

# NOTAT

Projekt navn Beregning af nettonedbør  
 Projektnr.  
 Kunde Miljøstyrelsen  
 Notat nr. 1  
 Version 1  
 Til Jesper Hannibalsen  
 Fra Annette K. Hansen  
 Kopi til

Udarbejdet af Annette K. Hansen  
 Kontrolleret af BBG  
 Godkendt af Annette K. Hansen

## BEREGNING AF NETTONEDBØR

Dato 11-10-2018

1. Indledning.....	1
2. Data .....	2
1.1. Klimadata .....	2
1.2. Vegetation/arealanvendelse .....	2
Rumlig fordeling af arealanvendelse i 100 m x 100 m net.....	2
Vegetationsparametre .....	8
1.3. Umættet zone .....	13
Rumlig fordeling af jordtyper i 100 m x 100 m net .....	13
Modelparametre anvendt for de forskellige jordtyper .....	16
3. Model .....	17
4. Referencer.....	24
5. Bilag.....	24

Rambøll  
 Hannemanns Allé 53  
 DK-2300 København S

T +45 5161 1000  
 F +45 5161 1001  
[www.ramboll.dk](http://www.ramboll.dk)

## 1. Indledning

Dette notat beskriver opsætningen af en MIKE SHE model, der beregner tidsvarierende nettonedbør for hele Danmark, på basis af klimadata samt data omkring jordtyper og arealanvendelse/vegetation. Modellens parametre tager udgangspunkt i de valg, der er foretaget i DK-modellen fra 2014 /4/ og i rapporten om Vandbalance i Danmark fra 2011 /1/. Nettonedbørsmodellen omfatter modulerne til beregning af fordampning/evapotranspiration (ET) og til beregning af strømning i den umættede zone (UZ). I forhold til DK-modellen, der er sat op i et 500 m x 500 m beregningsnet, sættes denne model op i et 100 m x 100 m beregningsnet. Det betyder, at de rumligt varierende inputdata, der indgår i DK-modellen til beskrivelse af jordtyper og arealanvendelse ikke kan benyttes, idet de er diskretiseret i et 500 m net. En del af denne opgave er derfor at opstille nye inputdata, der er diskretiseret i et 100 m x 100 m net.

## 2. Data

### 1.1. KLIMADATA

De eksisterende klimadata i den model, der tidligere beregnede nettonedbøren dækker perioden 1989 til 2015. Klimadata for årene 2016 og 2017 er nu blevet tilgængelige og derfor opdateres klimadataserierne med data for årene 2016 og 2017.

Klimadata til modellen omfatter tidsserier over følgende datatyper:

- 2 m temperatur (grader Celsius), dvs. lufttemperaturen målt 2 meter over jordens overflade
- Reference-fordampning (mm/dag)
- Dynamisk korrigeret nedbør /2/ (mm/dag)

Alle tre datatyper er hentet fra DMIs klimagrid i 10 km (nedbør) hhv. 20 km (referencefordampning samt lufttemperatur) /3/. Data er daglige data.

I Refsgaard et al. /1/ (Vandbalance i Danmark) anbefales det at referencefordampningen vest for Storebælt korrigeres med en faktor 0,95. Dette er gjort i DK-modellen /4/ og føres derfor også videre i denne opsætning.

### 1.2. VEGETATION/AREALANVENDELSE

I den eksisterende DK-model version 2014 benyttes et arealanvendelseskort baseret på Corine-data fra [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk), der opdeler vegetationen i 7 overordnede typer:

1. Permanent græs
2. Skov
3. Hede/ringe vegetation
4. Søer/vandløb
5. Hav
6. By/befæstet areal
7. Landbrug

Derudover er skov underopdelt i løvskov og nåleskov, og landbrug er underopdelt i 4 hovedafgrøder, vinterhvede, vårbyg, græs og majs. Da rodzoneudviklingen ikke kun er styret af afgrødetyperne, men også i høj grad er styret af hvilken jordtype (JB-type) afgrøden vokser på /1/ er de 4 afgrødetyper yderligere underopdelt i de 4 grupper alt efter markernes JB-typer (JB1, JB2, JB3-JB4 og JB5-JB10). Dette giver således i alt 23 forskellige arealanvendelsestyper i DK-modellen. I denne beregning af nettonedbøren medtages også rodfrugter og olie-frø, således at der i alt bliver 25 forskellige arealanvendelsestyper.

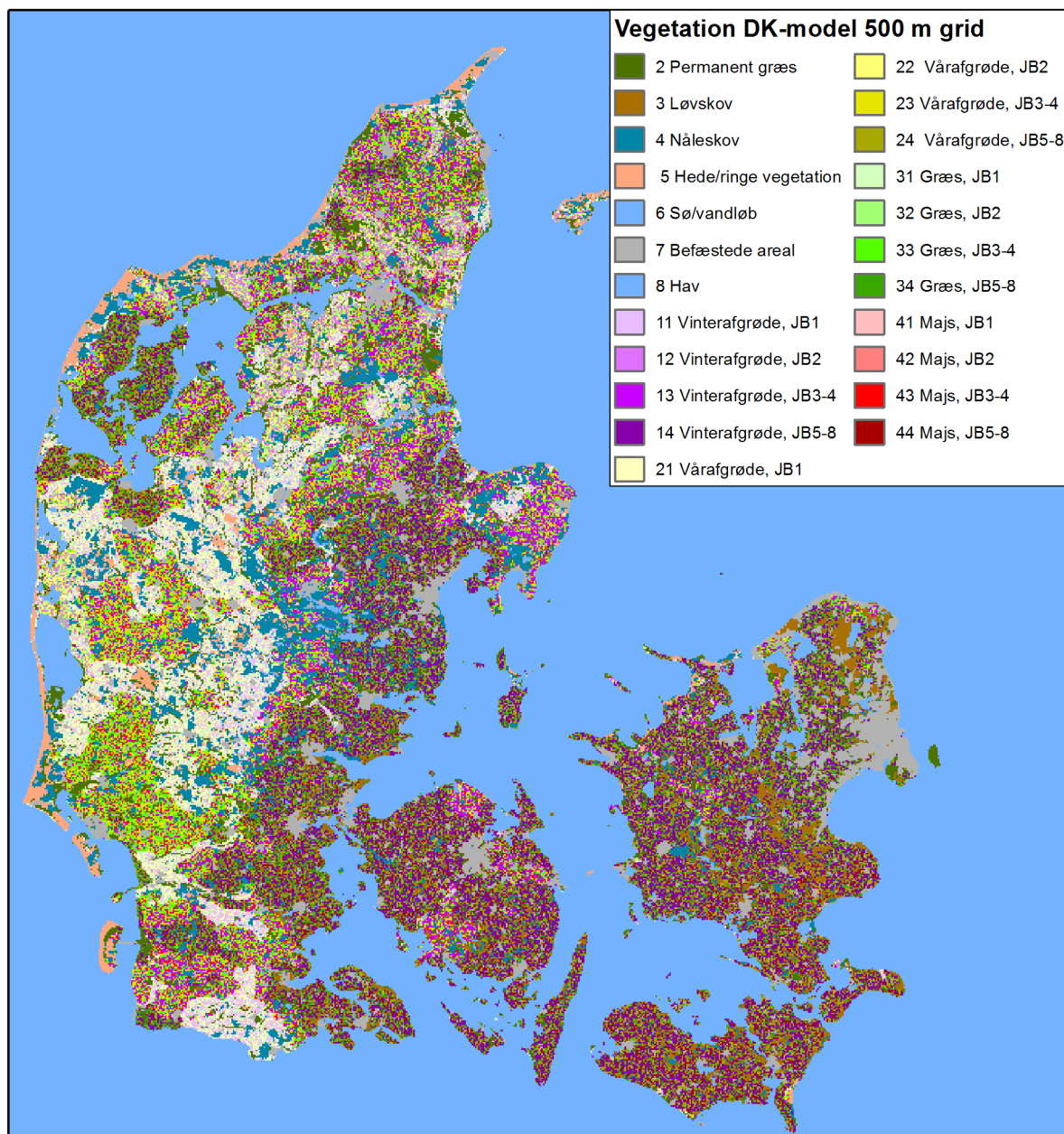
Nedenfor gennemgås hvorledes fordelingen af arealanvendelsestyperne er genereret til en 100 m x 100 m inputfil, og efterfølgende gennemgås hvilken vegetationsparametrene, der sættes for hver arealanvendelsestype i modellen.

#### *Rumlige fordeling af arealanvendelse i 100 m x 100 m net*

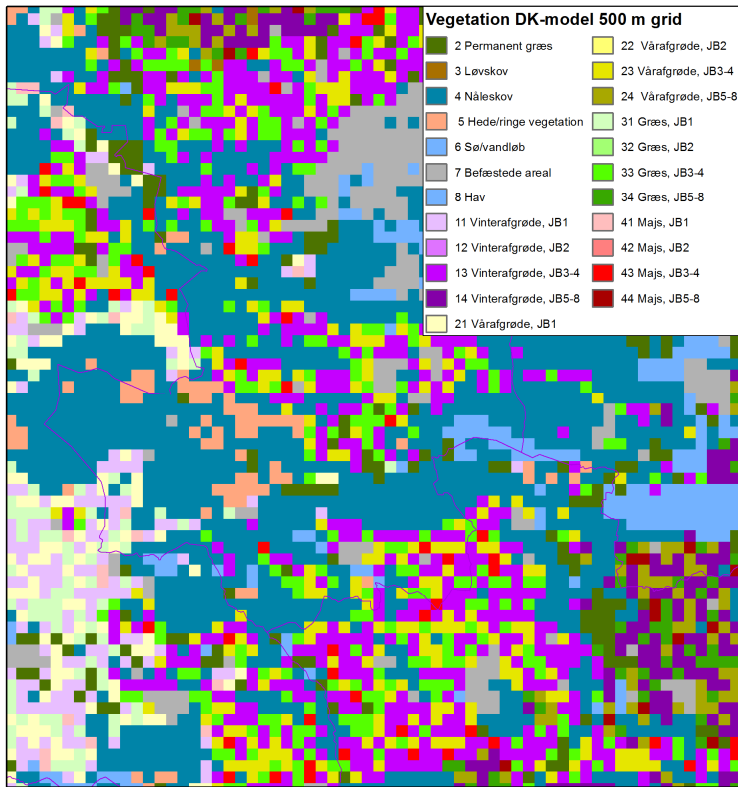
Inputfilen, der definerer vegetationstyperne i DK-modellen version 2014, foreligger i 500 m grid og denne eksisterende inputfil kan ses i Figur 1 for hele Danmark og for et udsnit omkring Silkeborg i Figur 2. For at forfine dette til et 100 m net benyttes fremgangsmåden som beskrevet i Bilag 1, hvor der tages udgangspunkt i GIS temaer over arealanvendelse (AIS), markblokkdata fra 2016 og jordbundstyper (JB kort). Denne fremgangsmåde er tidligere benyttet ved opsætning af den vegetation,

der benyttes i MST's Kalundborg model /7/. Fremgangsmåden er meget lig den der benyttes i DK-modellen, og eneste forskel i det endelige antal af vegetationstyper er, at der ved denne metode også skelnes mellem Rodfrugter (kartofler, roer m.m.) og olie\_frø (raps og lignende). For både Rodfrugter og Olie\_frø benyttes en maksimal RZD på 1000 mm, som er det, der også er benyttet i Sjællandsmodellen /5/ og Kalundborg-modellen /7/.

