

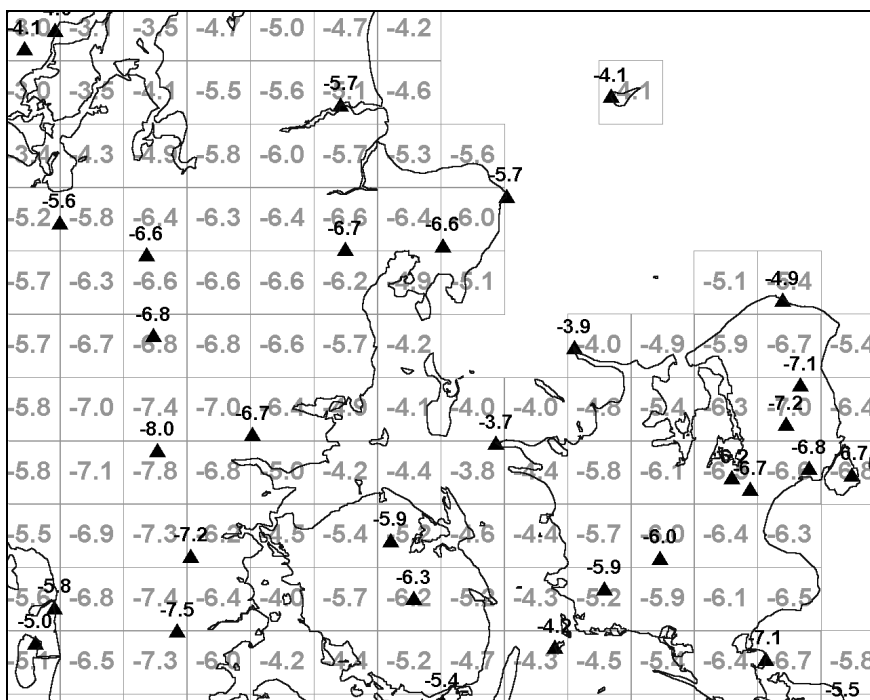
TECHNICAL REPORT

99-12

KLIMAGRID - DANMARK  
Nedbør, lufttemperatur og  
potentiell fordampning  
20\*20 & 40\*40 km

METODEBESKRIVELSE

Mikael Scharling



# Indholdsfortegnelse

<b>1. INDLEDNING .....</b>	<b>4</b>
<b>2. METODEBESKRIVELSE .....</b>	<b>6</b>
2.1 INTERPOLATIONSALGORITME .....	6
2.2 INTERPOLATION AF LUFTTEMPERATUR, RELATIV LUFTFUGTIGHED OG VINDHASTIGHED .....	7
2.3 INTERPOLATION AF GLOBALSTRÅLING .....	9
2.4 INTERPOLATION AF NEDBØR.....	9
2.5 BEREGNING AF POTENTIEL FORDAMPNING .....	9
2.6 OMRÆGNING FRA INTERPOLERINGS-PUNKT TIL GRIDCELLE .....	9
2.7 DATAFLOW.....	11
2.8 BEREGNING AF KLIMA-GRID PÅ MÅNEDS- OG ÅRSBASIS.....	11
2.9 FILFORMAT.....	12
2.9.1 Interpoleret døgnværdi .....	12
2.9.2 Interpoleret månedssum.....	12
2.9.3 Interpoleret årssum.....	12
<b>3. INTERPOLATIONSRESULTATER.....</b>	<b>14</b>
3.1 NEDBØR .....	15
3.2 TEMPERATUR .....	19
3.3 POTENTIEL FORDAMPNING .....	23
3.4 SAMMENLIGNING AF LANDSGENNEMSNIT BEREGNET UD FRA GRID OG STATIONSGENNEMSNIT .....	27
<b>4. KONKLUSION.....</b>	<b>28</b>

## **BILAG 1: FILEKSEMPEL - DØGNVÆRDIER**

## **BILAG 2: FILEKSEMPEL - MÅNEDSVÆRDIER**

## **BILAG 3: FILEKSEMPEL - ÅRSVÆRDIER**

## **BILAG 4: DIVERSE GRIDVÆRDIER**

## **BILAG 5: GRIDNUMMERERING (10KM)**

## **BILAG 6: GRIDNUMMERERING (20KM)**

## **BILAG 7: GRIDNUMMERERING (40KM)**

## **BILAG 8: BEREGNING AF POTENTIEL FORDAMPNING**

ISSN-nr.0906-897X

ISSN-nr.1399-1388 (online udgave)

# Forord

I takt med den øgede brug af arealbaseret information i bl.a. Geografiske Informations Systemer og hydrologiske modeller, er behovet for tilgængelighed af et landsdækkende estimat af diverse klimaparametre over dansk landområde aktualiseret indenfor de senere år.

Projektet er benævnt *Klimagrid Danmark*.

Til projektet er udviklet et interpolations/gridningsprogram, der - anno 1999 - er det værktøj der alt andet lige er det bedst egnede til landsdækkende interpolation af klimadata.

Programmet kan interpolere gridværdier i et hvilket som helst grid (regulært såvel som irregulært), og vil således tillige kunne benyttes til beregning af "ikke-standard" gridværdier i særlige projekter.

Foruden forfatteren, har følgende medarbejdere bidraget til projektet: Claus Kern-Hansen, Stig Rosenørn, Hanne M. Jensen, Ove Kjær og Carsten Simonsen.

---

# KLIMAGRID - DANMARK

## Nedbør, lufttemperatur og potentiell fordampning

### 20\*20 & 40\*40 km

## 1. Indledning

I Danmark findes der anno 1998 to stationsnet, hhv. automatiske klimastationer (ca. 29 stk.) og synop-stationer (ca. 49 stk.), der måler en række klimatiske parametre, herunder temperatur, vind og relativ luftfugtighed. På ca. 2/3-dele af de automatiske klimastationer måles der globalstråling, mens der på synop-stationerne foretages flere manuelle målinger, såsom bestemmelse af nedbørstype, skydække og skytyper. Synop-stationerne måler hver eller hver tredje time, mens der på alle automatiske stationer foretages registreringer på timebasis. Tilsammen udgør disse to stationsnet beregningsgrundlaget for Klimagrid Danmark 20\*20 og 40\*40 km grid.

Det manuelle nedbørsnet i Danmark, samt metoden til interpolation af nedbørsdata er beskrevet i rapporten: DMI Technical report 99-15 Klimagrid Danmark, Nedbør 10\*10 km (Ver.2)

Figur 1 viser den geografiske placering af de to stationstyper i Danmark (1998), samt positionen af 10 km interpolationspunkter, 20\*20 og 40\*40 km gridceller.

Som det fremgår af figur 1, er stationerne ikke jævnt fordelt i Danmark. Generelt er synop-stationerne placeret kystnært eller ved lufthavne, mens de automatiske stationer oftest er lokaliseret indlands.

Overordnet set er den enkeltfaktor, der har den største betydning for lokalklimaet i Danmark, afstanden til havet. Den ujævne stationsdækning udgør således et problem i forbindelse med en klassisk (ikke vægtet) interpolation, idet områder hvor dækningen er ringe, kan risikere at blive påvirket af fjerntliggende stationer, der klimatisk adskiller sig kraftigt fra det klima der eksisterer i interpolationspunktet.

Ovenstående interpolationsproblem er i Klimagrid Danmark forsøgt imødegået ved at foretage to interpolationer,- en med kystnære stationer og en med indlandsstationer. Herefter vægtes betydningen af de to interpolationsresultater for hver enkelt gridcelle på basis af afstanden til havet.

Algoritmen, der bliver benyttet til interpolationsberegningen, benævnes "inverse-distance",- en algoritme som DMI også benytter i andre forbindelser<sup>1</sup>. Programmet interpolerer punktværdier, der kan være arbitrært placeret. Dette gør, at det er muligt at nedsætte beregningstiden ved kun at interpolere over landområder, hvilket, i forbindelse med Klimagrid Danmark, vil sige gridpunkter med en indbyrdes afstand på 10 km, illustreret på figur 1.

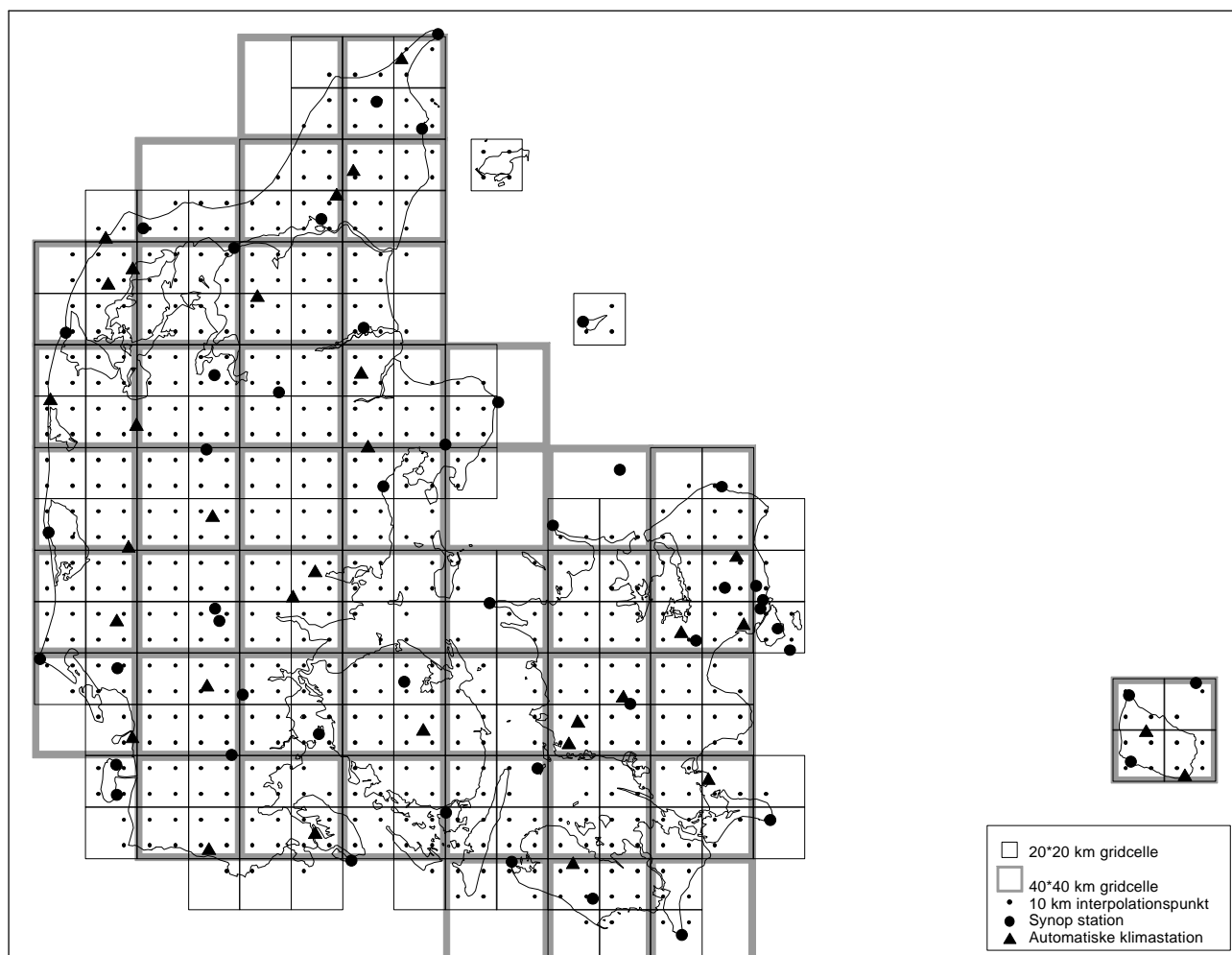
Efterfølgende aggregeres interpolationspunkterne til hhv. 20\*20 og 40\*40 km grid, se figur 1, således de fremkomne værdier repræsenterer en arealværdi.

---

<sup>1</sup> Bl.a. Agrometeorologisk Informationssystem (AMIS)

Månedsværdier beregnes ud fra de interpolerede punktværdier, således at evt. op- og nedrundningsfejl minimeres.

Output-formatet er holdt i ASCII.



Figur 1: 10 km gridpunkter, 20\*20 og 40\*40 km gridceller, samt aktive automatiske og synop stationer 1998

Kalibreringen af interpolationsrutinen baserer sig på en subjektiv klimatisk vurdering af testresultater, samt sammenligning med midlede stationsværdier for 1998.

## 2. Metodebeskrivelse

Det er forsøgt at lave et program til beregning af et interpolerede grid, der tager størst mulig hensyn til flest mulige forhold, herunder ændringer i stationsnettet såvel tilbage i tiden som fremtidige ændringer. Metoden er robust, og er i stand til at håndtere beregningen af gridceller i kystnære områder og andre områder hvor stationsgrundlaget er beskedent eller manglende i en eller flere geografiske retninger. Metoden er reproducerbar, og kan kalibreres så den - rumligt såvel som mængdemæssigt - landsdækkende er i overensstemmelse med den klimatologiske vurdering af vejrforholdene over dansk landområde.

### 2.1 Interpolationsalgoritme

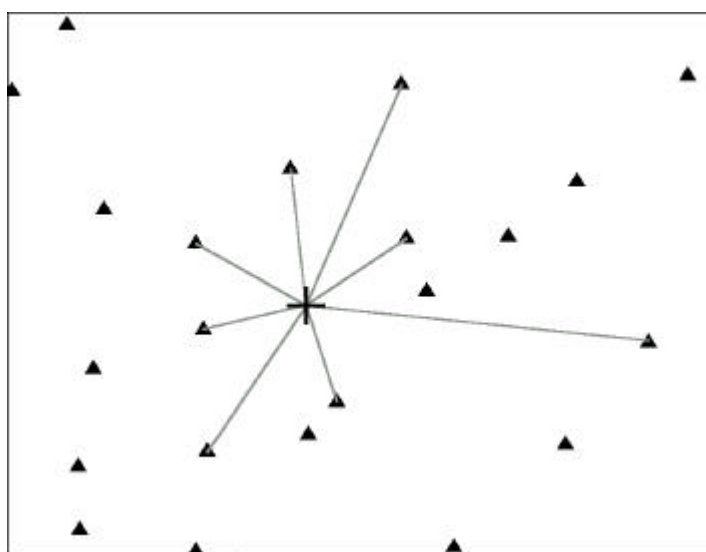
Algoritmen der benyttes til at interpolere gridværdier med, benævnes "inverse-distance", hvor de enkelte vægte er givet ved :

$$\frac{1}{r^a}$$

hvor r er afstand mellem interpolationspunkt og station og a er en potens.

Det der bestemmer værdien i et interpoleret punkt, er således et gennemsnit af de omkringliggende stationer, hvor betydningen af de enkelte stationer vægtes med en given potens beregnet på basis af afstanden mellem station og interpolationspunkt. På basis af testkørsler, blev det besluttet at benytte potensen  $a = 2$  til at vægte betydningen af de enkelte stationer.

I stedet for at benytte en fast søgeradius hvor alle stationer indenfor en definerede afstand indgår i beregningen, søger programmet i otte sektorer og gør kun brug af den nærmeste station i hver sektor. Dette gør, at de stationer der indgår i beregningen er de nærmest tilgængelige, samtidigt med at de er geografisk adskilt omkring det punkt der beregnes til, se figur 2.

