

National Kvælstofmodel

Opgørelse af ændret kvælstofpåvirkning til grundvandsforekomster fra den nuværende regulering til den kommende regulering

Lars Troldborg, Maria Ondracek & Julian Koch

National Kvælstofmodel

Opgørelse af ændret kvælstofpåvirkning til grundvandsforekomster fra den nuværende regulering til den kommende regulering

Lars Troldborg, Maria Ondracek & Julian Koch

Indhold

1.	Sammenfatning	4
2.	Indledning	5
3.	Metodebeskrivelse	6
3.1	Model for beregning af N-belastning af grundvandsforekomster	6
3.2	Metode for beregning af N-belastning som overskrider kravet om "ikke-forningelse".	7
4.	Modelgrundlag	8
4.1	Grundvandsmodel og partikelbanesimulering.....	8
4.2	Implementering af seneste afgrænsning af grundvandforekomster.....	9
4.3	Implementering af redoxgrænser	10
4.4	Belastningsandele og opgørelser på rastergrid	10
5.	Scenarie- og prognose beskrivelser	12
5.1	Scenarier for udvaskningsdata	12
5.2	Prognose beskrivelser	14
6.	Resultater	16
7.	Referencer	20
Bilag I.	Redoxmodel	21
Bilag II.	Leverance beskrivelse	24
Bilag III.	Første beregninger med version 2016 af N-modellen	31
Bilag IV.	Scenariedata beskrivelse fra MST	34

1. Sammenfatning

Der vil fra Vandområdeplan 2 (VP2) til Vandområdeplan 3 (VP3) være en ændring i reguleringen af kvælstof i landbruget i forhold til kystvande, idet nogle kystvande kan nå "god økologisk tilstand" alene med en kvælstofregulering svarende til baselineeffekterne og VP3-indsatser uden målrettet regulering eller med reduceret målrettet regulering. Der vil derfor være kystoplande, hvor den tidligere besluttede målrettede regulering bortfalder eller reduceres.

Der er gennemført beregninger for hvilke ID15-oplande, indenfor de kystoplande omfattet af det lavere krav til målrettede regulering, der bidrager med vand til de enkelte grundvandsforekomster, og hvor lang tid det tager vandet at nå til grundvandsforekomsterne. Den ændrede kvælstofbelastning er for to prognosescenarier omregnet til en nitratkoncentration i grundvandet, der strømmer til grundvandsforekomsterne, så nitratpåvirkningen af grundvandsforekomsterne kan sammenholdes med resultaterne af tilstandsvurderingen for nitrat i grundvandsforekomster i Vandområdeplan 3 med henblik på at vurdere, om kravet om "ikke-forringelse" er overholdt for de berørte grundvandsforekomster.

Prognoseberegningerne viser at der vil være en forskel på belastningen af grundvandsforekomsterne som følge af et skift i målrettet regulering fra VP2 til VP3. Det samlede merbelastning ift. et krav om ikke-forringelse ved skift i regulering er opgjort til ca. 700 ton N. Samtidigt viser prognoseberegningerne at udvaskning indenfor de kystoplande som er omfattet af lavere krav til målrettet regulering med udgangen af VP3 vil være i samme størrelsesorden som udvaskningen med udgangen af VP2 (effekten af baseline i VP3 svarer nogenlunde til effekten af målrettet regulering under VP2). Prognoserne viser samlet set at et ændret krav til målrettet regulering på lang sigt ikke fører til væsentlig merforringelse for de berørte grundvandsforekomster (ca. 2 ton N), men på kort sigt (minimum 5-20 år vurderet ud fra simpelt estimat af transporttiden til og opholdstiden i de berørte forekomster), vil der være en merbelastning ift. kravet om ikke forringelse startende på ca. 700 ton N pr år.

2. Indledning

Der vil fra Vandområdeplan 2 til Vandområdeplan 3 være en ændring i reguleringen af kvælstof i landbruget i forhold til kystvande, idet nogle kystvande kan nå "god økologisk tilstand" alene med en kvælstofregulering svarende til baselineeffekterne og VP3-indsatser uden målrettet regulering eller med reduceret målrettet regulering. Der vil derfor være kystoplande, hvor den tidligere besluttede målrettede regulering (MR) bortfalder og ikke videreføres i Vandområdeplan 3 samt områder, hvor den målrettede regulering reduceres. Ændringen i reguleringen kan have betydning for nitratpåvirkningen af grundvandsforekomster i tilknytning til disse kystoplande, og der er samtidigt et krav (ifølge Vandrammedirektivet) om at "ikke-forringelse" skal overholdes for alle grundvandsforekomster, der påvirkes af ændringen i den målrettede regulering.

