



BETYDNING AF SANDSYNLIGVIS UNDERESTIMERET NEDBØR PÅ DEN BEREGNEDE TILFØRSEL AF VAND, KVÆLSTOF OG FOSFOR TIL HAVET

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 185

2020



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



GEUS

[Tom side]

BETYDNING AF SANDSYNLIGVIS UNDERESTIMERET NEDBØR PÅ DEN BEREGNEDE TILFØRSEL AF VAND, KVÆLSTOF OG FOSFOR TIL HAVET

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 185

2020

Hans Thodsen¹
Henrik Tornbjerg¹
Gitte Blicher-Mathiesen¹
Anker Lajer Højberg²
Simon Stiesen²
Lars Trolborg²

¹ Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

² De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 185
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Betydning af sandsynligvis underestimeret nedbør på den beregnede tilførsel af vand, kvælstof og fosfor til havet
Forfattere:	Hans Thodsen ¹ , Henrik Tornbjerg ¹ , Gitte Blicher-Mathiesen ¹ , Anker Lajer Højberg ² , Simon Stiesen ² & Lars Trolborg ²
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, Institut for Bioscience & ² De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	November 2020
Redaktion afsluttet:	November 2020
Faglig kommentering:	Hans Estrup Andersen, BIOS, Aarhus Universitet
Kvalitetssikring, DCE:	Lars M. Svendsen og Signe Jung-Madsen
Sproglig kvalitetssikring:	Charlotte Elisabeth Kler
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/TR185_komm.pdf
Finansiel støtte:	Miljøstyrelsen
Bedes citeret:	Thodsen, H., Tornbjerg, H., Blicher-Mathiesen, G., Højbjerg, A.L., Stiesen, S. & Trolborg, L. 2020. Betydning af sandsynligvis underestimeret nedbør på den beregnede tilførsel af vand, kvælstof og fosfor til havet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 32 s. - Teknisk rapport nr. 185 http://dce2.au.dk/pub/TR185.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	I denne rapport modelleres effekten af en sandsynlig underestimering af DMI's 10x10km gridnedbør på tilførslen af ferskvand, kvælstof og fosfor til havet. Nedbøren menes at være undervurderet i perioden efter 2010. Der beregnes en modificeret 10x10km gridnedbør for perioden efter 2010. Ved brug af den oprindelige nedbør modelleres tilførslen til havet af ferskvand at være undervurderet med 0-4 %, kvælstof 0-4 % og fosfor 0-3 %, i forhold til tilsvarende tilførsler modelberegnet med den modificerede nedbør opgjort for hele landet for perioden 2011-2018.
Emneord:	Sandsynligvis underestimeret nedbør, vandafstrømning, stoftransport
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7156-533-1
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	32
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TR185.pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Baggrund	8
2 Metode	10
2.1 Dataflow og scenarier	10
2.2 Oplandsfordampning (nedbør – afstrømning)	11
2.3 Scenarieberegninger med DK-model	12
2.4 Hydrologiske år	13
2.5 Datatræk fra ODA	13
2.6 Kvælstof og fosfor data	13
3 Baggrundsanalyse	14
3.1 Kvantificering af undervurderingen af nedbøren	14
3.2 Modificering af 10x10 km nedbørsgridværdier	18
4 Resultater	20
4.1 Vandafstrømning	21
4.2 Kvælstoftilførsel	22
4.3 Fosfortilførsel	23
4.4 Vandafstrømning anvendt til beregning af referencestoftilførsler	24
5 Referencer	26
Bilag 1. Miljøstyrelsens bestilling fra 15.09.2020	27
Bilag 2. DCEs projektbeskrivelse	30

[Tom side]

Forord

Miljø- og Fødevarerministeriet har den 15. september 2020 sendt en bestilling, hvori Aarhus Universitet anmodes om at vurdere betydningen af, at nedbøren sandsynligvis er underestimeret i perioden efter 2010 (se bestilling, bilag 1). Da nedbørsdata bl.a. indgår i de modeller, der bruges til beregning af næringstoftransporten til kystvande, kan dette potentielt betyde, at næringstoftransporten fra 2010 er underestimeret.

I nærværende rapport foretages i samarbejde med GEUS en række analyser med det formål at vurdere, hvilken betydning den potentielle fejl i nedbøren har på den beregnede vand- og næringsstoftilførsel til havet. De fremkomne vurderinger benyttes desuden til at vurdere betydningen for den vandafstrømning, der anvendes i opgørelsen af referencetilførslen af næringsstoffer (se projektbeskrivelse, bilag 2). Referencetilførslen af næringsstoffer benyttes i vandplanlægningen bl.a. som grundlag for fastlæggelse af klorofylkoncentrationen ved den upåvirkede tilstand (referencetilstanden) i kystvandene og har dermed indflydelse på det eventuelle indsatsbehov for reduktion i næringsstofudledningen, der fastlægges for vandområderne (Timmermann, K. 2020).

Rapporten er bestilt og finansieret af Miljøstyrelsen og er udarbejdet i samarbejde med GEUS.

Miljøstyrelsen har haft lejlighed til at kommentere på et udkast til rapporten. Respons på disse kommentar er indarbejdet, såfremt det er vurderet fagligt hensigtsmæssigt.

Sammenfatning

Den modellerede forskel imellem to scenarier:

- i) Oprindelig nedbør scenarie = DMI's 10x10km gridnedbør 1990-2018 uændret
- ii) modificeret nedbør scenarie = DMI 10x10 km gridnedbør modificeret, hvor gridnedbøren efter 2010 er blevet opjusteret (se kapitel 3)

er for perioden 2011-2018 på landsplan, at:

- Ferskvandsafstrømningen er 0-4 % højere i ii) modificeret nedbør scenariet end i i) oprindelig nedbør scenariet
- Kvælstoftilførslen er 0-4 % højere i ii) modificeret nedbør scenariet end i i) oprindelig nedbør scenariet
- Fosfortilførslen er 0-3 % højere i ii) modificeret nedbør scenariet end i i) oprindelig nedbør scenariet.

Det vil sige, at effekten af den inkonsistent målte og sandsynligvis underestimerede nedbør er, at vandafstrømningen gennemsnitligt er underestimeret med 0-4 % på landsniveau for perioden 2011 – 2018 opgjort med de metoder, der anvendes i Thodsen m.fl. (2019a), og at kvælstoftilførslen er underestimeret med 0-4 %, og fosfortilførslen er underestimeret med 0-3 % også gennemsnitlig for hele ovenævnte perioden. Underestimeringen af de modelberegneede kvælstof- og fosfortilførsler til havet skyldes således primært underestimeringen af nedbørsinputtet til den modelberegneede ferskvandsafstrømning. For de 8 regioner landet er blevet opdelt i, er både vandafstrømningen og kvælstof- og fosfortilførslerne tilsvarende underestimeret med 0-14 %.

For enkelt år vil forskellen være større, ligesom der vil forekomme noget større forskelle for mindre oplande.

Usikkerheden på resultaterne er betydelig, og der vil være betydelige variationer inden for landet. Størst procentvis usikkerhed findes i helt umålte oplande uden punktkilder, mens den mindste usikkerhed knytter sig til oplande med en høj andel af målt opland og betydelige punktkilder, da de målte oplande og punktkilder ikke er beregnet med en nedbørsdriven model.

De ovenfor nævnte beregnede forskelle relateres udelukkende til delvist målte- (oplande med ufuldstændig måletidsserie) og umålte oplande.

Effekten på referenceferskvandsafstrømningen for Vandområdeplan 2021-2027, som er beregnet for perioden 1990-2018, vurderes at være mellem -3 % og 3 % af den nuværende referenceafstrømning.

Det er som grundlag for analysen forudsat, at den aktuelle fordampning i perioderne 1990-2010 og 2011-2018 er ens, selvom DMI har beregnet, at den potentielle fordampning er ca. 4,5 % højere i den sidste periode. Det vurderes, at effekten af at medregne en sådan ændring i den potentielle fordampning er af mindre betydning for de endelige resultater i rapporten. Desuden forudsættes det i analysen, at årsagen til inhomogenitet i nedbørsdata findes i perioden efter 2010, men DMI udelukker ikke, at der kan være behov for justeringer i nedbørsdata fra perioden før 2011.

Summary

The modelled difference between two scenarios:

- i) original precipitation scenario = DMI's (Danish Meteorological Institute) 10x10km grid precipitation 1990-2018 unchanged
- ii) modified precipitation scenario = DMI 10x10 km grid precipitation modified).

for the period 2011-2018 at national level (see section 3) shows that:

- Freshwater runoff is 0-4% higher in the modified precipitation scenario than in the original precipitation scenario.
- Nitrogen input is 0-4% higher in the modified precipitation scenario than in the original precipitation scenario.
- Phosphorus input is 0-3% higher in the modified precipitation scenario than in the original precipitation scenario.

This means that the effect of the inconsistently measured and likely underestimated precipitation is that the freshwater runoff in the period 2011 – 2018 on average is underestimated by 0-4% at national level, that the nitrogen load is underestimated by 0-4%, and that the phosphorus load is underestimated by 0-3%, calculated using the methods used in Thodsen et al., (2019a). Underestimation of the nitrogen and phosphorus load to the sea is mainly due to underestimation of the freshwater runoff. Based on a subdivision of Denmark in to 8 regions the freshwater runoff, nitrogen and phosphorus loads are underestimated by 0-14% in the period.

