren 2009/10 og de andre vintre

Vinteren 2009/10 var kold, rig på sne og forholdsvis lang. Den startede midt i december med et massivt kuldefremstød fra nordøst med sne og dagfrost og varede med kortere afbrydelser til et godt stykke ind i marts. Den første sne faldt 16/12, og de sidste snebunker ved DMI's stationer var først smeltet væk 31/3. Med en middeltemperatur på  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  rangerer vinteren som nr. 21 på en liste over alle tiders kolde vintre siden 1874 og er så-

ledes blandt de 15% koldeste. Hvis vi i stedet nøjes med at rangere blandt vintre med isobservationer og oplysninger om status som isvinter, dvs. siden vinteren 1906/07, kommer den ind på en 13. plads (tabel 1). Godt gået? Det er måske overraskende, at december-februar i 2009/10 var koldere end hele 8 isvintre, deriblandt to af 80'er isvintrene. Hvorfor blev det ikke en isvinter?

En tidligere artikel i *Vejret* /3/ har undersøgt sammenhængen mellem iskoder og iskondition,

og det blev fremhævet, at år med en kuldesum på  $K_{\max} \geq \text{ca. } 100$  erfaringsmæssigt kan regnes som en isvinter med svær iskondition. Det siges også, at når der er svær iskondition, er der grund til at anvende isbrydere, og isen haren tykkelse på ca. 20cm eller mere.

Det er derfor mere korrekt at sammenligne vintre ud fra kuldesum. Ofte strækker en isvinter sig ind i marts, og kuldesummen beregnes for hele vinterperioden. Der er en velkorreleret sammenhæng mellem kuldesummen for vinterperioden og middeltemperaturen for december-marts (figur 2). Det ses, at alle isvintre har  $K_{\max} > 100$ , men der er ikke en skarp grænse, da de koldeste "ikke-isvintre" er væsentlig koldere end de mildeste isvintre. Faktisk tager 2009/10 prisen som den hidtil koldeste "ikke-isvinter", og regnet efter kuldesum rykker den ned på en 16. plads (figur 3); samtidig bliver den overhalet af 80'er vintrene.

Da  $K_{\max} \geq \text{ca. } 100$  kan regnes som en isvinter med svær iskondition, er det spændende at se, om statsisbrydernes aktiviteter "retter sig ind" efter dette tal. I figur 4 ses antal dage med mindst én statsisbryder i virksomhed sammenlignet med kuldesum. Som kuriosum kan nævnes, at den ekstreme vinter 1941/42 havde isbryderaktivitet helt frem til 5. maj!

Med "i virksomhed" skal forstås, at isbryderne er klar til at rykke ud, men ikke nødvendigvis gør det. I figuren skelnes der derfor mellem virksomhed i kendte isvintre og øvrige vintre. For indeværende vinter foreligger der endnu ikke tal, så her er antal dage sat til 0, selvom der i

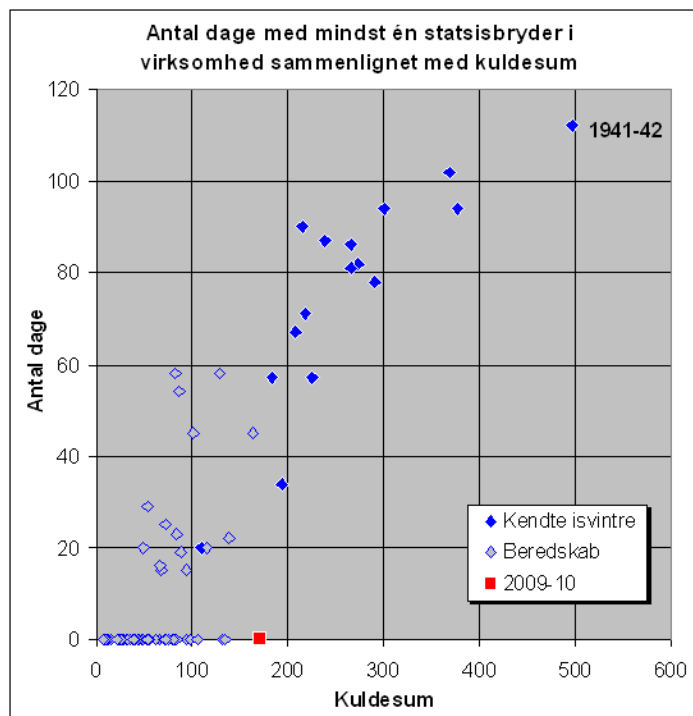
en periode var 24-timers varsel for udrykning. Opgjort på denne måde ser det ud til, at statsisbryderne erfaringsmæssigt først rykker ud, hvis  $K_{\max} \geq \text{ca. } 180$ , dog bortset fra vinteren 1927/28, hvor kuldesummen kun var 110. I forne tider skulle der ikke så meget til! Tilbage står indtrykket af, at der lige manglede det sidste i at få 2009/10 op på "statsisbryderniveau".

En modificeret definition på en isvinter kunne være, at det er en vinter med en så langvarig kuldeperiode, at de indre farvande fryser til og giver problemer for almindelige skibe, hvorfor statsisbryderne gøres klar til at yde assistance med kort varsel. Med denne definition ville 2009/10 være en isvinter.

## Isforholdene 2009/10

Sidst i januar og midt i februar topper isudbredelsen i de indre danske farvande, og figur 5 viser traditionelle iskort fra 31/1 og 16/2, hvor issituationen topper. I figur 6 viser Envisat-billeder isens udbredelse omtrent midt i februar, og der ses is tværs over Kattegat og fastis i de indre farvande.

Efter begge højdepunkter sker der en mildning og opløsning af store dele af havisen. Specielt sidst i januar så det ud til at spidse til med en isvinter under opsejling, men mildningen varede for længe til, at isen kunne nå at genetableres og forstærkes, inden det gik mod varmere tider. Isen når dog midt i februar at brede sig til store dele af Skager-



Figur 4. Isbryderaktivitet i forhold til kuldesum. Figuren er baseret på data fra 14/, 15/ og 16/.

rak og Kattegat, og der er nys i hele Øresund og dele af vestlige Østersø, men Storebælt og Lillebælt har praktisk taget ingen is. Limfjorden når at få fastis, og også i Smålandsfarvandet og fjordene er der en hel del is. Rapporterede istykkelse i de åbne farvande når midt i februar, da situationen er værst, op på 5-15 cm, hvilket er for lidt til statsisbryderassistance.