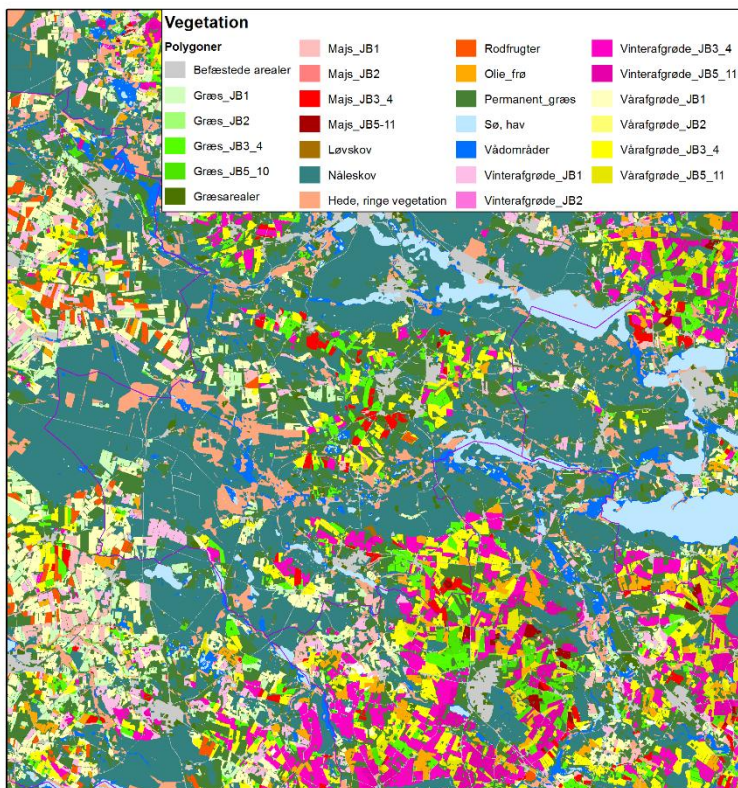
Vegetationskortet konstrueres som en shape-fil bestående af polygoner. Det resulterende kort for Silkeborg-området kan ses i Figur 3.



Figur 1: Vegetation for DK-modellen i 500 m grid.



Figur 2: Vegetation for DK-modellen i 500 m grid for et område omkring Silkeborg.



Figur 3: Vegetationsfil defineret via shapefil-polygoner af varierende størrelse, vist for et område omkring Silkeborg, og udarbejdet som beskrevet i Bilag 1.

Efterfølgende konverteres shape-filen til en raster-fil (.asc) i 100 m grid, der siden kan konverteres til en dfs2 fil, som er den input type MIKE SHE benytter.

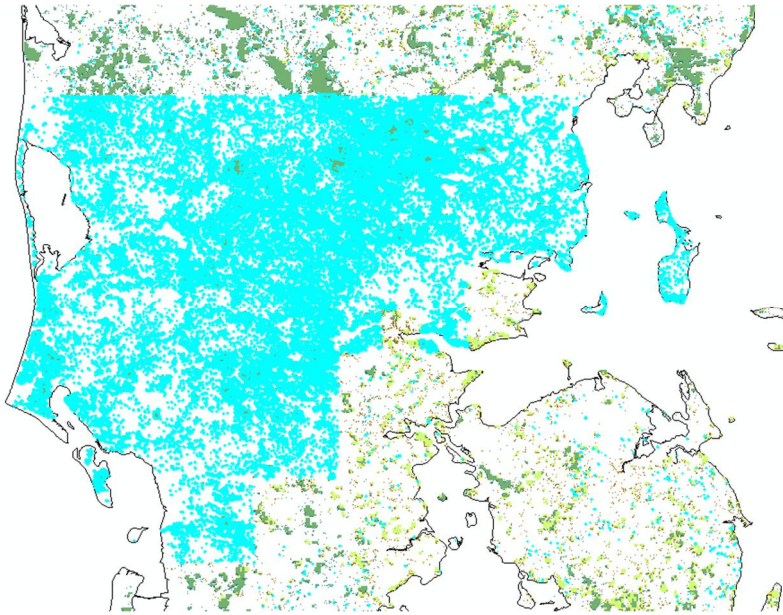
Forskellige metoder til konverteringen er afprøvet, da det viste sig vanskeligt direkte at konvertere shapefilen om til en raster-fil uden "artefakter".

ArcGIS-værktøjet "Polygon to raster" blev forsøgt, med "Cell assignment type" sat til "Maximum\_combined area", hvilket betyder, at vegetationstypen for en given celle i rasterfilen vil blive sat til den type vegetation, der inden for cellen samlet set har det største areal. Dette gav et rimeligt resultat, men med mindre uhensigtsmæssigheder, idet der nogle steder fremkom "striber" af en bestemt afgrøde i rasterfilen.

Dernæst blev MIKE SHE's "shape2dfs2"-tool afprøvet. Med dette tool kan man "stemple" en given shape fil (med en bestemt type vegetation) ind i en dfs2 fil. Toolet virker fint, men har dog begrænsninger i størrelsen af shape filerne, så det var kun muligt at benytte denne metode for de mindre udbredte arealtyper.

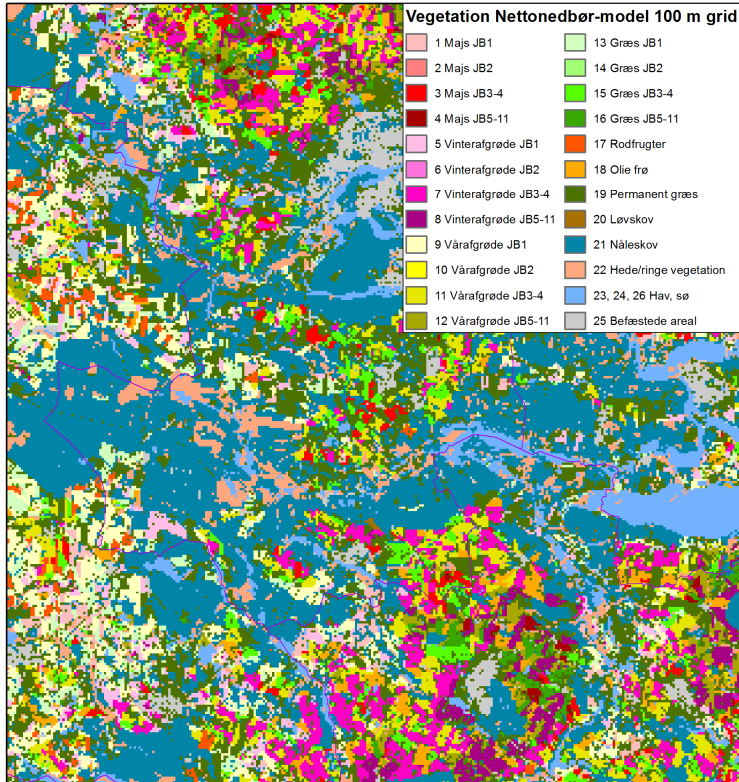
Tredje forsøg var at lave en shape fil, der dækker hele Danmark, bestående af 100 x100 m polygonkvadrater, der repræsenterer rastercellerne. Dernæst er attributværdierne for kvadraterne opdateret med vegetationsID, via udvælgelse i ArcGIS (selection by location) af de kvadrater, der ligger inden for de enkelte polygoner med en given vegetationstype. Denne fremgangsmåde er udført for alle 25 vegetationstyper, således at der til sidst fremkom et vegetationskort i 100 x 100 m polygongrid med alle 25 vegetationstyper. Ved denne fremgangsmåde er den rækkefølge man udvælger afgrøderne afgørende for det endelige resultat. Hvis der er flere afgrøder inden for samme celle vil den sidst udvalgte være den bestemmende. For at undgå at de afgrøder med lille udbredelse bliver overskrevet af dem med stor udbredelse er de største arealtyper (græs og hav) taget først, og de mindste til sidst. Til slut laves en raster ud fra polygongridet.

Som en kontrol af den dannede inputfil, er arealfordeling af vegetationen sammenlignet med arealfordelingen af vegetationen i DK-modellen. Her blev der opdaget en uhensigtsmæssighed i skovtemaet ved de oprindelige AIS data. I Midt Vestjylland er næsten alt skov defineret som skov (LUAID 3100), og er ikke opsplittet mellem løv- og nåleskov. I Figur 4 er vist en selection for alle polygoner i Danmark, der i det oprindelige AIS tema er af typen "skov". Det ses tydeligt, at der i det central Jylland er benyttet anden metode end i resten af landet. I FME proceduren samles AIS typerne Skov (3100), Løvskov (3110) og Blandet skov (3130) til typen Løvskov, men man kan se i DK-modellen at der i denne region stort set kun er nåleskov. Temaet for løvskov og nåleskov er derfor efterfølgende blevet korrigeret, således at dét, der i AIS temaet for Midt Vestjylland er defineret som "skov", i den endelige tildeling i nærværende vegetationsfil defineres som nåleskov. I de øvrige dele af Danmark er "skov" (LUAID 3100) fortsat sat til løvskov. Der vil dog være steder, hvor denne antagelse ikke holder, idet der sandsynligvis er mere løvskov jo længere østpå man kommer og især øst for den Jydske højderyg. Forskellen i ETV parametre mellem løvskov og nåleskov er dog ikke så stor i forhold til den forskel, der er mellem f.eks. afgrøder med forskellige jordtyper. Derfor er den fejl, der introduceres ved forskelligheder i AIS skovtemaet for forskellige landsdel af mindre størrelsesorden.



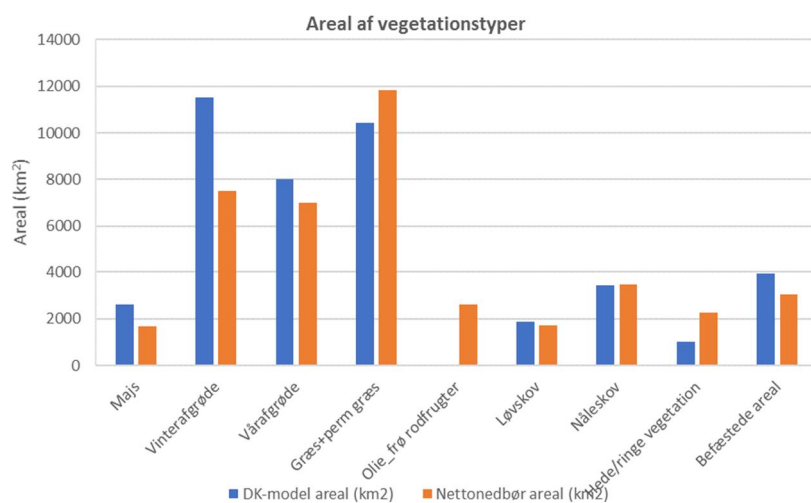
Figur 4: Kortet viser en udvælgelse af skov tema fra AIS data (LUATYPE 3100). Her ses, hvordan der er stor forskel på Midt Vestjylland og resten af Jylland. De kantede rande svare til de blokke man downloader AIS data i. Mørkegrøn er nåleskov og lysegrøn er løvskov.