For individual years, the difference will be greater, just as there will be greater differences on decreasing geographical scales.

The uncertainty of the results is significant, and there will be significant variations within the country. The greatest percentage uncertainty will be found in completely unmonitored catchment areas without point sources, while the least uncertainty is related to catchments with a high proportion of monitored catchment area.

The effect is only related to partially monitored (catchment with incomplete measurement time series) and unmonitored catchment areas.

The effect on the reference freshwater runoff for the Danish River Basin Management Plans 2021-2027, which is calculated for the period 1990-2018, is estimated to be -3 to 3% of the current reference runoff.

As a basis for the analysis, it is assumed that the current evaporation in the periods 1990-2010 and 2011-2018 is the same, even though the DMI has calculated that the potential evaporation is increased by approx. 4.5% in the last period. It is estimated that the effect of including such a change in potential evaporation is of low importance to the final results of the report. In addition, it is assumed that the cause of inhomogeneity in the precipitation data is found in the period after 2010. However, the DMI does not exclude the possibility of adjusting the precipitation data from the period before 2011.

1 Baggrund

Aarhus Universitet og GEUS modtager årligt nedbørsdata fra DMI, der bl.a. benyttes som input til modeller, der modellerer vandafstrømning og kvælstof- og fosfortilførsler til kystvand. Det er igennem en række analyser i efteråret 2020 sandsynliggjort, at den opgjorte korrigerede 10x10 km gridnedbør for perioden efter 2010 kan være undervurderet i store dele af landet (Svendsen & Jung-Madsen (red.) 2020). Analyserne sammenstiller nedbør med vandafstrømningen målt i vandløb eller beregnet med hydrologiske modeller og resultatet viser et sandsynligt homogenitetsbrud i tidserien for nedbør efter 2010, der tyder på, at der måles for lidt nedbør efter 2010 (Svendsen & Jung-Madsen (red.) 2020).

DMI har ud fra målt nedbør på nedbørsstationer beregnet en fordeling af nedbør for 10x10 km grid. Disse nedbørsdata betegnes som den ukorrigerede gridnedbør. Endvidere fastlægges en korrigeret gridnedbør, hvor DMI på deres nedbørsmålestationer estimerer den mængde nedbør, der faktisk når til jordoverfladen. Herefter beregnes gridnedbøren, kaldet den korrigerede 10x10 km gridnedbør.

Til opgørelse af hvor meget vand, kvælstof og fosfor, der løber til havet, anvendes en kombination af målinger i vandløb og modellering for den del af oplandet, som ikke er dækket af vandløbsmålinger. Vandafstrømningen for de umålte arealer beregnes med GEUS DK-model, der som input bl.a. anvender korrigeret 10x10 km grid nedbør fra DMI. Kvælstof- og fosforafstrømning fra disse oplande beregnes med en empiriske model (DK-QNP-modellen) (Windolf m.fl. 2011), der bl.a. anvender ukorrigeret 10x10 km grid nedbør fra DMI som input (se kapitel 2 og herunder Figur 1).

Aarhus Universitet's opgørelser af vand- og næringsstofftilførsler til havet bruges bl.a. til udregning af årlig statusbelastning i regi af vandområdeplanerne, og det er derfor vigtigt, at disse opgøres så præcist som muligt. Desuden benyttes de opgjorte vandafstrømninger til at beregne den baggrundstilførsel/referencetilførsel af næringsstoffer til kystvandene, som danner grundlag for fastlæggelse af klorofylniveauet ved upåvirket tilstand (referencetilstanden), (Timmermann, K. 2020).

En underestimering af nedbøren vil umiddelbart medføre en underestimering af den opgjorte vandafstrømning fra land til hav og dermed en underestimering af stoftilførslerne til havet. Det gælder fra den del af landet som ikke er målt og, som fx er lokaliseret nedstrøms en vandløbsmålestation, og hvor der for denne umålte del af oplandet gennemføres modelleringer af vand og næringsstofftilførsler til havet. Til opgørelse af tilførsler til havet beregnes der desuden en trendkorrektur af vandafstrømningen samt biaskorrektioner af både vandafstrømningen og næringsstofkoncentrationer (Thodsen m.fl. 2019a, Thodsen m.fl. 2019b). Disse korrektioner vil i nogen grad kompensere for den underestimerede nedbør.

I denne rapport gives et overordnet bud på, hvor stor effekten af en sandsynliggjort underestimering af nedbøren er for vand- og stoftilførslerne til havet. Dette gøres ved at beregne stoftransporten for to nedbørs scenarier. Et i) oprindelig nedbør scenarie, hvor DMI's gridnedbørsdatasæt for hele perioden benyttes, samt et ii) modificeret nedbør scenarie, hvor gridnedbøren efter 2010

(hvor der er mistanke om en underestimering af nedbøren) er blevet opjusteret (se afsnit 2.2).

Effekten opgøres i kapitel 4 både som et procentinterval på stoftilførslen på landsplan og som procentintervaller for 8 geografiske regioner. Usikkerheden på effektberegningerne er stor, og der vil være betydelige variationer inden for de 8 regioner. Effekten af, at nedbøren sandsynligvis er underestimeret, opgøres som et procentinterval for perioden 2011-2018. År-til-år variationen i stoftilførslerne kan forventes at være større end den opgjort som gennemsnit for hele perioden.

2 Metode

2.1 Dataflow og scenarier

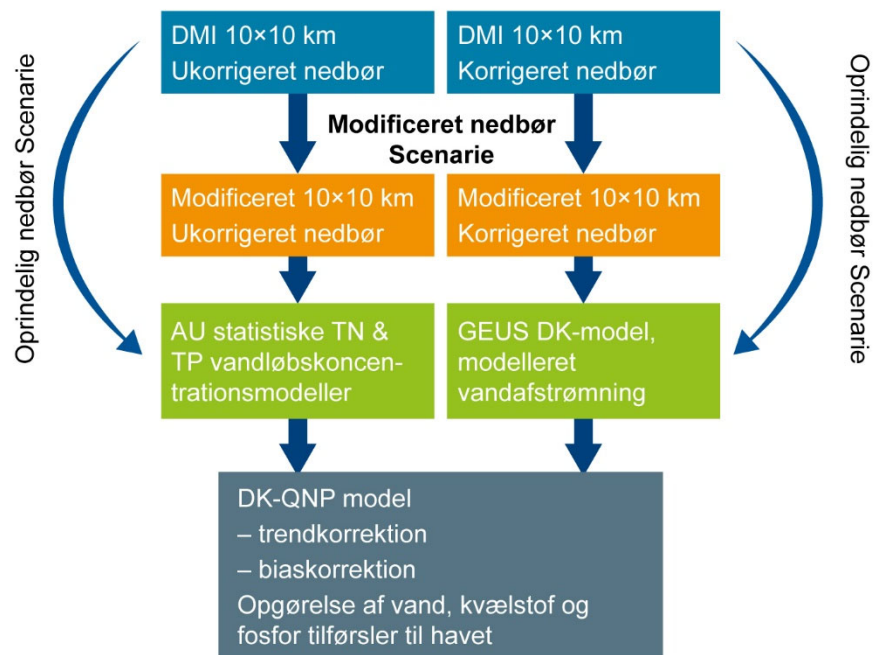
For at kunne give et overordnet bud på, hvor stor effekten af en sandsynliggjort underestimering af nedbøren er for vand- og stoftilførslerne til havet, er der beregnet vand- og stoftransport for to scenarier:

- i) oprindeligt scenarie, hvor DMI's gridnedbørsdatasæt for hele perioden 1990-2019 benyttes
- ii) modificeret nedbør scenarie, hvor gridnedbøren efter 2010 er opjusteret.

Korrigeret 10x10 km gridnedbør anvendes til modelberegning af afstrømning for oplande nedstrøms vandløbsmålestationer (umålte oplande) med GEUS DK-model (Figur 1). Ukorrigeret 10x10 km gridnedbør anvendes i AU's statistiske modeller til beregning af total kvælstof- og total fosforkoncentrationer i de umålte opland (Figur 1). Afstrømningen fra GEUS DK-model og koncentrationer fra AU's statistiske/empiriske næringsstofkoncentrationsmodeller anvendes som input til DK-QNP modellen, hvor der efter trend- og bias-korrekationer (se kapitel 4) beregnes vand-, kvælstof- og fosfortransporter fra umålte oplande, som lagt sammen med tilførslerne fra målte oplande giver de samlede vand- og næringsstoftilførsler til havet (Figur 1).