På det kritiske tidspunkt midt i februar artede vejret sig imod isvinteren: det blev kortvarigt mildere, hvilket lettede på situationen, og vinden gik i syd. Kraftig østenvind kunne måske kortvarigt have presset isen op

	officiel	beregnet	forskel
<b>1984-85</b>	273,4	249,6	-23,8
<b>1985-86</b>	193,3	184,5	-8,8
<b>1986-87</b>	266,3	252,1	-14,3
<b>1995-96</b>	183,2	209,5	26,3
<b>2009-10</b>		170,9	

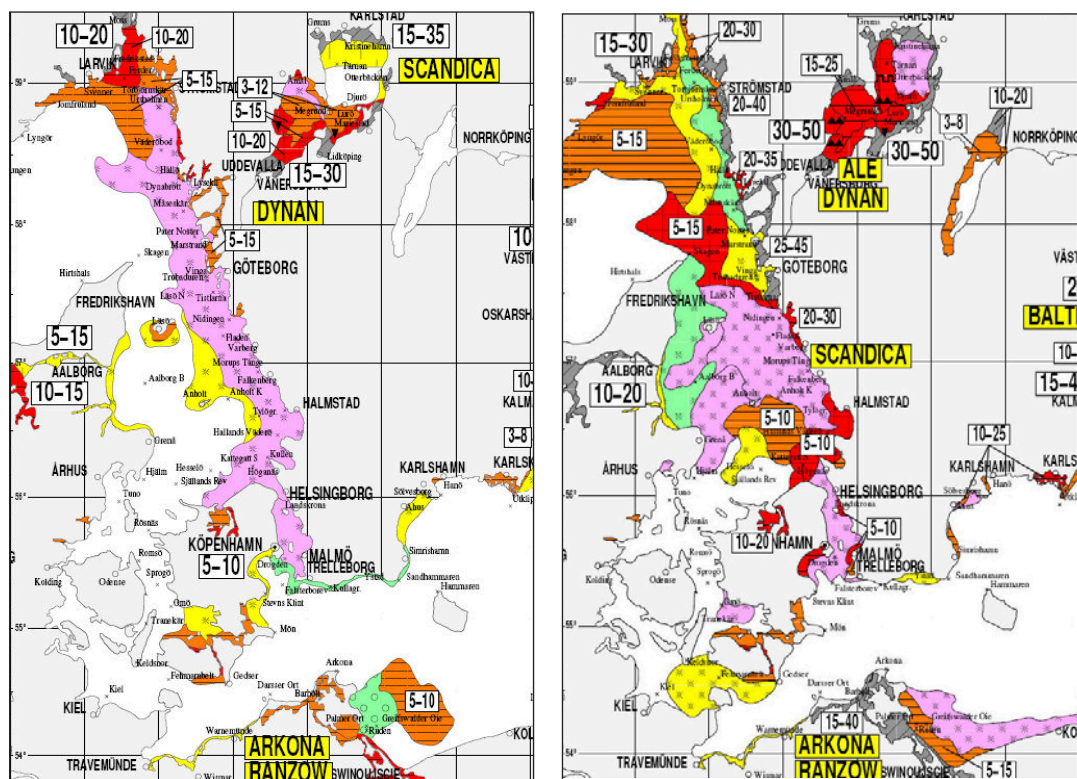
Tabel 2. Officielle kuldesummer og kuldesummer, der er baseret på tilnærmelsesvis det samme datagrundlag. For 2009/10 er benyttet en simuleret Møn Fyr serie, som er baseret på Gedser Odde data. Der foreligger endnu ikke officielle tal for 2009/10.

mod Ålborg Bugt og tvunget isbryderne til at assistere, f.eks. ved Hals Barre.

Tilfældet kunne have gjort 2009/10 til en isvinter, men gjorde det ikke.

### Sammenligning med tidligere isvintre

Vinteren 2009/10 blev oplevet som streng, men den menneskelige hukommelse kan være kort! Det kan derfor være udbytterigt

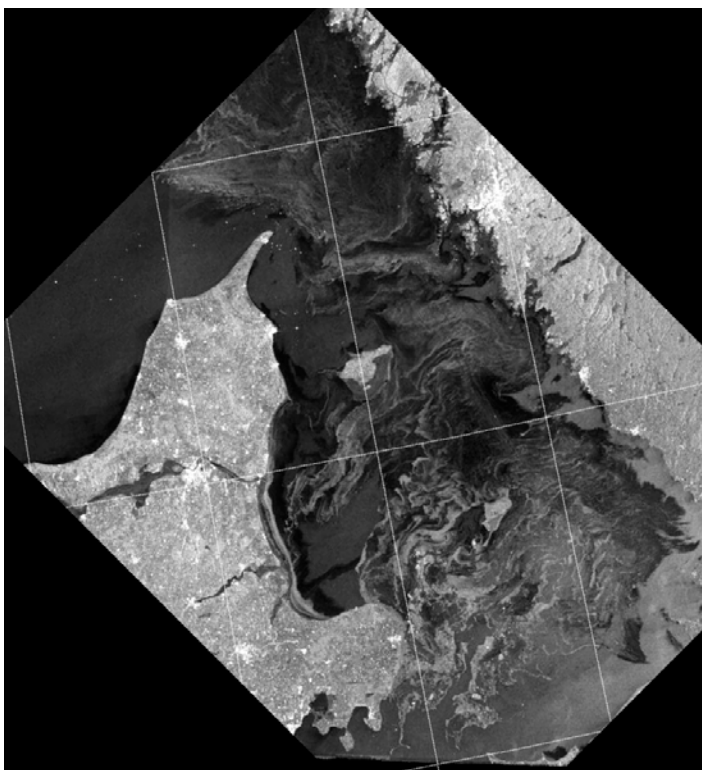
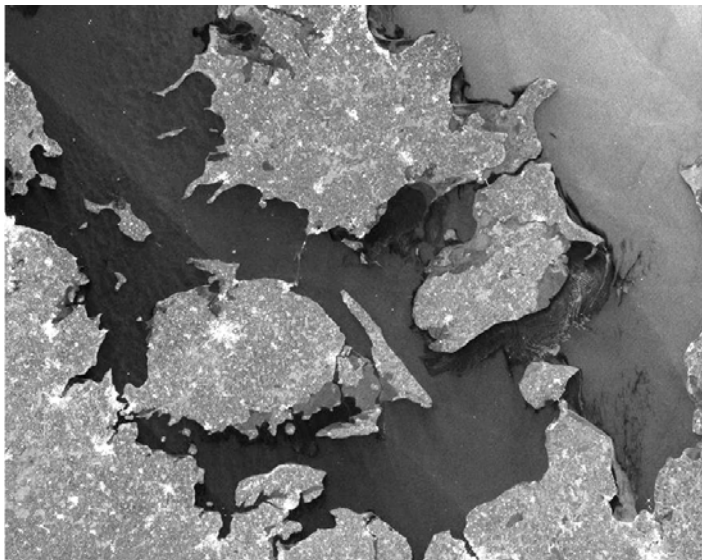