Det endelige, resulterende vegetationskort i raster-format er illustreret for Silkeborg området i Figur 5.

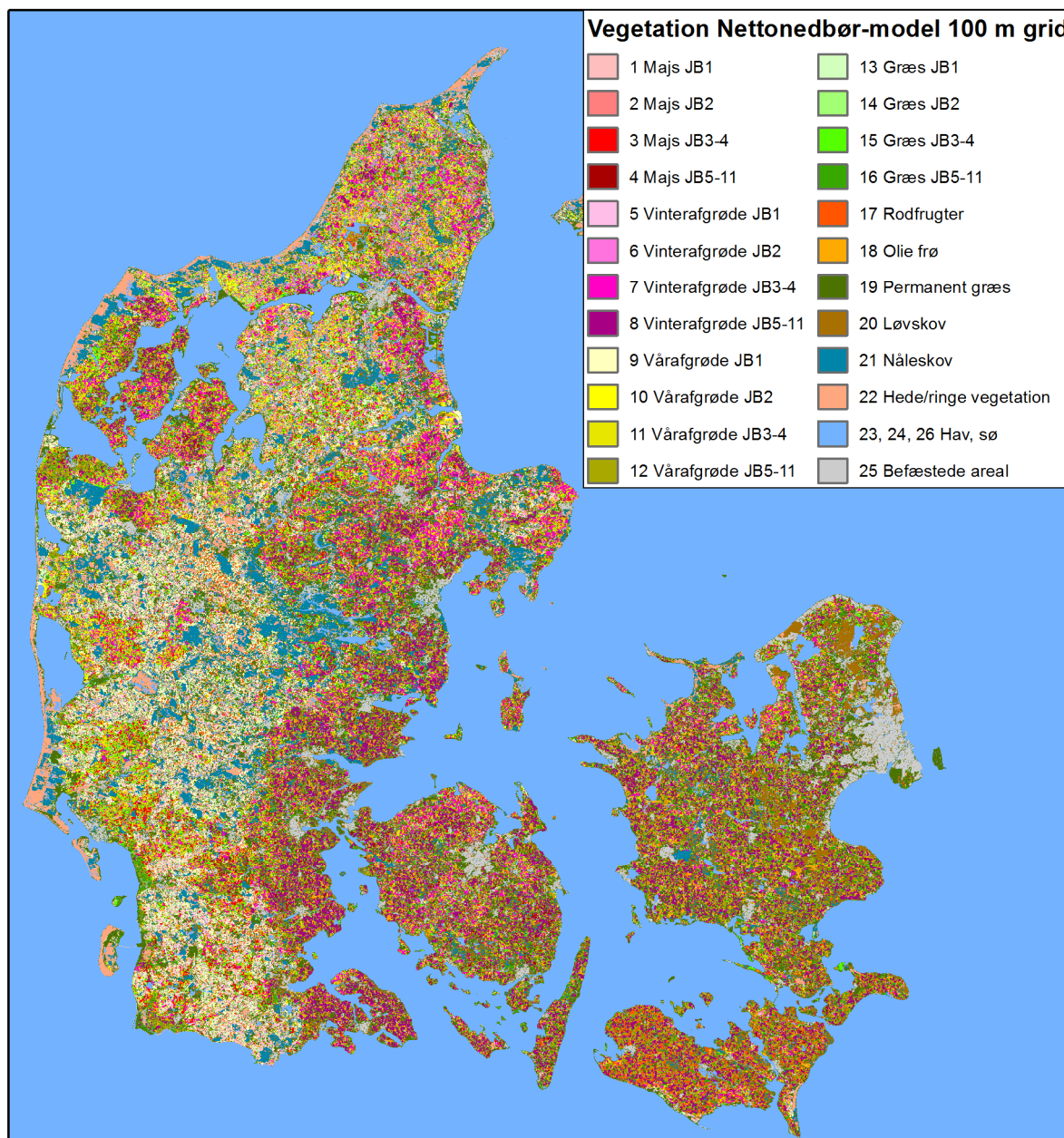


Figur 5: Kort over vegetationstyper ved Silkeborg i 100 m grid.

Arealfordelingen mellem de enkelte vegetationstyper for hhv. DK-modellens inputfil i 500 m net, og dette projekts nye inputfil i 100 m net, er udregnet og sammenlignet. Resultatet af sammenligningen er vist i Figur 6. Der ses en rimelig god overensstemmelse for de fleste vegetationstyper. Arealet med vinterafgrøde i DK-modellens inputfil er større end arealet med vinterafgrøder i den nye inputfil i 100 m grid, men det skyldes bl.a. at kategorien "vinterafgrøde" i DK-modellen også rummer vegetationstyperne olie\_frø og rodfrugter, som jo er særskilt specificeret i den nye inputfil. Tages dette forhold i betragtning er der da kun begrænset forskel på arealanvendelsesfordelingen mellem DK-modellens input og nærværende models input, og forskellene er af en størrelsesorden som kan forventes, når man diskretiserer forskelligt med hhv. 500 m diskretisering og 100 m diskretisering. Det endelige vegetationskort i 100 m grid er vist i Figur 7.



Figur 6: Sammenligning mellem arealfordeling mellem de enkelte vegetationstyper.

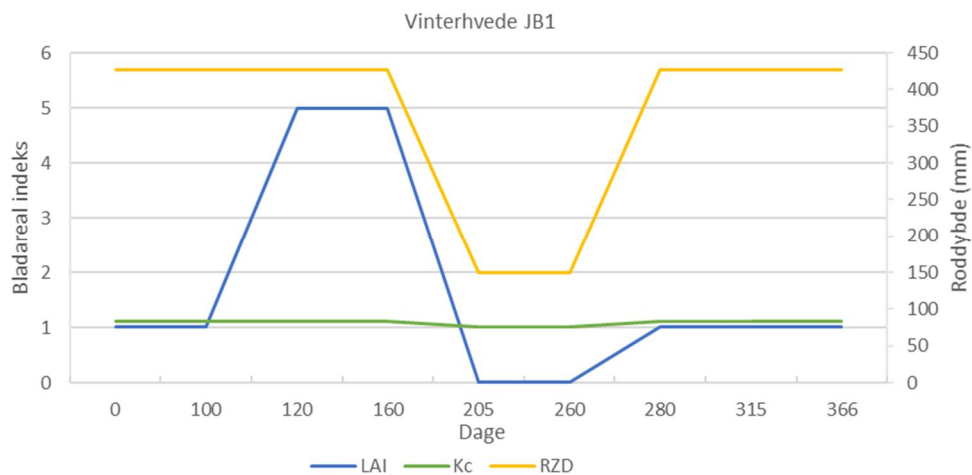


Figur 7: Det nye kort over vegetationstyper i Danmark i 100 m grid.

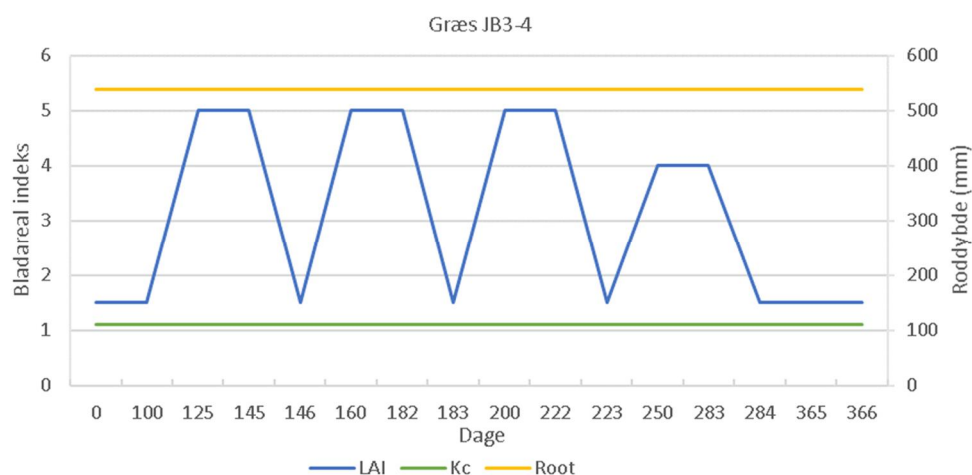
#### *Vegetationsparametre*

For hver arealanvendelsestype er angivet vegetationsparametre i en såkaldt ETV-fil. De parametre, der specificeres i filen for hver vegetations-/arealanvendelsestype er den tidslige variation i bladareal indeks (LAI), rodtybden/rodzonedybden (RZD) og en afgrødekoefficient ( $K_c$ ). Værdierne varierer hen over året, så de repræsenterer dynamikken i vækstsæsonen for hver enkelt afgrøde; se eksempel på variation af vegetationsparametrene for vinterhvede JB1 på Figur 8 og græs JB3-4 på Figur 9. Minimums-rodzonedybden (min. RZD) er i DK-modellen sat til at være ens for næsten alle afgrøder, mens den maksimale rodzonedybde ændrer sig fra afgrøde til afgrøde. Roddybderne for arealanvendelserne permanent græs, hede/ringe vegetation, sø, hav, befæstede arealer, løvskov, nåleskov og græs (uafhængigt af JB-type, som det gror på) varierer ikke over året, men har konstante værdier hele året.





Figur 8: Eksempel på variation af bladarealindeks (LAI), afgrødekoefficient (Kc) og rodedybden (RZD) hen over året for vinterhvede JB1.

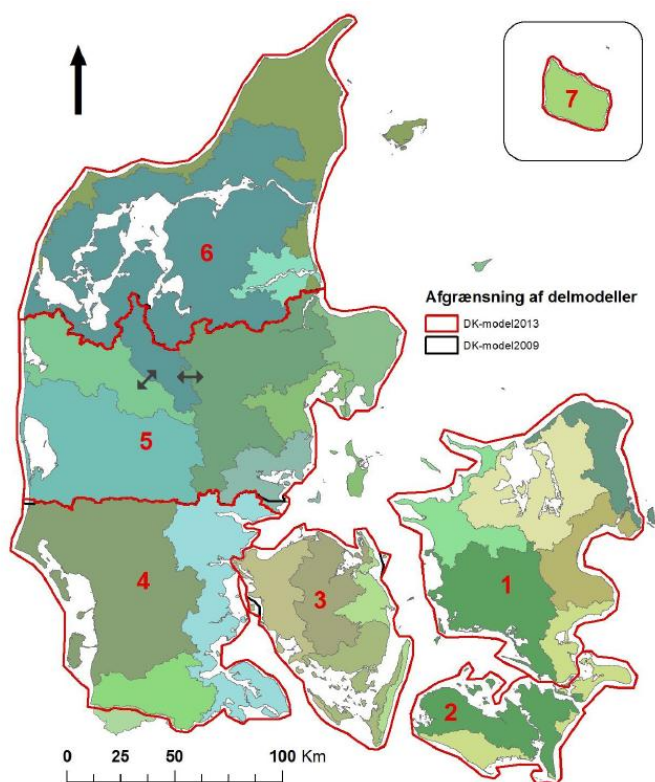


Figur 9: Eksempel på variation af bladarealindeks (LAI), afgrødekoefficient (Kc) og rodedybden (RZD) hen over året for græs JB3-4.

