



UDVIKLING AF VANDDELEN AF DK-QNP TIL HAVBELASTNINGSBEREKNINGER

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 145

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

UDVIKLING AF VANDDELEN AF DK-QNP TIL HAVBELASTNINGSBEREKNINGER

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 145

2019

Hans Thodsen¹
Henrik Tornbjerg¹
Lars Trolborg²
Jørgen Windolf¹
Niels Bering Ovesen¹
Ane Kjeldgaard¹
Anker Lajer Højberg²

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. 145
Titel:	Udvikling af vanddelen af DK-QNP til havbelastningsberegninger
Forfattere:	Hans Thodsen ¹ , Henrik Tornbjerg ¹ , Lars Troldborg ² , Jørgen Windolf ¹ , Niels Bering Ovesen ¹ , Ane Kjeldgaard ¹ & Anker Lajer Højberg 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:	Juni 2019
Redaktion afsluttet:	December 2018
Faglig kommentering:	Anders Nielsen
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen
Sproglig kvalitetssikring:	Signe Jung-Madsen
Finansiel støtte:	Miljøstyrelsen
Bedes citeret:	Thodsen, H., Tornbjerg, H., Troldborg, L., Windolf, J., Ovesen, N.B., Kjeldgård, A. & Højbjerg, A.L. 2019. 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
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Dokumentation af metodeopdateringen for opgørelsen af den årlige vandafstrømning til havet. Denne tekniske rapport er afslutningen på projektet "Udvikling af vanddelen af DK-QNP til havbelastningsberegninger fra 2018" finansieret af Miljøstyrelsen. Projektet begyndte oktober 2017 og afsluttes december 2018. Ændringen i den opgjorte vandafstrømningsmængde samt transport af total kvælstof (TN) og total fosfor (TP) rapporteres, efter aftale med MST senere i en særskilt rapport, hvor også ændringer forårsaget af nye empiriske modeller til estimering af TN og TP koncentrationer rapporteres. Nye TN og TP koncentrationsmodeller udvikles i separate projekter.
Emneord:	Afstrømningsopgørelse
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Gels å ved Bevtøft. Foto: Jens Skrivers
ISBN:	978-87-7156-414-3
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	20
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TR145.pdf

Indhold

1. Baggrund	5
1.1 Projektbeskrivelse "Udvikling af vanddelen af DK-QNP til havbelastningsberegninger fra 2018"	5
1.2 Leverance	6
2. Data fra DK-modellen	7
2.1 Online tilgængelighed af rå DK-model vandføringer	10
3. Opgørelse af månedlig vandafstrømning til havet	12
3.1 Ændring af ID15 kort	12
3.2 Trendkorrektions metode	13
3.3 Metode til huludfyldning af delvist målt opland	15
3.4 BIAS-korrektion for umålt opland	17
3.5 Beregning af afstrømning	17
4. Referencer	19

[Tom side]

1. Baggrund

I dette kapitel er projektbeskrivelsen præsenteret. Det skal bemærkes, at det igennem projektperioden er aftalt med miljøstyrelsen at ændre på formen af afrapporteringen af projektet, dvs. denne rapport. Denne rapport er således en teknisk gennemgang af kort og beregningsgrundlaget, samt beregningsmetoderne. Analysen af betydningen for størrelsen af den opgjorte vandafstrømning publiceres i en senere rapport i 2019, sammen med betydningen af nye empiriske modeller til estimering af TN og TP koncentrationer i vand tilført vandløbene.

1.1 Projektbeskrivelse "Udvikling af vanddelen af DK-QNP til havbelastningsberegninger fra 2018"

1.1.1 Formål

Der er et behov for at opdatere og modernisere den nuværende DK-QNP model, der anvendes til beregningen af den årlige vandafstrømning og belastning af havet med kvælstof og fosfor. Den beregning af vandafstrømningen fra det umålte opland, der foretages i det nuværende modelkoncept, er utidsvarende og bygger ikke på det nyeste og bedste DK-model setup (GEUS). Der er fra MST's side et ønske om, at alle modellerede vandafstrømninger, der anvendes til belastningsopgørelser mm., er konsistente og stammer fra samme version af DK-modellen. Der er ligeledes brug for at opdatere kortgrundlaget for beregningerne, sådan at de nye stoftransportstationer, herunder de ca. 100 nye havbelastningsmålestationer, der er operationelle i perioden 2017 til og med 2019, kan anvendes i DK-QNP konceptet.

DK-QNP værktøjet bruges alene til beregning af vandtilførsler og stofbelastninger til marine områder. Dette projekt fokuserer på at producere vandafstrømninger, der skal anvendes til dette formål. Dette projekt forbereder opdateringer af både N og P delene af DK-QNP. Dette projekt gør det fx muligt at beregne en række hydrologiske parametre, på daglige data for alle ID15 oplande, hvis anvendelse i modellering af N & P modeller vil blive analyseret i parallelle projekter for DK-N og DK-P.

Det forudsættes, at leverandører i relevant omfang inddrager underleverandør til løsning af opgaven.

1.1.2 Nuværende procedure

I det nuværende modelkoncept beregnes vandafstrømningen for umålt opland ved hjælp af en relation imellem afstrømningen ved en referencevandføringsstation og afstrømningen for det pågældende umålte opland beregnet med en gammel version af DK-modellen (DK-model version 2005). Relationen opstilles for en periode og anvendes til at fremskrive en vandafstrømning til år uden DK-model data ud fra referencevandføringsstationen. Vandafstrømningen er således ikke konsistent med den afstrømning, der anvendes i andre projekter med modellerede vandafstrømninger beregnet ud fra seneste version af DK-modellen.

1.1.3 Fremtidig procedure

Den fremtidige procedure bliver som følgende:

1. Årlig opdatering af klima input tidsserier i DK-model og beregning af vandafstrømning med DK-model
2. BIAS korrektion af DK-model vandafstrømning
3. Afvikling af DK-QNP.

For at kunne gennemføre DK-QNP med årligt opdaterede afstrømninger fra DK-modellen (GEUS) er det nødvendigt at videreudvikle og teste DK-QNP modelkonceptet med input fra den nyeste DK-model (Højberg et al., 2015a). Beregning af årlige afstrømningsværdier fra DK-modellen kræver, at modellen opdateres årligt med klimainput, indvindinger og punktkilder, hvilket er en driftsopgave, som ikke ligger inden for nærværende projektbeskrivelse, men skal finansieres separat. Til hvert års DK-model kørsel laves beregninger for hele perioden fra og med 1990 til og med pågældende rapporteringsår for at sikre en konsistent tidsserie.

DK-modellen videreudvikles periodisk. Den, til et givent år, nyeste "release version" af DK-modellen vil blive anvendt.