Figur 5. Iskort fra SMHI fra 31/1-2010, udsendt kl. 1145z (tv.) og 16/2-2010, udsendt kl. 11z (th.). Hentet fra arkiv på [http://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/is\\_prod.php](http://www.smhi.se/oceanografi/istjanst/is_prod.php). Signaturforklaring ses på næste side nederst. Tallene angiver istykkelse i cm. Teksten i de gule bokse er navne på isbrydere.

at sammenligne med vejrudviklingen i de seneste fire isvintre for at se, hvad der skal til for at hæve en vinter det sidste stykke.

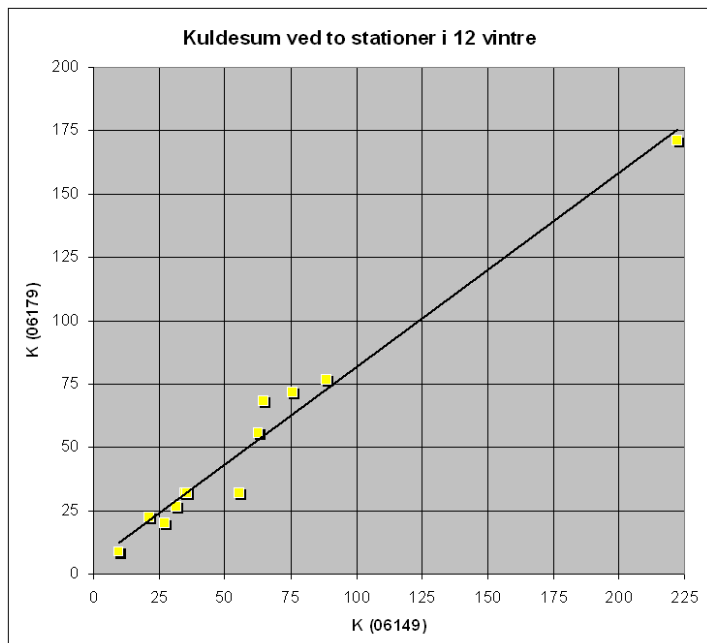
Men sammenligninger ud fra kuldesum kan være vanskelig, da kuldesummen gennem årene er baseret på forskellige stationer. F.eks. blev kuldesummen for 1984/85 vinteren beregnet vha. Dokkedal, Fanø, Læsø, Landbohøjskolen, Næsgård og Hammerodde. Spørgsmålet er, hvor meget denne forskel piller ved grundlaget for sammenligning af de forskellige vintre. Det er derfor undersøgt, om stationssammensætningen har en betydende forskel, og i givet fald om det er muligt at korrigere for denne.

Kuldesummen  $K_{max}$  for de fire isvintre og 2009/10 er forsøgt beregnet med de samme stationer, som benyttes i dag: Skagen Fyr, Griben, Rønmø/Juvre, Gedser Odde, Københavns Lufthavn og Hammer Odde Fyr. Det er rimeligt, da der f.eks. kun er én genganger i forhold til de stationer, der ligger til grund for  $K_{max}$  i 1984/85. Imidlertid er der ikke Gedser Odde data fra de fire isvintre. Det er derfor undersøgt,



SYMBOLS	
Fast is (10/10) Fast ice	Spricka Crack
Sammanfrosen, kompakt eller meget tæt drivis (9-10/10) Consolidated, compact or very close pack ice	Iskant Ice boundary
Tæt drivis (7-8/10) Close pack ice	Uroskatted iseriens Estimated ice boundary
Spridd drivis (4-6/10) Open pack ice	Høskuten is Balled ice
Mycket spridd drivis (1-3/10) Very open pack ice	Vallar och upptornad is Ridges and hump-backed ice
Öppet vatten (<1/10) Open water	Stamsisvall Windrow, brash ice barrier
Nyis (1-2/10) New ice (4-6/10)	Räk Lead
Nya is (7-9/10)	Isbunlingar Floesberg, floesbits
Ilma is (7-8/10) Level ice (8-9/10)	Vattentemp isoterm C° Water, temp isotherm C°
W or C Warm / cold maximum	Varmt / kallt maximum Warm / cold maximum

Figur 6. På Envisat billede (ESA) 11/2-2010 (øverst) ses fastisens udbredelse i de indre farvande, mens Envisat 14/2-2010 (nederst) viser, at isen nu ligger tværs over Kattegat.



Figur 7. Sammenligning af kuldesummer fra 06149 Møn Fyr og 06179 Gedser Odde for 13 vintre i perioden 1993-94 til og med 2005-06 (bortset fra 1994-95, hvor der manglede data).

om det er muligt at simulere en Møn Fyr serie vha. korrigerede Gedser Odde data, så der bliver et mere homogent sammenligningsgrundlag mellem vintrene. Det er rimeligt at benytte disse stationer, da de begge ligger ud mod Østersøen.

Samlede kuldesummer ved Gedser Odde og Møn Fyr er sammenlignet for 12 vintre for at se, om der kan dannes en Møn Fyr serie vha. Gedser Odde data. En analyse af daglige værdier af middeltemperatur viser, at Møn Fyr kun er en anelse koldere end Gedser Odde, når vinteren spidser til med lave temperaturer, men det kan næppe overraske. Årlige kuldesummer ved de to stationer er sammenlignet for vintrene 1993/94 til 2005/06, og resultatet ses i figur 7.

Da der er for få år til at teste sammenhængen mod uafhængige data, er der lavet en jackknifing test, som består i efter tur at fjerne en  $K_{\max}$ -værdi, hvorefter resten af data benyttes til at beregne den fjernede uafhængige værdi. For de 12 vintre gav det en korrelation mellem målt og beregnet værdi på  $R^2 = 0,9523$  ( $r = 0,9759$ ) og en forskel mellem måling og beregning på blot 3,1 %, så vi kan roligt generere en pseudo Møn Fyr serie for 2009/10.