DK-modellen er opdelt i 6 submodeller, der ses på Figur 10. Afgrænsningerne følger enten naturlige afgrænsninger i form af kyst, eller afgrænsninger for hovedvandoplande for overfladevand. Den maksimale RZD er i DK-modellen, på baggrund af kalibrering af de enkelte delmodeller, defineret til at være forskellig indenfor de enkelte DK-submodeller, og i Tabel 1 er vist maksimale rodzonedybder for alle vegetationstyper for alle DK-submodeller. På Figur 11 er værdierne for alle afgrøder vist i et søjlediagram og på Figur 12 er værdierne vist for kun WWheat og SBarley. Generelt gælder, at rodzonedybden er størst på Lolland-Falster, dernæst Midtjylland, Sjælland, Nordjylland, Sydjylland og er mindst på Fyn.

De nettonedbørdata, der skal beregnes med nærværende model, vil blive benyttet af Miljøstyrelsen primært i Jylland, da det typisk er her, at Miljøstyrelsen opstiller MODFLOW-modeller, hvor nettonedbøren ikke beregnes som en del af modelopsætningen. Derfor vælges de ETV-parametre, der benyttes i denne model, ud fra de tre jyske parametersæt fra DK-modellen version 2014. Af de tre jyske parametersæt har Midtjylland de højeste værdier og Sydjylland de laveste værdier. Derfor vælges

værdierne for Nordjylland som et bud på et sæt gennemsnitlige værdier, der er repræsentative for hele Jylland. Middelgrundvandsdannelsen for tre testkørsler for Silkeborg modelområde, hvor der benyttes ETV parametre fra hhv. DK4, DK og DK6, er beregnet til at være hhv. 413 mm/år, 406 mm/år, 410 mm/år, hvilket svarer til at nettonedbøren er 0,66 % højere ved ETV-DK4 end ved ETV-DK6 parametre og 1,11 % lavere ved ETV-DK5 end ved ETV-DK6. Hvis der på et senere tidspunkt skal beregnes nettonedbør for et område, hvor det er vigtigt, at det er de samme værdier, som dem der benyttes i DK-modellen, er det kun en mindre opgave at skifte ETV filen ud.

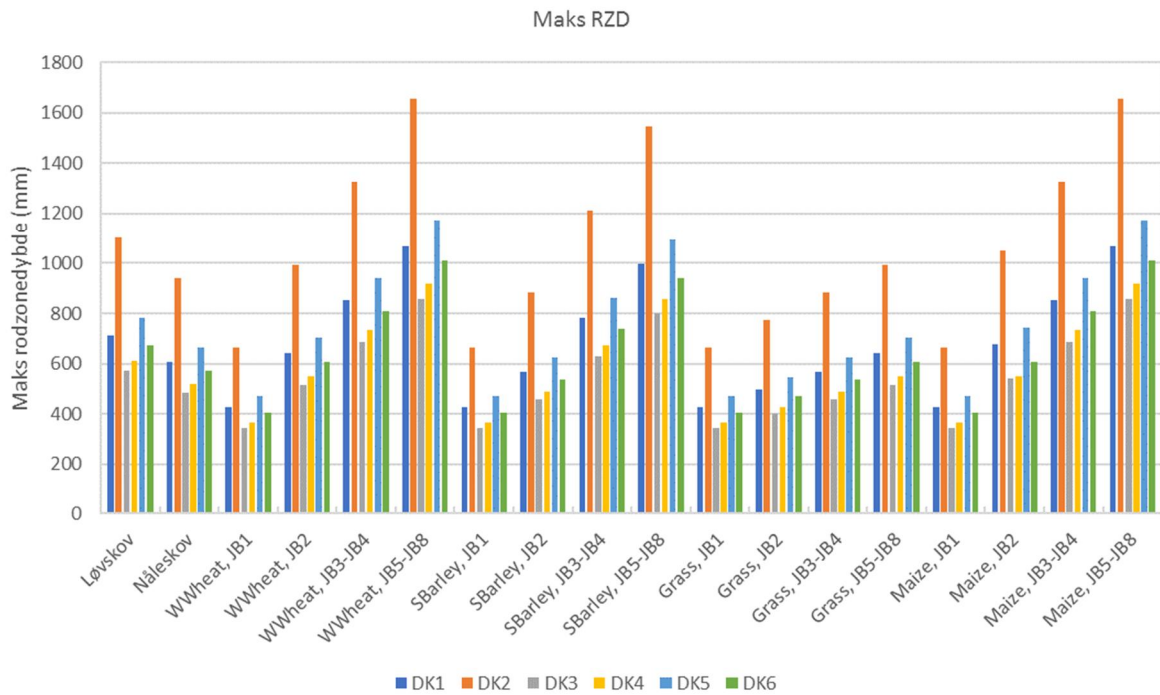


Figur 1. Afgrensning af de syv delmodeller i DK-model2014 (rød), samt afgrensninger fra DK-model2009 (sort). Baggrundskortet viser grænser for vandplanernes 23 hovedvandoplande. De to pile viser den potentielle vandstrømning fra Karup Å oplandet til nabooplande.

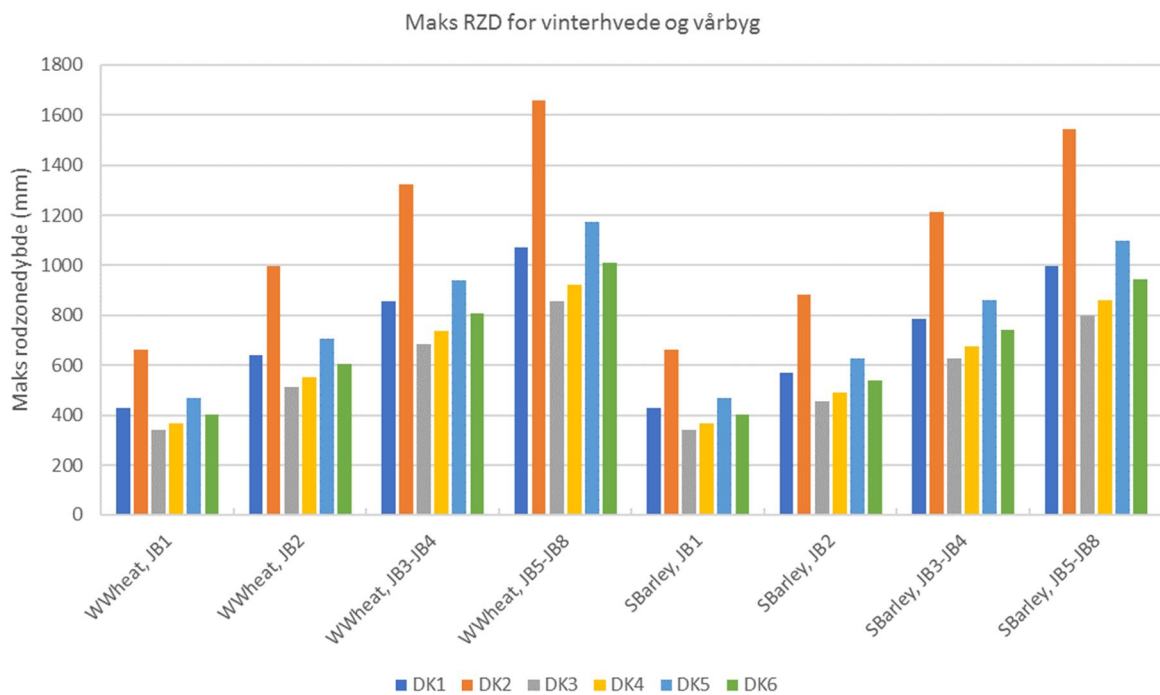
Figur 10: Oversigt over DK-submodellernes udbredelse. Taget fra rapporten for DK-modellen /4/.

Maksimale rodzonedybde (mm)	DK1	DK2	DK3	DK4	DK5	DK6	
Permanent_Grass	700	700	700	700	700	700	varierer ikke over året
Hede/ringe vegetation	300	300	300	300	300	300	varierer ikke over året
Soe/vandløb	10000	10000	10000	10000	10000	10000	varierer ikke over året
Befæstede arealer	100	100	100	100	100	100	varierer ikke over året
Hav	10000	10000	10000	10000	10000	10000	varierer ikke over året
Løvskov	711.9	1104.1	571.3	612.8	782.4	673.3	varierer ikke over året
Nåleskov	605.2	938.5	485.6	520.9	665.0	572.3	varierer ikke over året
WWheat, JB1	427.2	662.4	342.8	367.7	469.4	404.0	
WWheat, JB2	640.7	993.7	514.2	551.5	704.2	606.0	
WWheat, JB3-JB4	854.3	1324.9	685.5	735.4	938.9	807.9	
WWheat, JB5-JB8	1067.9	1656.1	856.9	919.2	1173.6	1009.9	
SBarley, JB1	427.2	662.4	342.8	367.7	469.4	404.0	
SBarley, JB2	569.6	883.3	457.0	490.3	625.9	538.6	
SBarley, JB3-JB4	783.1	1214.5	628.4	674.1	860.6	740.6	
SBarley, JB5-JB8	996.7	1545.7	799.8	857.9	1095.4	942.6	
Grass, JB1	427.2	662.4	342.8	367.7	469.4	404.0	varierer ikke over året
Grass, JB2	498.4	772.9	399.9	429.0	547.7	471.3	varierer ikke over året
Grass, JB3-JB4	569.6	883.3	457.0	490.3	625.9	538.6	varierer ikke over året
Grass, JB5-JB8	640.7	993.7	514.2	551.5	704.2	606.0	varierer ikke over året
Maize, JB1	427.2	662.4	342.8	367.7	469.4	404.0	
Maize, JB2	676.3	1048.9	542.7	551.5	743.3	606.0	
Maize, JB3-JB4	854.3	1324.9	685.5	735.4	938.9	807.9	
Maize, JB5-JB8	1067.9	1656.1	856.9	919.2	1173.6	1009.9	

Tabel 1: Oversigt over den maksimale rodzonedybde i de seks DK-modeller fra /4/ WWheat: Vinterhvede. SBarley: Vårbyg.



Figur 11: Oversigt over variationen af den maksimale RZD for de forskellige vegetationstyper i de forskellige DK-modeller.