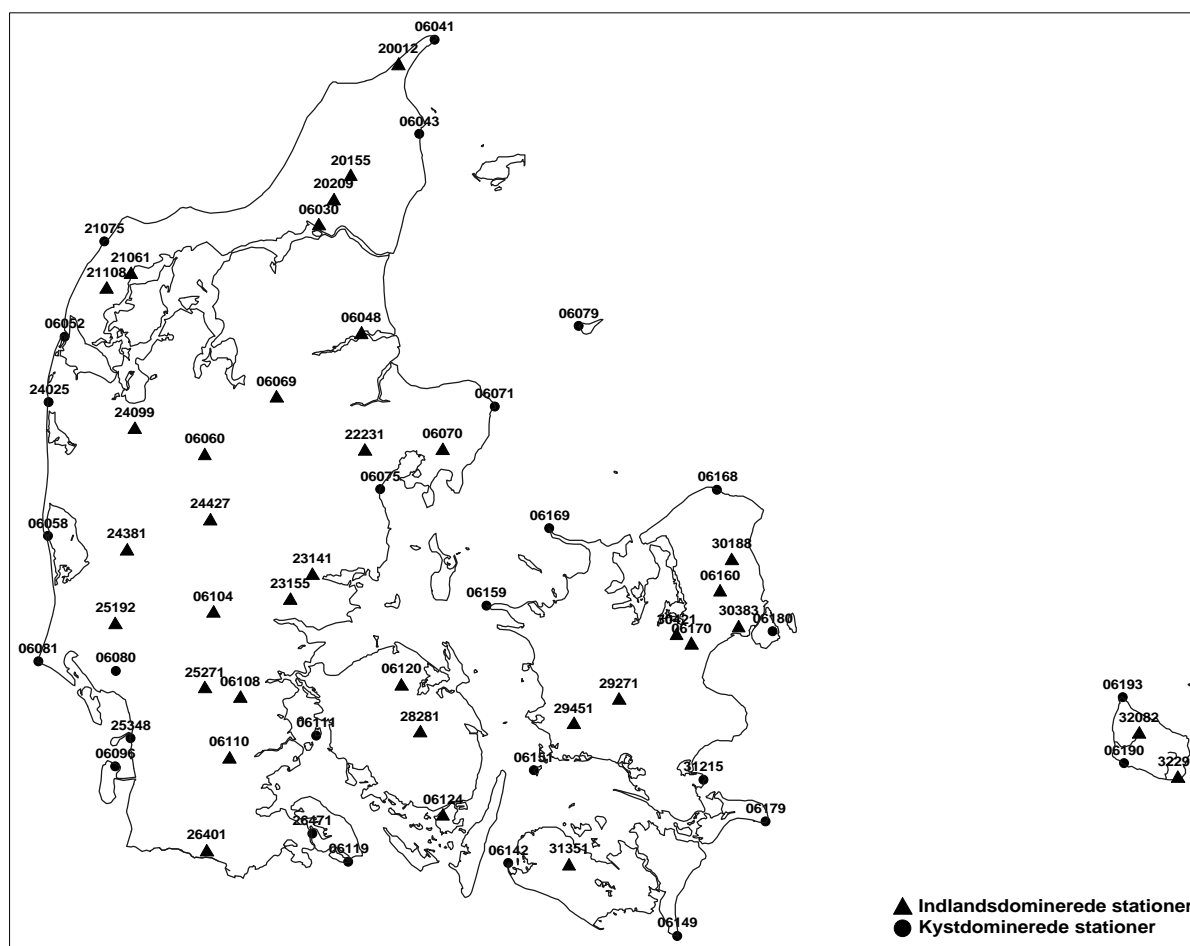


Figur 2: Eksempel på hvilke stationer (trekanter) der vil indgå i beregningen af et punkt (sort kryds), når der søges i 8 sektorer.

## 2.2 Interpolation af lufttemperatur, relativ luftfugtighed og vindhastighed

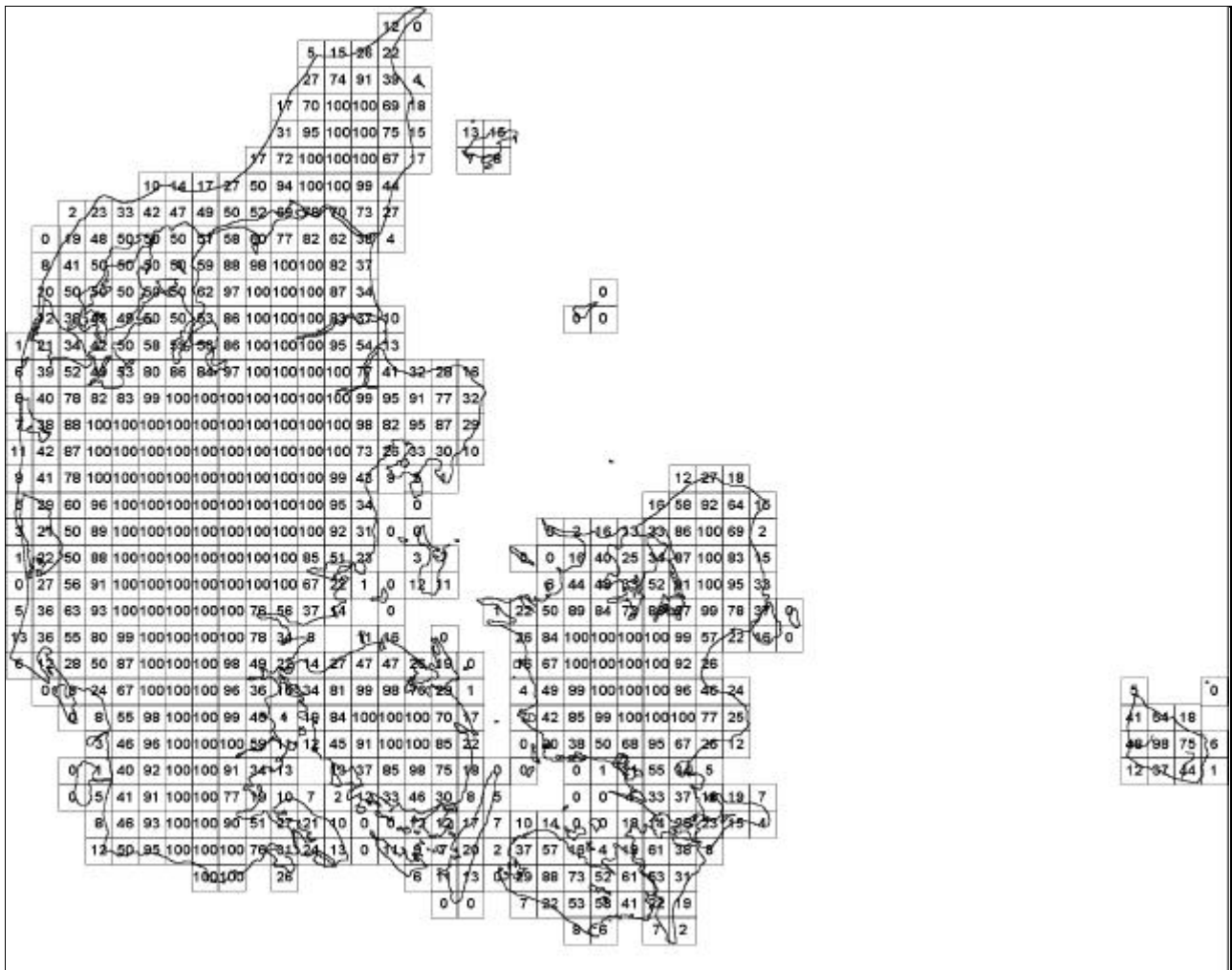
Som tidligere nævnt udgør den irregulære stationsplacering et problem i interpolationsøjemed. Problemet forstærkes hvis man forsøger at interpolere en klimaparameter som f.eks. temperatur, luftfugtighed eller vindhastighed, der ofte ændre sig når man bevæger sig fra et kystdomineret til et mere indlandsdomineret klima. Det viste sig således ved testkørsler umuligt at få et tilfredsstillende resultat, når man benyttede samtlige stationsdata som input ved en enkelt interpolering. En del af gridcellerne i områder med ringe stationsdækning fik tildelt interpolerede klimaværdier, der ikke var i overensstemmelse med det klima man kunne forvente for området. Det blev derfor valgt at foretage en dobbelt-interpolering for de tre nævnte klimaparametre. Ved en dobbelt-interpolation foretages der to beregninger, - en hvor der kun benyttes kystdominerede stationer og en hvor der kun benyttes indlandsdominerede stationer.

Bestemmelsen af om de enkelte station kan klassificeres som værende kyst- eller indlandsdomineret er foretaget ud fra afstanden til hav og lokalklimatiske forhold, se figur 3.



Figur 3: Kort over kyst- og indlandsdominerede stationer (1998)

De to interpolationsresultater vægtes herefter jævnt for figur 4.



Figur 4: Andelen af indlandsdomineret klima i % for 10 km gridceller

Figur 4 viser dominansen af indlandsklima i % for 10x10 km gridceller. Indlandsklassificeringen er fremkommet ved manuelt at indtegne isolinier for 100, 75, 50, 25 og 0 % indlandsdomineret klima. Herefter er der interpoleret mellem disse linier med en opløsning på 1 km. Efterfølgende er der beregnet midler for 10 x 10 km polygoner. Det ses, at i de centrale dele af Danmark er indlandsklimaet 100 % dominerende, men fra 10 - 40 km fra kysten begynder klimaet at blive påvirket af havet.

Ovenstående fremgangsmåde, hvor der foretages en viden-baseret vægtning af den indlands- og den kystdomineret interpolation, sikrer, at kyststationer ikke kommer til at vægte for højt i områder, der er domineret af indlandsklima og omvendt.



## 2.3 Interpolation af globalstråling

Ved interpolering af globalstråling foretages kun en interpolation, hvor der indgår alle de stationer, der registrerer globalstråling.

## 2.4 Interpolation af nedbør

For beregningen af den gridnedbør henvises til tidligere udgivet teknisk rapport<sup>2</sup> for beskrivelse af interpolationsmetoden. Nedbøren beregnes på baggrund af interpoleret 5 km gridpunkter, der aggregeres til hhv. 10\*10, 20\*20 og 40\*40 km. Stationstætheden for manuelle nedbørstationer er i modsætning til synop- og automatiske klimastationer meget højt og samtidigt geografisk jævn, hvorfor det ikke er nødvendigt at foretage en dobbelt-interpolering.

## 2.5 Beregning af potentiel fordampning

Den potentielle fordampning beregnes ud fra en revideret Penmanformel, se bilag 8. Beregningen knytter sig ikke direkte til enkeltstationer, men beregnes på baggrund af griddede klimaparametre.

## 2.6 Omregning fra interpoleringspunkt til gridcelle

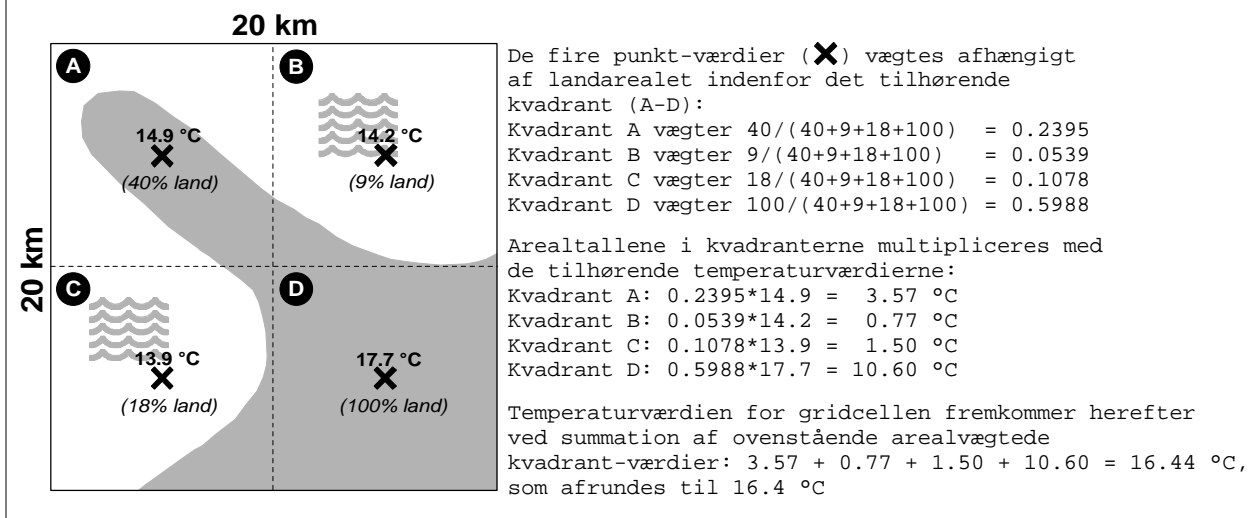
Det er vigtigt at skelne mellem værdien i et interpoleringspunkt og i en gridcelle. Idet inverse-distance algoritmen er en eksakt interpolator, betyder det, at hvis der placeret en station i samme (eller meget tæt på) det punkt der interpoleres til, vil det interpolerede punkt antage stationsværdien. Også selvom der ligger andre stationer i omegnen, der i værdi adskiller sig væsentligt fra denne. Et gridpunkt repræsenterer derfor udelukkende klimaet i netop det punkt der interpoleres til og ikke nødvendigvis klimaet i den gridcelle den er placeret i.

Af figur 1 fremgår det, at der interpoleres til punkter med en indbyrdes afstand på 10 km. Værdien i en gridcelle fremkommer ved at midle hhv. fire 10 km punkter til en 20\*20 km gridcelle, og 16 10 km punkter til en 40\*40 km gridcelle. For kystnære gridceller er der ikke altid det maksimale antal 10 km interpoleringspunkter tilstede. I disse tilfælde midles over det antal punkter der er til rådighed. For at give det mest repræsentative resultat for landarealet i en gridcelle arealvægtes punktværdierne ud fra hvor meget af det omkringliggende areal der består af land, se figur 5.

---

<sup>2</sup> DMI Tecncal report 98-17 Klimagrid Danmark, Nedbør 10\*10 km, DMI Tecncal report 99-15 Klimagrid Danmark, Nedbør 10\*10 km (Ver.2)

## Eksempel på beregning af temperaturværdien i en 20x20 km gridcelle:

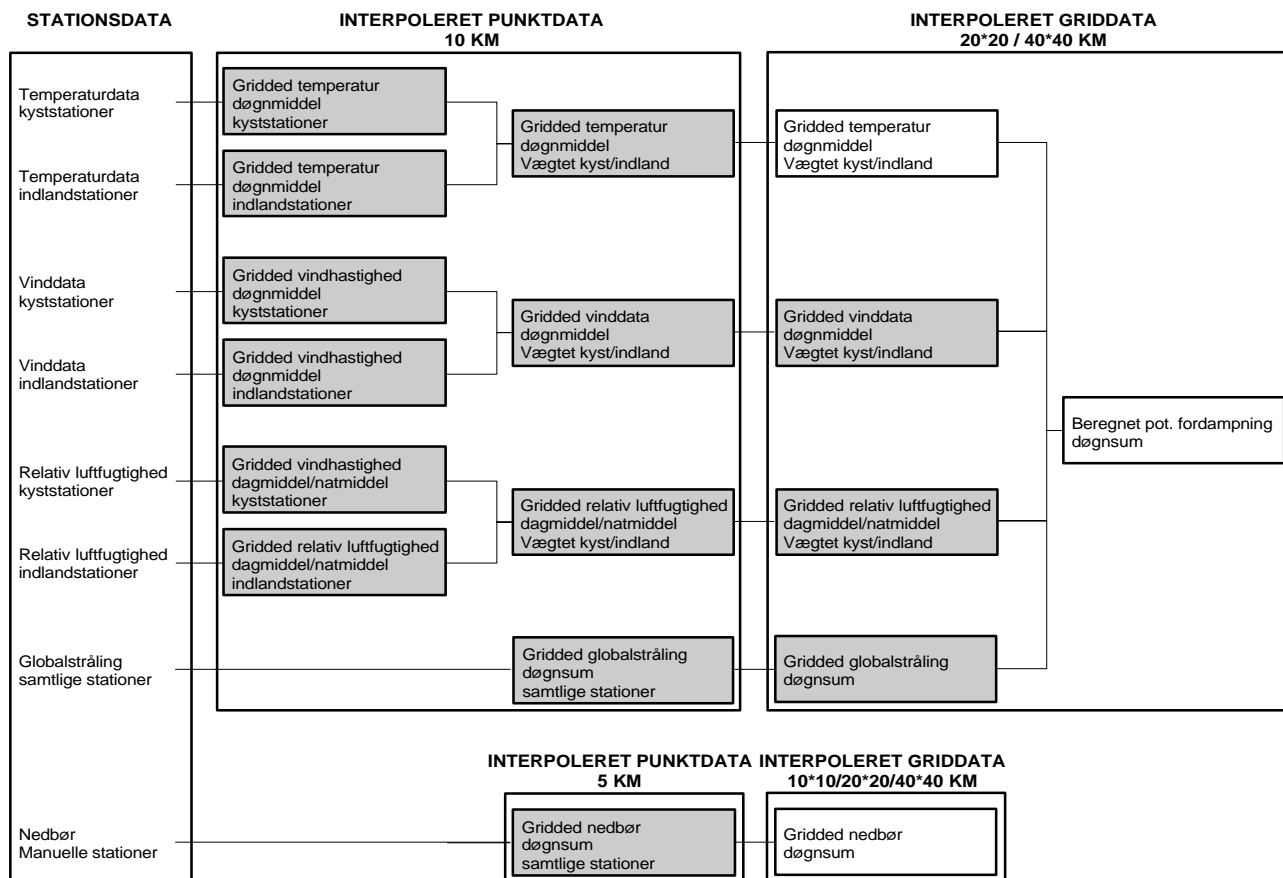


Figur 5: Beregning af temperatur for en 20x20 km gridcelle.