I "oprindelig nedbør scenariet" anvendes DMI's gridnedbørsdata for hele perioden 1990-2018 direkte i GEUS DK-model og AU's statiske modeller (fra blå til grønne bokse i Figur 1). I "modificeret nedbør scenarie" anvendes DMI's gridnedbørsdata for perioden 1990-2010, mens der anvendes modificerede 10x10 km gridnedbørsdata for perioden 2011-2018 (orange bokse i Figur 1). Med den modificerede gridnedbør er der forsøgt at tage højde for, at DMI's 10x10 km gridnedbør antages at være underestimeret (se afsnit 2.2). Vand- og stoftilførslerne fra de to scenarier sammenlignes efterfølgende og på den baggrund vurderes, hvad en mulig underestimeret nedbør efter 2010 kan betyde for vand og stoftilførslerne til havet. Herved antages det, at vandmængdeforskellen i de to scenarier primært stammer fra forskellen mellem DMI's gridnedbør i perioden 2011-2018 og den modificerede gridnedbør for 2011-2018 som DCE og GEUS har beregnet.

Figur 1. Diagram over data flow og scenarier. I "oprindelig nedbør scenariet" anvendes DMI's 10x10 km gridnedbør for hele perioden 1990-2018 (blå bokse) som input til GEUS DK-model, AU's statistiske vandløbskoncentrationsmodeller (grønne bokse). I det "modificerede nedbør scenarie" anvendes DMI's 10x10 km gridnedbør for perioden 1990-2010 og en beregnet modificeret 10x10 km gridnedbør for 2011-2018 (orange bokse) som input til disse modeller.



2.2 Oplandsfordampning (nedbør – afstrømning)

For at vurdere forskelle i den opgjorte ferskvandsafstrømning betinget af den potentielt underestimerede nedbør efter 2010, er det nødvendigt at give et bud på størrelsen af den potentielt manglende nedbør. Derfor beregnes en modifikation af DMI 10x10 km korrigerede gridnedbør for perioden 2011-2019. Nedbørs-modifikationsfaktorer beregnes ud fra en analyse af, hvor meget nedbør der mangler i perioden efter 2010, når det antages at oplandsfordampningen (se herunder) skal være ens (samme antal mm) i de to perioder hhv. før 2011 og efter 2010. Derefter anvendes den modificerede nedbør for perioden 2011-2019 (sammen med den umodificerede nedbør for perioden 1990-2010) som input i DK-modellen (hydrologisk model over Danmark kørt af GEUS), som beregner ferskvandsafstrømningen (se Figur 1).

Oplandsfordampningen er defineret som:

$$\text{Nedbør i målt opland} - \text{afstrømning i vandløb (i målt opland)} = \text{oplandsfordampningen (i målt opland)}.$$

Oplandsfordampningen er beregnet for de to perioder 1997/1998 til 2006/2007 og 2011/2012 til 2018/2019 (hydrologisk år, se afsnit 2.4). Den første af de to perioder dækker ikke hele perioden 1989/1990 til 2009/2010, dels pga. et ønske om at undgå den meget tørre periode i 1995-1996 og dels for at undgå perioden 2008-2010, hvor der sker en kraftig udtynding i DMI's nedbørsmålerstationsnet og deraf u hensigtsmæssig påvirkning af gridnedbøren (Svendsen & Jung-Madsen (red.) 2020). En tilsvarende analyse af sammenhængen mellem nedbør og afstrømning og vurdering af forskellen imellem perioden før og efter 1/1 2011 er foretaget for DMI ukorrigeret 10x10 km grid nedbør. Den ukorrigerede nedbør anvendes som input i statistiske modeller for TN (total kvælstof) og TP (total fosfor) koncentrationer i vandløb, som bruges til at estimere tilførsler fra umålt opland.

I det ovenstående antages det, at oplandsfordampningen skal være ens i de to perioder 1997/1998 til 2006/2007 og 2011/2012 til 2018/2019. Man kunne også antage, at oplandsfordampningen skal være størst i den sidste periode, da den potentielle fordampning (Makkink) af DMI er beregnet til at stige imellem de to perioder fra 606 mm til 633 mm (forskel på 27 mm, svarende til 4,5 %) for hele landet, og det virker rimeligt at forvente, at oplandsfordampningen vil udvikles i samme retning. Hvis denne antagelse var anvendt, ville den potentielt manglende nedbørsmængde i perioden efter 2010 have været lidt større end det, der findes i kapitel 3. Det vurderes, at effekten af at medregne ændringen i potentiel fordampning er af mindre betydning for de endelige resultater, idet de førnævnte korrektioner for trend og bias vi udjævne betydningen på de modelberegne vand og næringsstofftilførsler.

2.3 Scenarieberegninger med DK-model

Som input til DK-QNP modelkomplekset er der simuleret vandføringer for to nedbørsscenarier for perioden 1990-2019 med den nationale vandressource model, GEUS DK-model (scenarier beskrevet i afsnit 2.1). Til arbejdet er der anvendt den seneste afrapporterede version; DK-model2019 (Stisen et al., 2019).

DK-modellen er en integreret hydrologisk model, der beskriver de væsentligste dele af ferskvandets kredsløb såsom nedbør, fordampning, overfladisk afstrømning, grundvandsdannelse, drænastrømning og afstrømning fra grundvand til vandløb, søer og hav. Modellen anvender daglige input tidsserier, herunder tidsserier for korrigeret nedbør, potentiel fordampning og temperatur, hvor der anvendes DMI klimagrid for alle vejrdatoer. Baseret på kombinationen af jordtype og afgrøde beregnes den aktuelle fordampning af modellen, der tager hensyn til vandtilgængeligheden i jorden.

Ved modelopstilling og -udvikling er der anvendt nationalt dækkende data for at opnå en model, der er konsistent på nationalt niveau. Dette inkluderer eksempelvis nationale datasæt for de jordfysiske parametre, der er styrende for vandtilgængeligheden, samt grundvandsindvindinger og spildevandsudledninger, der hentes fra nationale databaser. Data og parameterverdier holdes konstante gennem hele den simulerede periode, hvor der ved udvikling af den seneste version af DK-modellen er anvendt de nyeste tilgængelige data, som yderligere beskrevet i Stisen et al. (2019). Anvendelse af konstante data og parameterverdier betyder, at det fysiske system antages ikke at ændre sig over tid, og eventuelle ændringer i overfladevandssystemet såsom genslyngning af vandløb og etablering/sløjfning af søer ikke beskrives. Ligeledes antages arealanvendelsen at være konstant, hvor der anvendes en tilfældig fordeling af landbrugsafgrøder, der statistisk reflekterer de faktiske afgrøder. Der vil således være den rigtige fordeling mellem afgrøderne, men deres placering afspejler ikke den årlige rotation. Afgrødefordelingen påvirker den aktuelle fordampning, og lokalt vil der således være forskel i den beregnede fordampning. Tidligere studier har imidlertid vist, at for oplande større end ca. 10-15 km² har den specifikke rumlige fordeling af afgrøderne begrænset effekt på den simulerede minimumsvandføring (Højberg et al., 2012), der vil være mere følsom over for fordampningen end den samlede vandføring.

Gennem modelkalibreringen tilpasses de hydrauliske parametre, der beskriver vandstrømningen i undergrunden, hvor der ligeledes anvendes et koncept til at sikre en konsistent parameterisering på nationalt niveau. Modelkalibrering er baseret på perioden 2000–2010, hvorefter der er foretaget en validering/test af modellen for to perioder hhv. 1995–1999 og 2011–2015.

For de to scenarieberegninger er der alene ændret på nedbørsinputtet.

Oprindelig nedbør scenarie: Det originale 10x10 km nedbørsgrid med korri-
geret nedbør fra DMI er anvendt. For perioden 1990–2010 er disse korrigerede
nedbørsdata leveret via DCE, mens de fra 2011 er hentet ned fra DMI's NO-
VANA hjemmeside.

Modificeret nedbør scenarie: Frem til og med 2010 er der anvendt samme ned-
børsdata som i oprindelig nedbør scenariet, mens nedbørsgriddene med kor-
rigeret nedbør for perioden efter 2010 er modificeret som beskrevet i afsnit 2.1
og i kapitel 3.

2.4 Hydrologiske år

Analyser af oplandsfordampning sker på hydrologisk år defineret som 1. juni
til 31. maj det følgende kalenderår. Denne definition af et hydrologiske år er
valgt ud fra en analyse af korrelationen mellem nedbør og vandafstrømning
for 20 større vandløbsoplande for perioden 1990-2010. Det således definerede
hydrologiske år havde den bedste korrelation imellem nedbør og vandaf-
strømning. De hydrologiske år angives på følgende måde fx 2011/2012 –
2018/2019.

2.5 Datatræk fra ODA

Vandføringsdata til afviklingen af DK-QNP programkomplekset er trukket i
overfladevandsdatabasen (ODA) <https://odaforalle.au.dk/> den: 21 / 10 2020.

2.6 Kvælstof og fosfor data

De anvendte målte stoftransporter og punktkildedata er de samme som an-
vendes i Thodsen m.fl. (2019a).

3 Baggrundsanalyse

I Svendsen & Jung-Madsen (red.) (2020) sandsynliggøres det, at nedbøren er underestimeret i perioden efter 2010. Det er endnu uafklaret, hvad underestimeringen skyldes, men flere forhold kan spille ind, herunder:

- Udskiftning af målere fra Hellmann typen til Pluvio2 typen
- Kraftig udtynding af stationsnettet
 - Heraf afledt effekt på gridningen af nedbørsdata på 10x10 km grid
- Ændret metode til korrektion af nedbør.