Færdigt korrigerede afstrømningsdata på ID15 niveau vil blive lagret i ODA og være tilgængelig for DCE, GEUS og MST. Der vil komme en ny version af alle afstrømningsdata i ODA hvert år. Det vil sige, at der vil være en ny version der passer til det aktuelt anvendte ID15 kort og de aktuelt anvendte hydrometriske målestationer, der er anvendt i opgørelsen af det aktuelle års afstrømning. Det første versions år vil være for afstrømningen år 2016. DCE afholder udgiften til at opgradere ODA så data kan lagres og tilgås i ODA.

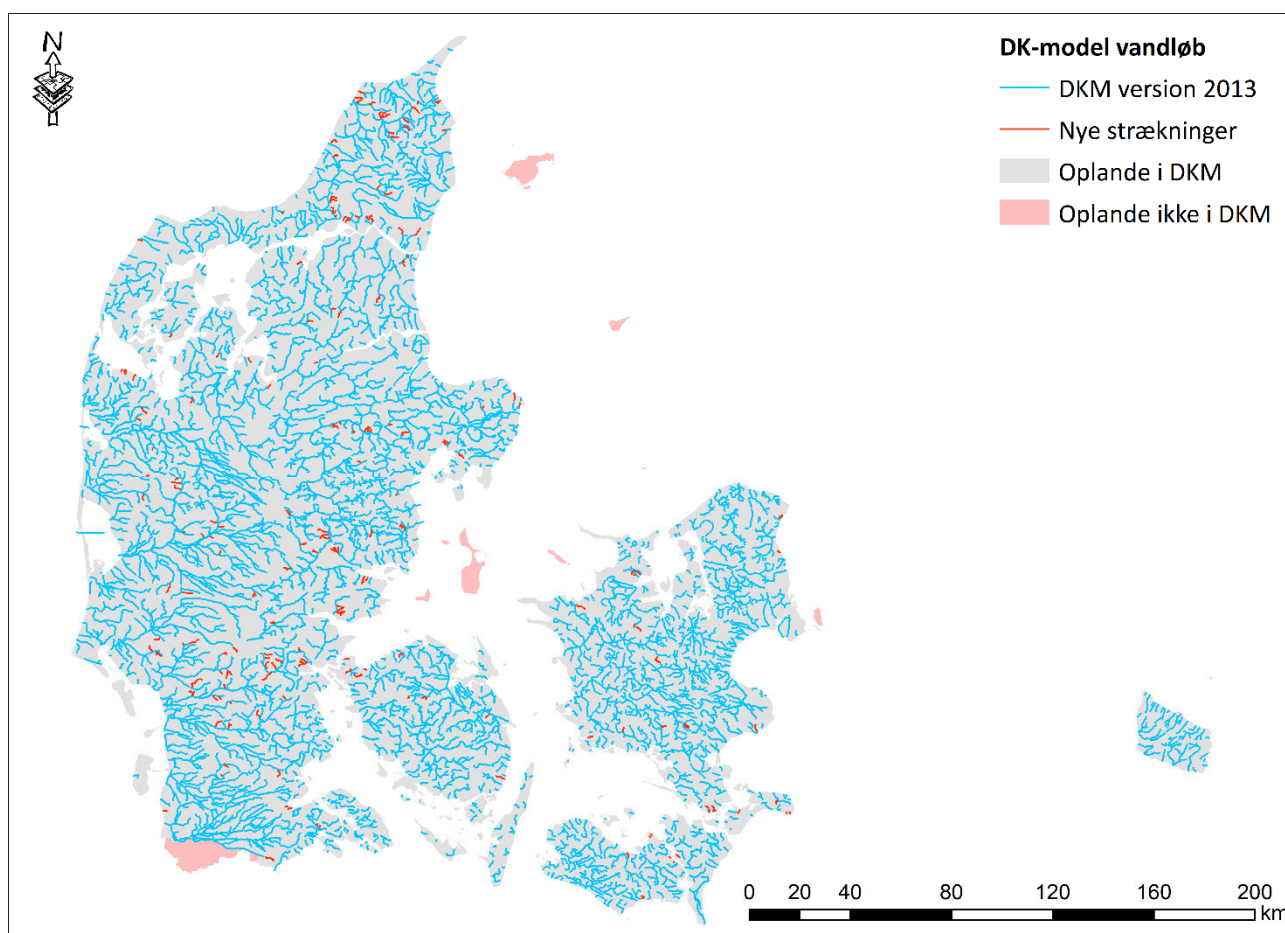
1.2 Leverance

- ID15 kortet skal opdateres med de ca. 200 nye målestationer (evt. andre opdateringer fx så det er summerbart på 91 kystvande og andre stationer med kort tidsserie)
- Nyt ID15 kort indlejres i DK-Model
- Nyt ID15 kort indlejres i DK-QNP
- Online tilgængelighed af rå DK-model vandføringer
- Teste betydningen på DK-QNP resultater af at anvende BIAS korrigeret afstrømning fra den nyeste DK-model i stedet for hidtil anvendte DK-QNP afstrømning.

2. Data fra DK-modellen

Den nationale vandressource model (DK-model) er en fysisk baseret, deterministisk og fuldt distribueret hydrologisk model opstillet i DHI's MIKE SHE / MIKE 11 modelsystem. DK-modellen, er udviklet - og vedligeholdes af GEUS med det oprindelige formål at simulere ferskvandsbalancen for hele landet. Modellen inkluderer MIKE SHE moduler til beskrivelse af 2D overfladisk afstrømning (OL), 1D umættede zone (UZ), 3D mættede grundvandszone (SZ) herunder drænastrømning, og 1D vandstrømning i vandløbene (MIKE 11). Den anvendte version af DK-modellen er baseret på 2014 opdateringen, som tidligere har været anvendt ifm. opstilling af den nationale kvælstofmodel (Højberg et al. 2015b). DK-model version 2014 blev kraftigt udbygget på modellens vandløbsnetværk, dels for at sikre, at alle ID15 oplande havde mindst en vandløbsstrækning, og dels for at indarbejde de geologiske modeller som den statslige grundvandskortlægning ønskede indarbejdet (primært modeller dækkende Sjælland). For nærmere beskrivelse af opsætning, udvidelse, samt kalibrering og validering af DK-model version 2014 henvises til Højberg et al. (2015a).

I forbindelse med løsning af nærværende projekt har det været nødvendigt at udvide DK-modellens vandløbsnetværk yderligere, dels for at tilpasse vandløbsmodellen til det opdateret ID15 tema (ID15v1.4) og dels for at sikre tilgængeligheden af modeldata for flere ODA stationer med økologiske data. I alt er der tilføjet 202 vandløbsstrækninger svarende til 509 km vandløb (Figur 1).



Figur 1. Placering af nye indarbejdede vandløb i DK-modellen.