Beregning af  $K_{\max}$  for de fem vintre ud fra tilnærmelsesvis samme datagrundlag giver resultatet vist i tabel 2. Stationsvalget ses at betyde en del, f.eks. ville vinteren 1995/96 overhale 1985/86 i hierarkiet. Det kunne være spændende at genberegne

kuldesummer tilbage i tiden ud fra gridberegnete døgntemperaturer langs kysterne i de indre danske farvande.

### Havtemperatur, isdannelser og kuldesumsdoser

Dannelse af havis kræver, at der har været frostvejr meget længe, da havet pga. sin store varmekapacitet er længe om at blive afkølet tilstrækkeligt. Det betyder, at det skal have været koldt i mange uger, inden isen kan begynde at dannes, og at kulden skal vare ved uden de store afbrydelser for at vedligeholde og udbygge isen. Den samlede kuldesum  $K_{\max}$  siger noget om slutresultatet, men ikke om processen frem mod målet. Derfor er de sidste 4 isvintre og 2009/10 undersøgt ved at se på samspillet mellem havets overfladetemperatur (også kaldet SST=Sea Surface Temperature), isdannelse udtrykt ved potentielt mulig istykkelse  $e_{\max}$  og vejrudvikling.

SST data er mest repræsentative for isdannelser, hvis de er målt til havs. Fra de tidligere isvintre er der gode data fra Drogden og Østerrenden, som er gode lokaliteter med vand til alle sider. Imidlertid blev målgrejet ved de to lokaliteter taget ind i starten af januar 2010 pga. overisning, og blev først sat ud igen, da kuldeperioden var slut. Den eneste mulighed for at sammenligne SST for vintrene er derfor at se på målinger fra diverse havne. Da stationsnettet i 2009/10 er forskelligt fra 80'erne og 90'erne vintrene, har det ikke været muligt at finde data fra en god havlokalitet for hele perioden. I stedet beregnes SST for de gamle vintre som middelværdien ved et



antal stabile havnestationer, og SST for 2009/10 for stationer, der så vidt muligt repræsenterer de samme områder.

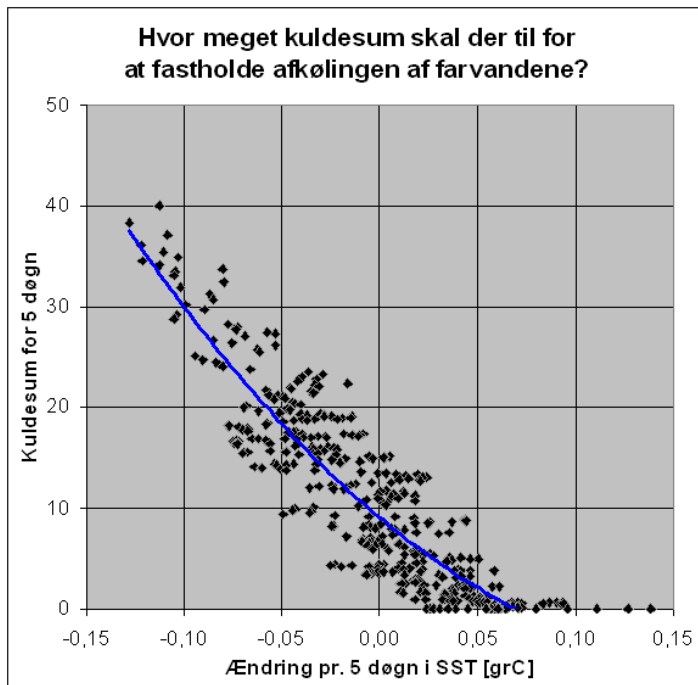
Forudsætningen for at der er en sammenhæng mellem kuldesum og havis er, at kuldesummen også kan sige noget om SST. Ifølge [3] er der en klar sammenhæng med faldende SST ved øget kuldesum, og ved  $K_{\max}$  større end 50-70 kan der forventes havtemperaturer under 0 °C, altså påbegyndende isdannelser. Istykkelsen er herefter beregnet vha. en erfaringsformel, der giver istykkelsen  $e_{\max}$  i meter [3];

$$e_{\max} = 0.032 \sqrt{K - 50}$$

Selvom formlen ikke nødvendigvis giver den reelle istykkelse, da mange parametre har betydning for isens tykkelsesvækst, giver den alligevel en idé om udviklingen. Af overordnet betydning for isdannelserne er kuldeperiodernes og mildningernes antal, varighed og styrke. Et billede af udviklingen kan fås, hvis kuldesummen frem for et samlet tal anskues som doser, der henover vinteren fyres af, og som kan give en ide om, hvor meget kuldesum der i en given periode skal til for at afkøle eller fastholde et farvand på en given lav overfladetemperatur, og hvor lange kuldepauser vinteren kan tåle.

### Hvad skal der til for at starte og fastholde en isvinter?

I figur 8 er vist, hvor meget kuldesum  $K_{5dg}$  der henover fem døgn skal til for at vedligeholde eller udbygge afkølingen af de indre danske farvande, så der skabes potentiale for yderligere udbredelse af havis. Værdierne i diagrammet er beregnet som



Figur 8. Ændring i havoverfladetemperatur henover 5 døgn som funktion af kuldesum i den samme periode. Data stammer fra vinterperioden i de 5 undersøgte vintre.