Ovenstående beregning udelukker desuden, at det er en central placeret station, der bestemmer værdien i gridcellen. Værdien i en gridcelle repræsenterer således et middeltal for hele gridcellens landareal.

## 2.7 Dataflow

En samlet oversigt over dataflowet i beregningen af Klimagrid Danmark er vist på figur 6.



Figur 6: Dataflowet i klimagrid - Danmark. Grå skraveret indikerer at data er mellemregninger.

## 2.8 Beregning af klima-grid på måneds- og årsbasis

Den grundlæggende dataopløsning i klimagridet er døgnpunktverdier med en indbyrdes afstand på 10 km. Afledede værdier for en gridcelle, f.eks. måneds og årsværdier, beregnes ved summering/midling af de beregnede punktværdier. Denne fremgangsmåde giver det mest præcise summeringsresultat.

For nedbør er det vigtigt at bemærke, at gridværdier på døgnbasis er afrundet til en decimal, hvorfor der kan opstå forskel mellem en årssum beregnet som en summation af gridværdier og som summerede punktværdier. Grundet talkonstellationen vil der være en tendens til at flere døgnaværdier rundes op end ned og de summerede døgnsommer vil derfor give et lidt højere årsresultat. Afvigelsen mellem de to summeringsmetoder vil typisk være under 0.1% for 20\*20 km gridceller og under 0.025% for 40\*40 km gridceller.

## 2.9 Filformat

Output filformatet er ASCII, hvor følgende er angivet for interpoleringsresultatet:

### 2.9.1 Interpoleret døgnværdi

Linie 1 angiver følgende (bilag 1):

datatype, gridstørrelse, tidsopløsning, startdato , slutdato, dummy-værdi, intern DMI identifikationskode, release-dato.

Fra linie 2 angives som følger:

Kolonne 1:	Årstal
Kolonne 2:	Måned
Kolonne 3:	Dag
Kolonne 4:	Gridnummer <sup>3</sup>
Kolonne 5:	UTM-zone
Kolonne 6:	X-koordinat - Centrum af gridcellen (meter)
Kolonne 7:	Y-koordinat - Centrum af gridcellen (meter)
Kolonne 8:	Interpoleret døgnværdi for gridcellen

### 2.9.2 Interpoleret månedssum

Linie 1 angiver følgende (bilag 2):

datatype, gridstørrelse, tidsopløsning, startdato , slutdato, dummy-værdi, intern DMI identifikationskode, release-dato.

Fra linie 2 angives som følger:

Kolonne 1:	Årstal
Kolonne 2:	Måned
Kolonne 3:	Gridnummer <sup>4</sup>
Kolonne 4:	UTM-zone
Kolonne 5:	X-koordinat - Centrum af gridcellen (meter)
Kolonne 6:	Y-koordinat - Centrum af gridcellen (meter)
Kolonne 7:	Interpoleret månedsværdi for gridcellen

### 2.9.3 Interpoleret årssum

Linie 1 angiver følgende (bilag 3):

datatype, gridstørrelse, tidsopløsning, startdato , slutdato, dummy-værdi, intern DMI identifikationskode, release-dato.

---

<sup>3</sup> Se bilag 5 - 7

<sup>4</sup> Se bilag 5 - 7

Fra linie 2 angives som følger:

- Kolonne 1: Årstal
- Kolonne 2: Gridnummer<sup>5</sup>
- Kolonne 3: UTM-zone
- Kolonne 4: X-koordinat - Centrum af gridcellen (meter)
- Kolonne 5: Y-koordinat - Centrum af gridcellen (meter)
- Kolonne 6: Interpoleret årsværdi for gridcellen

---

<sup>5</sup> Se bilag 5 - 7

### **3. Interpolationsresultater**

De følgende figurer er eksempler på interpolationsresultater (fede grå tal) af nedbør, temperatur og potentiel fordampning i 20 og 40 km opløsning. De præsenterede klimaparametre er alle vist på hhv. døgn-, måneds- og årsbasis for året 1998.

### **3.1 Nedbør**

Figur 7 og 8 viser nedbørsfordelingen for en enkelt dag. Der er registreret mest nedbør i Nordvest-sjælland, mens resten af landet kun modtager lidt eller slet intet nedbør.

På figur 9 og 10 ses månedssummer for april med maksimum af nedbør på Sydfyn og Sønder-jylland. For årssummerne, figur 11 og 12, fremkommer den almindelige årlige nedbørsfordeling med mest nedbør i indlandet, specielt i Jylland.









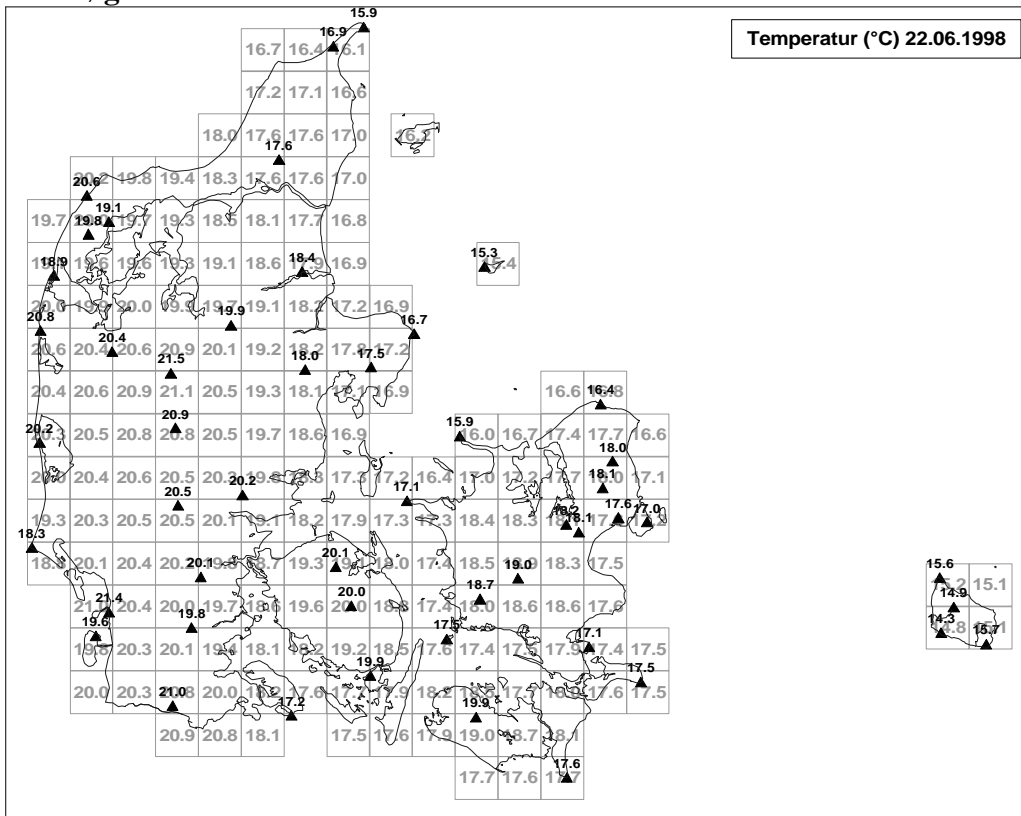
## 3.2 Temperatur

På døgn-eksemplerne, figur 13 og 14, er plottet de stationsdata der ligger til grund for beregningerne (sorte trekkanter). Figureerne viser temperaturerne i Danmark en typisk sommerdag. Det er forventeligt, at det relative kølige hav vil dæmpe temperaturudviklingen i kystområder, mens de højeste temperaturer vil ses i de centrale dele af landet. Det forventede temperaturbillede genfindes tydeligt i gridværdierne, specielt i 20 km's opløsning. Det centrale Jylland har temperaturer på over 21 °C, mens de kystnære gridceller har lavere temperaturer. Bemærk de kystnære gridceller langs Lollands sydkyst, Langeland og Ærø. På trods af den irregulære placering af stationerne i området er interpolationsresultatet i overensstemmelse med den forventede temperaturfordeling. De meget kystdominerede gridceller antager værdier der ligger tæt på kyststationernes temperaturer, mens de mere indlandsdomenerede gridceller udviser højere temperaturer.

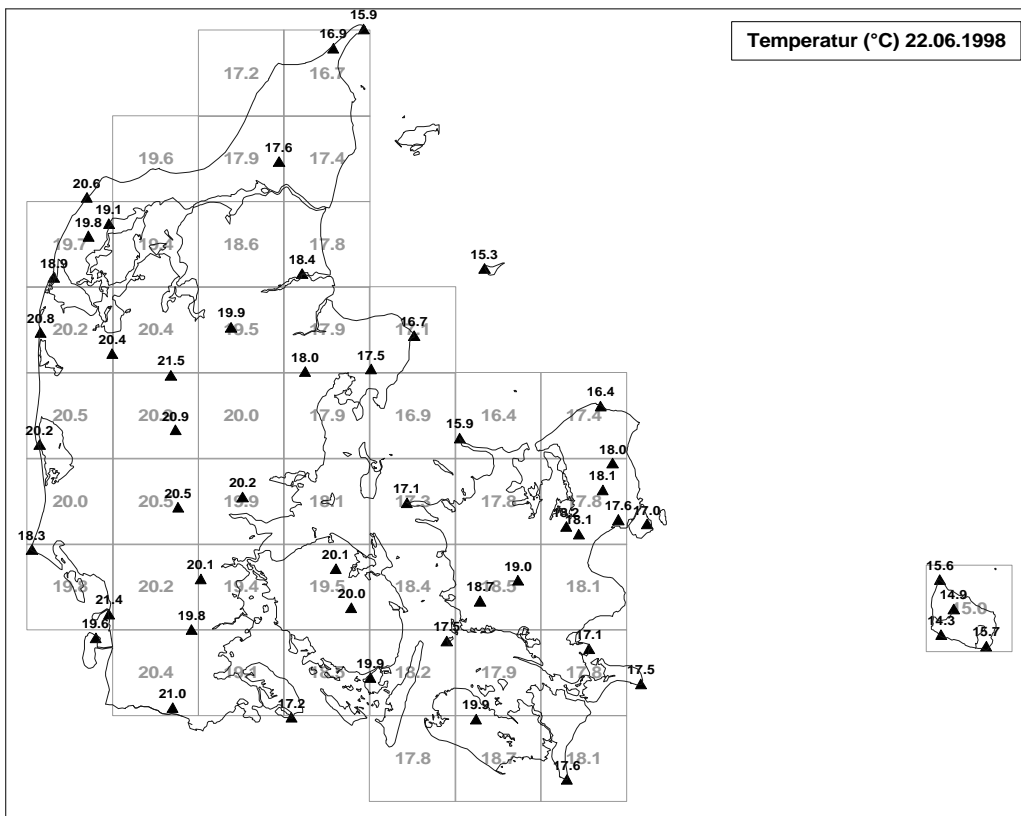
Figur 15 og 16 viser månedsmiddeltemperaturen for december 1998. Det for årstiden relative varme hav vil påvirke temperaturen i positiv retning i de kystnære områder, mens de centrale dele af landet vil opleve lavere temperaturer. Interpolationsresultatet er i overensstemmelse med den forventede temperaturfordeling. Gridcellerne ved kysten viser temperaturer der er 0.2 - 1.0 °C højere i forhold til de centrale dele af landet.

For året som helhed, figur 17 og 18, ses samme tendens som på figur 15 og 16, der viser månedsmidlerne. De varmeste områder findes således langs kysten med temperaturer der er op til 0.5 °C varmere end for indlandet.

# Temperatur - døgnmiddel

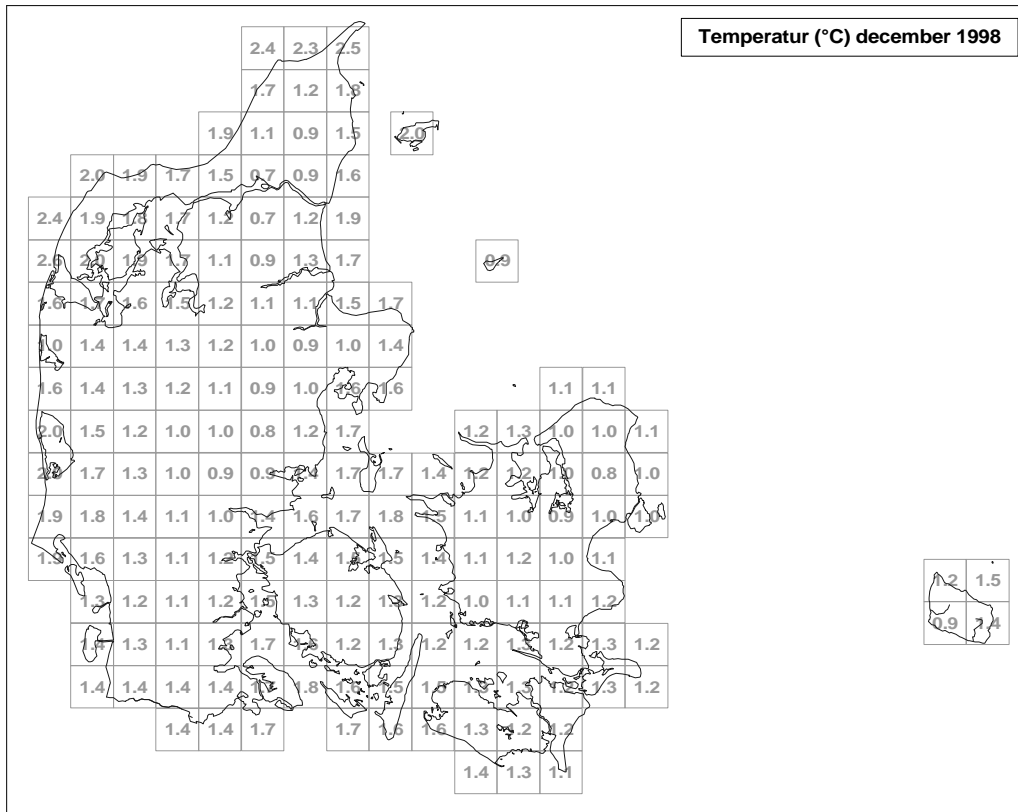


Figur 13 (20\*20 km)