Herudover er selve modelkoden fra DHI opdateret til version 2017, hvilket har bevirket at bl.a. modelhåndteringen af afstrømning fra befæstede arealer er ændret. Parametrisering og øvrig modelstruktur er bibeholdt fra DK-model version 2014, dvs. uden supplerende kalibrering, hvilket i noget omfang vil påvirke modellens performance ift. simulering af vandløbsafstrømninger. DK-modellen er som i 2014 versionen afviklet i 500 x 500 m grid opløsning (250 x 250 m for Bornholm) med 9-15 vertikale beregningslag. Af beregningsmæssige årsager er modellen opdelt i 7 modelområder: tre, der dækker Jylland, en for Fyn og syd øerne, en for Sjælland, en for Lolland, Falster og Møn og en for Bornholm.

Klimadatainput til DK-modellen, som driver beregningen af grundvandsstrømning og vandføringer baserer sig på Dansk Meteorologisk Instituts (DMI) data, dvs.:

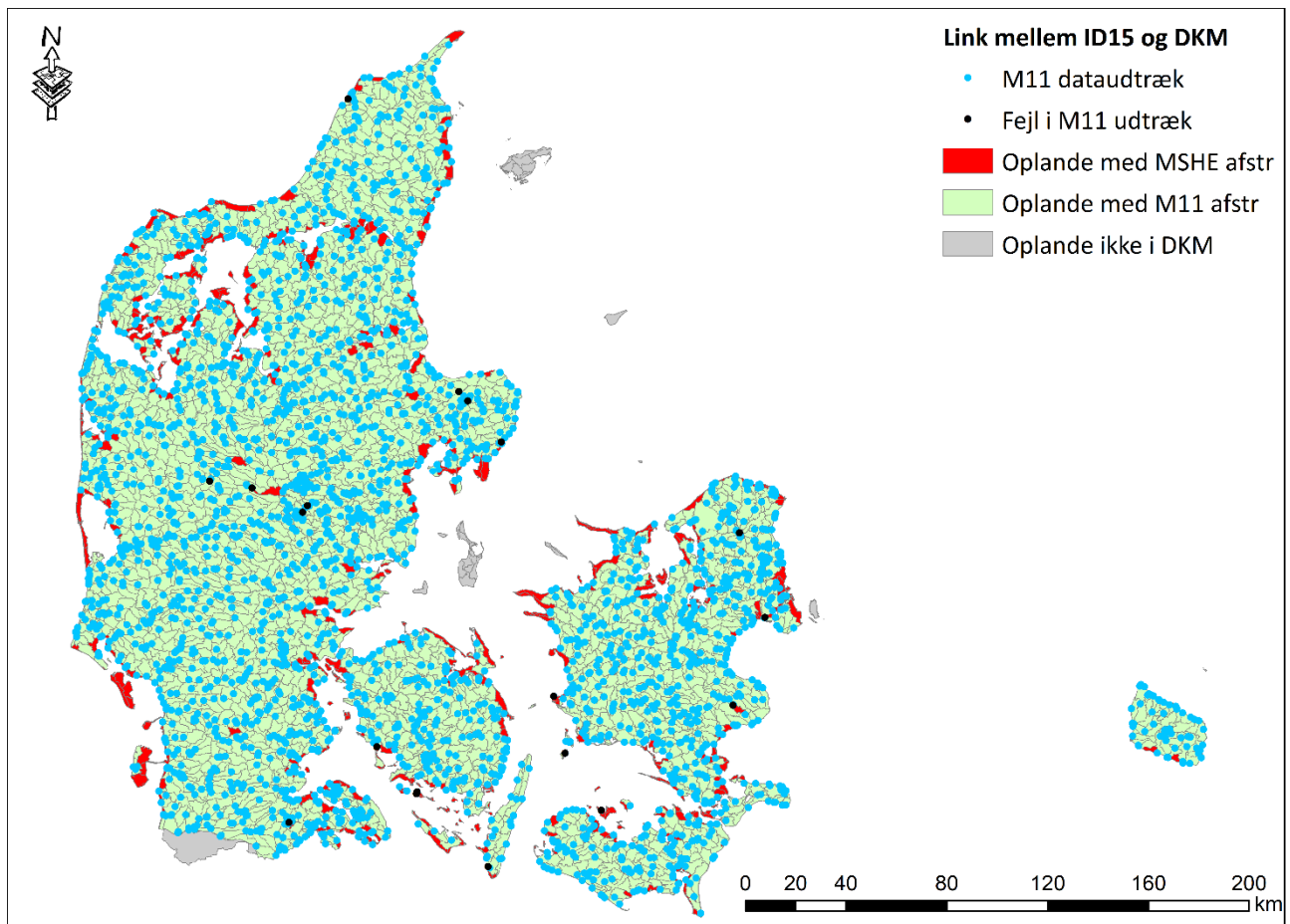
- For nedbør er anvendt et 10 x 10 km klimagrid, hvor der for perioden 1989-2010 er foretaget dynamisk korrigeret jf. anbefalinger i (Refsgaard et al., 2011) og for perioden 2011-2018 er der foretaget en mere simple dynamisk korrektion (dvs. GEUS' dynamisk korrektion på baggrund af læfaktor B).
- For temperatur og potentiel fordampning er der anvendt DMI 20 x 20 km klimagrid for hele perioden 1989-2018.

Den modellerede afstrømning fra DK-modellen linkes til ID15 polygoner, via det DK-model beregningspunkt (MIKE 11 'Q' vandløbspunkt) beliggende på hovedvandløbet, som ligger nærmest udløbet af et ID15 opland. Udtrækspunkterne matcher bedst muligt oplandsgrænserne i ID15 kortets nedstrøms-skæring med vandløbet. Da udtrækspunkterne teknisk kun kan placeres i MIKE11 vandføringsberegningsskæring, rammer de ikke altid ID15 oplandsgrænsen præcist (**Figur 2**). Som det fremgår af **Figur 2**, er der i en del kyst ID15 oplande uden udtrækspunkter.

Ud af 3195 ID15 oplande er 2863 oplande linket til et MIKE 11 beregningspunkt (**Figur 3**). Forskellen i rumlig opløsning af MIKE 11 (ikke grid begrænset) og MIKE SHE (500 x 500 m grid) bevirker, at der for nogle af MIKE 11 'Q' punkterne ikke beregnes vandudvekslingen mellem grundvand og vandløb og dels, at der vil være nogle (for smalle eller for små) ID15 oplande, hvor vandløbskoblingen i placering, ikke modtager vand fra det pågældende ID15 opland. Ud af det 2863 oplande med et MIKE 11 beregningspunkt vil Mike 11 afstrømning fra 19 oplande ikke kunne anvendes. For disse oplande og for oplande uden tilknyttet Mike 11 beregningspunkt (i alt 328 oplande) er der genereret en afstrømningstidsserie baseret på den overfladenære afstrømning i Mike SHE modulet (i praksis drænastrømning). Alle afstrømningsdata fra disse oplande gemmes internt på 5 dages intervaller og omregnes til afstrømningstidsserier med en middel afstrømning pr. måned [m^3/mdr]. Endelig er der en række oplande (23) fra små øer, som ikke er en del af DK-modellen version 2014, hvor der således ikke er genereret afstrømning fra DK-modellen.