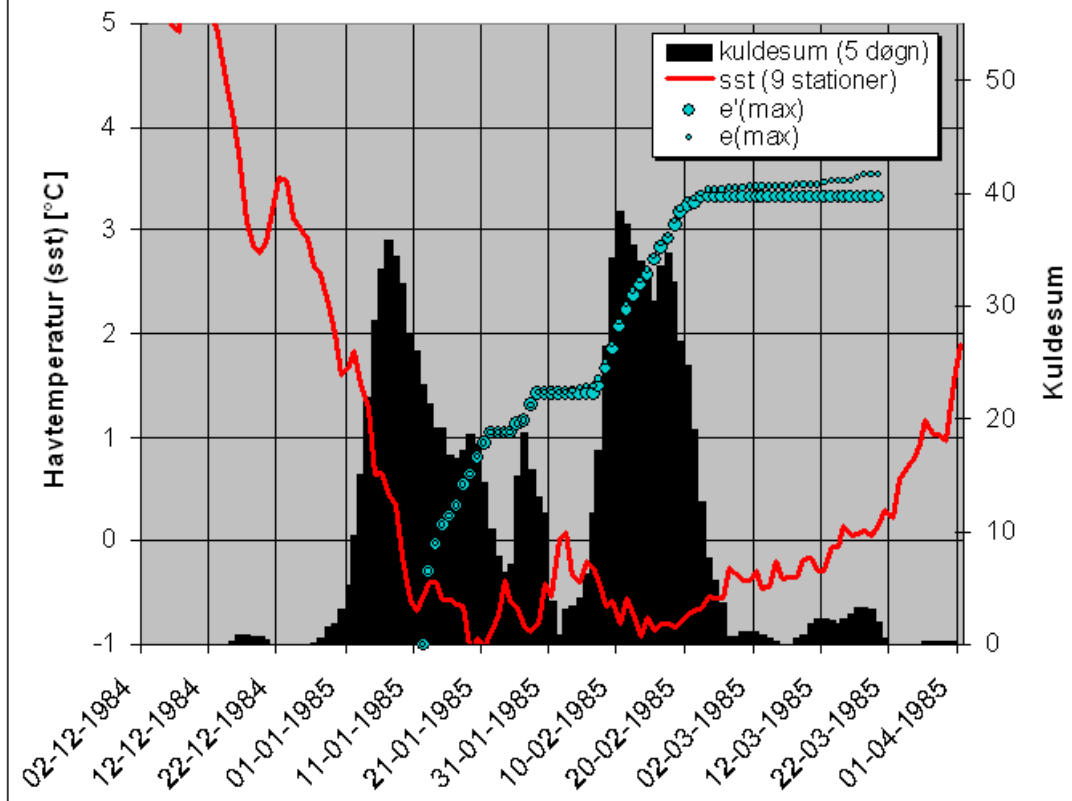
løbende 5-døgns værdier for alle fem vintre. Periodelængden er ikke så afgørende, det vigtige er at få en idé om vinterens forløb.

Nu er temperaturvariationer i farvandene naturligvis ikke alene bestemt af kuldesummen, dvs. afkøling som følge af koldt vejr, men af et komplekst samspil af mange faktorer, herunder strømforhold, temperaturfordeling i vandsøjlen, saltforhold, isens albedo samt meteorologiske parametre såsom vindhastighed, vindretning, strålingsforhold og nedbør. Høj vindhastighed ved lav temperatur kan fremme afkølingen betydeligt, hvilket var tilfældet i januar 1987, mens vindretningen afgør, om der sker tilførsel af og opblanding med varmere overfladevand fra an-

dre farvande såsom Nordsøen. Desuden kan regionale forskelle i de influerende faktorer indvirke på temperaturforholdene og ikke mindst middelværdien af SST, som jo ligger til grund for figur 8. Isvanskeligheder for skibsfarten kan også komme af vindstuvning og isskrninger, hvilket i særlige vejr-situationer kan tvinge statsisbryderne i aktion.

Alle disse faktorer er med til at forklare spredningen i figur 8.  $R^2$  er 0,7846 svarende til en korrelation  $r$  på 0,8858, altså et godt signifikant resultat det store antal punkter taget i betragtning. Usikkerhederne til trods synes der at være et punkt for  $K_{5dg}$  kuldesumsværdi, hvor balancen overordnet set tipper mellem afkøling og opvarmning.

## Kuldesum, "istykkelse" og sst for isvinteren 1984-85



Figur 9a. Glidende værdier af kuldesum henover 5 døgn, potentielt maksimal istykkelse  $e'_{max}$  beregnet ud fra en erfaringsformel,  $e'_{max}$  med indbygget standby i mildninger, samt SST (Sea Surface Temperature) for et antal stationer for vinteren 1984/85. Observationer af istykkelse ved f.eks. Drogden Rende i form af iskoder angiver tykkelser på 30-50 cm fra midt i februar til ind i marts, mens Flinterenden i samme periode mest ligger på 15-30 cm /3/. Iskoder giver dog kun en grov indikation af istykkelsen i form af intervaller.

Det ser i gennemsnit ud til at ske ved 5-døgns kuldesum på omkring 9, hvilket svarer til en døgnmiddeltemperatur til havs på ca.  $-1,8$  °C. Det passer ganske pænt til erfaringerne, da afkølingen ved lidt højere lufttemperaturer til havs stagnerer eller er ubetydelig.

### Hvad kendetegner de fire isvintre?

I figur 9 (a-e) er der for de fem vintre sammenligninger af 5-døgns

værdier af kuldesum  $K_{5dg}$ , daglige værdier af SST og istykkelser beregnet vha. udtrykket for  $e'_{max}$ . Da isdannelserne øjensynlig går i stå ved  $K_{5dg} < 9$ , er der også beregnet en  $e'_{max}$  værdi, hvor der er indregnet en funktion for standby i istilvækst i relativt milde perioder, men der tages ikke højde for afsmeltning.

Der ses store forskelle mellem vintrene i den tidlige variation af SST og kuldesum. Nogle vintre, i særdeleshed 1986-87, har meget

kolde perioder hvor SST hurtigt falder til et niveau med isdannelse, mens andre vintre som 1995-96 har flere tilløb med lave kuldesum og begrænsede temperaturfald inden det går løs. Der er vintre med flere korte perioder, hvor afkølingen afløses af en generel opvarmning, så isdannelserne går i stå; dette sker også ved kuldesum  $> 0$ .

Vinteren 1984/85 starter med et kraftigt kuldefremstød straks

efter nytår, og ved bidende vind fra nordøst falder dagtemperaturen mange steder til under -10 °C, hvilket får SST til at falde meget hurtigt med isdannelse til følge. Efter tre uger med  $K_{5dg} \geq 9$  følger der to korte mildninger på 3 og 6 dage, i februar blot afløst af en ny længere periode på 17 døgn med ekstrem kulde og betydelige isdannelse.