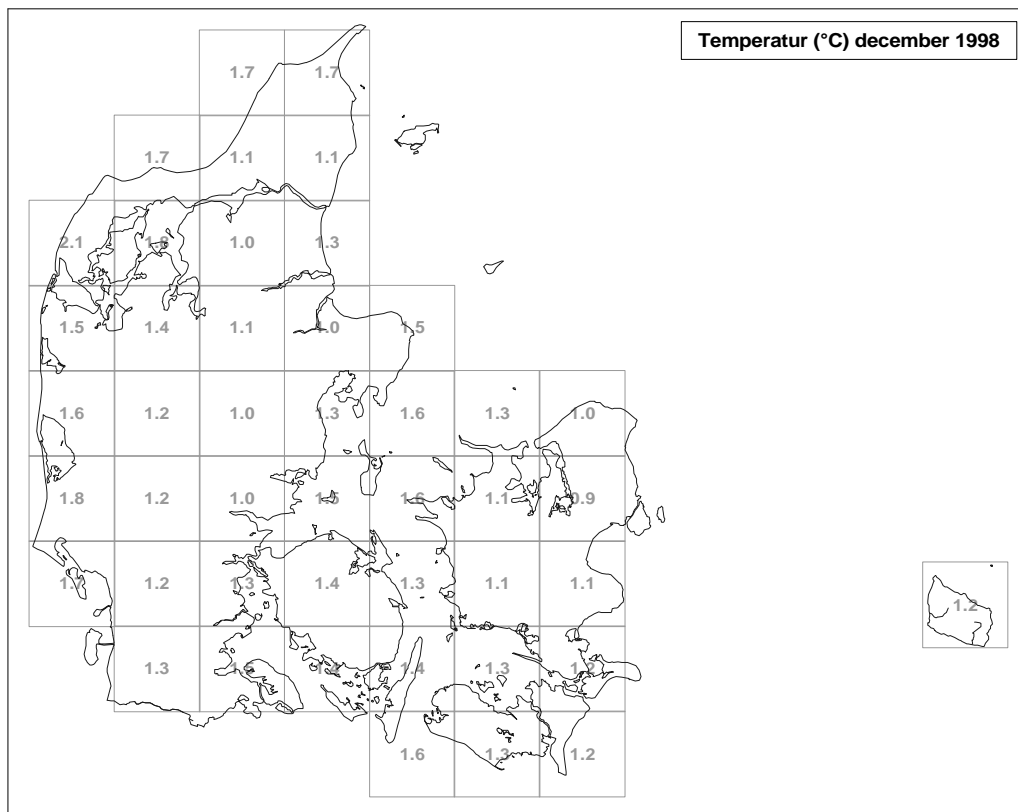


Figur 14 (40\*40 km)

### Temperatur - månedsmiddel

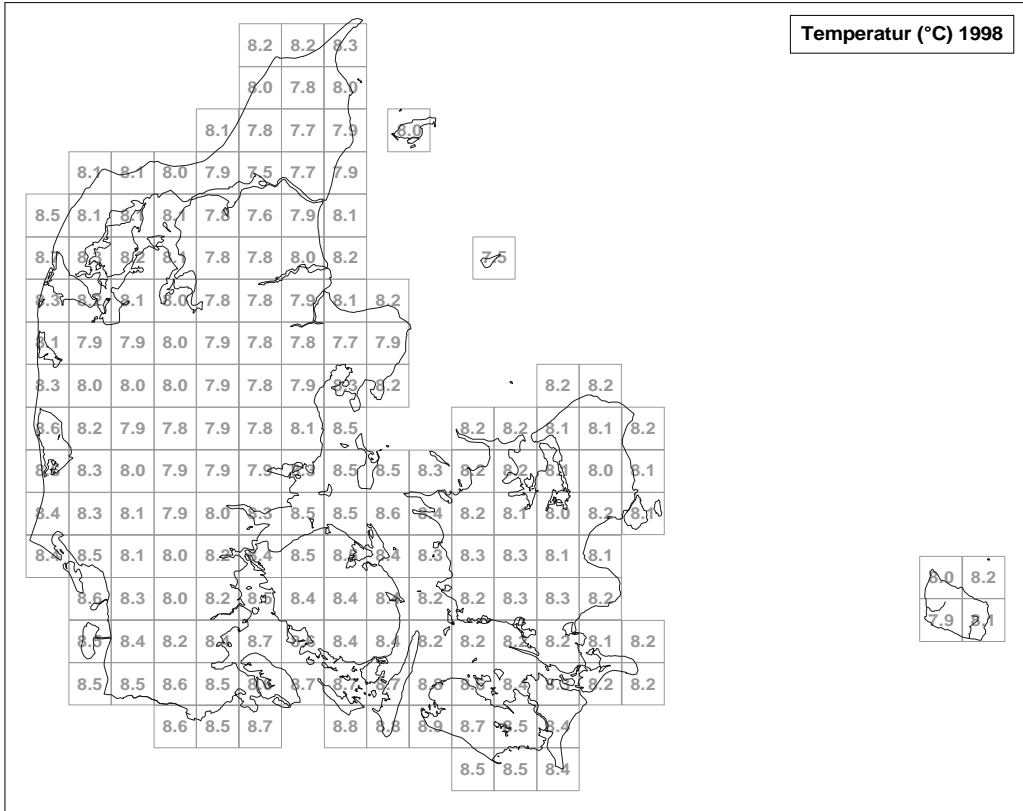


Figur 15 (20\*20 km)

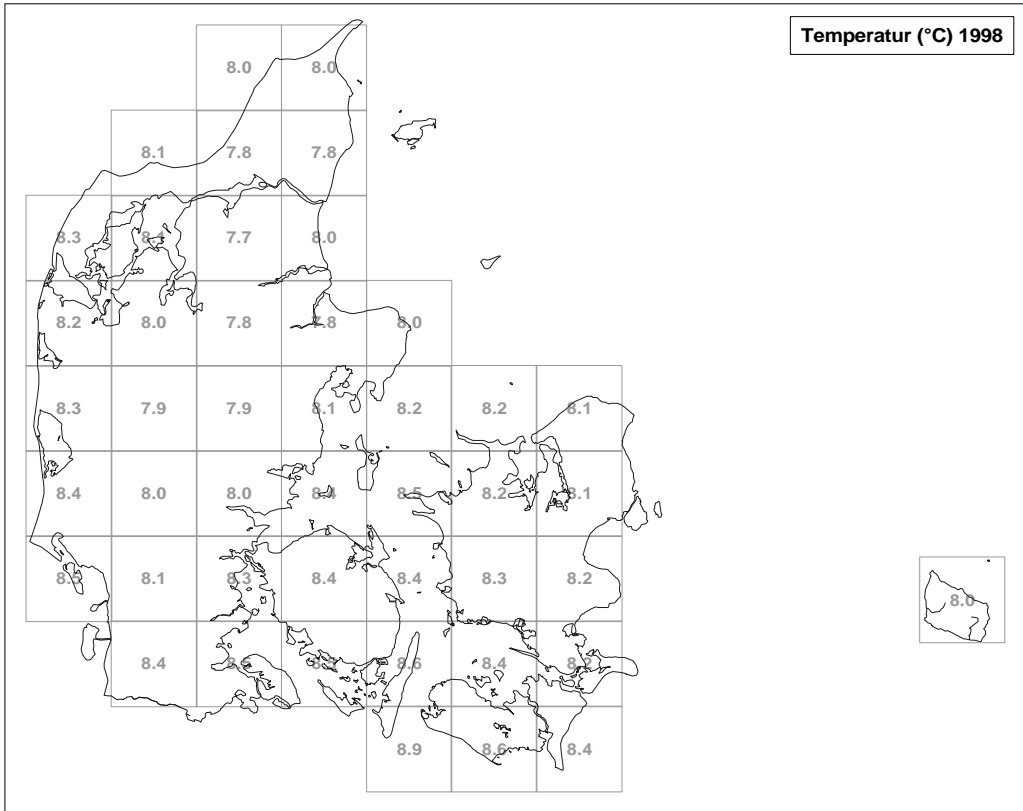


Figur 16 (40\*40 km)

# Temperatur - årsmiddel



Figur 17 (20\*20 km)



Figur 18 (40\*40 km)

### 3.3 Potentiel fordampning

Den potentielle fordampning beregnes ud fra en modificeret Penmanformel, se bilag 8, hvor følgende griddede klimaparametre indgår: Døgnmiddel-temperatur, døgnmiddel relativ fugtighed for dag- og nattimer, døgnmiddelvindhastighed og døgnsum for globalstråling<sup>6</sup>.

Det ses af figurerne 19 og 20, at for den 21. august 1998 beregnes en fordampning på lidt over en mm for Jylland, mens resten af landet har en beregnet fordampning på op til 3.5 mm.

Figur 21 og 22 angiver relative lave fordampningstal for juli måned, hvilket er resultat af lavere indstråling og temperaturer end normalt for årstiden.

For året som helhed, figur 23 og 24, ses som forventet at de laveste potentielle fordampninger beregnes centralt i Jylland, mens de højeste fordampningstal ses i kystområderne af Nordjylland, Lolland-Falster, samt på Bornholm.

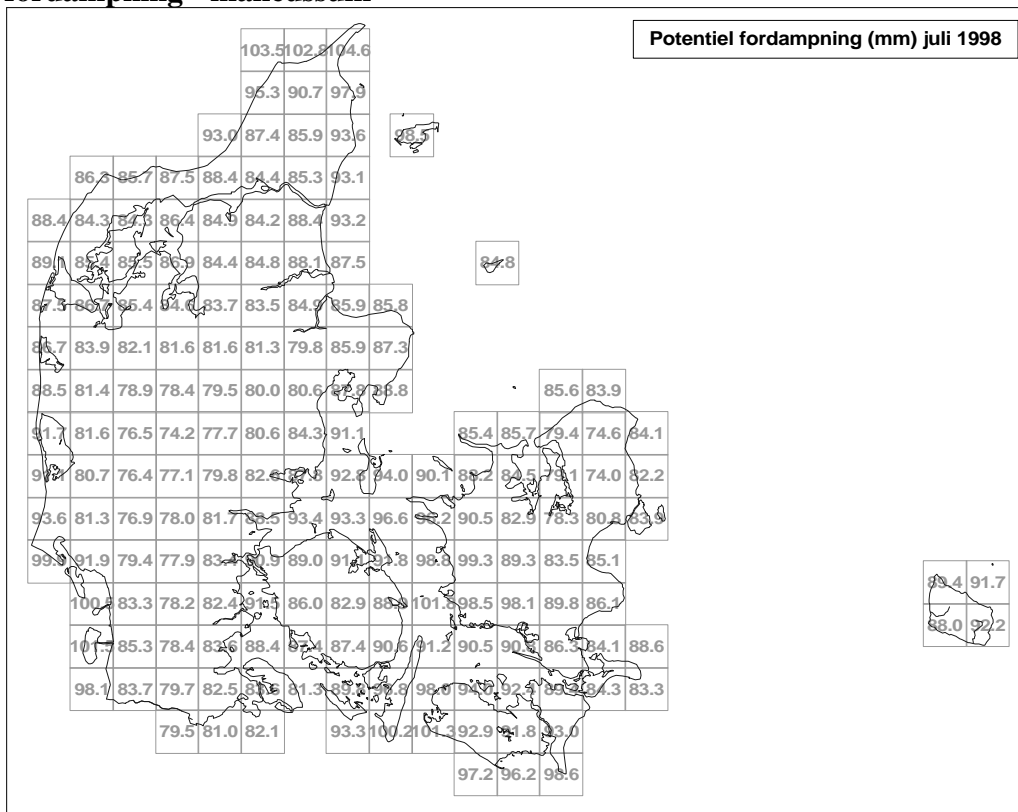
---

<sup>6</sup> Eksempler på interpolerede luftfugtighed, vindhastighed og globalstråling se bilag 4.

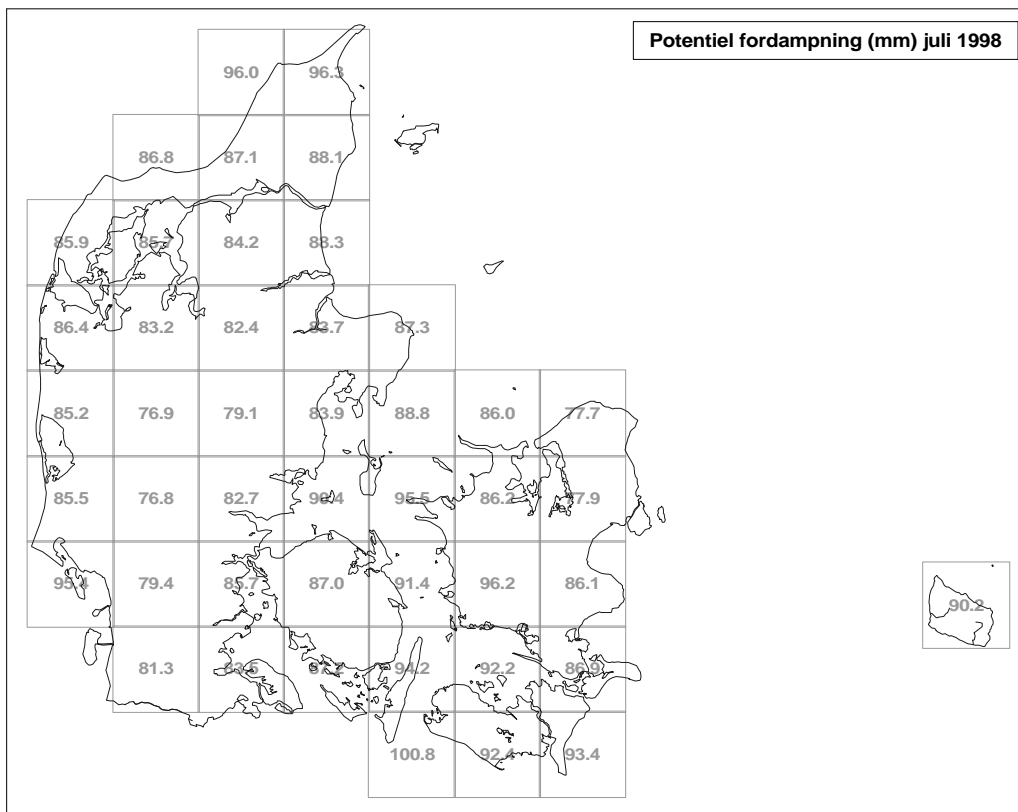




# Potentiel fordampning - månedssum



Figur 21 (20\*20 km)



Figur 22 (40\*40 km)



### 3.4 Sammenligning af landsgennemsnit beregnet ud fra grid<sup>7</sup> og stationsgennemsnit<sup>8</sup>

Tabel 1: Sammenligning af 1998 landsgennemsnit beregnes på baggrund af stationsgennemsnit og 20\*20 km Klimagrid. Måned- og årsgennemsnit.

Måned	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
<b>Klimaparameter</b>													
<b>Temperatur (°C)</b> <b>Klimagrid</b>	2.4	4.9	3.8	6.5	11.8	13.9	14.5	14.6	13.4	8.6	1.9	1.3	8.1
<b>Temperatur (°C)</b> <b>Stationsgennemsnit</b>	2.4	5.0	3.8	6.6	12.0	14.0	14.6	14.6	13.4	8.6	1.9	1.3	8.2
<b>Nedbør, observeret (mm)</b> <b>Klimagrid</b>	69	51	60	78	30	80	92	62	58	169	49	60	858
<b>Nedbør, observeret (mm)</b> <b>Stationsgennemsnit</b>	68	51	61	78	29	79	93	61	60	171	48	60	860

Det ses af tabel 1, at der generelt er en god overensstemmelse mellem landsgennemsnit på baggrund af interpolerede gridværdier og stationsgennemsnit, både hvad angår måned- og årsværdierne.

Månedsmiddeltemperaturene beregnet ud fra gridværdier er i syv måneder identiske og i fem måneder lidt lavere end stationsgennemsnittene, med en maksimalt afvigelse på -0.2 °C. Årsmidlet for gridværdierne er 0.1 °C lavere end årsmidlet for stationsgennemsnittet.

Den summerede gridnedbør ligger meget tæt på stationsgennemsnittet. På månedsbasis er forskellene maksimalt 2 mm og årssummen for gridnedbøren er kun 2 mm lavere end stationsgennemsnittet på 860 mm.

Der beregnes ikke landsgennemsnit for fordampning ud fra stationsgennemsnit.

<sup>7</sup> Gridcellerne er arealvægtede således at en gridcelle der består af 50 % hav kun vægter halv så meget som en gridcelle, der udelukkende består af land. Bornholms amt indgår ikke i beregningen af landsgennemsnit.

<sup>8</sup> Stationsgennemsnit er identiske med de såkaldte landstal i publikationen "Danmarks Klima 1998" (DMI, 1999). I denne genereres de her viste nedbørsværdier ved først at beregne månedsgennemsnit for hver enkelt amt og herefter midle amtstallene for Jylland og for øerne. Efterfølgende vægtes Jylland 7/10 i den endelige midling, mens øerne vægtes 3/10. Temperaturværdierne beregnes ved at midle stationsdata for Jylland og for øerne. Efterfølgende vægtes Jylland 7/10 i den endelige midling, mens øerne vægtes 3/10. Bornholms amt indgår ikke i beregningen af landstal.