Figur 12: Oversigt over variation af maksimale rodzone dybde for vinterhvede og vårbyg.

Efter de første modeltestkørsler viste det sig, at de valgte vegetationsparametre for befæstede arealer ( $LAI=0,5$ ,  $RZD = 100$ ,  $K_c=1$ ) gør, at nettonedbøren bliver forholdsmæssig stor sammenlignet med de andre områder. I DK-modellen defineres og håndteres befæstelsen separat, således at grundvandsdannelsen her ikke bliver særlig stor. I denne opsætning er dette ikke muligt, og det er derfor ikke hensigtsmæssigt at benytte de samme værdier som DK-modellen for lige præcis de befæstede arealer. For befæstede arealer benyttes derfor vegetationsparametre svarende til permanent græs. ( $LAI = 4$ ,  $RZD = 700$  og  $K_c = 1,1$ )

### 1.3. UMÆTTET ZONE

Den umættede zone beskrives i nærværende model vha. approksimationen "2-Layer UZ". Dette følger fremgangsmåden fra DK-modellen version 2014. Som ET Surface Depth benyttes 0,001 m, som er den værdi, der benyttes i DK-modellen for Jylland (DK4, DK5, DK6). På Sjælland og Fyn er i DK-modellen benyttet 0,0001 m (DK1, DK2 og DK3), men da nettonedbøren primært skal bruges til nettonedbør i Jylland benyttes denne værdi.

Til beskrivelsen af strømningen og infiltrationen til den umættede zone indgår et jordartskort, som ligeledes skal omdannes til et 100 m net som kan indlæses i modellen. Denne proces beskrives nedenfor. Efterfølgende beskrives de modelparametre, som anvendes i modellen for hver jordtype.

#### *Rumlig fordeling af jordtyper i 100 m x 100 m net*

I DK-modellen /4/ benyttes et kort over forskellige jordtyper udarbejdet af Christen Duus Børgesen fra Århus Universitet, der er beskrevet i /6/.

Typejordskortet er baseret på informationer om:

- Udbredelse af jordtyperne i 3 dybder (A-horisonten 0-30 cm, B-horisonten 30-70 cm og C-horisonten 70-120 cm) efter de såkaldte JB-numre 1-11, baseret på DJFs (Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet) jorddatabase. (se Tabel 2)
- Udbredelsen af jordtyper i underjorden (B-horisonten 30-70 cm og C-horisonten 70-120 cm) fra det geologiske jordartskort (se legende fra det i Figur 13).
- Inddeling af Danmark i Georegioner (se Figur 14), idet samme jordtype i forskellige regioner kan have forskellige teksturer og parametre.

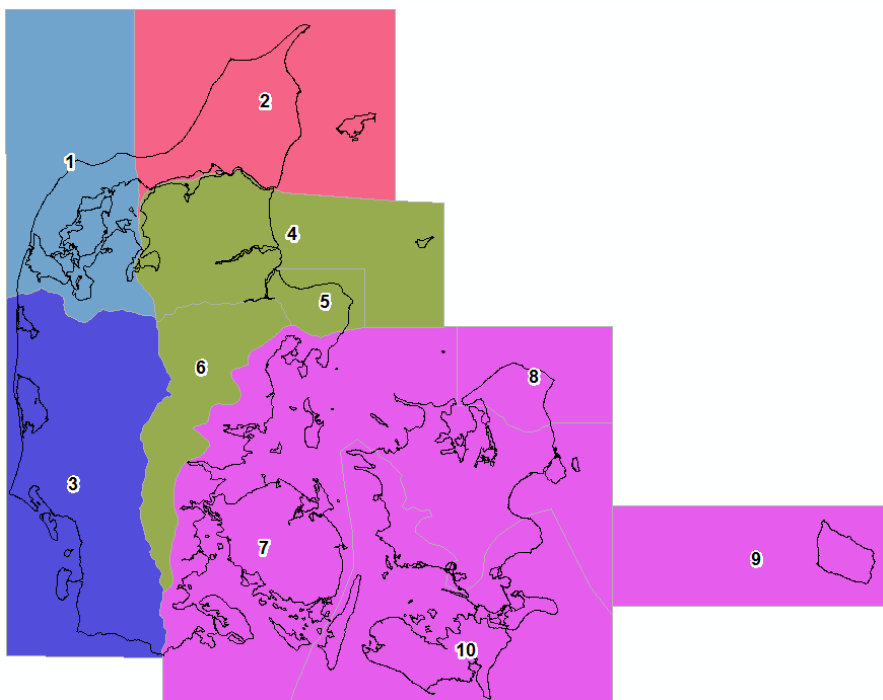
Jordbunds nr.	Jordbundsbeskrivelse
JB nr. 1	Grovsandet jord
JB nr. 2	Finsandet jord
JB nr. 3	Grov lerblandet sandjord
JB nr. 4	Fin lerblandet sandjord
JB nr. 5	Grov sandblandet lerjord
JB nr. 6	Fin sandblandet lerjord
JB nr. 7	Lerjord
JB nr. 8	Sværd lerjord
JB nr. 9	Meget sværd lerjord
JB nr. 10	Siltjord
JB nr. 11	Humusjord

Tabel 2: Jordtyper anvendt i JB-kortet.



Figur 4. Legende til det Digitale Jordartskort 1:25.000

Figur 13: Legende til det geologiske jordartskort, fra "Danmarks digitale jordartskort 1:25000." Peter R. Jakobsen, Bjørn Hermansen og Lisbeth Taugaard, GEUS rapport 2015/30.



Figur 14: De 9 georegioner, der er slået sammen til fem (farve); Thy [1], Nordjylland [2], Vestjylland [3], Midtjylland [4,5,6] og Øst DK [7,8,9,10].

For hver georegion har Børgesen valgt de 9-10 hyppigste kombinationer af jordtyper i forhold til ovenstående punkt 1-3, og disse typer er medtaget i typejordskortet for Danmark. De mindre hyppige kombinationer er grupperet med lignende jordtyper. Vådbundsjord opdeles ikke i georegioner, men håndteres særskilt. Samlet set indeholder typejordskortet 49 inddelinger fordelt på regionerne vist i Tabel 3. Selve Børgesens jordtypekort er udarbejdet som en grid fil i et 250x250 m grid.

Georegion	Antal typejorde	GeoID
1 Thy	9	1011-1067
2 Nordjylland	10	2011-2411
3 Vestjylland	10	3011-3110
4,5,6 Midtjylland	9	4016-4067
7,8,9,10 Øst DK	9	5016-5077
Vådbundjorde	2	998-999

Tabel 3: Oversigt over georegioner, og antal tilknyttet typejord inden for hver georegion. Desuden geoID intervaller tilknyttet hver region.

Jordtypekortet er benyttet i DK-modellen, hvor det er regriddet til 500 m. Til brug for opstilling af denne model til nettonedbørsberegninger er det originale jordtypekort i 250 m grid blevet udleveret af Christen Duus Børgesen (DJF Århus Universitet). Kortet er rediskretiseret til 100 m ved brug af ArcGIS-værktøjet "Raster Resample", hvor resampling proceduren "Nearest" er benyttet, og nulpunktet for kortet er flyttet hhv. -8 m i x-retningen og -27 m i y-retningen, for få modelgriddet til at passe til modelgriddet for MIKE SHE. Se detaljer ang. grid størrelse m.m. i Tabel 4.

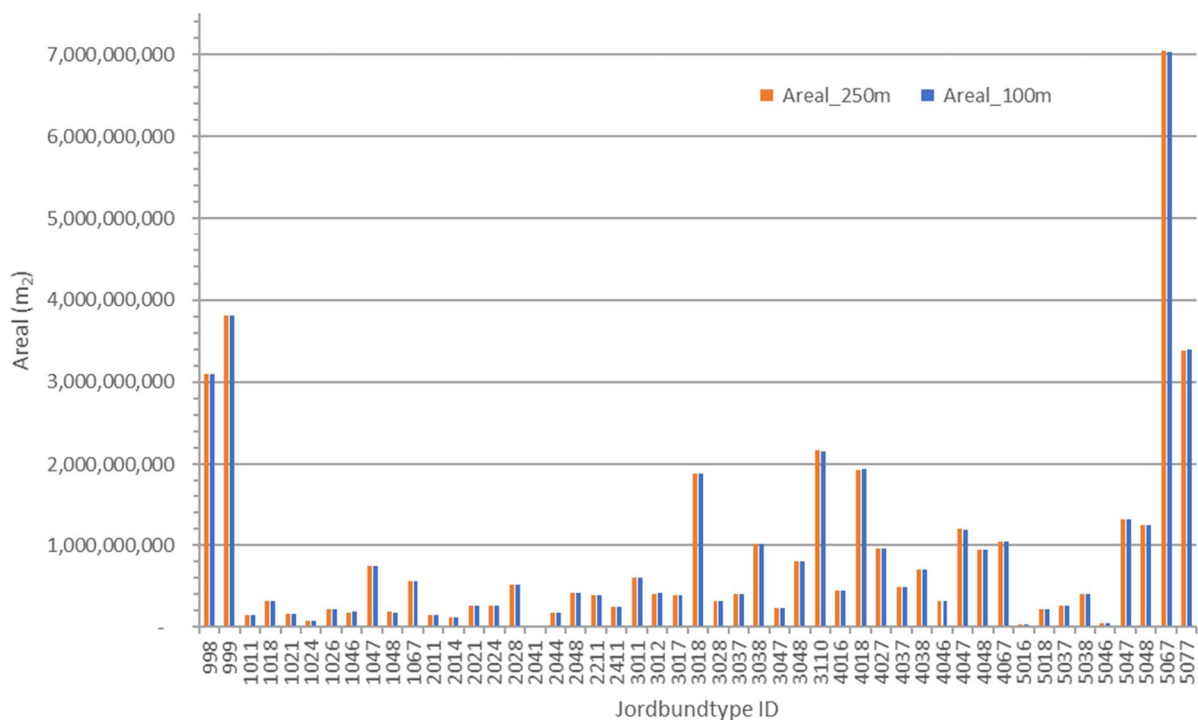
	MIKE SHE modelområde	Modtaget Jordtypekort Børgesen	Jordtypekort Nettonedbør
ncols	3000	1805	3000
nrows	3600	1409	3600
xllcorner	439100	441507,99362996	439100
yllcorner	6047600	6049777,4219971	6047600
cellsize	100 m	250 m	100 m

Tabel 4: Oversigt over antal kolonner og rækker, nulpunkt og cellestørrelse for de enkelte grid.

Det er kontrolleret, at arealfordelingen mellem de enkelte jordtyper er den samme i det originale 250 m grid og det nye 100 m grid (se Figur 15). Det endelige jordtypekort, der benyttet i nettonedbørsberegningen kan ses i Figur 16.