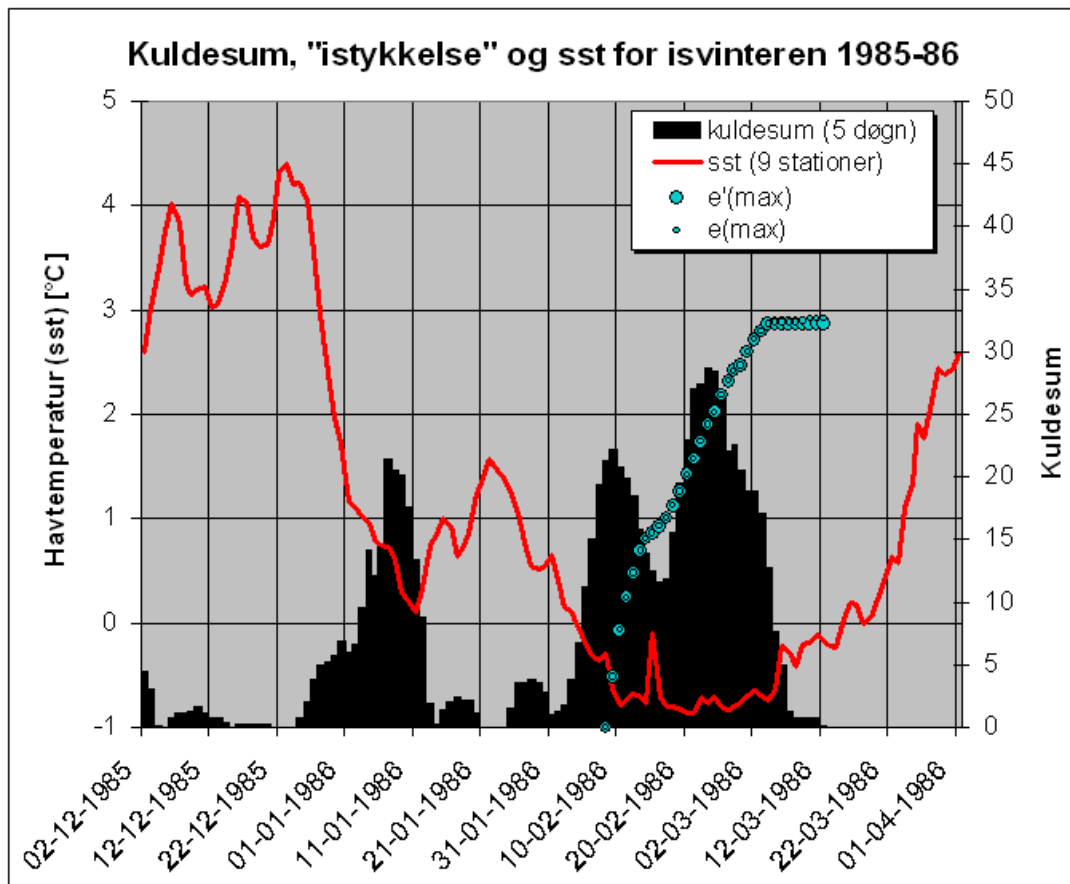
I 1985/86 kommer afkølingen ad to omgange: koldt vejr til ind i januar er ikke for alvor nok til at starte isdannelse, og der

følger 24 døgn på standby med  $K_{5dg} < 9$ . Herefter slår en frostperiode på hele 28 døgn henover februar og starten af marts hovedet på sømmet: isvinteren kommer sent, men forarbejdet er gjort i januar, og isen breder sig hurtigt, da kulden slår til.

1986/87 er speciel, fordi isvinteren kom ad to omgange. I december bygger kulden op over Skandinavien, og i et forrygende fremstød i begyndelsen af januar slår den til: 5 dage med dagtemperaturer ned til 13 til 17 gra-

ders frost, og -25 °C om natten. Samtidig blæser der op til kuling fra nordøst med sørøg og stedvis kraftigt snefald, og havene afkøles med uhørt hast.  $K_{5dg}$  kulminerer ved ekstreme 50; på én nat breder nyisen sig tværs over Øresund, og snart må isbryderne tørne ud. 18 døgn i streg har  $K_{5dg} \geq 9$ . En længere mildning er blot stilstand, før en ny omgang streng frost i marts slår til med nye isproblemer.

I vinteren 1995/96 er frosten langt mere moderat sammenlig-



Figur 9b. Som figur 9a, men for isvinteren 1985/86. I Drogden rende og Flinterenden antyder iskoderne istykkelse, der fra midt i februar til midt i marts hovedsagelig ligger i intervallerne 10-15 og 15-30 cm /3/.

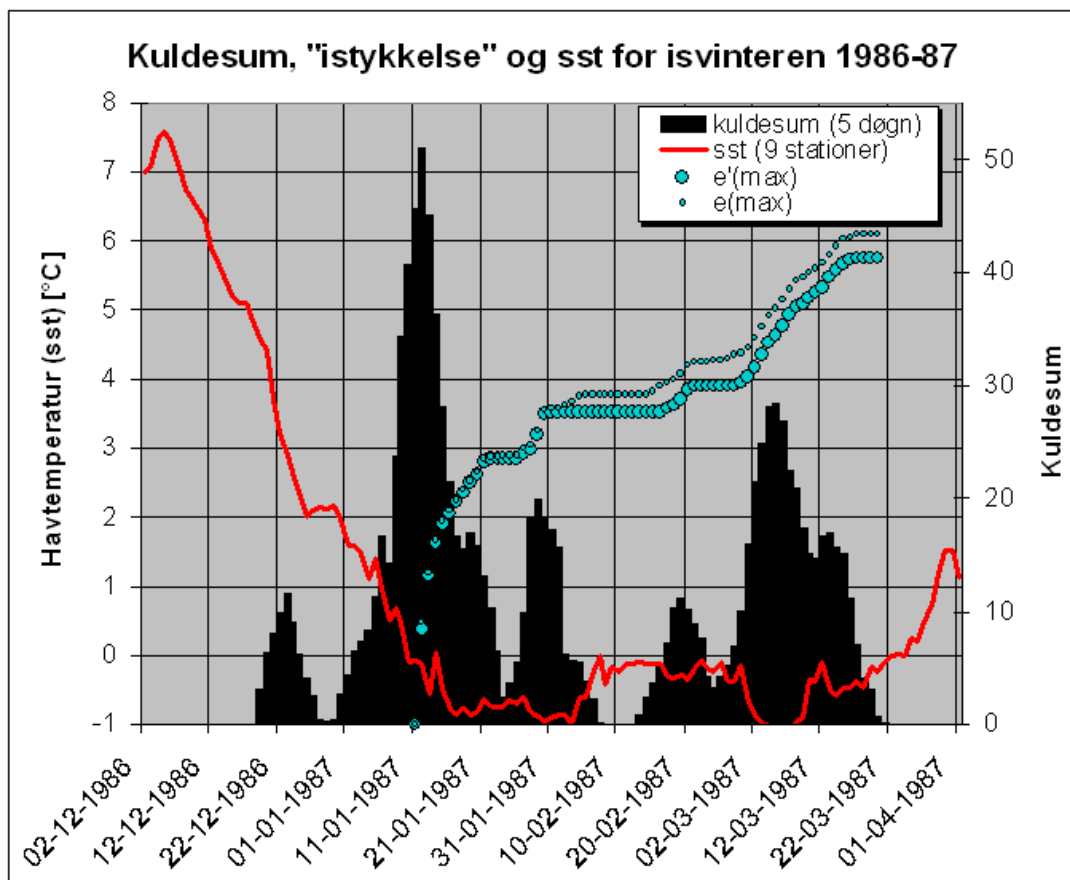
net med 80'er vintrene, men til gengæld er den langvarig. Faktisk kommer de første kuldedøgn allerede i november, og da december er uhørt kold med nær konstant dagfrost i sidste halvdel af måneden, starter isdannelserne tidligt. En længere mildning i januar er ikke nok til at slå isvinteren ud af kurs, og trods moderate frostgrader i februar, hvor  $K_{5\text{d}\text{g}}$  på intet tidspunkt når over 25, er kulden langvarig og mildningerne korte, hvilket fastholder istykket i farvandene.