3.1 Kvantificering af undervurderingen af nedbøren

DMI producerer to versioner af 10x10 km gridnedbør. En ukorrigeret version baseret på rå observationsdata og en korrigeret version baseret på korrigerede observationerne. Observationerne korrigeres, da nedbørsmåleren, som er placeret i 1,5 m højde, ikke måler alt nedbør, der falder på jordoverfladen. Derfor korrigeres der fx for vindhastighed og nedbørstype (regn, sne, slud), da disse faktorer har betydning for, hvor stor andel af nedbøren der opfanges af måleren. Den korrigerede nedbør antages således at være tættest på den "sande nedbør".

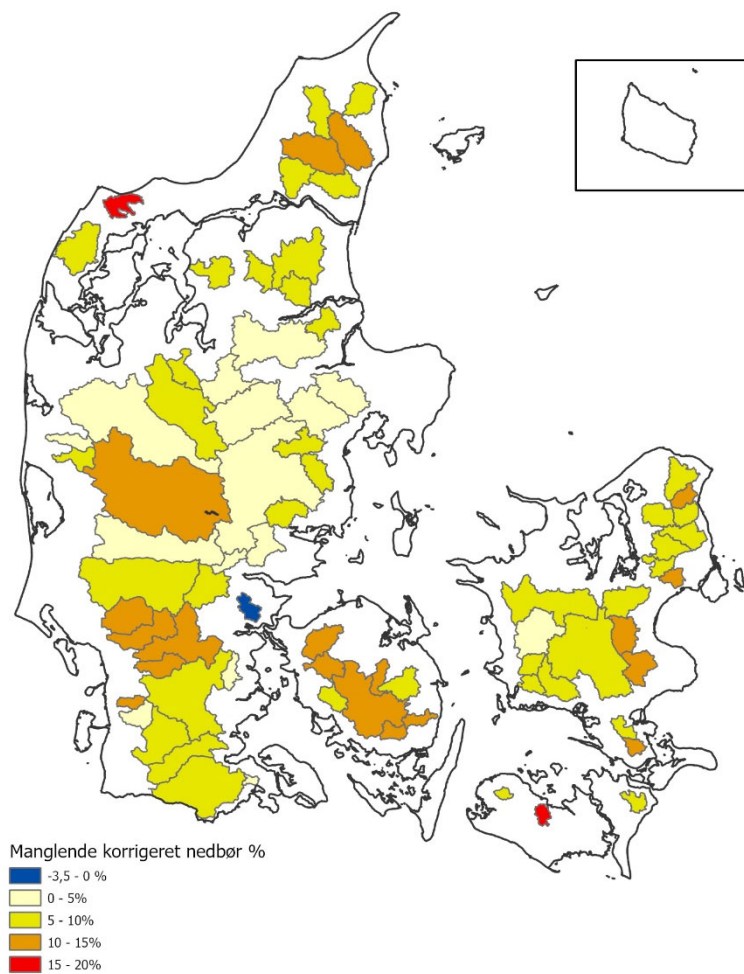
3.1.1 Korrigeret nedbør

Der kan beregnes et estimat af undervurderingen af nedbøren i det målte opland ud fra en beregning af oplandsfordampningen (Oplandsfordampning = Nedbør – vandløbsafstrømning) (afsnit 2.2). Ved at beregne forskellen i oplandsfordampning imellem de to perioder, 1997/1998 til 2006/2007 og 2011/2012 til 2018/2019 (hydrologisk år, se afsnit 2.4) kan det estimeres, hvor stor undervurderingen er, hvis det antages, at oplandsfordampningen skal være ens i de to perioder.

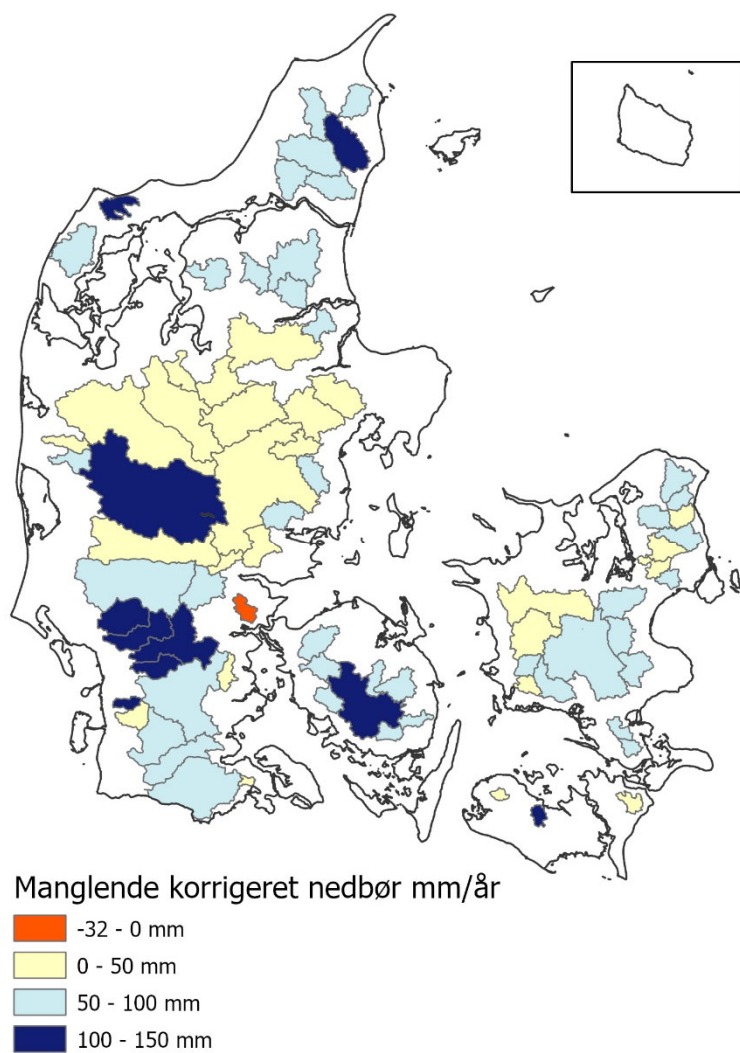
Med udgangspunkt i at oplandsfordampningen er uændret imellem perioderne, er den manglende vandmængde/nedbørsmængde for 75 større vandløbsoplande med fuld tidsserie 1990-2019 beregnet til mellem -32 mm og 143 mm, svarende til mellem -3 % og 20 % (Figur 2). 74 af 75 oplande har en underestimeret nedbør, hvis oplandsfordampningen skal være ens imellem de to perioder. Median "fejlen" på de 75 oplande er 8 %, 79 % har en underestimering >5 %, 28% har >10 % og 3 % har > 15 %.

I Figur 2 og Figur 3 ses den manglende nedbørsmængde og den geografiske fordeling heraf for de 75 oplande hhv. som procent og mm. Der ses et geografisk mønster med forholdsvis små "fejl" (0-5 %) i nedbøren i den centrale del af Jylland, mens der er større forskelle nord for Limfjorden, i Sydjylland, på Fyn, Østsjælland og Lolland-Falster. Største manglende nedbørsmængde ses for Storå i Nordvestjylland og for Nældevals Å på Lolland. Forskellene i "undervurderingen" af nedbøren ses at kunne variere forholdsvis meget inden for små afstande.

Figur 2. Beregnet manglende nedbørsmængde i procent af DMI's korrigerede 10x10 km grid-nedbør i perioden 2011/2012 til 2018/2019 for 75 vandløbsoplande.



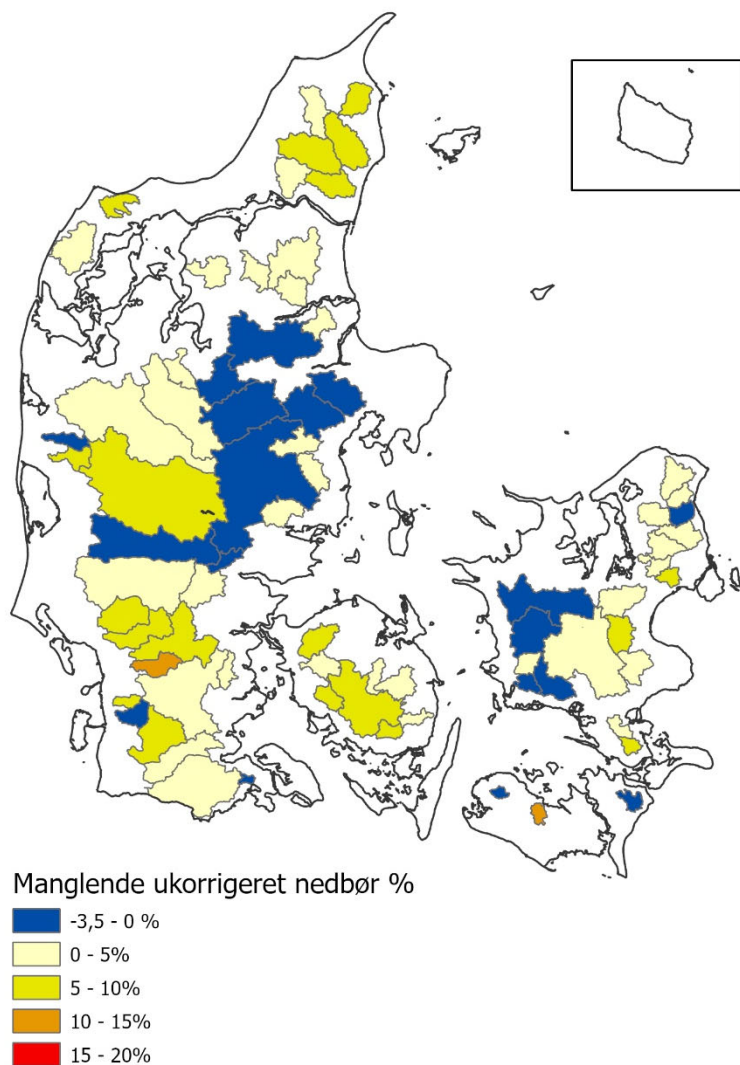
Figur 3. Beregnet manglende nedbørsmængde i mm/år sammenlignet med DMI's korrigerede 10x10 km gridnedbør i perioden 2011/2012 til 2018/2019 for 75 vandløbsoplande.