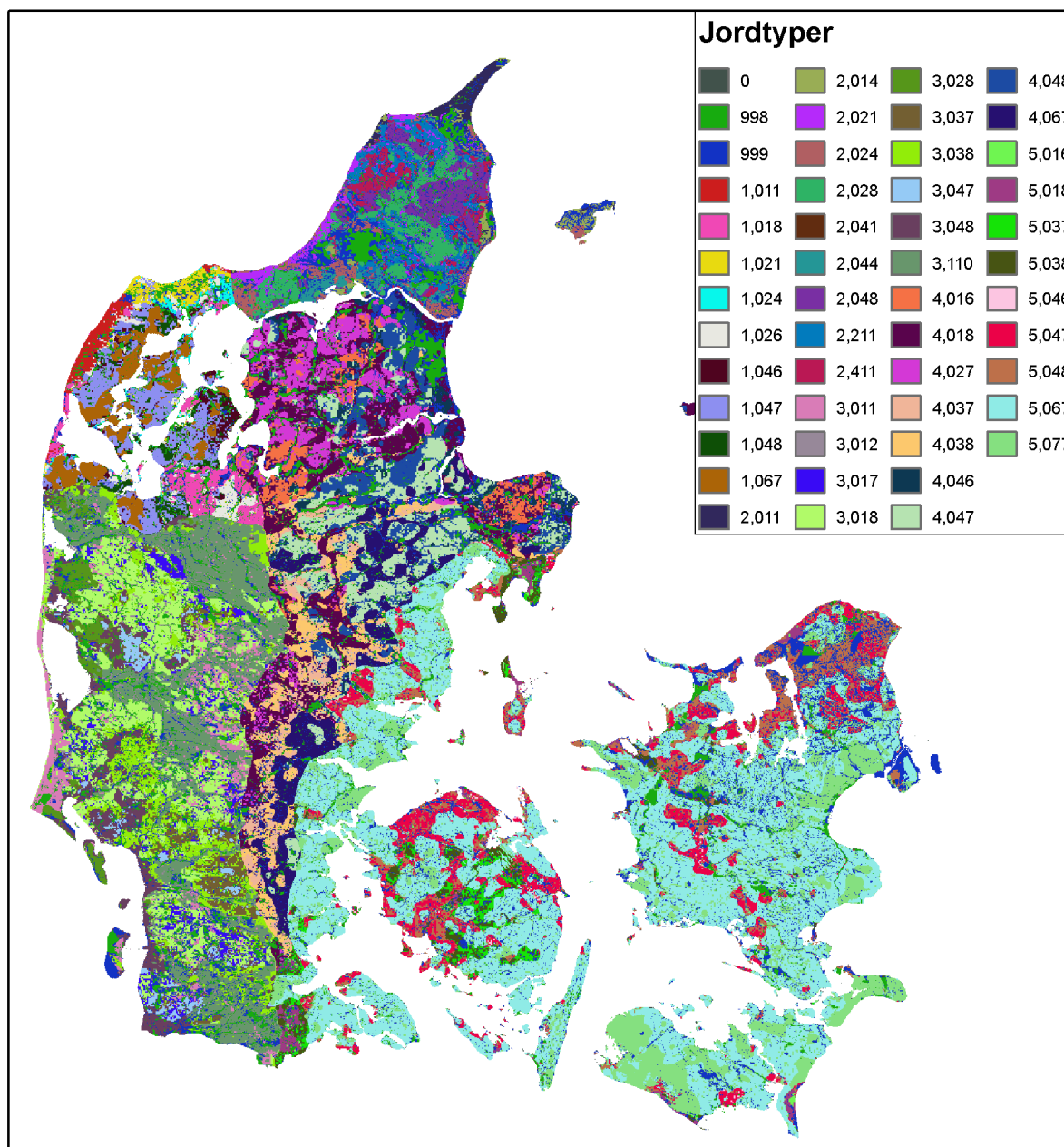
#### Modelparametre anvendt for de forskellige jordtyper

I rapporten for DK-model version 2014, bilag B3-8, p. 86 /4/, er i en tabel vist de værdier, der er benyttet i modellen for hver enkelt jordtype for hhv. modelparametrene markkapacitet ( $F_c$ ), visnepunkt ( $v_p$ ), mættet hydraulisk ledningsevne ( $K_{sat}$ ), bypass fraction af nettonedbør (bypfrac), vandindhold ved reduceret bypass flow ( $WC_{redbyp}$ ), vandindhold ved stop for bypass flow (limit\_byp). De samme værdier benyttes i nærværende model til beregning af nettonedbør og er vist i Bilag 2.



Figur 15: Sammenligning af arealfordelingen mellem de enkelte jordbundstyper for hhv. det originale dataset med 250 m diskretisering og det rediskretiseret på 100 m.





Figur 16: Jordtypekort i 100 m grid dannet i dette projekt og benyttet i modellen til nettonedbørsberegning.

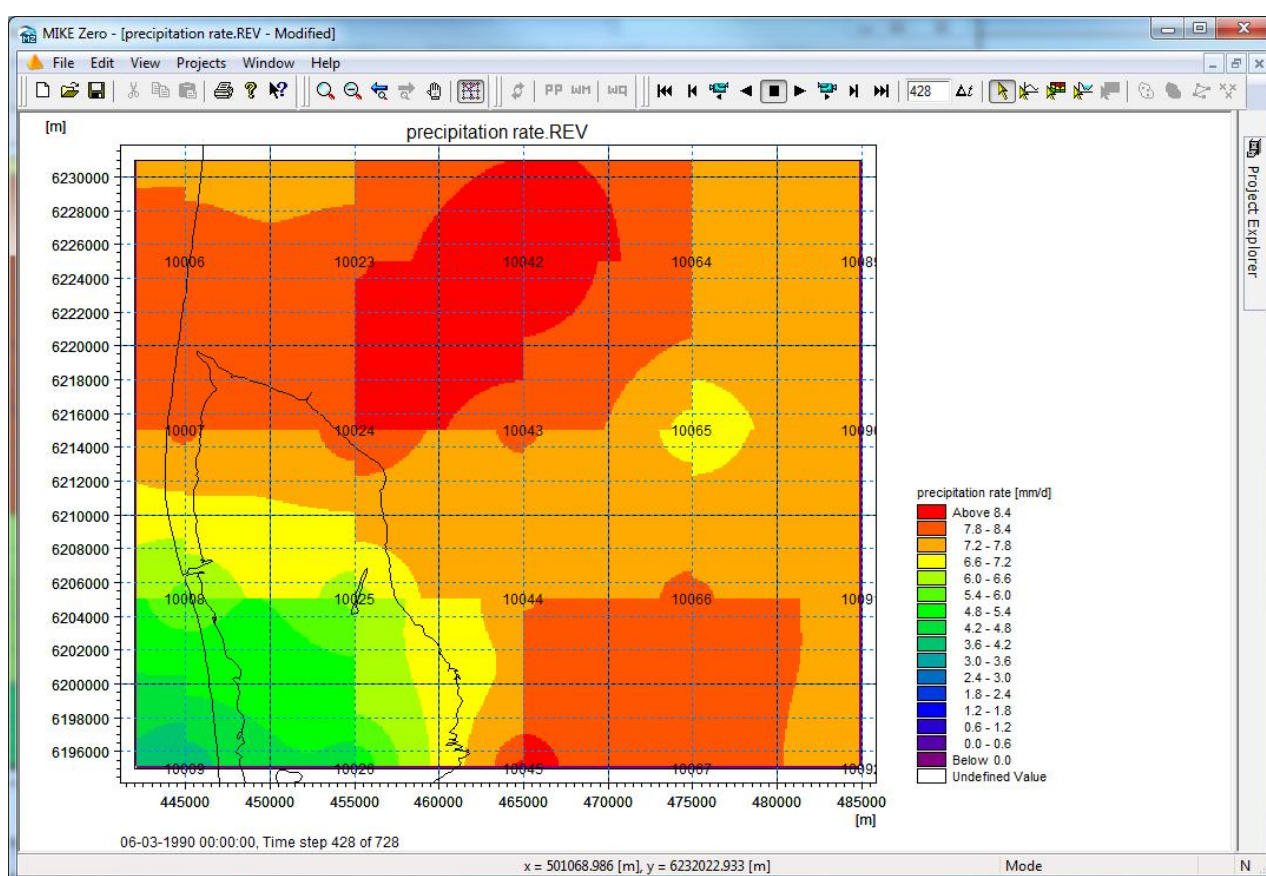
### 3. Model

Modellen er sat op således at alle inputdataflader dækker hele Danmark (Bornholm undtaget), således at nettonedbøren for principielt hele Danmark kan beregnes, hvis det ønskes. Ved selve simuleringen med den opstillede model, køres modellen dog for subområder, da både resultatfiler og beregningstider ellers vil blive for store. Som testkørsel for denne model beregnes nettonedbøren for Silkeborg, Hedensted og Ringkøbing-Skjern modelområde.