### Hvorfor blev 2009/10 ikke en isvinter?

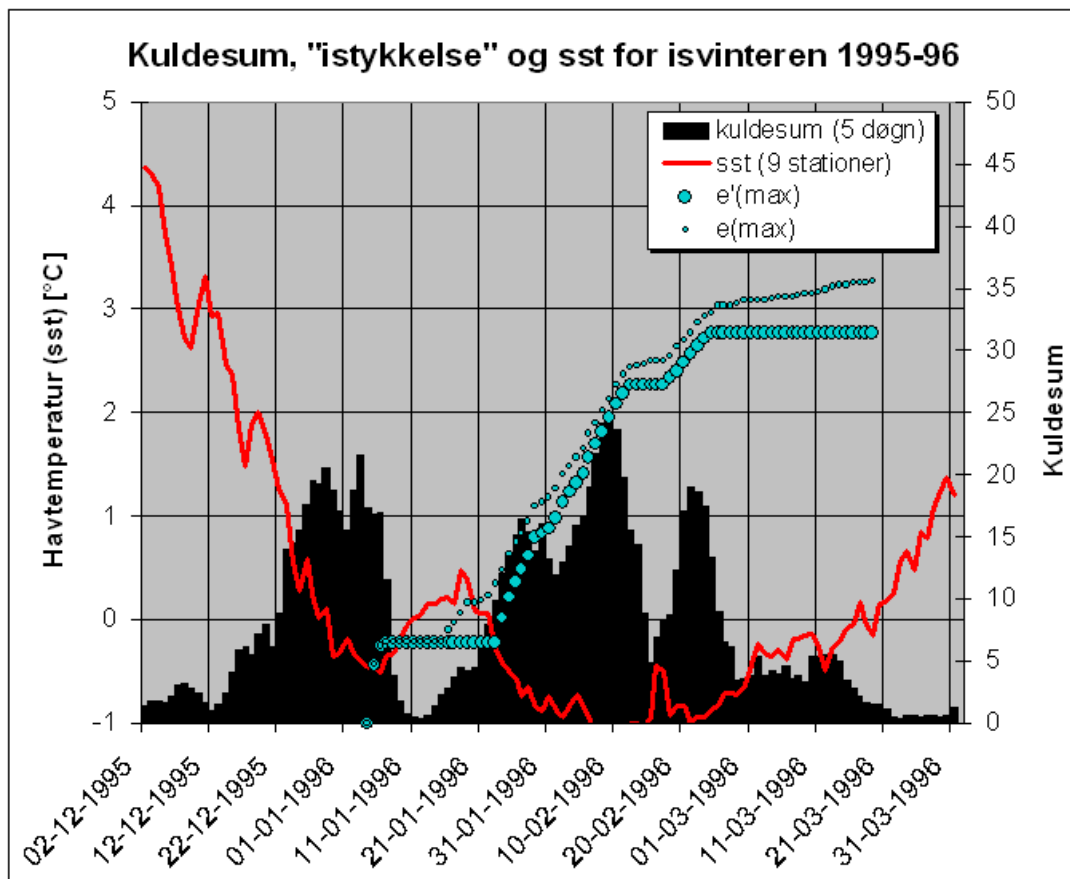
Sammenlignet med disse fire vintre er 2009/10 kendetegnet ved mere moderate doser af kuldesum,  $K_{5\text{d}\text{g}}$ , og mens SST i alle de gamle vintre når massivt under  $0^\circ\text{C}$ , i 80'erne også i Østersøen omkring Bornholm, kniber det i 2009/10 med for alvor at komme i bund. Afkølingen går pga. den moderate frost for langsomt, og pga. to mildninger på hhv. 9 og 8 døgn med  $K_{5\text{d}\text{g}} < 9$  og delvise plusgrader skal vi helt hen til

slutningen af januar, inden SST når det kritiske niveau for isdannelser i hovedfarvandene. En ny mildning på 4 døgn vipper balancen tilbage mod isfrit, og den efterfølgende kuldeperiode er for svag og kort til for alvor at få isen til at volde problemer i de danske farvande. Isen når aldrig op over den kritiske tykkelse.

De fire kuldeperioder henover vinteren på hhv. 5, 11, 14 og 11 døgn kan slet ikke matche de lange og betydeligt strengere frostperioder i de fire isvintre,



Figur 9c. Som figur 9a, men for isvinteren 1986/87. I den første kuldeperiode når Drogden Rende og Flinterenden ifølge iskoderne op på 10-15 og 15-30 cm tyk is, kortvarigt endog op i 30-50 cm. I den anden kuldeperiode i marts nås samme istykkelse, i nogle dage omkring den 10/3 melder Drogden Rende endog om op til 50-70 cm /3/.



Figur 9d. Som figur 9a, men for isvinteren 1995/96. Istykkelserne er mere moderate denne gang, ifølge iskoderne 5-10 og 10-15 cm istykkelse i det meste af isperioden. I februar når Drogden Rende dog periodevis op til 15-30 cm i sidste halvdel af februar og kort ind i marts /3/.

og statsisbryderne må nøjes med et 24-timers beredskab. Desuden mangler der kraftig vind i de koldeste perioder, hvilket kunne have øget afkølingen af farvandene og accelereret isdannelse.