Figur 2. Udsnit af ID15 kort med DK-model vandløb (gul) og DK-model udtrækspunkter (blå punkter). Numrene angiver ID15 nummeret.



Figur 3. Link imellem ID15 Oplande og DK-model udtræk. Grønne ID15 oplande og blå punkter viser ID15 oplande med MIKE11 afstrømning fra DK-modellen. Røde ID15 oplande er uden MIKE11 afstrømning men med MIKE-SHE afstrømning. Sorte punkter angiver steder hvor M11 udtrækspunkt og ID15 oplande ikke matcher.

2.1 Online tilgængelighed af rå DK-model vandføringer

DK-model vandføringstidsserier er udstillede via dataudstillingsportalen vandweb (<http://vandmodel.dk/VandWeb.html>), og kan downloades igennem links til hver enkelt udtrækspunkt. For hvert MIKE 11 'Q' beregningspunkt (der er ca. 30.000 beregningspunkter i DK-modellen) er der oprettet en SensorThings location (https://en.wikipedia.org/wiki/SensorThings_API) med mulighed for at hente tilhørende simuleringsdata via internettet med et SensorThing kald (F.eks. ID15 opland 11100001 (32 km²): [http://sensorthings.cloudapp.net/DKModel/StreamFlow/Datastreams\(319112\)/Observations?\\$select=ResultTime,Result](http://sensorthings.cloudapp.net/DKModel/StreamFlow/Datastreams(319112)/Observations?$select=ResultTime,Result)), hvorefter data (dato-tid og afstrømning [m³/s]) for det enkelte beregningspunkt for en given simulering modtages på JSON format. For hvert af de ID15 tilknyttede MIKE 11 udtrækspunkter fra **Figur 3** er der i ID15 temaet angivet en SensorThings url til afstrømningsdata fra DK-modellen for perioden 1989 og frem. For at lette nedtagningen af data fra vandweb er der udviklet et Python script (**Figur 4**), der kan læse ID15 filen og hente alle data til et internt Python format (pandas DataFrame), hvorefter det kan eksporteres til fx SAS-format, som er det format DCE arbejder med.

```

import requests
import json
import pandas as pd

def GetData(url):
    myResponse = requests.get(url)

    # For successful API call, response code will be 200 (OK)
    if(myResponse.ok):
        jData = json.loads(myResponse.content)
        l=list(map(lambda s:s['Result'], jData['value']))
        d=list(map(lambda s:pd.Timestamp(s['ResultTime']), jData['value']))
        return pd.DataFrame(l, d)
    else:
        # If response code is not ok (200), print the resulting http error code with description
        myResponse.raise_for_status()

def read_dbffile(shp_path,urllink,name,dontuse):
    from simpledbf import Dbf5
    data=[]
    i = 0
    table = Dbf5(shp_path, codec='utf-8' ).to_dataframe()
    for idx, record in table[table[dontuse] <> 1 ].iterrows():
        print 'reading data for station: ' + str(record[name]) + ' - total read so far: ' + str(i)
        d=GetData(record[urllink]) #Get the data from the webservice using the URL from the shapefile
        d.columns = [int(record[name])] #Set the header to the dm-number
        data.append(d)
        i = i+1
    return pd.concat(data, axis=1) #Combine to one big dataframe.

```

Figure 4. Python Script til udtræk af afstrømningsdata fra VandWeb.

3. Opgørelse af månedlig vandafstrømning til havet

I dette kapitel beskrives proceduren til opgørelsen af den månedlige vandafstrømning til havet, som afløser den hidtidige opgørelsesmetode beskrevet i Thodsen et al. (2018), Windolf et al. (2009) og Windolf et al. (2011).

3.1 Ændring af ID15 kort

ID15 oplandene er den mindste geografiske enhed, hvortil der opgøres månedlige afstrømning afstrømningen opgjørt på større geografisk skala, beror på afstrømningen for ID15 oplande.

I projektet er ID15 kortet blevet opdateret (i forhold til tidligere versioner) således, at der er en oplandsgrænse ved alle målestationer, der anvendes i havbelastningen (Figur 5). Det være sig både stationer hvor der måles vandafstrømning og hvor der måles vandløbskemi (Stoftransportstationer). Stort set alle øvrige stoftransportstationer matcher også en ID15 oplandsgrænse, ligesom langt de fleste større ind- og udløb fra større søer matcher en ID15 oplandsgrænse. Desuden er der foretaget en del rettelser i forhold til tidligere versioner af kortet. Da ID15 kortet også anvendes til opgørelse af total-kvælstof og total-fosfor transporterne, herunder sø-retentions beregninger, er det væsentligt at ID15 matcher disse punkter, og at afstrømningen kan opgøres hertil.

ID15 kortet (aktuel version: ID15v1_4) indeholder 3195 oplande. ID15 kortet er opdateret så kortets strømningsretning bedst muligt matcher strømningsretningen angivet af DK-modellen. Det er i forhold til opgørelsen af afstrømningen til havet kun af betydning, at DK-modellens udtrækspunkter matcher ID15 kortet ved de anvendte målestationer og ved udløbet i havet, hvilket er tilfældet.