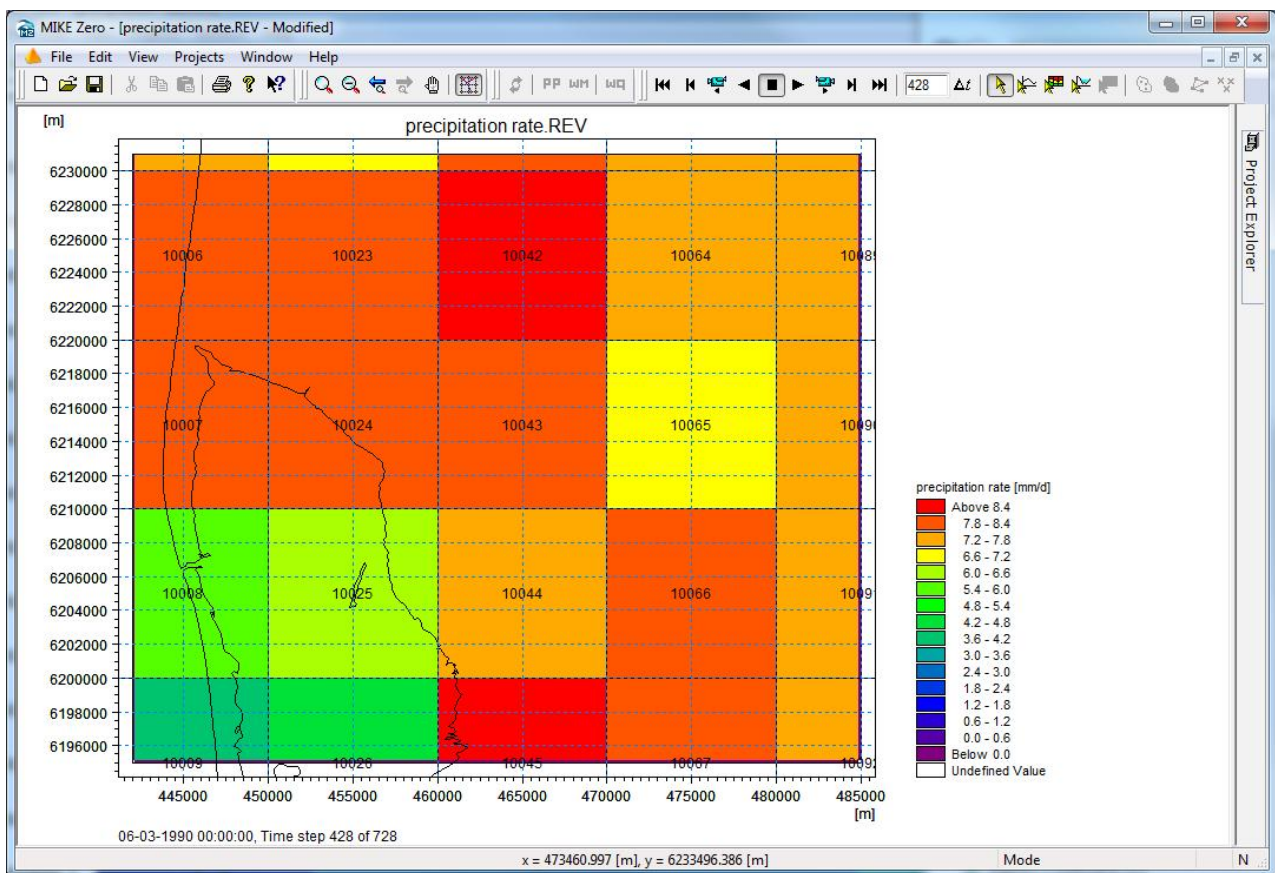
#### 1.4. KLIMADATA

Klimadata for nedbør, temperatur og potentiel fordampning blev i første omgang indsat i modellen med tidsvarierende 2D filer (.dfs2 filer) via den rumlige fordelingsmetode "Fully distributed". Dette er samme metode som der benyttes i DK-modellen. Efter inspektion af resultaterne blev det dog opdaget, at MIKE SHE interpolerer de griddede 10 km og 20 km datasæt til modellens diskretisering på 100 m via bilinear interpolation ud fra cellens centerpunkt. Dette er yderst uhensigtsmæssigt, da klimadataene fra DMI netop er konstrueret således at værdien i en given celle er en midlet værdi for hele cellen. I Figur 17 er vist hvorledes nedbørsfordelingen ser ud for en enkelt dag, hvis den implementeres med dfs2 filer.

I stedet for at benytte den "Fully distributed" metode benyttes i stedet metoden "Station based", hvor en grid code fil definerer de enkelte klimagrid, og hvor hver klimagrid bliver tilknyttet den relevante tidserie (.dfs0 fil). Nedbørsfordelingen for samme dag, ser så ud som i Figur 18.



Figur 17: Figuren viser hvorledes nedbørsfordelingen ser ud for en enkelt dag, hvis det er implementeret som fully distributed med dfs2 filer.

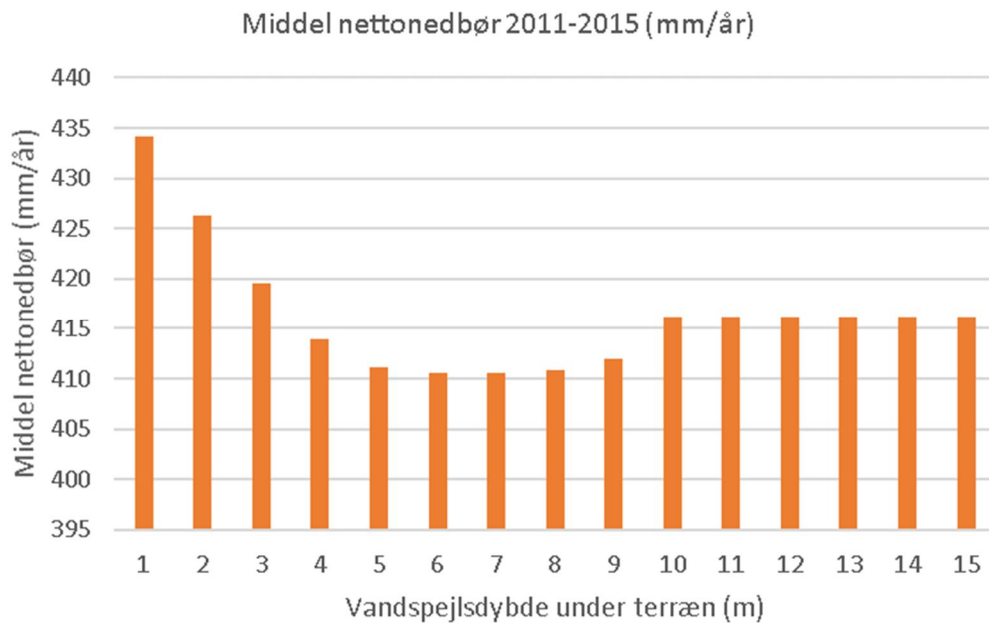


Figur 18: Figuren viser hvorledes nedbørsfordelingen ser ud for en enkelt dag, hvis den er implementeret som station based med tidsfiler (dfs0).

### 1.5. RANDBETINGELSER OG MODELVALG

Den nedre randbetingelse definerer dybden af grundvandsspejlet. Modellen er kørt med forskellige dybder til grundvandsspejlet, hvilket ses i Figur 19. Det ses, at hvis grundvandsspejlet står højt sker der en stor nettonedbør. Nettonedbøren falder med stigende dybde til grundvandsspejlet indtil 5 m, hvor nettonedbøren er rimelig stabil omkring 411 mm/år for et grundvandsspejl mellem 5 og 9 m dybde. Herefter stiger nettonedbøren til 416 mm/år, som forbliver stabil. Grunden til at den laveste nettonedbør ses ved dybde af grundvandsspejlet på mellem 5 og 9 m er, at her sker en større fordampning end ved både højere og lavere beliggende grundvandsspejl. Dvs. når grundvandsspejlet står tæt ved rodzonen, har planterne svært ved at fordampe vandet. Omvendt når grundvandsspejlet står dybt, er det ligeledes svært at fordampe vandet, da vandindholdet i rodzonen er lavt. Vandindholdet i rodzonen falder jo dybere grundvandsspejlet ligger.

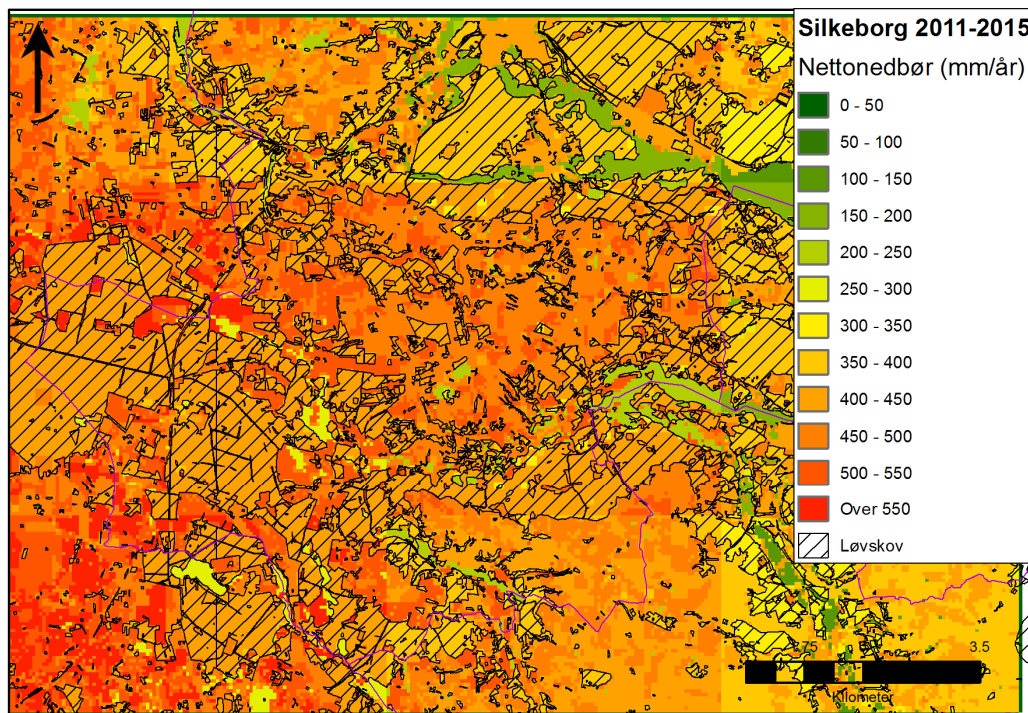
I den endelige model er grundvandsspejlet er sat til 8 meters dybde i hele landet. Hvis grundvandsspejlet står højere i virkeligheden, som det f.eks. gør langs med vandløb er nettonedbøren højere. Dog tager modellen jo ikke hensyn til udveksling af vand mellem magasin og vandløb, og at der kan være opadrettet strømning langs et vandløb, således at der er en lille eller slet ikke er nogen nettonedbør. Modellens beregning af nettonedbør langs med vandløb må antages at være noget usikker, og det er vigtigt at brugeren af data ved, at der vil være ekstra nettonedbør ved vandløbene som skal håndteres i MODFLOW modellen vha. dræn. Se yderligere diskussion i afsnit 1.7.



Figur 19: Søjlediagrammet viser, hvorledes nettonedbøren ændrer sig med forskellige niveauer grundvandsspejlet.

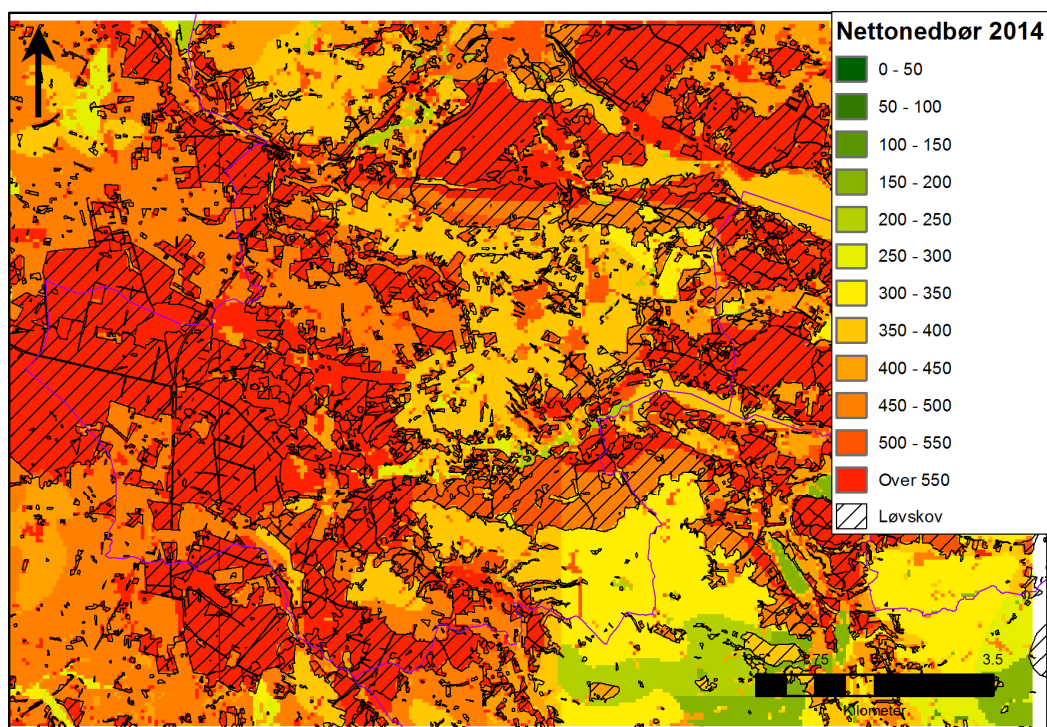
#### 1.6. MODELRESULTATER

Den modelberegnete nettonedbør i mm per år for Silkeborg området ses i Figur 20. Værdierne er middelværdier for perioden 2011-2015.