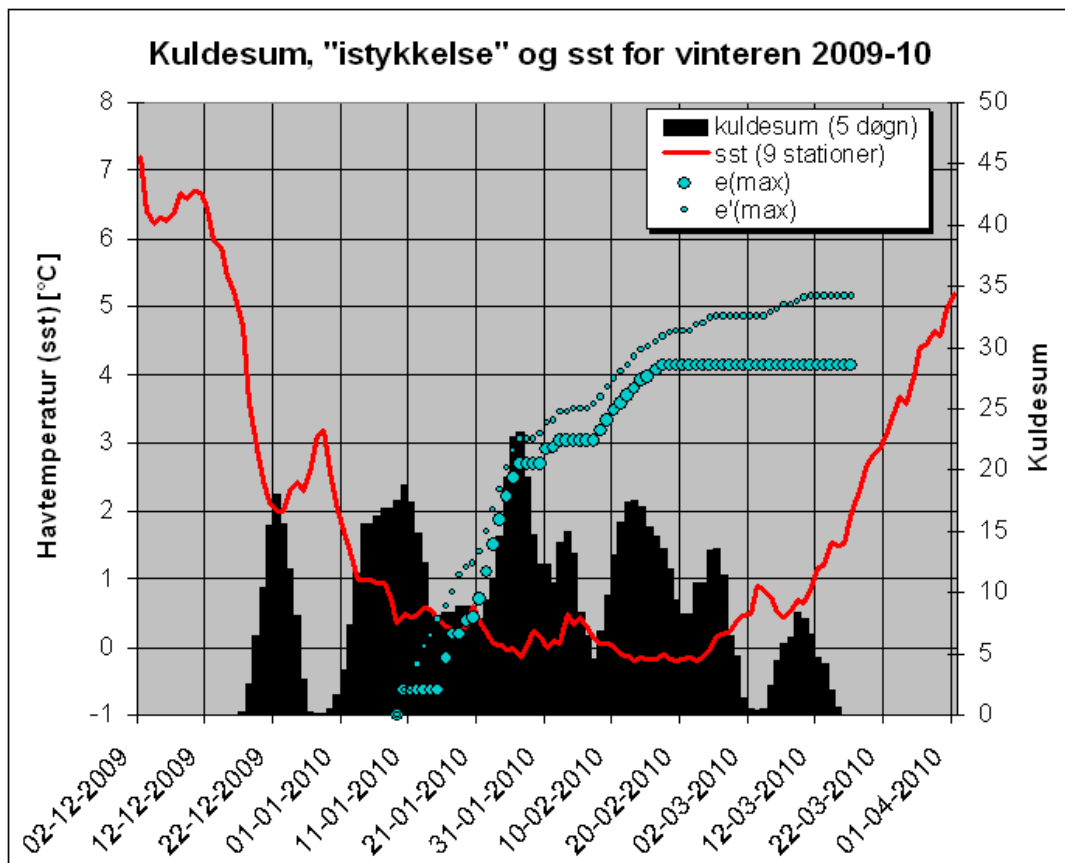
Istykkelserne  $e_{\max}$  og  $e'_{\max}$  viser hhv. den potentielt maksimale istykkelse beregnet ud fra kuldesum og istykkelsen med indbygget standby funktion i mildninger. Hvis de to kurver fjerner sig fra hinanden flere gange henover vinteren, er det et relativt udtryk for, at isdannelserne slås tilbage. Dette ses at være særlig udtalt for

2009/10 i modsætning til specielt 80'ers isvintrene.

### Afrunding

Isforholdene i vinteren 2009/10 er undersøgt og der er lavet en detaljeret sammenligning med de fire forrige isvintre. Dette er foretaget vha. kuldesummer, potentielt mulige istykkelser og havoverfladetemperatur for at få en idé om, hvorfor den tilsyneladende kolde vinter i år ikke blev en isvinter, selvom der mange steder var isdække til havs. Den ene side af sagen er, at der ikke var tid nok til at opbygge isvan-

skeligheder, da kuldeperioderne var for moderate og blev afbrudt af for lange mildninger. Desuden var der for lidt vind i de koldeste perioder, hvilket kunne have øget varmetabet og skabt grundlag for en isvinter. Den anden side er af sagen er, at der i vore dage skal mere til, før statsisbryderne må i funktion end i gamle dage, hvor skibene var mindre egnede til sejlads i isfyldte farvande. Dermed peger pilen på, hvad vi forstår ved en isvinter: skal statsisbryderne ud, eller er det nok at sige, at en længere periode med frost og isdannelser har gjort det



Figur 9e. Som figur 9a, men for vinteren 2009/10. Ifølge iskoderne når Drogden Rende og Flinterenden kun op i 5-10 cm istykkelse kortvarigt i midten og slutningen af februar (ismeldinger <http://forsvaret.dk/SOK/Nationalt/Istjenesten/Pages/default.aspx>). I figur 5 ses iskort med angivelse af isens tykkelse og udbredelse i de øvrige farvande.

nødvendigt at sætte isbryderne i øget beredskab? Eller skal der laves en ny definition baseret på kuldesum?

Svaret må blæse i vinden – og den isvinterglade må trøste sig med, at kolde snerige vintre stadig er mulige.

### Litteratur

/1/ Torbjörn Grafström, Åmund Lindberg, Lisa Lind (SMHI), Ulf Gullne, Sjöfartsverket. Sammen-

fattning av Isvintern och Isbrytningsverksamheten 2008/09. Sjöfartsverket og SMHI, 2009.

/2/ Knud Fischer, 2004: De danske isbrydere. Historien om Elbjørn og de andre isbrydere. Skibs Forlag, Stenstrup 2004, 103 p.

/3/ R. Zort og M. Hvidberg-Knudsen, 2007: Is i de danske farvande. Havisobservationer og Isprognose. Vejret, 2007.

/4/ Is- og Besejlingsforholdene i de Danske Farvande i Vinteren 1953-54. Statens Istjeneste, København 1955.

/5/ Is- og Besejlingsforholdene i de Danske Farvande i Vinteren 1978-79. Statens Istjeneste, København 1979.

/6/ Is- og Besejlingsforholdene i de Danske Farvande i Vinteren 2008-09. Søværnets Operative Kommando, Istjenesten, 2009.