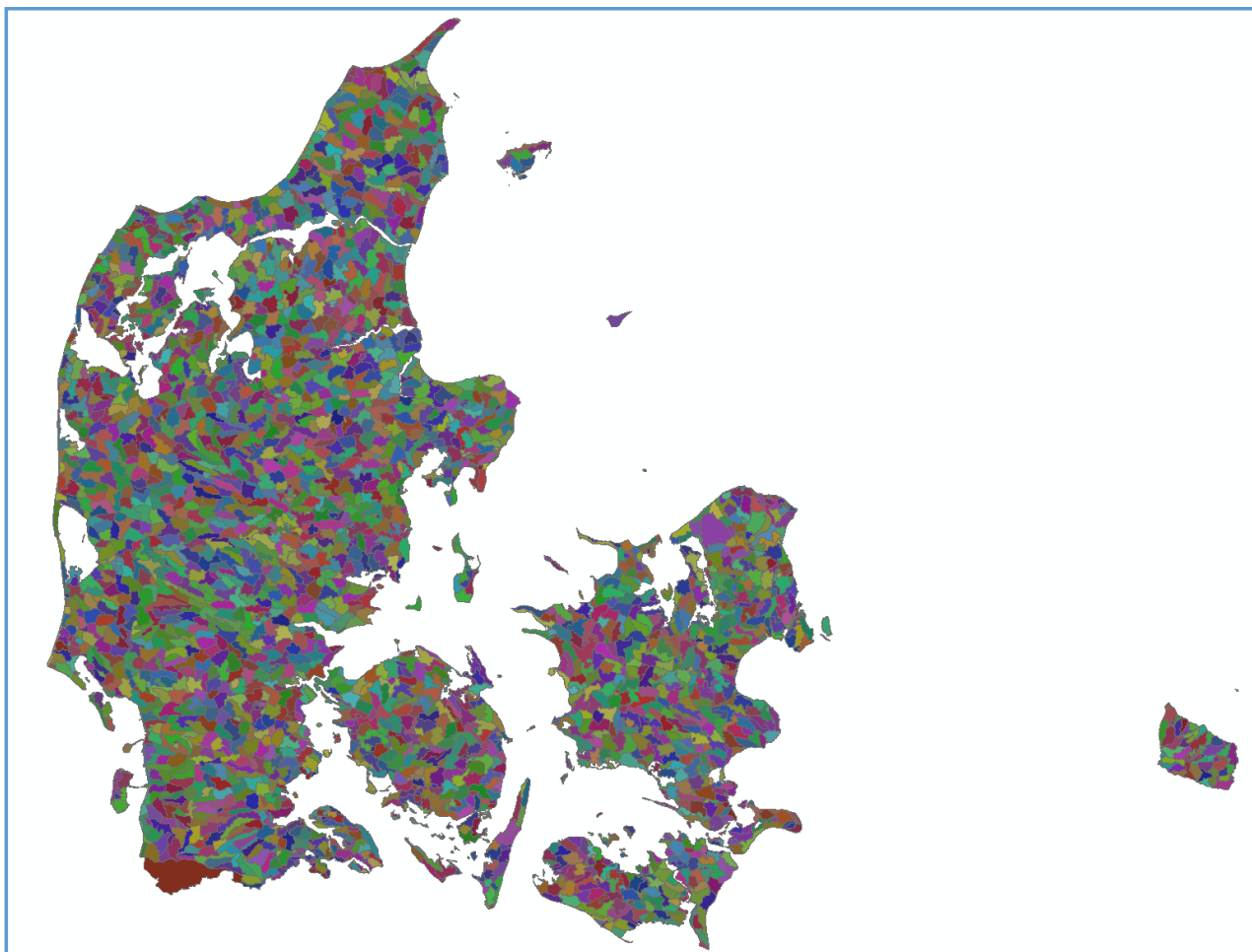
Da ID15 kortet jævnlige revideres, vil hvert års opgjorte afstrømning i DK-QNP model regi knytte sig til en specifik version af ID15 kortet. Den gældende version "release ID15v1.4" er anvendt i nærværende rapport.

ID15 kortets versionering opdateres således: eksempel "ID15v1.4"

- 1 tallet i v1.4, angiver oplands-version nr. 1. Altså oplandene (polygonerne) er ens for alle version 1 kort (v1.1, v1.2, v1.3, v1.4 osv. har alle ens oplande / polygoner)
- 4 tallet i v1.4, angiver at det er version 4 med version 1 oplande. Disse ændringerne sker således i GIS lagets attributtabel. Ændringerne kan fx være ændring af "To_ID15" (nedstrøms opland), ændringer ID15 nummer eller andre ændringer.

ID15 kortet kan rekvireres ved at skriver til ID15@bios.au.dk

Forslag til ændringer i ID15 kortet kan sendes til ID15@bios.au.dk

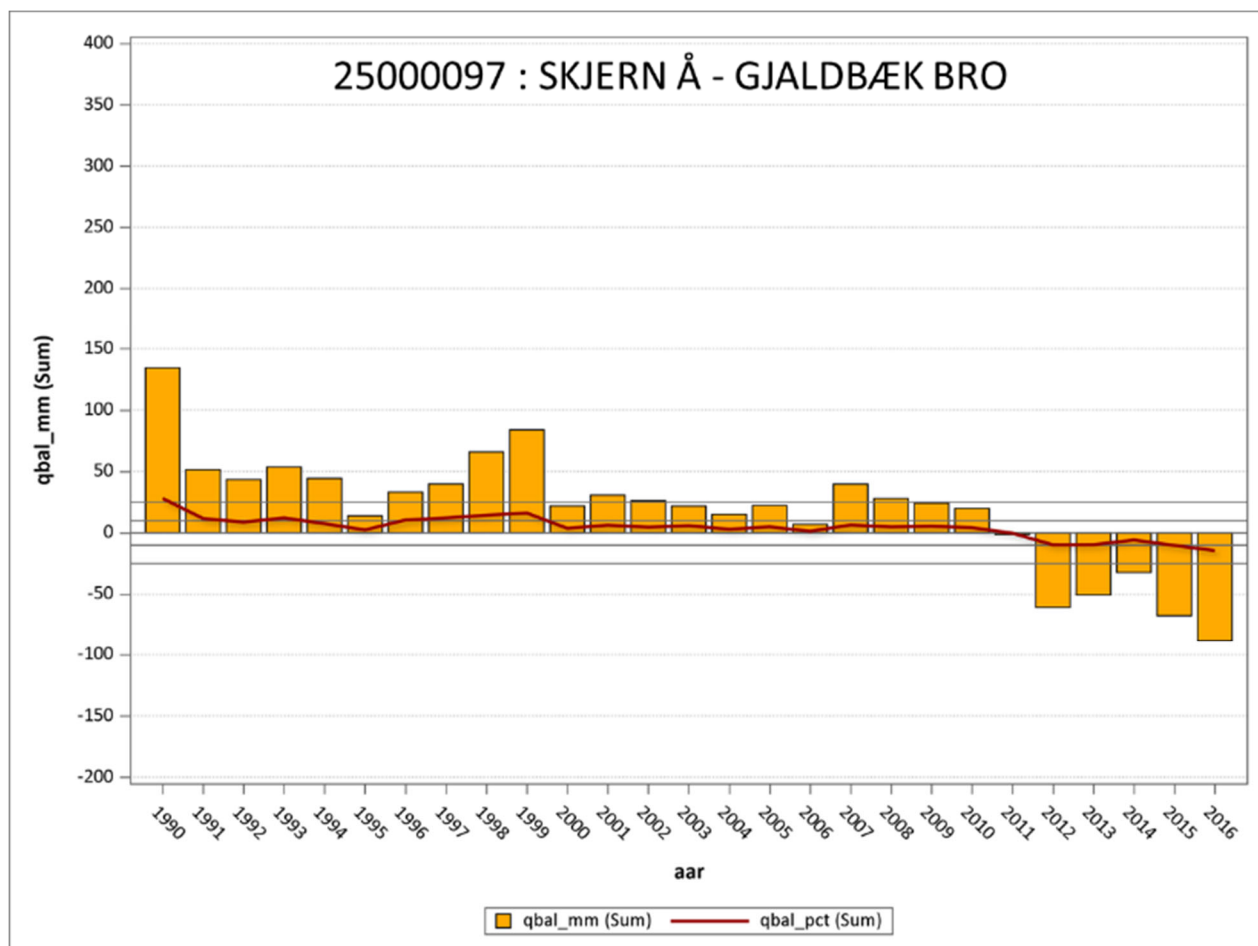


Figur 5. Id15 kort (ID15v1.4) 3195 oplande.