## 4. Konklusion

Et irregulært stationsnet vil let kunne introducere fejl ved en ikke vægtet interpolation i områder med ringe stationsdækning og et klima, der ændres fra at være kystdomineret til at være indlandsdomineret. Dette vil føre til at gridceller tildeles værdier, der ikke er i overensstemmelse med det klima man måtte forvente for området.

Figureerne 13 - 18 illustrerer, at ved at foretage en dobbelt interpolation og herefter vægte de to interpolationer for hver enkelt gridcelle, afhængigt af afstanden til havet, er det muligt at reducere ovenstående potentielle fejkilde. Ved at lade metoden "tolke" objektivt på to sæt interpolationsværdier (kyst- og indlandsdominerede), forbedres det endelige interpolationsresultat således væsentligt.

Metoden har vist sig at være robust ved beregning af døgn-, måneds- og årsværdier.

Sammenlignes 20 og 40 km griddene, fremgår det, at der er langt højere detaljeringsgrad i 20 km gridberegningen. Specielt overgange fra kyst- til indlandsklima sløres på det grovere 40 km grid. Det betyder, at data i 40 km's opløsning er meget udjævnede, og selvom de repræsenterer middelværdien af gridcellerne, kan de dække over betydelige variationer der først kommer til udtryk i 20 km gridberegningen.

## Bilag 1 - Eksempel på gridfil med daglige værdier

```
Observed_air_temperature_(degrees_C) 20km daily 19980102 19990101 -99.9 20 Rel19990810
1998 1 2 20001 32V 450000 6310000 4.2
1998 1 2 20002 32V 450000 6290000 4.5
1998 1 2 20003 32V 450000 6270000 4.3
1998 1 2 20004 32V 450000 6250000 4.0
1998 1 2 20005 32V 450000 6230000 3.4
1998 1 2 20006 32V 450000 6210000 2.7
1998 1 2 20007 32V 450000 6190000 2.9
1998 1 2 20008 32V 450000 6170000 3.6
1998 1 2 20009 32V 450000 6150000 3.7
1998 1 2 20010 32V 470000 6330000 3.8
1998 1 2 20011 32V 470000 6310000 3.8
1998 1 2 20012 32V 470000 6290000 4.1
1998 1 2 20013 32V 470000 6270000 4.1
1998 1 2 20014 32V 470000 6250000 3.9
1998 1 2 20015 32V 470000 6230000 3.9
1998 1 2 20016 32V 470000 6210000 3.7
1998 1 2 20017 32V 470000 6190000 3.7
1998 1 2 20018 32V 470000 6170000 3.9
1998 1 2 20019 32V 470000 6150000 3.8
1998 1 2 20020 32V 470000 6130000 3.9
1998 1 2 20021 32V 470000 6110000 3.8
1998 1 2 20022 32V 470000 6090000 3.8
1998 1 2 20023 32V 490000 6330000 3.8
1998 1 2 20024 32V 490000 6310000 3.8
1998 1 2 20025 32V 490000 6290000 4.0
1998 1 2 20026 32V 490000 6270000 4.0
1998 1 2 20027 32V 490000 6250000 3.9
1998 1 2 20028 32V 490000 6230000 4.1
1998 1 2 20029 32V 490000 6210000 4.0
1998 1 2 20030 32V 490000 6190000 4.0
1998 1 2 20031 32V 490000 6170000 4.0
1998 1 2 20032 32V 490000 6150000 4.0
1998 1 2 20033 32V 490000 6130000 4.0
1998 1 2 20034 32V 490000 6110000 4.0
1998 1 2 20035 32V 490000 6090000 4.2
1998 1 2 20036 32V 510000 6330000 3.8
1998 1 2 20037 32V 510000 6310000 3.9
1998 1 2 20038 32V 510000 6290000 3.9
1998 1 2 20039 32V 510000 6270000 4.0
1998 1 2 20040 32V 510000 6250000 4.2
1998 1 2 20041 32V 510000 6230000 4.2
...
```

## Bilag 2 - Eksempel på gridfil med månedlige værdier

```
Observed_air_temperature_(degrees_C) 20km monthly 19980102 19990101 -99.9 20 Rel19990810
1998 1 20001 32V 450000 6310000 3.3
1998 1 20002 32V 450000 6290000 3.4
1998 1 20003 32V 450000 6270000 3.1
1998 1 20004 32V 450000 6250000 2.8
1998 1 20005 32V 450000 6230000 2.8
1998 1 20006 32V 450000 6210000 2.9
1998 1 20007 32V 450000 6190000 2.8
1998 1 20008 32V 450000 6170000 2.7
1998 1 20009 32V 450000 6150000 2.7
1998 1 20010 32V 470000 6330000 2.9
1998 1 20011 32V 470000 6310000 2.9
1998 1 20012 32V 470000 6290000 3.0
1998 1 20013 32V 470000 6270000 2.9
1998 1 20014 32V 470000 6250000 2.4
1998 1 20015 32V 470000 6230000 2.3
1998 1 20016 32V 470000 6210000 2.4
1998 1 20017 32V 470000 6190000 2.5
1998 1 20018 32V 470000 6170000 2.5
1998 1 20019 32V 470000 6150000 2.6
1998 1 20020 32V 470000 6130000 2.6
1998 1 20021 32V 470000 6110000 2.6
1998 1 20022 32V 470000 6090000 2.6
1998 1 20023 32V 490000 6330000 2.8
1998 1 20024 32V 490000 6310000 2.8
1998 1 20025 32V 490000 6290000 2.8
1998 1 20026 32V 490000 6270000 2.6
1998 1 20027 32V 490000 6250000 2.3
1998 1 20028 32V 490000 6230000 2.2
1998 1 20029 32V 490000 6210000 2.1
1998 1 20030 32V 490000 6190000 2.2
1998 1 20031 32V 490000 6170000 2.2
1998 1 20032 32V 490000 6150000 2.3
1998 1 20033 32V 490000 6130000 2.4
1998 1 20034 32V 490000 6110000 2.5
1998 1 20035 32V 490000 6090000 2.7
1998 1 20036 32V 510000 6330000 2.6
1998 1 20037 32V 510000 6310000 2.6
1998 1 20038 32V 510000 6290000 2.5
1998 1 20039 32V 510000 6270000 2.3
1998 1 20040 32V 510000 6250000 2.1
1998 1 20041 32V 510000 6230000 2.1
...
```

### Bilag 3 - Eksempel på gridfil med årlige værdier

```
Observed_air_temperature_(degrees_C) 20km yearly 19980102 19990101 -99.9 20 Rel19990810
1998 20001 32V 450000 6310000 8.5
1998 20002 32V 450000 6290000 8.7
1998 20003 32V 450000 6270000 8.3
1998 20004 32V 450000 6250000 8.1
1998 20005 32V 450000 6230000 8.3
1998 20006 32V 450000 6210000 8.6
1998 20007 32V 450000 6190000 8.6
1998 20008 32V 450000 6170000 8.4
1998 20009 32V 450000 6150000 8.4
1998 20010 32V 470000 6330000 8.1
1998 20011 32V 470000 6310000 8.1
1998 20012 32V 470000 6290000 8.3
1998 20013 32V 470000 6270000 8.2
1998 20014 32V 470000 6250000 7.9
1998 20015 32V 470000 6230000 8.0
1998 20016 32V 470000 6210000 8.2
1998 20017 32V 470000 6190000 8.3
1998 20018 32V 470000 6170000 8.3
1998 20019 32V 470000 6150000 8.5
1998 20020 32V 470000 6130000 8.6
1998 20021 32V 470000 6110000 8.5
1998 20022 32V 470000 6090000 8.5
1998 20023 32V 490000 6330000 8.1
1998 20024 32V 490000 6310000 8.1
1998 20025 32V 490000 6290000 8.2
1998 20026 32V 490000 6270000 8.1
1998 20027 32V 490000 6250000 7.9
1998 20028 32V 490000 6230000 8.0
1998 20029 32V 490000 6210000 7.9
1998 20030 32V 490000 6190000 8.0
1998 20031 32V 490000 6170000 8.1
1998 20032 32V 490000 6150000 8.1
1998 20033 32V 490000 6130000 8.3
1998 20034 32V 490000 6110000 8.4
1998 20035 32V 490000 6090000 8.5
1998 20036 32V 510000 6330000 8.0
1998 20037 32V 510000 6310000 8.1
1998 20038 32V 510000 6290000 8.1
1998 20039 32V 510000 6270000 8.0
1998 20040 32V 510000 6250000 8.0
1998 20041 32V 510000 6230000 8.0
...
```

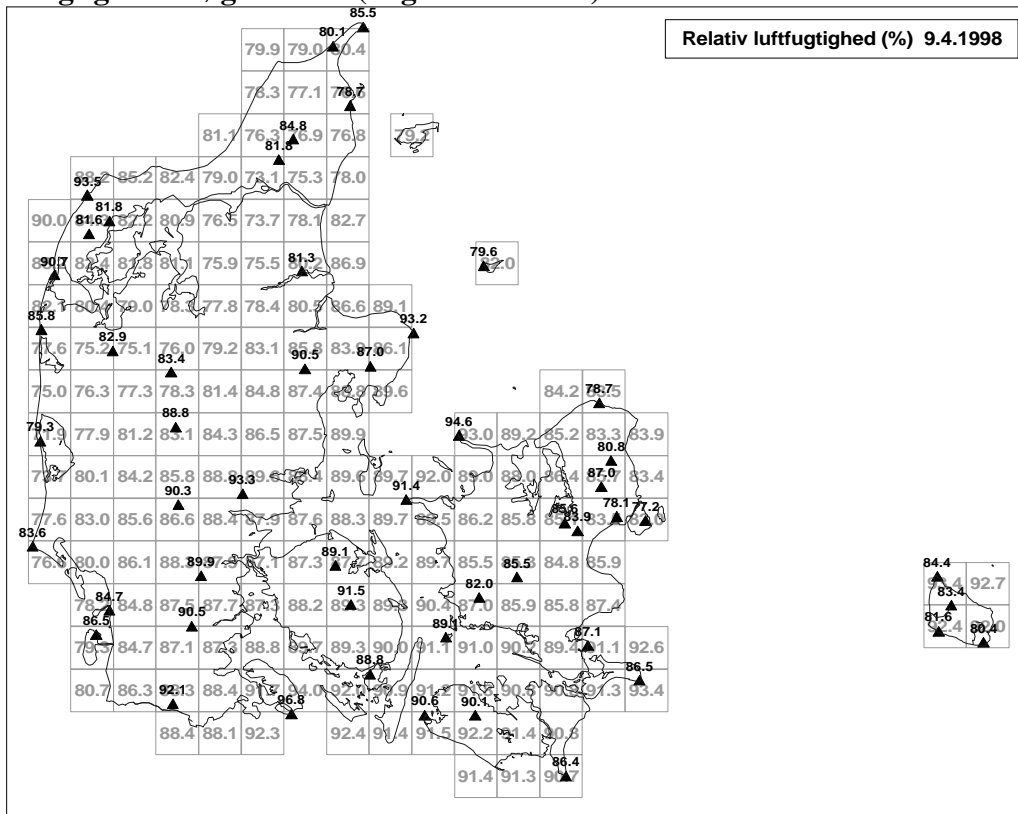
## **Bilag 4 - Diverse gridresultater (relativ luftfugtighed, vindhastighed og globalstråling)**

### **Relativ luftfugtighed**

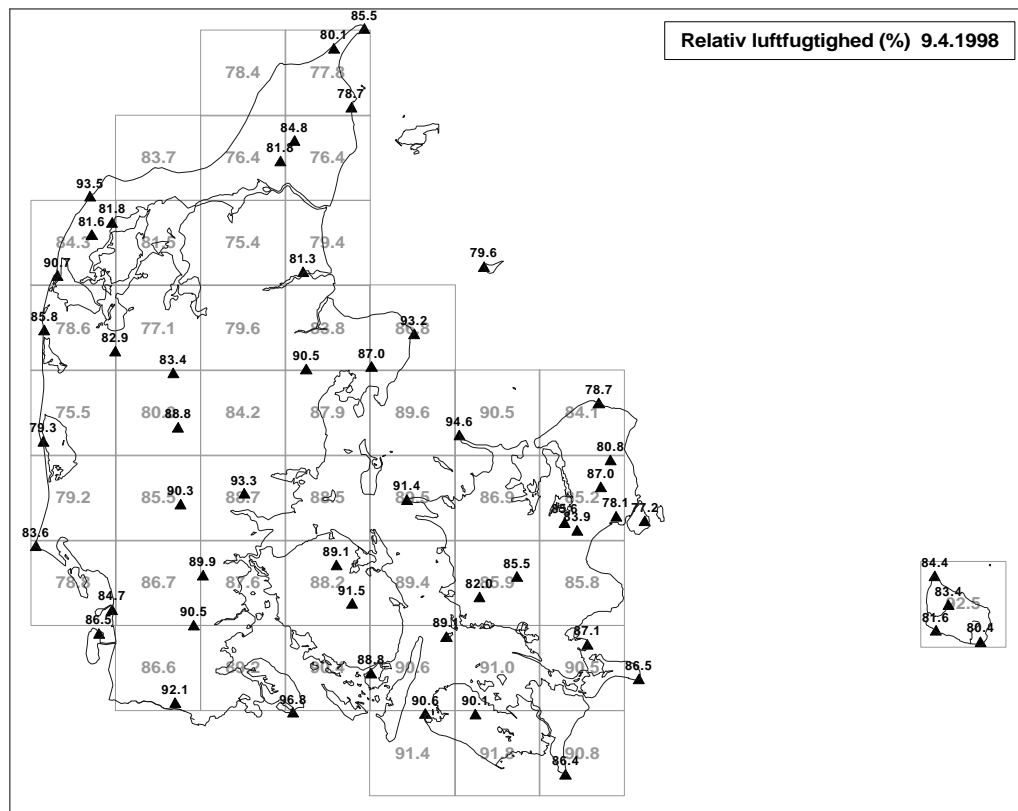
Den relative luftfugtighed i dagtimerne udviser på døgnbasis stor variation, figur 25 og 26, hvorfor der ikke kan ses et egentligt mønster i interpolationsresultatet. For måneds- og årsmidlerne, figur 27 - 30 er billedet mere entydigt med de laveste værdier i indlandet og et par procent højere ved kysterne.