3.1.2 Ukorrigeret nedbør

Ligesom for den korrigerede gridnedbør er der beregnet en oplandsfordampning baseret på den ukorrigerede gridnedbør og fundet en afvigelse til DMI's ukorrigerede gridnedbør, Figur 4.

Figur 4. Beregnet manglende nedbørsmængde i procent af DMI's ukorrigerede gridnedbør i perioden 2011/2012 til 2018/2019 for 75 vandløbsoplande.



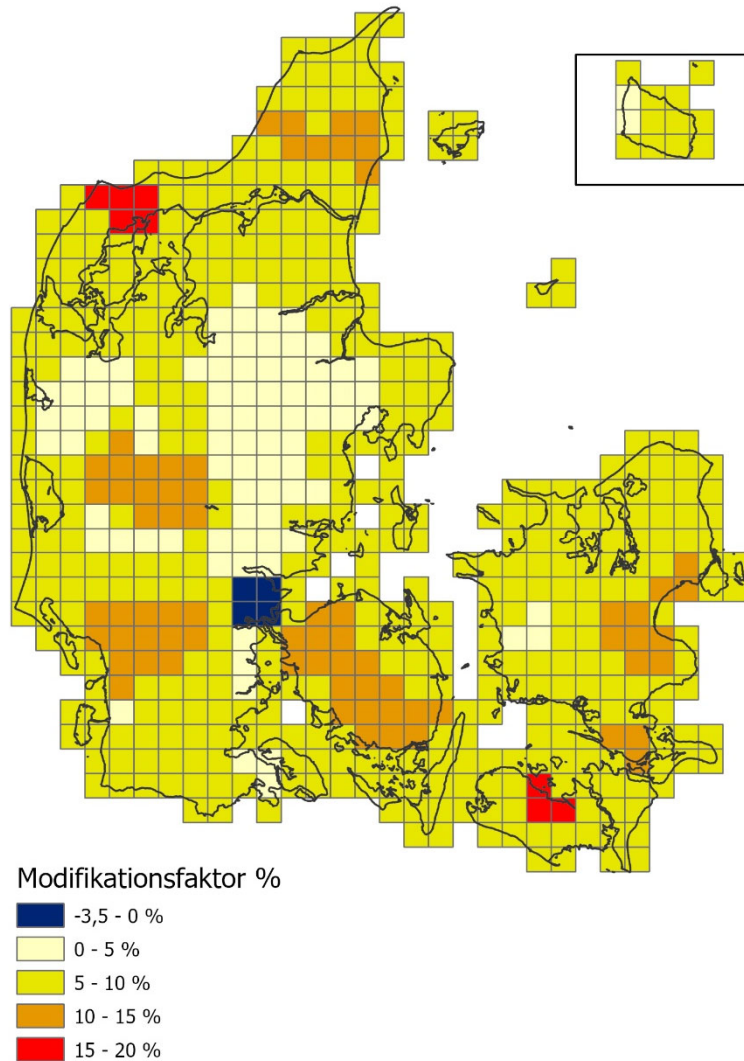
For ukorrigeret nedbør mangler der som median 2,5 %, svarende til 20 mm, for at oplandsfordampningen er den samme imellem de to perioder, 1997/1998-2006/2007 og 2011/2012 til 2018/2019. Nedbørsmanglen varierer imellem -4 % og 12 %, eller -36 mm og 100 mm. 74 % af de 75 oplande mangler nedbør, for at oplandsfordampningen kan være ens. Oplande med manglende nedbør er placeret i det meste af landet, mens oplande, der har lidt for meget nedbør, fortrinsvis er placeret i den østlige del af Jylland mellem Mariager fjord og Vejle fjord og på Vestsjælland.

3.2 Modificering af 10x10 km nedbørsgridværdier

3.2.1 Modificeret korregeret 10x10 km gridnedbør 2011-2019

Som input til GEUSs "Nationale vandressourcemodel" (DK-modellen) beregnes en modificeret gridnedbør for perioden 2011 – 2019 for hele landet (se Figur 1). Gridceller, der dækkes (helt eller delvist) af et eller flere af de 75 målte oplande (+ et ekstra opland på Bornholm), modificeres med den procentværdi, der er fundet ud fra analysen i afsnit 3.1.1 og Figur 2. Alle øvrige gridceller modificeres med median "fejlen" på nedbøren på 8 %. Den endelige nedbørsmodificering ses i Figur 5. Modifikationsfaktorerne ganges på den daglige nedbørsmængde i hvert grid for perioden 1/1 2011 til 31/12 2019.

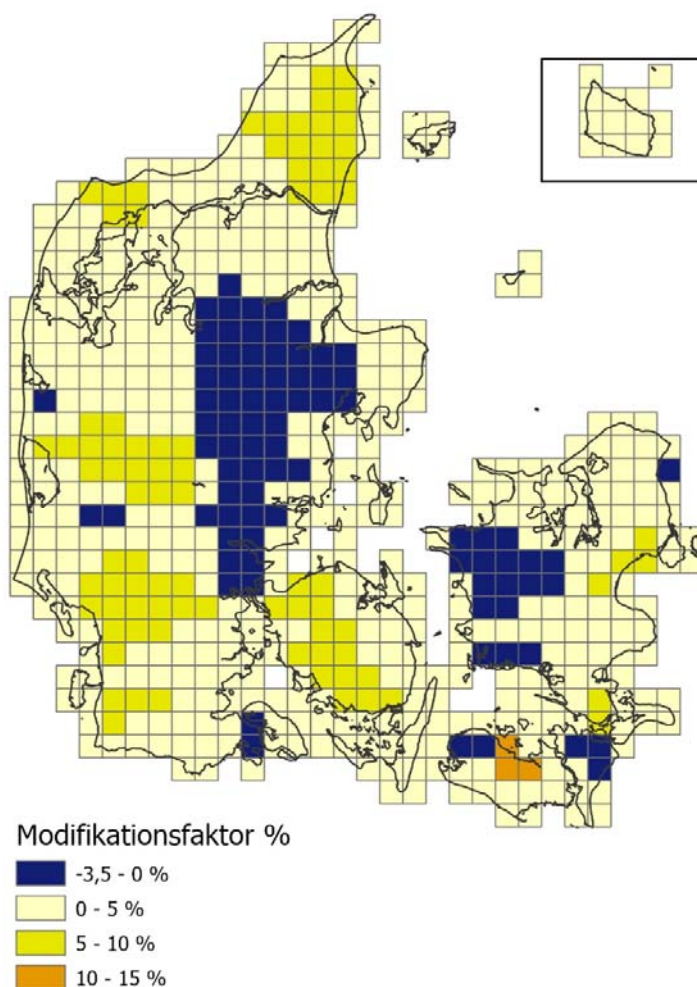
Figur 5. Modifikationsfaktor (ændring %) af DMI's korregerede 10x10 km gridnedbør i perioden 2011-2019.



3.2.2 Modifieret ukorrigeret 10x10 km gridnedbør 2011-2019

Som input til AU's statistiske næringsstof koncentrationsmodeller (Figur 1) beregnes en modifieret, 10x10 km ukorrigeret gridnedbør for perioden 2011 - 2019 for hele landet. Gridceller, der dækkes (helt eller delvist) af et eller flere af de 75 oplande (+ et ekstra opland på Bornholm), modificeres med den procentafvigelse, der er fundet ud fra analysen i afsnit 3.2.1 og Figur 4. Alle øvrige gridceller modificeres med median "fejlen" på nedbøren på 2,5 %. Den endelige modificerede gridnedbør ses i Figur 6. Modifikationsfaktorerne ganges på den daglige nedbørsmængde i hvert grid for perioden 1/1 2011 til 31/12 2019.

Figur 6. Modifikationsfaktor (ændring %) af DMI's ukorrigerede 10x10 km gridnedbør i peioden 2011-19.



4 Resultater

I dette afsnit sammenlignes tilførslerne af ferskvand, kvælstof og fosfor til havet beregnet med de to scenarier (afsnit 2.1).