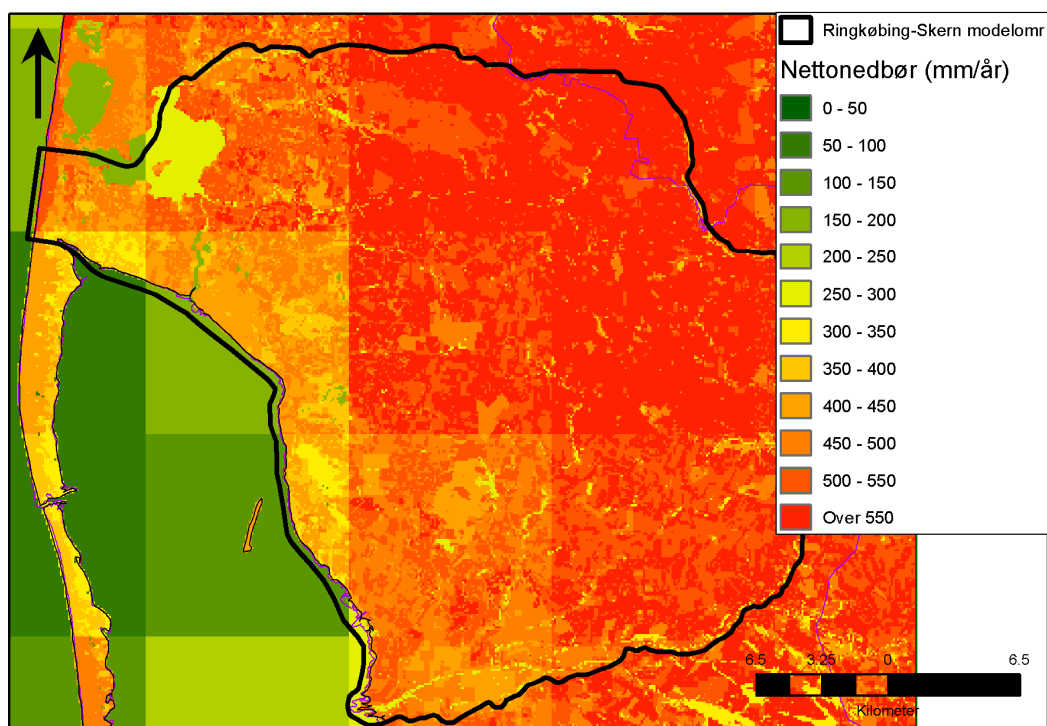
Figur 20: Nettonedbøren for Silkeborg området for perioden 2011-2015. Med sort skravering er vist områder med nåleskov.

I Figur 21 er vist den beregnede nettonedbør med den sidste model fra 2014. En af de observerede fejl var her, at løvskov var implementeret med ETV værdier svarende til hede, hvilket giver en alt for stor nettonedbør. På de to figurer er løvskov markeret med sort skravering, og der ses netop en tydelig forskel inden for disse områder, hvor nettonedbøren i 2014 modellen ved løvskov er markant højere end i 2018 modellen.

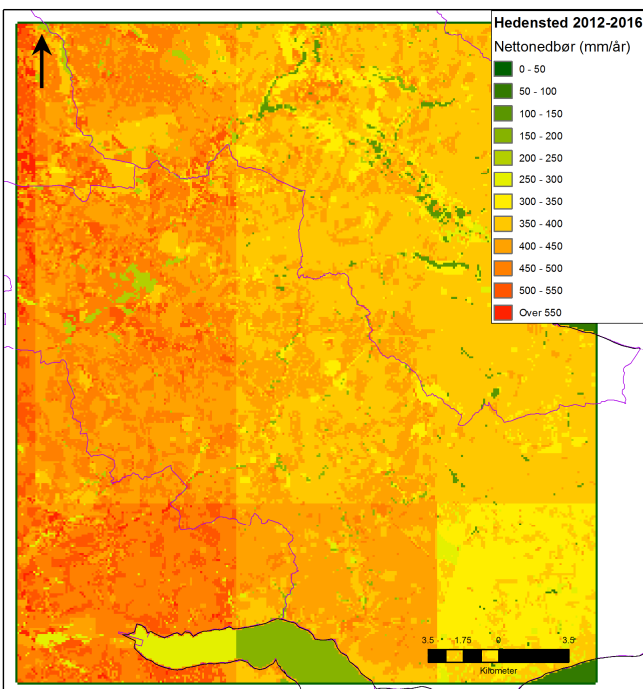


Figur 21: Nettonedbøren for 2014 modellen inden for Silkeborg området for perioden 2011-2015. Med sort skravering er vist områder med nåleskov.

I Figur 22 er vist nettonedbøren for perioden 2011-2016 for Ringkøbing-Skjern og i Figur 23 for Hedensted.



Figur 22: Nettonedbøren for Ringkøbing-Skjern for perioden 2011-2016.



Figur 23: Nettonedbøren for Hedensted for perioden 2012-2016.

## 1.7. DISKUSION

Der er opstillet en model, der beregner nettonedbøren for hele Danmark i perioden 1990-2017 i 100 m grid. I modellen er medtaget de to MIKE SHE moduler UZ og ET, der beregner hhv. strømning i den umættede zone og fordampning. Det er vurderet, at disse to moduler er tilstrækkeligt til at beregne nettonedbøren. Modelopsætningen er baseret på den tidligere opstillet nettonedbørsmodel fra 2014,

som ligeledes indeholder modulerne UZ og ET. Inden da blev nettonedbøren beregnet direkte fra DK-modellen i 500 m grid.

I den nærværende nettonedbørsmodel er der foretaget et omfattende stykke arbejde med at opdatere vegetationskort, vegetationsparametre og jordbundsparametre, så de stemmer overens med de valg, der er foretaget i DK-modellen fra 2014 /4/. I DK-modellen fra 2014 er benyttet de resultater og konklusioner, der er undersøgt og beskrevet i Vandbalance i Danmark /1/.

Ved validering af resultaterne og sammenligning med tidligere nettonedbørsresultater er der dog fremkommet flere ting, som bør nævnes her, idet dette er vigtigt for det videre arbejde med disse data.

I denne modelopstilling inkluderes ikke overfladisk afstrømning, vandløb og befæstelse. En "normal" dynamisk grundvandsmodel, herefter kaldet den "detaljeret model", indeholder typisk disse elementer, samt den mættede zone. Ved sammenligning af nettonedbøren mellem en detaljeret model og nettonedbørsmodellen er der områder, hvor den beregnede nettonedbør er forskellig i disse to modeltyper.

#### *Befæstede områder:*

Ved den detaljeret model, håndteres befæstelse særskilt ved at definere de områder der er befæstet. Derfor har de valgte ETV parametre nok ikke den store betydning for nedsivningen af vand til den mættede zone her, idet den primært er styret af befæstelsesgraden. I den nettonedbørsmodellen defineres befæstelsen ikke særskilt, men er kun defineret af ETV parametrene, der har et sæt parametre for befæstede arealer. Ved at benytte de samme ETV parametre som i DK-modellen, beregnes der derfor en meget høj nettonedbør på disse arealer. Dette er ikke hensigtsmæssigt, og som kompensation blev det besluttet benytte ETV parametrene for permanent græs i stedet. Nettonedbøren vil sikkert fortsat være for høj i de områder hvor befæstelsen er stor, og hvor der formodentlig er en meget lille nettonedbør.

I forhold til at benytte nettonedbøren fra nettonedbørsmodellen i Jylland, hvor befæstelsen generelt ikke er særlig høj, er dette en fornuftig tilnærmet løsning.

#### *Vandløb og søer:*

Ved vandløb og søer er der også stor forskel på den detaljeret model og nettonedbørsmodellen, idet vandløb i den detaljeret model er indlagt via Mike 11 og søer via f.eks. interne randbetingelser, hvor søens vandspejl fastholdes i en bestemt kote.

I den detaljeret model vil der langs med et vandløb, hvor grundvandsspejlet står højt, og der er opadrettet gradient, kun være en lille nettonedbør, fordi størstedelen af nedbøren strømmer af til vandløbet.

I nettonedbørsmodellen skelnes ikke mellem om der er søer, vandløb, lavninger, hvor vandet samles eller områder, hvor grundvandsspejlet står højt. Derfor vil der her være en nettonedbør svarende til alle andre områder i modellen, og ikke små værdier som i den detaljeret model. I forhold til at benytte nettonedbørberegnerne i MODFLOW modellerne er det derfor vigtigt at være opmærksom på dette, idet vandet ved vandløbene og lignede steder så skal håndteres her vha. dræn. Ligeledes vil vandbalancen for modellen ændre sig.

For strømningsmønsteret i MODFLOW modellen burde det ikke betyde noget om vandet håndteres i MIKE SHE modellen (Mike 11/dræn) eller i MODFLOW modellen (dræn celler).

#### 4. Referencer

- /1/ Refsgaard et. al. (2011), Vandbalance i Danmark, Vejledning i opgørelse af vandbalance ud fra hydrologiske data for perioden 1990-2010, GEUS rapport 2011/77
- /2/ Vejen et al. (2014), Korrigeret Nedbør, 1989-2010, 2011-2012 & 2013, DMI, Technical Report 14-13, 2014
- /3/ Scharling Michael (2012), Climate Grid Denmark, Technical Report 12-10
- /4/ Højbjerg et. al. (2015), DK-model2014, Model opdatering og kalibrering, GEUS, rapport 2015/8
- /5/ Kürstein et al. (2009), Sjællandsmodellen, et integreret modelværktøj for det hydrologiske vandkredsløb, udarbejdet af Niras og Miljøcenter Roskilde april 2009
- /6/ Børgesen, Christen Duus (2008), Baggrundsnotat til Vandmiljøplan III – midtvejsevaluering, Landsdækkende modelberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget for årene 2003-2007, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Århus Universitet, december 2008
- /7/ Miljøstyrelsen (2018), Hydrologisk model for Slagelse, Sorø og Kalundborg, Udarbejdet af Rambøll, august 2018

#### 5. Bilag

Bilag 1: Udarbejdelse af vegetationskort til brug som arealanvendelse i MIKE SHE

Bilag 2: Oversigt over UZ parametre benyttet i modellen