Relativ luftfugtighed - døgnmiddel (dagtimer 09 - 15)



Figur 25 (20\*20 km)



Figur 26 (40\*40 km)

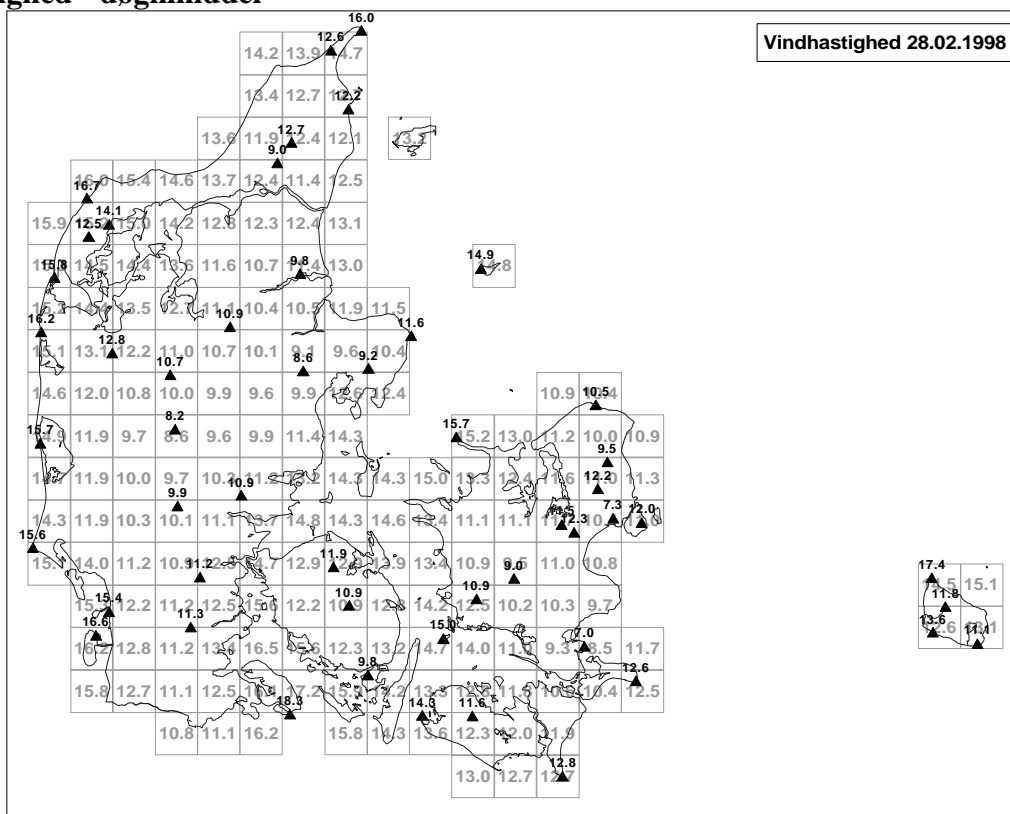




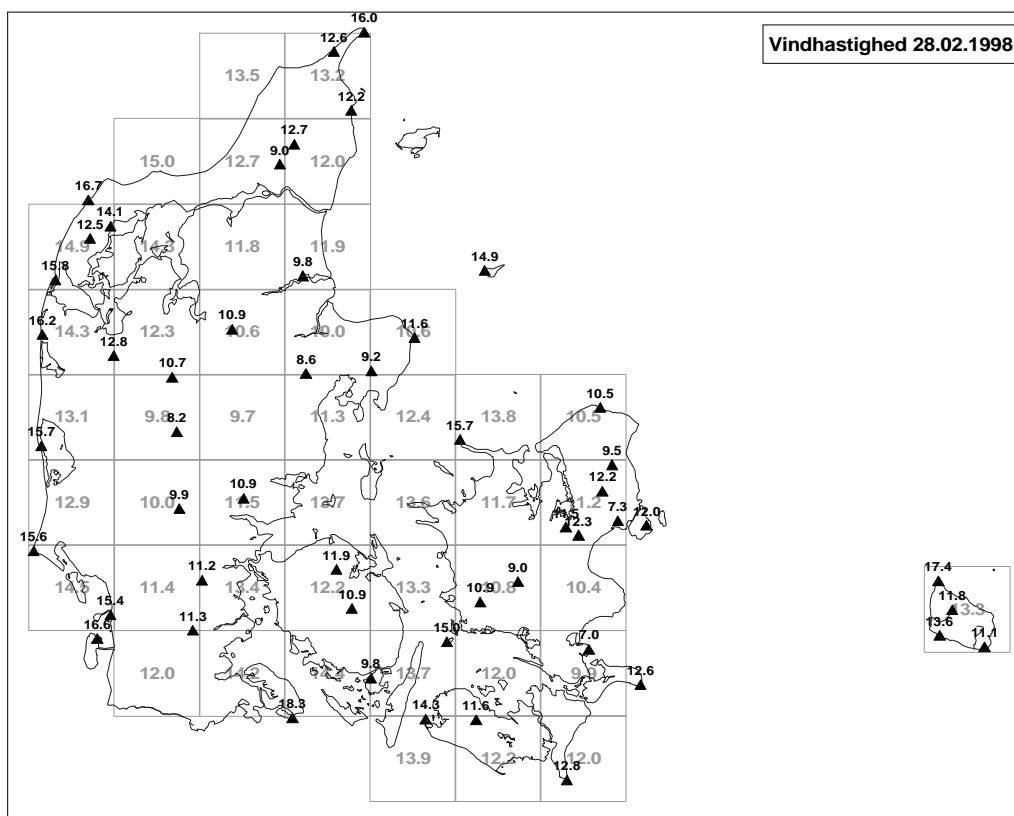
## **Vindhastighed**

Figurene med vindhastighed, figur 31 - 36, viser ikke overraskende, at det blæser mest langs kysterne, mens vindhastigheden reduceres ind i land, som følge af en større friktion. Vindhastigheden er, ligesom temperaturen og luftfugtigheden i høj grad bestemt af afstanden til havet. Den irregulære placering af stationerne vil let kunne give et misvisende interpolationsresultat ved en ikke vægtet interpolation. Ved at vægte indlandstationer højere i indlandsceller og kyststationer højere i kystceller, er ovenstående problem reduceret kraftigt. Dette ses f.eks. af figur 31, hvor 20 km gridcellen 20135 (i Vestsjællands Amt) antager en værdi der er i overensstemmelse med de andre indlandsdominerede celler i amtet og således ikke er særligt påvirket af den vindeksponerede synopstation på Sjællands Odde.

# Vindhastighed - døgnmiddel

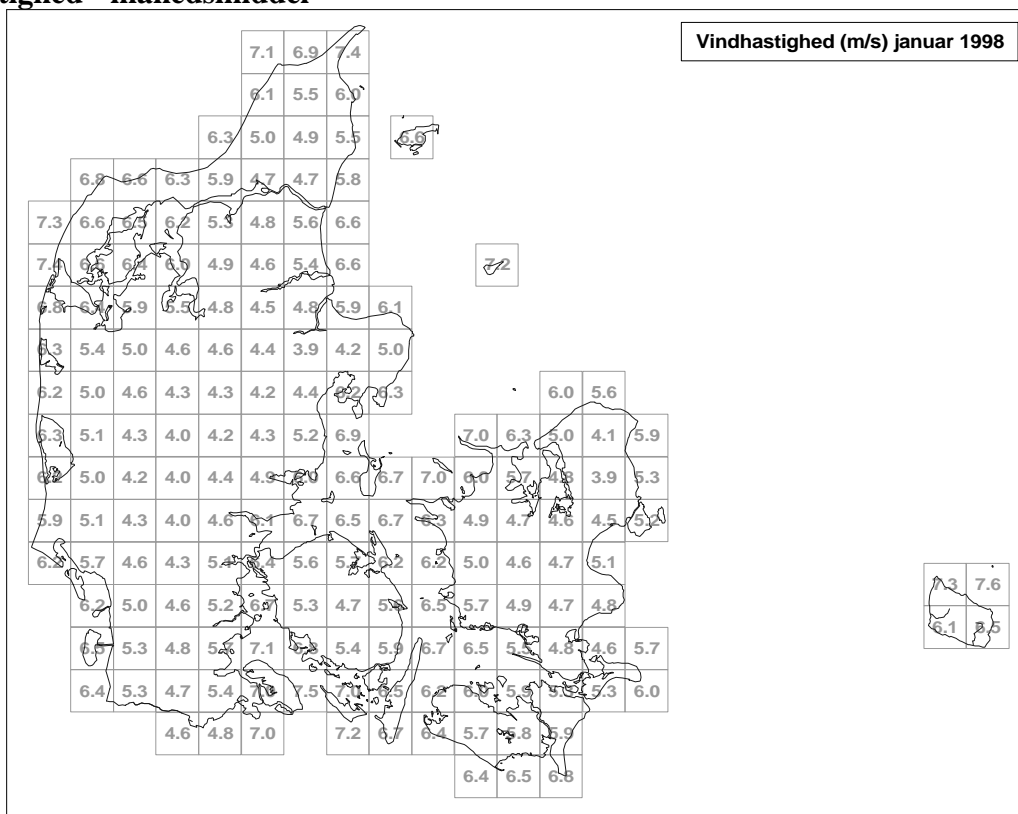


Figur 31 (20\*20 km)

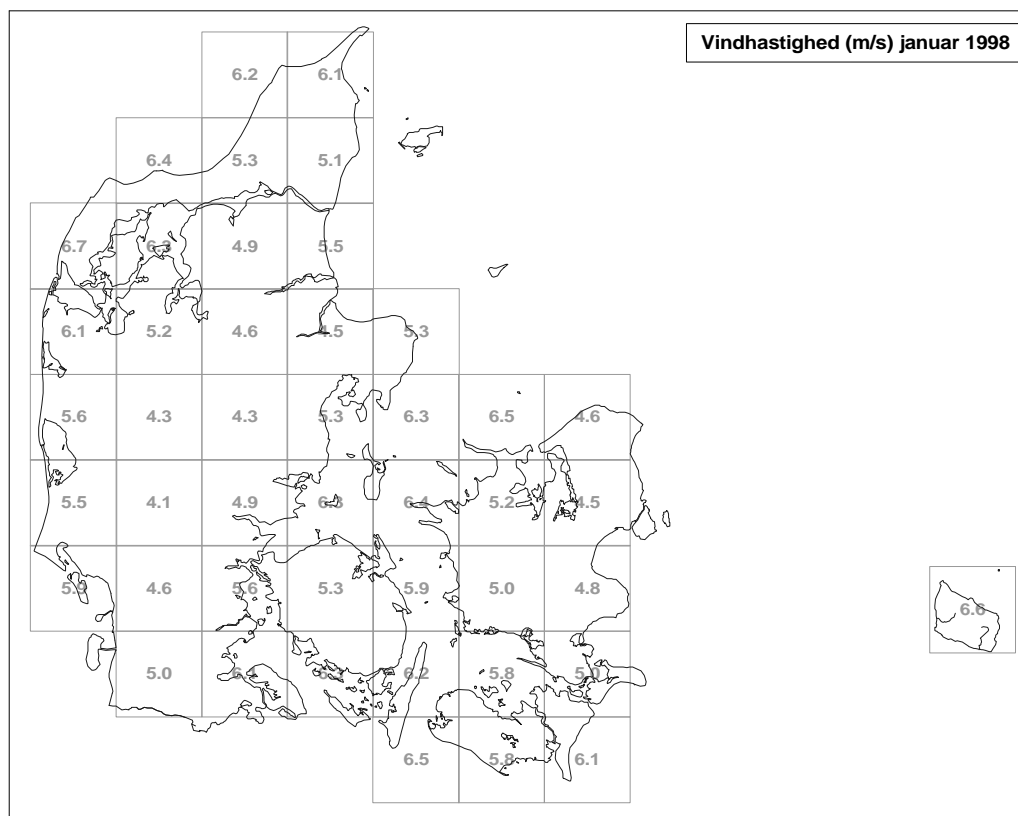


Figur 32 (40\*40 km)

# Vindhastighed - månedsmiddel

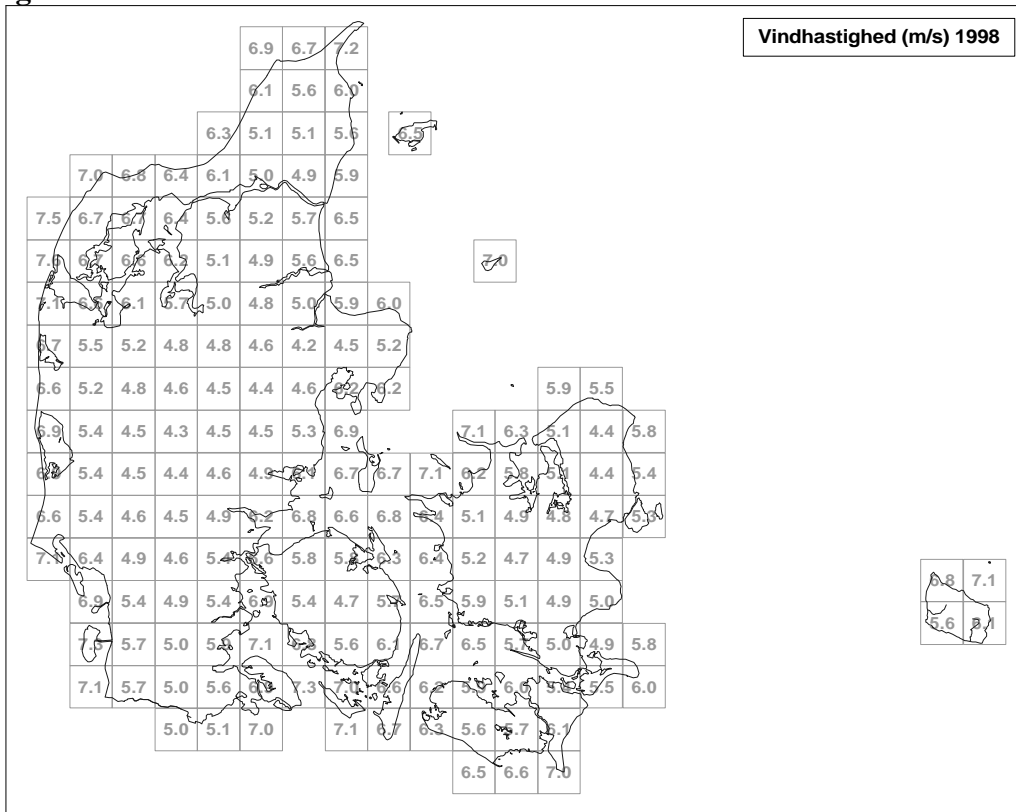


Figur 33 (20\*20 km)

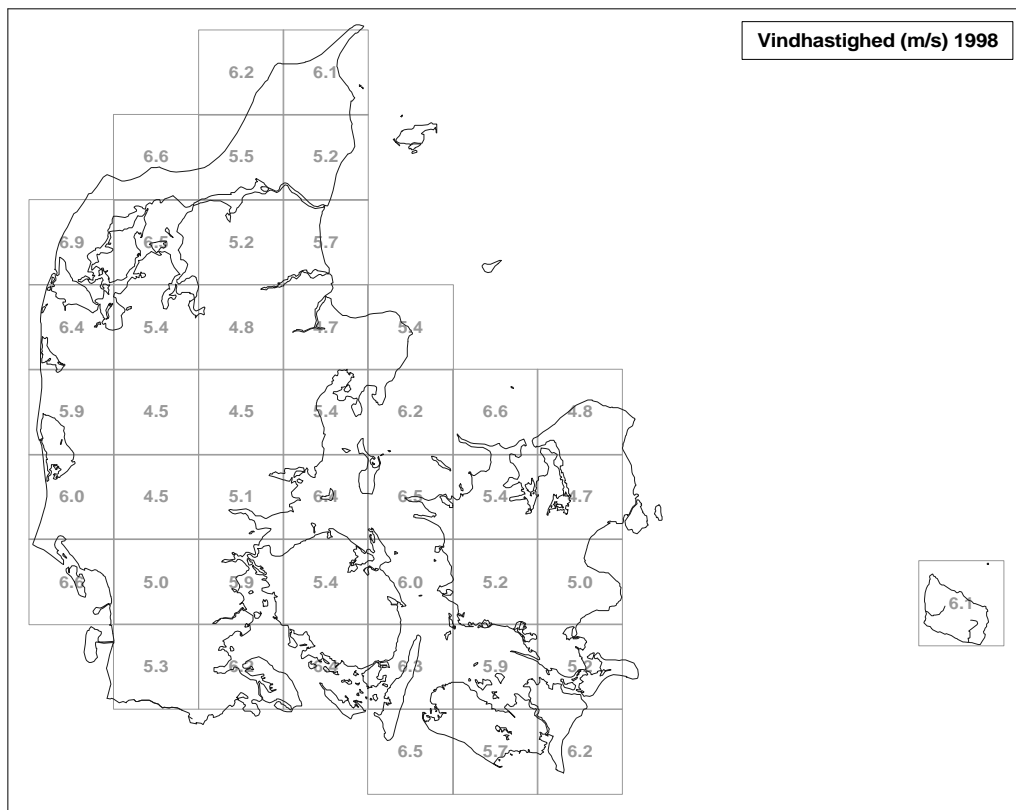


Figur 34 (40\*40 km)

# Vindhastighed - årsmiddel



Figur 35 (20\*20 km)



Figur 36 (40\*40 km)