Der beregnes forskelle imellem de to scenarier. I modificeret nedbør scenariet er DMI's 10x10 km gridnedbør forøget i det meste af landet for perioden efter 2010, både for korrigeret og ukorrigeret nedbør. Derfor forventes det, at tilførslerne vil være større end i oprindelig nedbør scenariet. Dog foretages der som en del af opgørelsesmetoderne en trendkorrektur (af ferskvandsafstrømningen) og tre biaskorrektioner (for hhv. vand, kvælstof og fosfor). Disse korrektioner vil reducere effekten af underestimeringen af nedbøren på de endelige tilførsler (Thodsen m.fl., 2019a,b). Ligeledes anvendes i den samlede stoftransport de målte stoftransporter for målt opland, hvorfor transporten/tilførslen er ens i de to scenarier fra den målte del af landet (permanent målte del af landet er ca. 48 %).

Nedbøren er altså ens i de to scenarier for perioden før 2011, da det er først fra 2011 og frem der i disse beregninger er indarbejdet en korrektion af DMI's nedbør. Men pga. trend- og biaskorrektionerne på vandafstrømningen, der bygger på data for hele perioden 1990-2018, kan den opgjorte ferskvandsafstrømning, og dermed også kvælstof- og fosfortilførslerne, godt ændres for den tidlige periode 1990-2010. Da det for kvælstof endnu ikke er muligt at køre DK-QNP modellen for 2019, er der i dette afsnit fokuseret på scenarieforskelle i perioden 2011-18.

Opgørelsen af tilførslerne er gennemført dels for hele landet og dels for 8 regioner (Figur 7). Den potentielle effekt af den sandsynligvis underestimerede nedbør er ikke lige stor i de 8 regioner. En region med en høj andel af målt opland vil, alt andet lige, influeres mindre end en region med en lavere andel af målt opland. Ud fra denne betragtning vil Lolland-Falster og Bornholm have relativt stort potentiale for at blive betydeligt påvirkede, mens risikoen er lavere i den vestlige del af Midt- og Syddjyland og den østlige del af Midtjylland (Tabel 1).

Tabel 1. Procent målt opland for vandafstrømning i hver region (permanent målt- + delvist målt opland).

Region	Andel målt opland (%)
Nordjylland	56
Midtjylland vest	79
Midtjylland øst	74
Syddjylland vest	73
Syddjylland øst	49
Fyn	52
Sjælland	61
Lolland Falster	37
Bornholm	20

Usikkerheden på, hvor stor effekt den sandsynligvis underestimerede korrigerede nedbør har på tilførslen til havet af ferskvand, kvælstof og fosfor, er forholdsvis stor, men kan ikke umiddelbart kvantificeres. En egentlig kvantificering vil kræve, at modelkomplekserne køres igennem med det endelige

reviderede nedbørsdatasæt, som DMI endnu ikke har produceret. Den største effekt vil komme fra det umålte opland. I dette arbejde er 10x10 km nedbørsgrids, der dækker det umålte (kystnære) opland, primært tildelt medianmodifikationen på 8 % for korrigeret nedbør og 2,5 % for ukorrigeret nedbør (nogle umålte oplande overlapper dog nedbørsgrid med en anden modifikation). Reelt vil nedbøren i det umålte opland skulle modificeres med forskellige faktorer i forskellige dele af landet. Et lille helt umålt fjerdeordens opland uden punktkilder har således den størst mulige usikkerhed. Et større opland med en høj andel af målt opland og betydelige punktkilder har den mindste usikkerhed og vil have den mindste sandsynlighed for at være betydeligt influeret af den underestimerede nedbør.

Af tekniske årsager har det endnu ikke været muligt at producere realistiske scenarie data for Lolland-Falster og omkringliggende øer (Figur 7). Derfor er resultater for dette område ikke inkluderet i det følgende. Da Lolland-Falster arealmæssigt er en forholdsvis lille region, har dette ikke stor betydning for de landsdækkende effekt intervaller, der angives i det følgende. Da Lolland-Falster sammen med Bornholm har de mindste dele målt opland (Tabel 1) vurderes det at Lolland-Falster har sammen effekt interval som Bornholm.

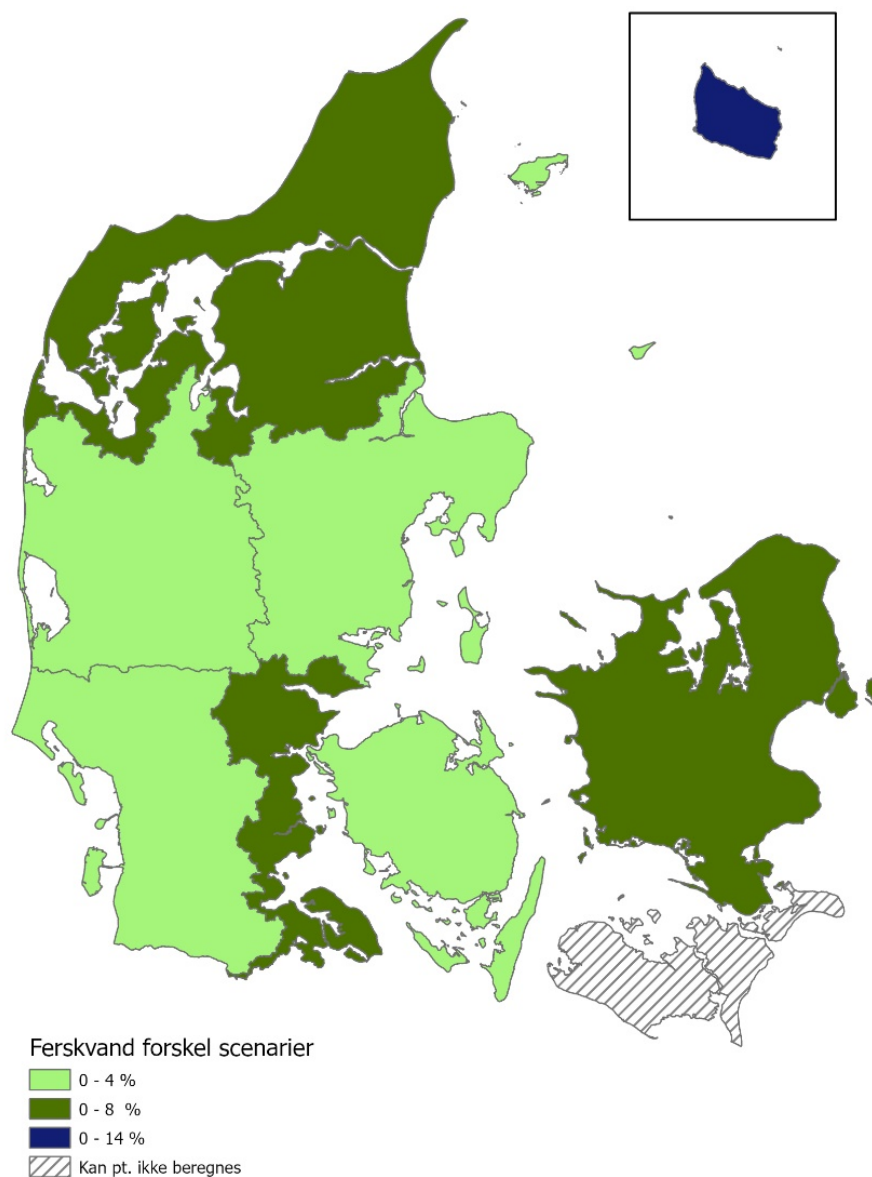
4.1 Vandafstrømning

Forskellen i vandafstrømning imellem de to scenarier er opgjort for perioden 2011-2018, hvor den korrigerede nedbør sandsynligvis er underestimeret i det meste af landet (Figur 5). Afstrømningerne består af de målte afstrømninger for det målte opland og for det umålte opland afstrømninger baseret på modellerede afstrømninger fra DK-modellen. Opgørelsen af vandafstrømningen er lavet efter metoder beskrevet i Thodsen mfl. 2019a, b. Det vil sige, at forskellen mellem scenarierne er opgjort efter, at afstrømningerne er både trend- og biaskorrigeret.

Middelforskellen i vandafstrømning mellem oprindelig nedbør scenariet og scenariet med modificeret gridnedbør er for hele landet vurderet til 0-4 % (0-12 mm) for perioden 2011-2018 (modificeret nedbør scenarie > oprindelige nedbør scenarie). Forskellen på enkeltår er vurderet til at variere mellem 0 % og 5 %.

For 8 regioner er forskellen vurderet til at variere imellem 0 % og 14 % for perioden 2011 -2018 (Figur 7). Intervallet gælder for hele regioner. For mindre geografisk skala, fx fjerdeordens kystoplande, kan der forventes et større interval. For Lolland-Falster vurderes det, at effekten er i sammen interval som for Bornholm pga. den lave andel af målt opland (Tabel 1).

Figur 7. Regional effekt af sandsynlig underestimering af nedbør på ferskvandstilførslen til havet for perioden 2011-2018. Der ses kun positive værdier, hvilket betyder, at scenariet med modificeret gridnedbør giver mere afstrømning end scenariet med oprindelig nedbør.



4.2 Kvælstoftilførsel

Forskellen i kvælstoftilførslen (Total kvælstof, TN) imellem de to scenarier er opgjort for perioden 2011-2018, hvor nedbøren sandsynligvis er underestimeret i det meste af landet (Figur 5 og Figur 6).