3.2 Trendkorrektions metode

Det har vist sig, at den målte afstrømning for hydrometristationer og DK-modellens afstrømning ikke har helt samme udvikling igennem perioden 1990-2016. Det har ikke været muligt helt at eliminere denne forskel og det er muligt at sådanne forskelle er et forhold man må forholde sig til for hver afstrømningsopgørelse. Derfor har det været nødvendigt at lave en trendkorrektur af DK-modellens afstrømning. Forskellen/trenden kan ses ved at sammenligne den målte afstrømning og DK-model afstrømningen ($Q_{\text{målt}} - Q_{\text{DKmodel}} = \text{residual}$) for hver målestation for hvert år i en lang række søjlediagrammer, se eksempel i **Figur 6**. Trendkorrektionen er lavet for 9 regioner (**Figur 7**), som er de 7 DK-model oplande (nævnt i kapitel 2), men hvor modellerne for Midtjylland og Syddanmark er splittet i hhv. en østlig og en vestlig del.

Der er flere årsager til forskellen i trend, og årsagerne vil ikke nødvendigvis være de samme fremover, da datagrundlag og DK-model-setup vil blive opdateret løbende. Den primære årsag ser ud til at være BIAS på nedbøren og nedbørskorrekturen. Der er endvidere en effekt af initieringen af DK-modellen, da der ikke er griddede NOVANA nedbør fra 1980'erne. Derfor er modellens "warm-up periode" en anden end slutningen af 1980'erne. Desuden er der diverse forsimplinger og mindre fejl i DK-modellen og i måledata som influerer trenden.



Figur 6. Forskel imellem målt og DK-modelsimuleret afstrømning fra 1990-2016. $qbal_mm(sum) = Q_DKmodel - Q_Målt$ (mm). Det ses tydeligt, at den DK-modelsimulerede afstrømning er højere end den målte afstrømning i begyndelsen af perioden og mindre i slutningen. $Qbal_pct(sum)$ er den procentvise forskel på $Q_DKmodel$ og $Q_målt$.

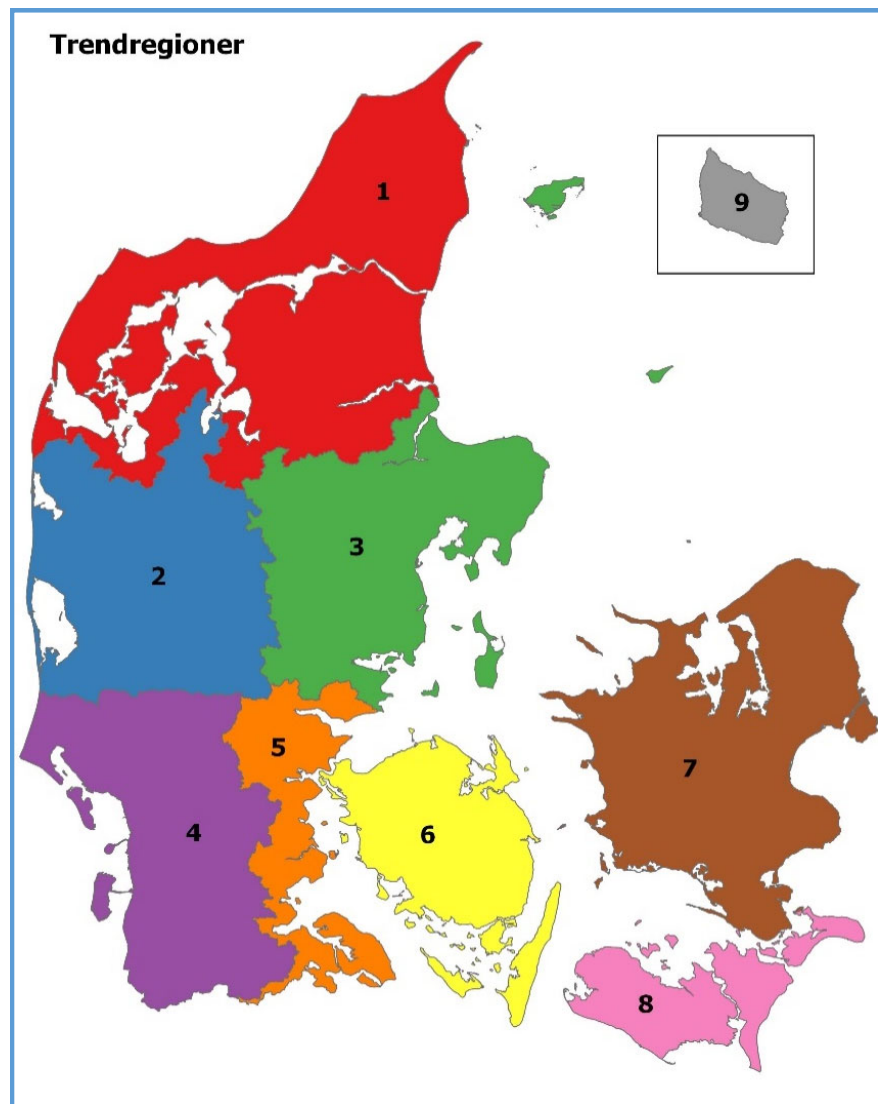
Den nødvendige trendkorrektionen er beregnet for hver trendregion på baggrund af den samlede afstrømning ved målestationer med fuld tidsserie (106 stationer) (1991-2016) og den samlede DK-model afstrømning ved de samme målestationer. Alle målestationer med fuld måletidsserie i hver trendregion anvendes samlet som basis for trendkorrektionen. Trendkorrektionen er beregnet som en lineær trend for hver måned imellem den procentvise månedlige afvigelse imellem DK-modellens afstrømning og målt afstrømning. Der beregnes således en lineær trend for perioden (1991 – 2016) for hver måned, for hver trend region. Data fra 1990 er udeladt af trendberegningen, da året er influeret af DK-modellens initialbetingelser. I trendkorrektionen anvendes kun hældningen af fittet og der foretages således ikke en BIAS korrektion.

$$TK_{\text{måned,år}} = \text{Slope} \times \text{Årstal}$$

TK er trendkorrektion en given måned et givent år.

Trendkorrektionsberegningen genberegnes for hvert rapportingsår. Dette sikrer, at nye DK-model afstrømninger, produceret med en nyere version af modellen, andre inputdata eller med andre initialbetingelser, anvendes optimalt. Derudover er der også mulighed for, at rettede fejl i måldata medtages i beregningen.

Figur 7. Ni Trendkorrektionsregioner, baseret på DK-modellens 7 modelområder. De Midtjyske og Sydjyske modelområder er splittet i de topografiske oplande, der dræner hhv. mod vest og øst.



Nogle få stationer med kendte metodespring i afstrømningen er udeladt af trendkorrektionsberegningen.