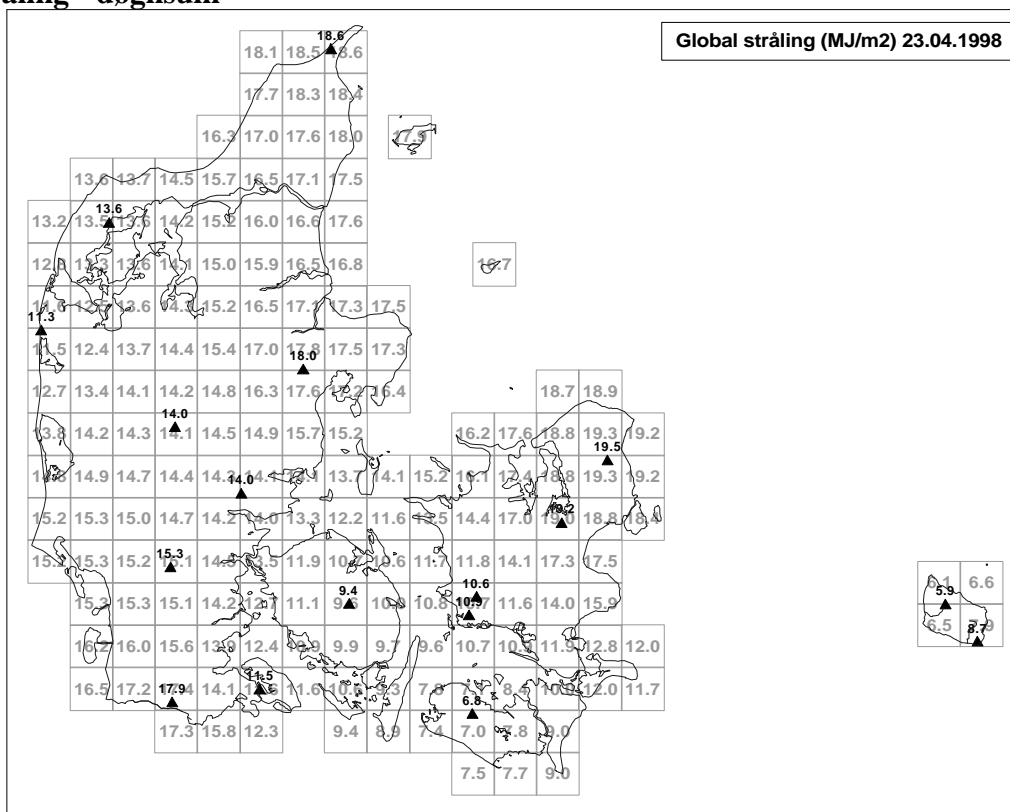
### **Globalstråling**

Figur 37 - 42 viser den registrerede globalstråling. Da antallet af automatiske klimastationer der registrerer stråling er lavt, samtidigt med at stationerne generelt ligger i indlandet, er der ikke belæg for at foretage en vægtet dobbel-interpolation. Figurerne udviser følgelig udjævnede værdier og det er kun ved årsværdierne der kan ses et egentligt mønster i fordelingen af globalstråling.

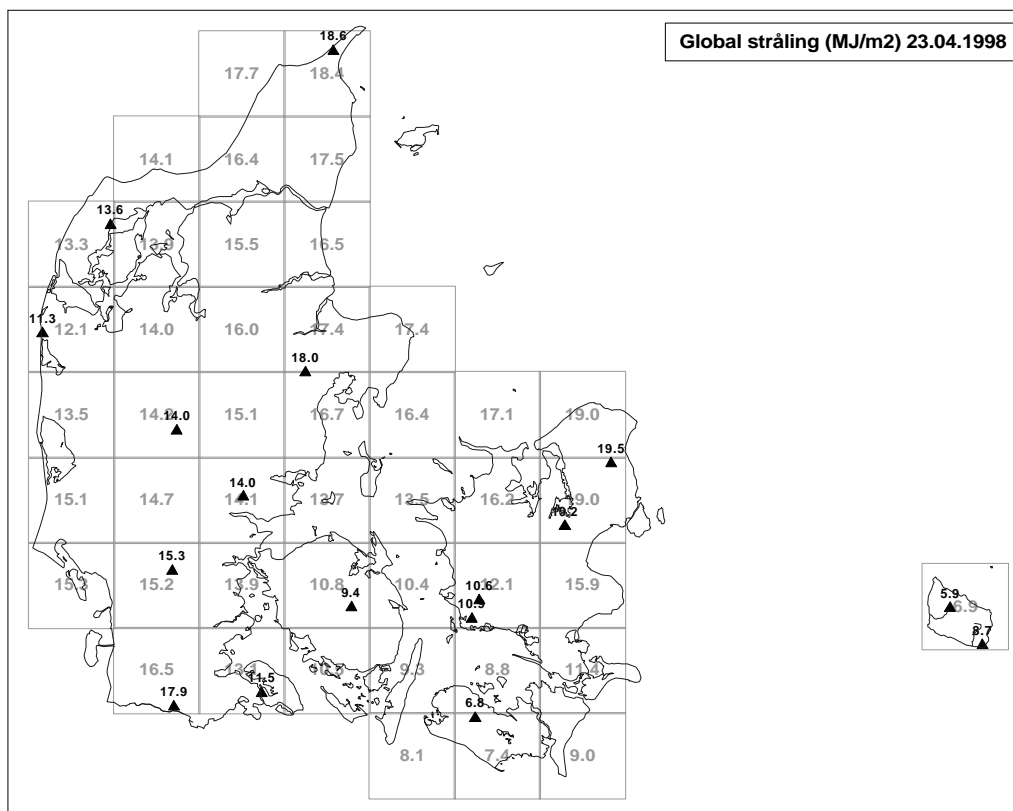
De maksimale årsværdier ses som forventelig i Nordjylland og på Bornholm, men også Lolland-Falster udviser høje værdier.



## Globalstråling - døgnsum

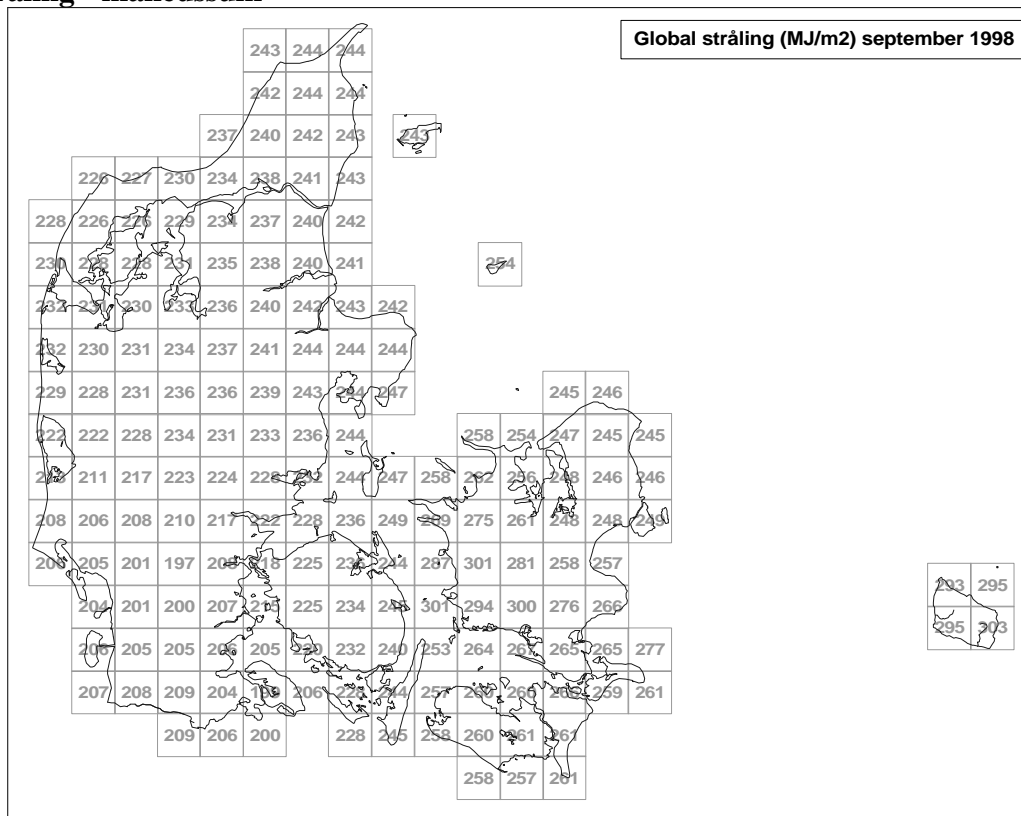


Figur 37 (20\*20 km)

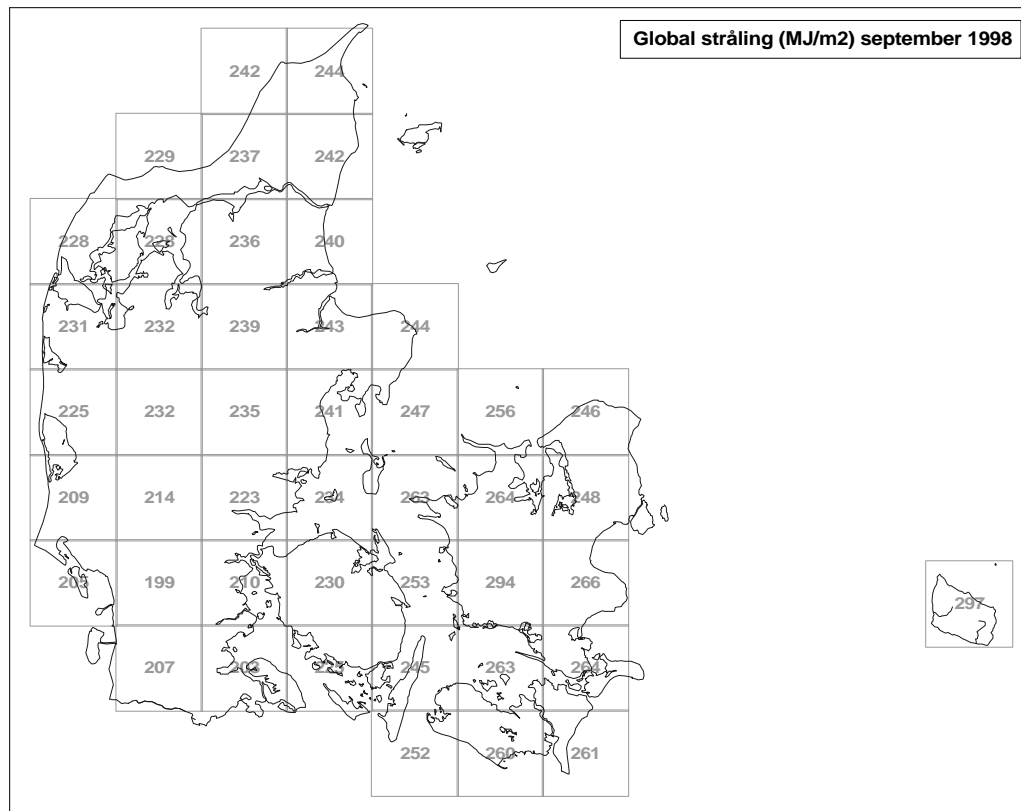


Figur 38 (40\*40 km)

## Globalstråling - månedssum

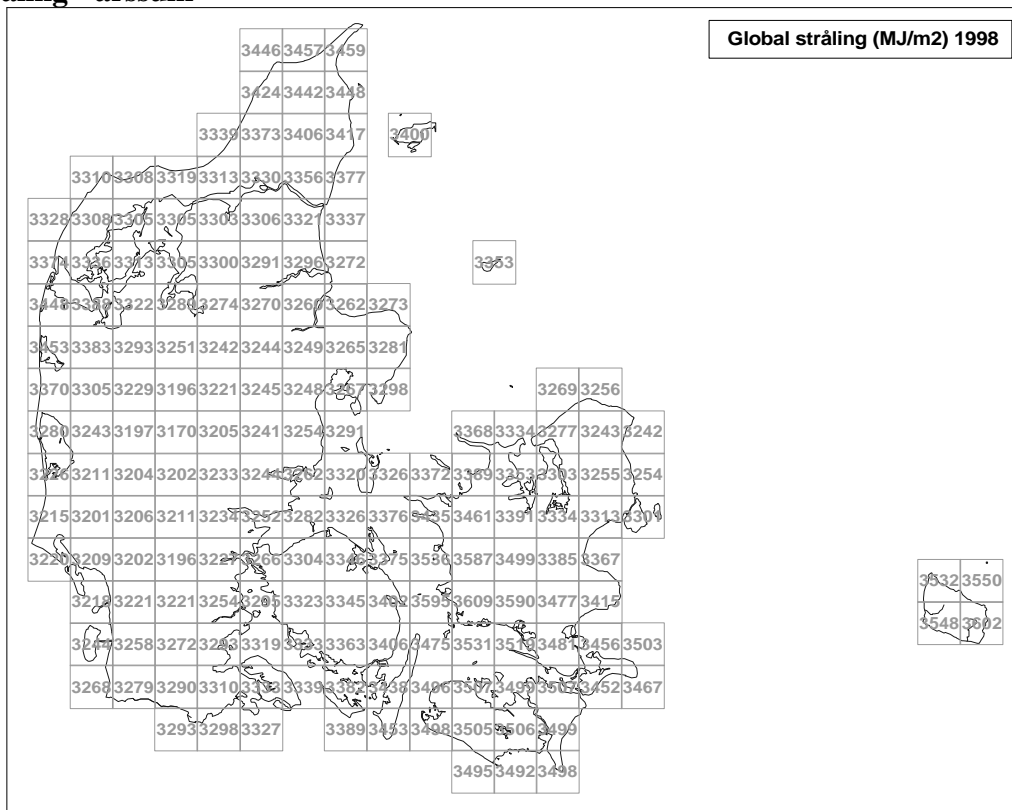


Figur 39 (20\*20 km)

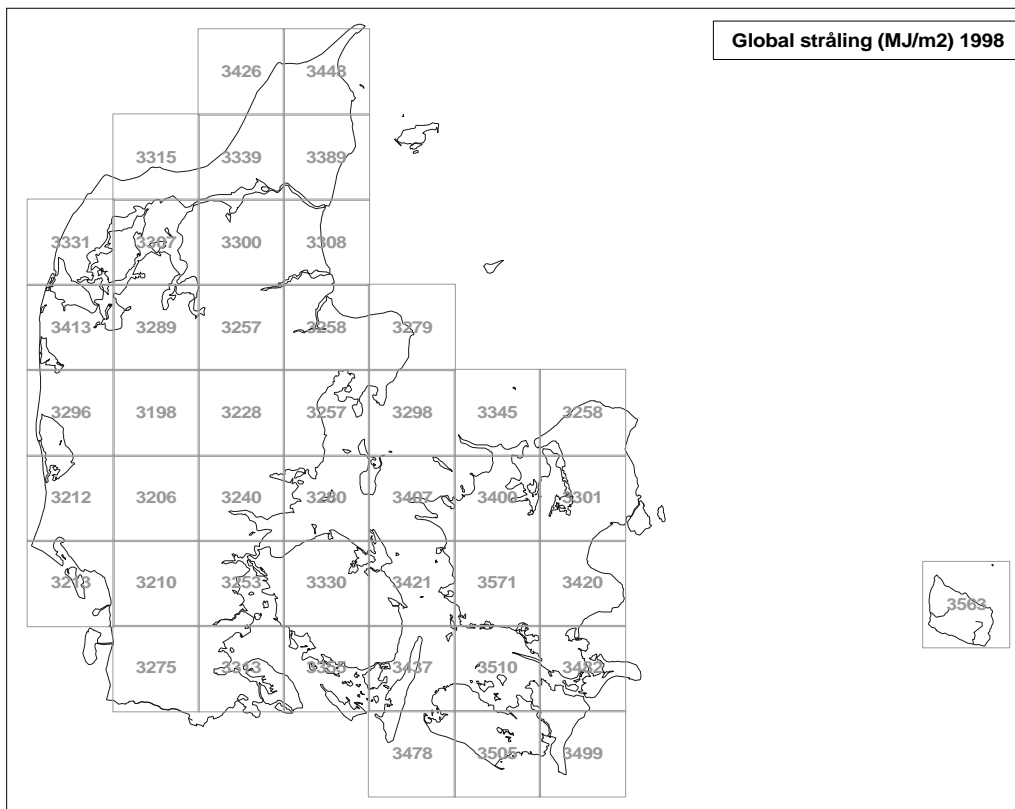


Figur 40 (40\*40 km)