Kvælstoftilførslen er beregnet med målt transport for det målte opland og modelleret transport med DK-QNP modellen for umålt opland (Figur 1). Opgørelsen af vandafstrømningen er lavet efter metoder beskrevet og refereret i Thodsen m.fl. (2019a). Det vil sige, at forskellen mellem scenarierne er opgjort efter, at både vandafstrømning og TN-koncentration er biaskorrigeret.

Middelforskellen i kvælstoftilførslen til havet mellem de to scenarier er for hele landet vurderet til 0 % til 4 % for perioden 2011-2018 (modificeret nedbør scenarie kvælstoftilførsel > oprindelig nedbør scenarie kvælstoftilførsel). Forskellen på enkelt år er vurderet til at variere mellem 0 % og 6 %.

For 8 regioner er forskellen vurderet til at variere imellem 0 % og 14 % for perioden 2011 –2018 (Figur 8). Intervallet gælder for hele regioner. For mindre geografisk skala, fx fjerdeordens kystoplande, kan der forventes et større interval. For Lolland-Falster vurderes det, at effekten er i samme interval som for Bornholm pga. den lave andel af målt opland (Tabel 1).

Figur 8. Regional effekt af sandsynlig underestimering af nedbør på TN-tilførslen til havet for perioden 2011-2018. Der ses kun positive værdier, hvilket betyder, at scenariet med modificeret grid-nedbør giver højere TN-tilførsel end det oprindelige nedbørsscenarie(angivet i %).



4.3 Fosfortilførsel

Forskellen i fosfortilførslen (Total fosfor, TP) imellem de to scenarier er opgjort for perioden 2011-2018, hvor nedbøren sandsynligvis er underestimeret i det meste af landet (Figur 5 og Figur 6).

Fosfortilførslen er beregnet med målt transport for det målte opland og modelleret transport med DK-QNP modellen for umålt opland (Figur 1). Opgørelsen af vandafstrømningen er lavet efter metoder beskrevet og refereret i Thodsen mfl. 2019a. Det vil sige, at forskellen mellem scenarierne er opgjort efter, at både vandafstrømning og TP-koncentration er biaskorrigeret.

Middelforskellen i fosfortilførslen til havet mellem de to scenarier er for hele landet vurderet til 0 % til 3 % for perioden 2011-2018 (modificeret nedbør scenarie fosfortilførsel > oprindelig nedbør scenarie fosfortilførsel). Forskellen på enkelt år er vurderet til at variere mellem 0 % og 5 %.

For de 8 regioner er forskellen vurderet til at variere imellem 0 % og 14 % for perioden 2011 –2018 (Figur 9). Intervallet gælder for hele regioner. For mindre geografisk skala, fx fjerdeordens kystoplande, kan der forventes et større interval. For Lolland Falster vurderes det, at effekten er i samme interval som for Bornholm pga. den lave andel af målt opland (Tabel 1).

Figur 9. Regional effekt af sandsynlig underestimering af nedbør på TP-tilførslen til havet for perioden 2011-2018. Der ses kun positive værdier, hvilket betyder, at scenariet med modificeret grid-nedbør giver højere TN-tilførsel end det oprindelige nedbørsscenario (angivet i %).



4.4 Vandafstrømning anvendt til beregning af referencestoftilførsler

Vandafstrømninger i perioden 1990 til 2018 benyttes til at beregne den baggrundstilførsel / referencetilførsel af næringsstoffer til kystvandene, som danner grundlag for fastlæggelse af klorofylniveauet ved upåvirket tilstand (referencetilstanden) i vandplanarbejdet. Referencetilførslen af næringsstoffer opgøres med udgangspunkt i vandafstrømningen for perioden 1990-2018 og målte koncentrationer af kvælstof og fosfor i referencevandløb (Bøgestrand m.fl. 2014; Timmermann 2020). Da der anvendes målte koncentrationer af næringsstoffer, vil disse ikke være påvirket af en underestimering af nedbør modsat vandafstrømningen, der bygger på både målte og modellerede tal.

Det vurderes, at vandafstrømning for perioden 1990-2018 influeres anderledes end landsafstrømningen 2011-2018 (afsnit 4.1) af den sandsynligvis underestimerede nedbør. Den afstrømning, der benyttes til udregning af referencetilførsler af næringsstoffer for hele landet, er fra -3 til 3 % forskellig fra scenariet med oprindelig nedbør.

Som input til DHI's MEK modeller anvendes data fra perioden 2002-2016 (pers. kom. MST). Den afstrømning, der benyttes til udregning af referencetilførsler af næringsstoffer for hele landet i denne periode, er fra -3 til 3 % forskellig fra scenariet med oprindelig nedbør.

For begge perioder gælder det, at forskelle i opgjort vandafstrømning vil være større på fx enkelt år og på mindre geografisk skala.

5 Referencer

Bøgestrand, J., Kronvang, B., Windolf, J. og Kjeldgaard, A. (2014) Baggrundsbelastning med total N og nitrat-N, Notat fra DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2014/Baggrundsbelastning_med_total_N_opdatering.pdf

Højberg, A.L., Olsen, M., Henriksen, H.J., 2012. Simulering af ekstremvandføringer og grundvandsbetinget oversvømmelse – Analyse af mulighed for optimering af DK-model (Horsens Fjord opland). GEUS rapport 2012/115

Svendsen, L.M. & Jung-Madsen, S. (red.) 2020. Homogenitetsbrud og potentielle fejl i nedbørsdata. Eksempler på konsekvenser for myndighedsbetjeningen. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. – Fagligt notat nr. 2020|51 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_51.pdf

Stisen, S., Ondracek, M., Troldborg, L., Schneider, R.J.M, van Til, M.J., 2019. National Vandressource Model. Modelopstilling og kalibrering af DK-model 2019. GEUS rapport 2019/31 https://vandmodel.dk/media/8096/geusrapport2019_31_dkmodel2019_web-1.pdf

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G., Kjeldgaard, A. & Windolf, J. 2019. Vandløb 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. – Videnskabelig rapport nr. 353 <http://dce2.au.dk/pub/SR353.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Troldborg, L., Windolf, J., Ovesen, N.B., Kjeldgaard, A. & Højbjerg, A.L. 2019b. Udvikling af vanddelen af DK-QNP til havbelastningsberegninger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 20 s. - Teknisk rapport nr. 145 <http://dce2.au.dk/pub/TR145.pdf>

Timmermann, K. (2020). Referencetilførsler af kvælstof til brug for Vandplan 3. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 3 s. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/Referencetilfoersler_af_kvaelstof.pdf

Windolf, J., Thodsen, H., Troldborg, L., Larsen, S.E., Bøgestrand, J., Ovesen, B. & Kronvang, B. (2011) A distributed modelling system for simulation of monthly runoff and nitrogen sources, loads and sinks for ungauged catchments in Denmark. Journal of Environmental Monitoring 13: 2645-2658.

Bilag 1. Miljøstyrelsens bestilling fra 15.09.2020

Bestilling: Vurdering den potentielle betydning af nedbørsdata i fh.t. næringssalt udledning

Miljøstyrelsen ønsker med denne bestilling at anmode Aarhus Universitet om at vurdere betydningen af, at nedbørsdata er oplyst sandsynligvis at være underestimeret. Betydningen ønskes vurderet for nedenstående problemstillinger.

Aarhus Universitet anmodes om at inddrage GEUS i vurderingen.

Problemstilling

Miljøstyrelsen ønsker en vurdering af den potentielle betydning af, at nedbørsdata er oplyst sandsynligvis at være underestimeret. Beskrivelse af betydningen skal i første omgang primært rettes mod nedenstående produkter:

Opgørelse af udledte næringssalte (N og P) som beskrevet i afrapportering af NOVANA og leveret til den marine modeludvikling. Der ønskes således en vurdering på landsplan og regionalt.

Det ønskes vurderet, om der generelt er tale om en potentiel underestimering af den opgjorte udledning af kvælstof og fosfor og i givet fald, hvilken overordnet størrelsesorden underestimeringen af udledningen vil have, jf. nedenstående.

Opgørelse af "referencetilførslen", herunder særligt vandafstrømningen, som beskrevet i Aarhus Universitets notat Referencetilførsler af kvælstof til brug for Vandplan 3 af 6. januar 2020.

Baggrund

DCE er blevet opmærksom på, at de nedbørsdata, der købes af DMI, og som bl.a. bruges i en række forskningsbaserede myndighedsopgaver, sandsynligvis er underestimeret. Dette er nærmere beskrevet i notat af 7. juli 2020. Det angives, at underestimeringen af den beregnede vandmængde kan være i størrelsesordenen 10-25%.

Da udvaskningen af næringsstoffer afhænger af nedbørsmængden betyder dette f.eks., at den del af næringstoftransporten, der er baseret på modellering, potentielt kan være underestimeret.

I Aarhus Universitets notat af 6. januar 2020 anbefales det, at der opgøres en referencetilførsel baseret på stofkoncentrationer i mindre vandløb, som afvander oplande med en meget lille dyrkningsgrad multipliceret med en nutidig vandføring. Det beskrives, at denne beregningsmetode er det tætteste man i Danmark kan komme på en upåvirket eller næsten upåvirket situation.