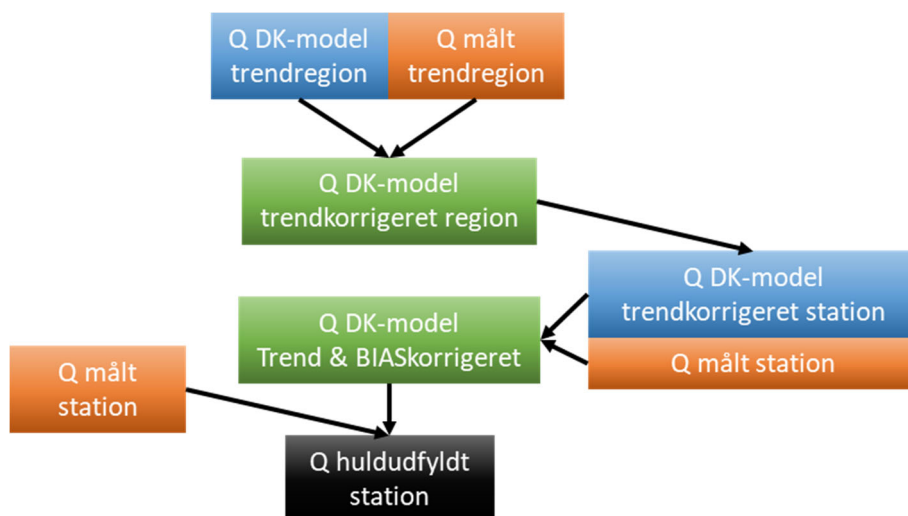
Alle efterfølgende beregninger tager udgangspunkt i de trendkorrigerede tidsserier, altså både ifm. huludfyldning ved delvist målt opland og for umålt opland. Der beregnes en trendkorrigeret månedlig afstrømning for alle ID15 oplande i hele perioden fra 1990.

3.3 Metode til huludfyldning af delvist målt opland

Stationer med måledata for en del af perioden efter 1990 kaldes delvist målte stationer. For delvist målte stationer skal der beregnes afstrømninger for de måneder, hvor der ikke findes måledata. Det gøres ud fra den trendkorrigerede DK-modells afstrømning (afsnit 3.2) (**Figur 8**). Der findes ofte en forskel (BIAS) imellem DK-modellens afstrømning og den målte afstrømning på månedsniveau på de enkelte målestationer. Derfor gennemføres en BIAS korrektion i forbindelse med huludfyldningen (**Figur 8**). Huludfyldningen (inklusive BIAS korrektion) foretages på to forskellige måder afhængigt af længden på måletidsserien.

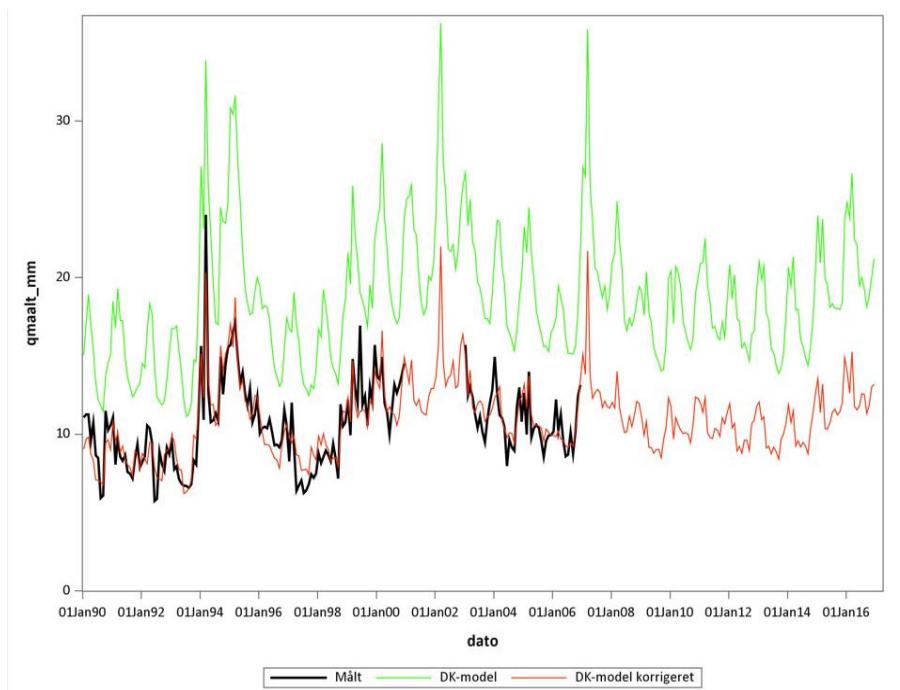
- <5 år måledata korrigeres med en faktor beregnet som den procentmæssige middelforskel på målt og simuleret månedlig afstrømning.
- ≥5 år måledata korrigeres med en lineær relation imellem den procentvise forskel imellem målt og simuleret månedlig afstrømning.

Figur 8. Flow diagram over beregning af huludfyldt afstrømningstidsserie for delvist målt station. Først beregnes den trendkorrigerede DK-model tidsserie (se afsnit 3.2) for hver enkelt region. Trendkorrektionen overføres til DK-model tidsserien for hver enkelt station. Månedlige BIAS faktorer beregnes imellem denne og afstrømningen for den målte periode på stationen. Denne trend & BIAS korrigerede DK-model tidsserie anvendes for perioden uden måletidsserie og danner sammen med tidsserien for perioden med måletidsserie den huludfyldte stationstidsserie.



Huludfyldnings-beregningen gentages for hvert rapporteringsår. Dette sikrer både, at nye DK-model afstrømninger producerede med en nyere version af modellen, andre inputdata eller med andre initialbetingelser anvendes optimalt, og at rettede fejl i måledata medtages i BIAS beregningen. Dette er desuden nødvendigt ved inddragelse af nye stationer samt i tilfælde, hvor en station går fra at have <5 års måledata til ≥5 år måledata (**Figur 9**).

Figur 9. Eksempel på huludfyldning af delvist målt tidsserie ved hjælp af lineær sammenhæng mellem målt og modelleret.



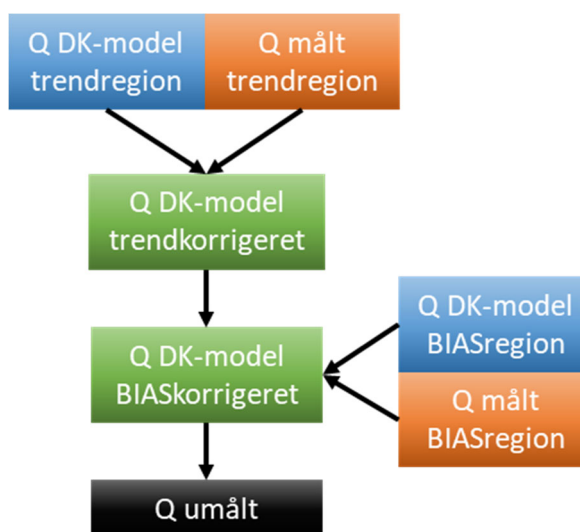
Ved inddragelse af stationer med få års tidsserie må det forventes, at BIAS korrektionen kan ændres betydeligt fra år til år (og måned til måned). Der kan også forventes forholdsvis markante ændringer i BIAS korrektioner i tilfælde af, at der tilføjes hhv. måneder med meget lav eller meget høj afstrømning til måletidsserier, der ikke i forvejen indeholder sådanne værdier. Der må endvidere forventes ændringer, når det 5. måleår tilføjes en måletidsserie og huludfyldningsmetoden skifter.