## Globalstråling - årssum

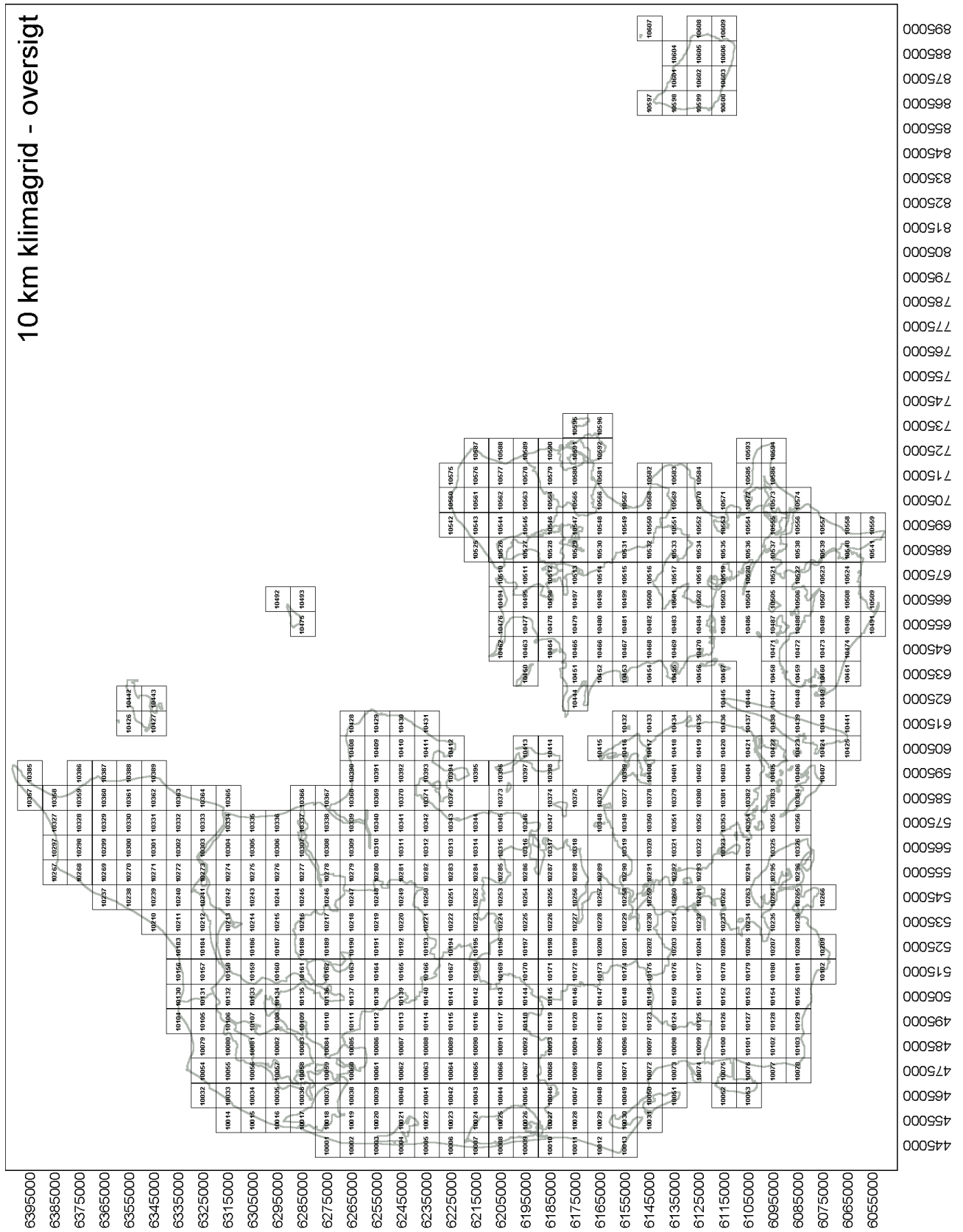


Figur 41 (20\*20 km)

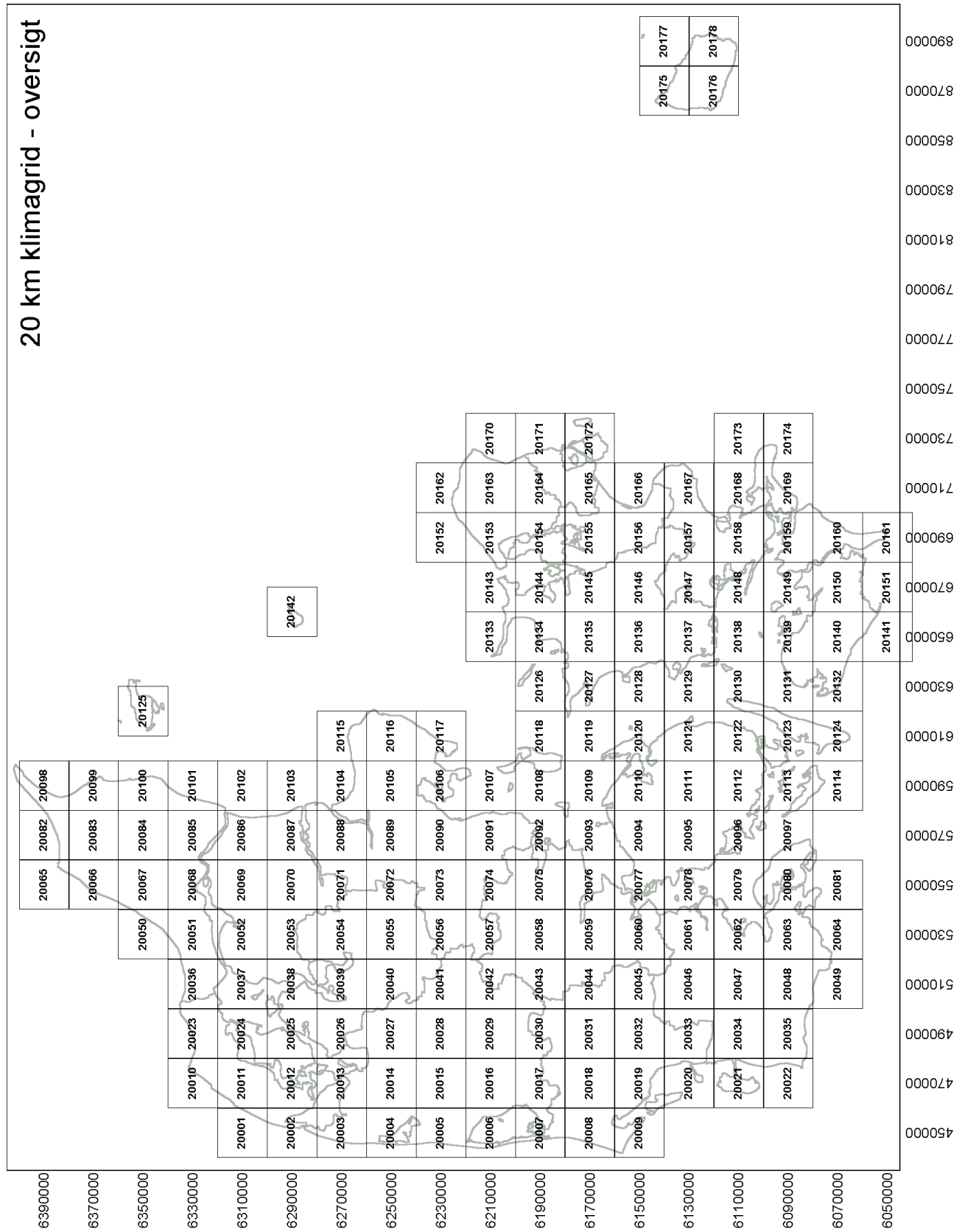


Figur 42 (40\*40 km)

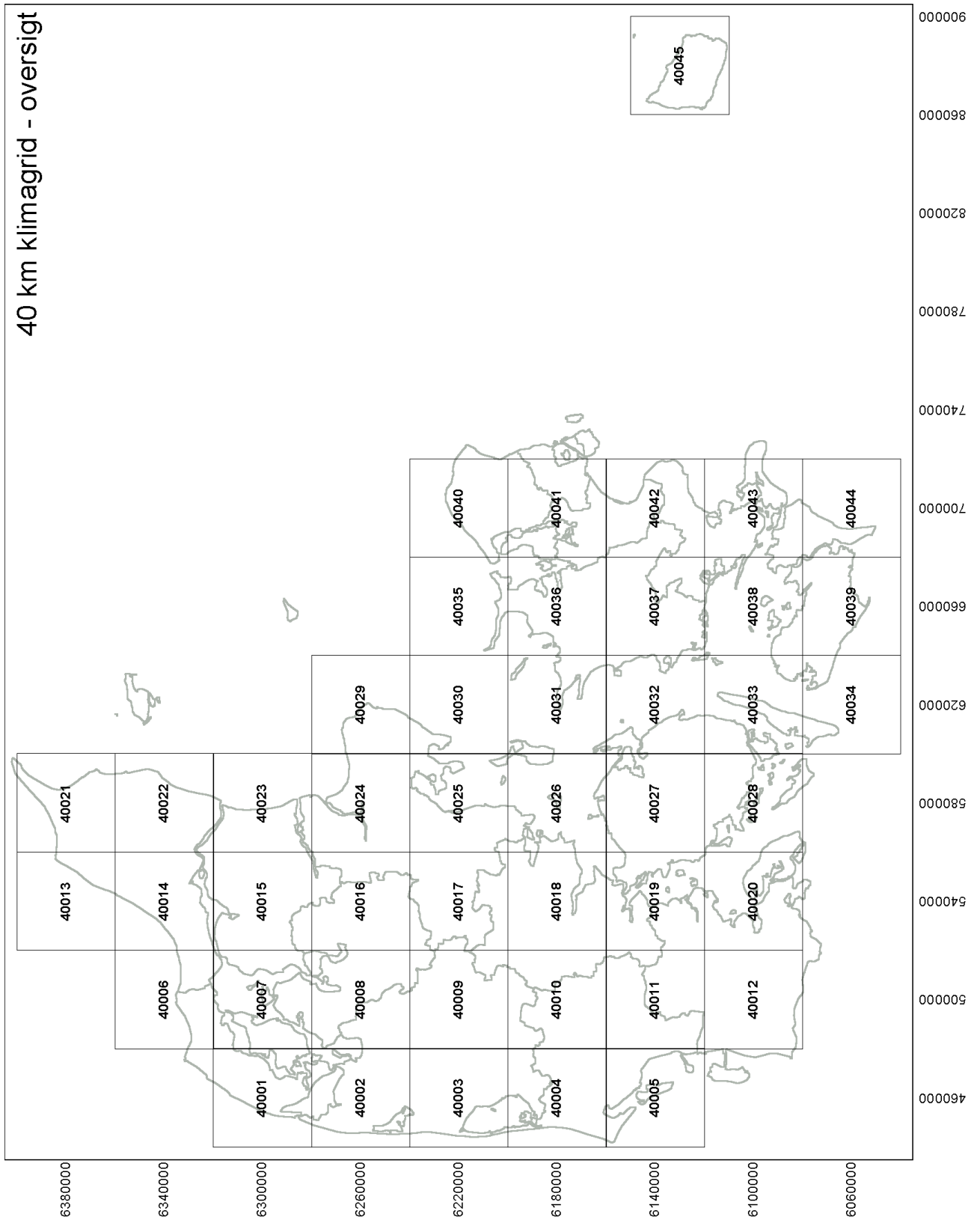
Bilag 5 - Gridnummerering - nedbør (10 km)



Bilag 6 - Gridnummerering - nedbør, temperatur og pot. fordampning (20 km)



# Bilag 7 - Gridnummerering - nedbør, temperatur og pot. fordampning (40 km)



## Bilag 8 - Beregning af den potentielle fordampning

### POTENTIEL FORDAMPNING

Potentiel fordampning beregnes på døgnværdiniveau efter en modificeret Penman, (formel [2.9] i Mikkelsen, H.E. & Olesen J.E (1991): "Sammenligning af metoder til bestemmelse af potentiel vandfordampning". Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg, Tidsskrift for Planteavls Specialserie, Beretning nr. S 2157).

$$E_{pA} = \hat{a}_{A0} + \hat{a}_{A1} \frac{sS_i}{\dot{e}(s + \tilde{a})} + \hat{a}_{A2} \frac{\tilde{a}f(u_2)(e_s - e_a)}{s + \tilde{a}}$$

hvor

$E_{pA}$ :	Potentiel fordampning ( $\text{mm} \cdot \text{døgn}^{-1}$ )
$\dot{e}$ :	Vands fordampningsvarme, $\dot{e} = 2.465 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
$\tilde{a}$ :	Psykrometerkonstant, $\tilde{a} = 0.667 \text{ hPa} \cdot \text{°C}^{-1}$
$\hat{a}_{A0}$ - $\hat{a}_{A2}$ :	Empiriske konstanter
$s$ :	Damptrykskurvens hældning ( $\text{hPa} \cdot \text{°C}^{-1}$ )
$S_i$ :	Globalstråling ( $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{døgn}^{-1}$ )
$e_s$ :	Mættede dampes tryk (hPa)
$e_a$ :	Aktuelt damptryk (hPa)
$f(u_2)$ :	$f(u_2) = 0.263(0.5 + 0.54u_2)$ ( $\text{mm} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{døgn}^{-1}$ )
$u_2$ :	Vindhastighed i 2 m's højde ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
$u_{10}$ :	Vindhastighed i 10 m's højde ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

og

$$\begin{aligned}\hat{a}_{A0} &= 0.114 - 0.0659 \cos(\hat{u}) + 0.0451 \sin(\hat{u}) - 0.0851 \cos(2\hat{u}) - 0.0031 \sin(2\hat{u}) \\ \hat{a}_{A1} &= 0.083 - 0.4629 \cos(\hat{u}) + 0.0354 \sin(\hat{u}) - 0.0914 \cos(2\hat{u}) - 0.0286 \sin(2\hat{u}) \\ \hat{a}_{A2} &= 0.963 - 0.1707 \cos(\hat{u}) + 0.0123 \sin(\hat{u}) - 0.0419 \cos(2\hat{u}) - 0.0381 \sin(2\hat{u})\end{aligned}$$

i hvilke

$$\hat{u} = \frac{2\hat{d}}{365} \quad \text{hvor } \hat{d} \text{ er døgnnummeret i året}$$

Vindhastigheden i 2 m beregnes efter:

$$u_2 = \frac{\ln(2/z_0)}{\ln(10/z_0)} u_{10} \quad \text{hvor } z_0 \text{ (ruhedslængden) sættes } = 0,01 \text{ m}$$

Aktuelt damptryk beregnes efter:

$$e_a = \frac{Rh}{100} e_s$$

hvor Rh: Relativ luftfugtighed (%), vægtet døgnmiddel  $Rh = (Rh1 \cdot 7 + Rh2 \cdot 17) / 24$   
 Rh1: Gennemsnitlig relativ fugtighed mellem kl. 9 og 15 (%)  
 Rh2: Gennemsnitlig relativ fugtighed mellem kl. 16 og 8 (%)

og hvor  $e_s$ , og  $s$  beregnes ved hjælp af de empiriske formler:

$$e_s = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + c_3 t^3 + c_4 t^4 + c_5 t^5 + c_6 t^6$$

$$s = c_1 + 2c_2 t + 3c_3 t^2 + 4c_4 t^3 + 5c_5 t^4 + 6c_6 t^5$$

i hvilke  $t$ : Døgnmiddeltemperatur ( $^{\circ}C$ )

og konstanterne er givet ved:

	$t \geq 0$	$t < 0$
$c_0$	6.108	6.109
$c_1$	$4.437 \cdot 10^{-1}$	$5.035 \cdot 10^{-1}$
$c_2$	$1.429 \cdot 10^{-2}$	$1.886 \cdot 10^{-2}$
$c_3$	$2.651 \cdot 10^{-4}$	$4.176 \cdot 10^{-4}$
$c_4$	$3.031 \cdot 10^{-6}$	$5.825 \cdot 10^{-6}$
$c_5$	$2.034 \cdot 10^{-8}$	$4.839 \cdot 10^{-8}$
$c_6$	$6.137 \cdot 10^{-11}$	$1.839 \cdot 10^{-10}$

- oOo -