Miljøstyrelsen bemærkninger

Der kan ved vurderingen af betydningen af den potentielle underestimerings betydning for opgørelse af stoftransport og vandafstrømning til opgørelse af referencetilførsel tages hensyn til bl.a. ovenstående oplysning om omfanget af underestimering af den beregnede vandmængde, samt nedenstående:

Det vurderes af DCE og GEUS, at der er en systematisk fejl på nedbørsdata/ nedbørsmålingerne, som giver en underestimering af den beregnede vandmængde på i størrelsesordenen 10-25%. Underestimeringen formodes primært at dække perioden 2011 og frem, hvilket kan betyde, at udledningen af kvælstof og fosfor tilsvarende kan være underestimeret fra 2011 og frem.

Miljøstyrelsen vurderer, at den potentielle underestimering kan have betydning ved beregning af kvælstof- og stofafstrømningen fra de godt 35 % af landets areal, der ikke er dækket af målinger (umålte oplande, 2019). Størrelsen af umålt opland har varieret gennem tiden. Senest er der fra 2016 og frem sket en forøgelse i arealet af målt opland og dermed en formindskelse af umålt opland.

For de umålte oplande er tilførslen af kvælstof og fosfor beregnet ved brug af empiriske/statistiske modeller for tilførsel af næringssalte, som beskrevet bl.a. i NOVANA rapporten for vandløb, 2018 (<https://dce2.au.dk/pub/SR353.pdf>). Det er beskrevet, at der foretages en biaskorrektur af mellem målt og umålt opland. Denne bias korrektion kan muligvis modvirke en del af betydningen af den potentielle underestimering af nedbøren, og dette ønskes inddraget i vurderingen.

Der opgøres såvel en aktuel udledning det enkelte år, som en normaliseret udledning, hvor udledningen normaliseres efter en vandafstrømning over flere år. F.eks. er den normaliserede kvælstoftransport i NOVANA 2018 angivet som den transport, der ville have været det enkelte år, såfremt vandafstrømningen havde været konstant gennem hele perioden 1990-2018 (322 mm / år).

Vurderingen af betydningen af potentiel underestimering af nedbør bør omfatte såvel opgørelse af aktuelt års opgørelser, som f.eks. leveret til den marine modeludvikling, som normaliserede opgørelser.

Der anmodes om, at det i vurderingen beskrives, om det kan forventes, at udledningen af næringssalte generelt for landet og for de enkelte deloplande kan forventes at være underestimeret.

Grundlaget for opgørelse af referencetilstanden med udgangspunkt i Aarhus Universitets anbefaling af 6. januar 2020 kan kort beskrives og betydningen af den potentielle fejl i nedbørsdata belyses.

Notat om referencetilførsel fra AU af 6. januar 2020:

https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/Referencetilfoersler_af_kvaelstof.pdf

Vurderingen af betydningen for opgørelse af udledningen af næringssalte og for referencetilførslen kan på nuværende tidspunkt foretages som en overordnet vurdering af størrelsesordenen på landsplan og i det omfang, det er muligt, med en vurdering/ indikation af de geografiske forskelle.

DCE har oplyst, at det vurderes, at den potentielle underestimering af nedbøren kan have konsekvenser for flere produkter, der leveres til MFVM. Såfremt andre produkter end ovennævnte vurderes at være væsentligt påvirket, bedes dette beskrevet.

Produkter

Vurderingen bedes foretages i et teknisk notat fra Aarhus Universitet, hvor de relevante samarbejdspartnere, herunder særligt GEUS, er inddraget.

Inden løsning af opgaven udarbejdes en beskrivelse af den forventede fremgangsmåde ved løsning af opgaverne, en tidsplan og en vurdering af omkostningerne.

Tidsfrister

Miljøstyrelsen ønsker vurderingen foretaget senest d. 6. oktober 2020.

Der anmodes om, at Aarhus Universitet senest d. 23. september 2020 sender en beskrivelse af den forventede opgaveløsning og en vurdering af omkostningerne herved.

Bilag 2. DCEs projektbeskrivelse

Beregning af effekten af potentielt underestimeret nedbør i perioden efter 2011 på opgørelsen af de tilførte mængder af vand, kvælstof og fosfor til havet

Udarbejdet af: Hans Thodsen og Henrik Thorbjerg, DCE, AU og Anker Lajer Højberg, GEUS

Baggrund

Miljø- og Fødevareministeriet har den 15. september 2020 (ref. Miljøstyrelsen Østjylland Pekje) sendt en bestilling, hvori Aarhus Universitet anmodes om at vurdere betydningen af, at nedbøren er oplyst sandsynligvis at være underestimeret (for perioden efter 2010), og betydning ønskes belyst for nogle problemstillinger angivet i bestillingen.

Miljøstyrelsen anmoder Aarhus Universitet om senest 23. september at sende en beskrivelse af den forventede opgaveløsning og en vurdering af omkostningerne herved.

Grundet den ret korte tidsfrist fra bestilling til færdigt produkt har AU og GEUS iværksat arbejdet inden fremsendelse af denne overordnede beskrivelse af, hvordan opgaven forventes gennemført.

Beregningsmetode

Den foreslåede metode er en fuld genberegning af DK-QNP modellen for to scenarier.

1. 0-scenarie, beregning på baggrund af DMI korrigeret nedbør for hele perioden 1990-2018
2. Scenarie, beregning på baggrund af DMI korrigeret nedbør for perioden 1990-2010 og en af AU og GEUS modificeret korrigeret nedbør i perioden 2011-2018

O-scenariet skal beregnes, da den eksisterende DK-QNP beregning er baseret på en dynamisk nedbørskorrektion foretaget af GEUS.

I scenario-beregningen (2. ovenfor) justeres DMI's korrigerede gridnedbør på basis af en analyse af oplandsfordampningen bestemt som: DMI's korrigerede nedbør – målt afstrømning. Det antages, at oplandsfordampningen for 2 ca. 10 årige perioder (1997/98-2006/07 og 2011/12-2018/19) er ens, og at den beregnede forskel imellem oplandsfordampningerne for de to perioder alene skyldes nedbør. Forskellen i oplandsfordampning relateres til nedbøren i den sidste periode. Denne forskel, udtrykt i procent, er et udtryk for, hvor meget nedbøren potentielt skal modificeres i perioden 2011-2018. Antagelsen om ens fordampning i de to perioder giver en konservativ vurdering af, hvor meget nedbøren er underestimeret i 2011-18, da fordampning antageligt nok har været lidt højere i den sidste periode. Det kan dog ikke umiddelbart estimeres præcist, hvor meget. Oplandsfordampningen beregnes for 76 nedstrøms vandløbs-hydrometri-stationer (stationer anvendt til opgørelse af udledning

af næringssalte til marine områder), og for umålt opland anvendes median procenten fundet for de 76 målte oplande.

Den originale/umodificerede nedbørstidsserie (DMI's nuværende korrigerede gridnedbør 1990-2018) og den af AU og GEUS modificerede nedbørstidsserie for 2011-2018 bruges som input til DK-modellen (hydrologisk model GEUS), den første er 0-scenariet, den sidste scenariet beskrevet under 2 ovenor. Herfra modelleres vandafstrømning for begge scenarier for hele perioden 1990-2018. Disse to vandafstrømninger bruges som input til DK-QNP modellen, hvormed der beregnes tilførsler til havet af vand, kvælstof og fosfor. Herefter beregnes diverse bias- og trendkorrektioner i DK-QNP modellen, og de endelige effektivurderinger indeholder således effekten af bias- og trendkorrektionerne.

Endvidere bruges estimerne til at vurdere betydningen for vandafstrømningen anvendt til opgørelse af "referencetilførslen".

Anvendelse

Overordnet geografisk niveau, hele Danmark samt maksimalt 7 regioner i DK

- Resultater angives for intervaller af procentændring (+/-) i tilførsel af vand, kvælstof og fosfor til havet
- Resultaterne angives som gennemsnit for perioden 2011-2018

Anvendte metoder, forudsætninger og forbehold vil blive beskrevet i rapporten.

Publicering

Som en "Teknisk rapport" fra DCE, der kvalitetssikres i henhold til AU TECH's regler for kvalitetssikring af myndighedsbetjening.

BETYDNING AF SANDSYNLIGVIS UNDERESTIMERET NEDBØR PÅ DEN BEREGNED TILFØRSEL AF VAND, KVÆLSTOF OG FOSFOR TIL HAVET

I denne rapport modelleres effekten af en sandsynlig underestimering af DMI's 10x10km gridnedbør på tilførslen af ferskvand, kvælstof og fosfor til havet. Nedbøren menes at være undervurderet i perioden efter 2010. Der beregnes en modificeret 10x10km gridnedbør for perioden efter 2010. Ved brug af den oprindelige nedbør modelleres tilførslen til havet af ferskvand at være undervurderet med 0-4 %, kvælstof 0-4 % og fosfor 0-3 %, i forhold til tilsvarende tilførsler modelberegnet med den modificerede nedbør opgjort for hele landet for perioden 2011-2018.