3.4 BIAS-korrektion for umålt opland

For det umålte opland tages der udgangspunkt i den trendkorrigerede afstrømningstidsserie (afsnit 3.2) (**Figur 10**). Det er i projektet blevet vurderet, at der skal foretages en BIAS korrektion af afstrømningen i det umålte opland. BIAS korrektionen overføres fra det målte opland i 9 BIAS-regioner, de samme regioner som for trendkorrektionen (Figur 7). Det er i projektet vurderet at den månedlige BIAS, der findes for disse forholdsvis store områder, er en generel model BIAS, som også vil findes for det umålte opland.

BIAS fundet for den målte del af hver BIAS-region, beregnet for hver BIAS-region på baggrund af den samlede afstrømning ved målestationer med fuld tidsserie (106 stationer) (1991-2016) og den samlede DK-model afstrømning ved de samme målestationer, overføres til det umålte opland i hver BIAS-region (Figur 10). BIAS korrektionen beregnes som en månedlig procentvis BIAS, afhængig af den målte afstrømning og DK-model afstrømningen i den enkelte middel-måned. Der anvendes altså en månedsspecifik faktor (BIAS faktor) for hver måned for hver BIAS-region.

Figur 10. Flow diagram over beregning af $Q_{\text{umålt}}$. Som beskrevet i afsnit 3.2 beregnes en trendkorrektion for hver trendregion. For hver region beregnes en månedlig BIAS faktor imellem DK-model og målt afstrømning for stationer med fuld tidsserie. For umålt opland med DK-model afstrømning beregnes en trend- og BIAS-korrigeret afstrømning.



For 1990, hvor DK-modellen har en BIAS, pga. model-initialiseringen, foretages der en separat BIAS-korrektion. For hver BIAS region korrigeres måneds DK-model afstrømningen med den procentvise forskel på målt afstrømning og DK-model afstrømning, for målestationer med fuld tidsserie.

3.5 Beregning af afstrømning

Der beregnes for alle ID15 oplande en endelig afstrømningstidsserie i månedligt tidsskridt fra januar 1990 og frem. Den kan være baseret på målinger eller huludfyldt måletidsserie for det målte og delvist målte opland samt trend- og BIAS korrigerede DK-model afstrømninger for det umålte opland.

Id15 oplandene inddeles i 4 afstrømningskategorier

- Målte oplande med fuldstændig måletidsserie fra 1990
- Delvist målte oplande med måletidsserie for en periode efter 1990
- Umålte oplande uden måletidsserie men med DK-model tidsserie
- Umålte oplande uden måletidsserie og uden DK-model tidsserie.

For målte oplande tildeles alle ID15 oplande opstrøms målestationen samme vandføring som ved målestationen.

For delvist målte oplande anvendes den målte afstrømning for perioden med målinger, mens trend og BIAS-korrigerede DK-model-værdier anvendes for perioden uden målinger.

For umålte oplande med DK-model tidsserier, anvendes DK-model tidsserien med trend og BIAS-korrektion.

For umålte oplande uden DK-model tidsserie, tildeles en afstrømningstidsserie fra et sammenligneligt 4. ordens afstrømningsområde (Tabel 1).

Tabel 1. Reference 4.ordens oplande for øer, der ikke er dækket af DK-modellen.

Ø uden DK-model	Reference 4.ordens opland
Læsø	3920
Anholt	3510
Samsø	4120
Tun ø	4340
Endelave	4310
Sejersø	4120
Saltholm	7130
Peberholm	7130
Chr. Ø	9130

Ved afsluttet beregning er følgende tidsserier beregnet

1. Tidsserier fra stationer med fuld måletidsserie
2. Rå DK-model tidsserie for alle ID15 oplande med DK-model udtrækspunkt
3. Trendkorrigeret DK-model tidsserie for alle ID15 oplande med DK-model udtrækspunkt
4. Huludfyldt tidsserie for alle stationer med delvist målt tidsserie
5. Trend & BIAS korrigeret tidsserie for alle umålte ID15 oplande
6. Endelig tidsserie for alle ID15 oplande (opgjort af pkt. 1, 4 & 5)
7. Endelig tidsserier opgjort på 4. ordens kystafsnit på hhv.
 - Månedligt tidsskridt (bruges til den årlige opgørelse af vand og stof til havet)
 - Dagligt tidsskridt

4. Referencer

Højberg A.L., Stisen, S., Olsen, M., Troldborg, L., Uglebjerg, T.B., Jørgensen, L.F. (2015a) DK-model2014, Model opdatering og kalibrering. GEUS rapport 2015/8.

Højberg AL, Windolf J, Børgesen CD, Troldborg L, Tornbjerg H, Blicher-Mathiesen G, Kronvang B, Thodsen H og Ernstsén V (2015b) National kvælstof-model - Oplandsmodel til belastning og virkemidler: Metode rapport - Revideret udgave september 2015. De Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. ISBN 978-87-7871-417-6

Refsgaard, J.C., Stisen, S., Højberg, A.L., Olsen, M., Henriksen, H.J., Børgesen, C.D., Vejen, F., Kern-Hansen, C. and Blicher-Mathiesen, G., 2011. Vandbalance i Danmark.

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Kjeldgaard, A. (2018): Vandløb 2016 - Kemisk vandkvalitet og stoftransport. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 270. <http://dce2.au.dk/pub/SR270.pdf>

Windolf, J, Ovesen, NB, Troldborg, L & Henriksen, HJ 2009, 'Ferskvandsafstrømning' Vand og Jord, bind 16, nr. 3, s. 100-103.

Windolf, J., Thodsen, H., Troldborg, L., Larsen, S.E., Bøgestrand, J., Ovesen, N.B. and 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(9): 2645-2658.

UDVIKLING AF VANDDELEN AF DK-QNP TIL HAVBELASTNINGSBEREKNINGER

Dokumentation af metodeopdateringen for opgørelsen af den årlige vandafstrømning til havet. Denne tekniske rapport er afslutningen på projektet "Udvikling af vanddelen af DK-QNP til havbelastningsberegninger fra 2018" finansieret af Miljøstyrelsen. Projektet begyndte oktober 2017 og afsluttes december 2018. Ændringen i den opgjorte vandafstrømningsmængde samt transport af total kvælstof (TN) og total fosfor (TP) rapporteres, efter aftale med MST senere i en særskilt rapport, hvor også ændringer forårsaget af nye empiriske modeller til estimering af TN og TP koncentrationer rapporteres. Nye TN og TP koncentrationsmodeller udvikles i separate projekter.