Dette projekt er igangsat for at analysere, om denne ændring i reguleringen har betydning for nitratbelastningen til de grundvandsforekomster, der påvirkes af tilstrømmende grundvand fra disse vandoplande. Formålet er at undersøge, hvorvidt kravet om "ikke-forringelse" kan overholdes for alle de grundvandsforekomster, der påvirkes af ændringen i en målrettet regulering indenfor de berørte kystoplande.

Der er til Vandområdeplan 3 foretaget en ny-afgrænsning af grundvandsforekomster (Trolsborg, 2020). Undersøgelsen er derfor foretaget for de ny-afgrænsede grundvandsforekomster som til projektet er indbygget i den Nationale Kvælstofmodel.

Scenariedata for ændringer i kvælstofudvaskning, fordeling af kvælstofreducerende effekter for baseline, målrettet regulering Vandområdeplan 2, målrettet regulering Vandområdeplan 3 etc. er leveret af Miljøstyrelsen (MST) og beskrevet i Bilag IV.

3. Metodebeskrivelse

3.1 Model for beregning af N-belastning af grundvandsforekomster

Med udgangspunkt i den Nationale Kvælstofmodel (N-model) simuleres nitrattransport fra rodzonen til grundvandsforekomsterne. Med N-modellen simuleres nitrattransport i grundvandet ved hjælp af partikelbanesimuleringer, hvor partikler styres af grundvandets strømninger fra rodzonen til (toppen af) grundvandsforekomsterne. Grundvandets strømninger beregnes dynamisk med den Nationale vandressource model (DK-model) (Stisen, et al., 2019). Partiklernes start- og slutposition, transporttid og hvorvidt partiklerne passerer gennem en redoxzone undervejs gemmes og bruges i en postprocessering af, hvordan de enkelte grundvandsforekomster påvirkes af N-tilstrømningen som følge af ændret N-udvaskning fra rodzonen.

Ud fra partikelbane simuleringerne kan det opgøres, hvilke grundvandsmagasiner og grundvandsforekomster, der er får tilført N fra de enkelte ID15-område indenfor de kystområde, der er omfattet af ændring i den målrettede regulering som følge af tilstandsvurderingen for kystområde til Vandområdeplan 3.

Når grundvandsforekomsternes nitratbelastning skal modelleres, er oxidationsvolumenprocenten, dvs. volumenprocenten af oxideret (og dermed potentielt nitratholdigt) vand i forhold til reduceret (og dermed pr definition nitratfrit) vand, afgørende for vurderingen af, om en eventuel øget belastning kan ændre nitrattilstanden for grundvandsforekomsten eller ej. Sammenhængen mellem oxidationsvolumen og den beregnede nitrattilstand af grundvandsforekomsterne er sådan, at hvis oxidationsvolumen er mindre end 20%, så vil en øget belastning til denne del ikke kunne ændre ved den beregnede nitrattilstand. Områder af de enkelte grundvandsforekomster med tilstrømning af nitratfrit vand og det samlede volumen af hhv. reduceret og oxideret vand bestemmes ud fra kendskab til redoxgrænsens beliggenhed.

Transport til de enkelte grundvandsforekomster implementeres ved, at hver partikel, der passerer ind i en magasinafgrænsning, registreres med et partikel-id, startposition, registreringsposition, transporttid og et magasin-id. Tilsvarende ved passage ind i en redoxzone, hvor der desuden registreres redoxzone id. Ved postprocessering af magasin- og redox-registreringer kan det afgøres, om de enkelte partikler kan transportere N til magasinet. Alle partikel registreringer, magasin og forekomst stamdata (id, grundvandsdannelse, oxidationsvolumen, samlet volumen) er samlet i en database sammen med scenarie data for N-udvaskning, hvor postprocesseringen foregår og hvor den samlede N-tilstrømning til alle magasiner og forekomster efterfølgende kan beregnes ud fra.

Den samlede N-tilstrømning til en grundvandsforekomst udregnes som summen af N-tilstrømning til magasinerne tilhørende denne forekomst. Den gennemsnitlige nitratkoncentration af det tilstrømmende vand til et magasin udregnes ved at dividere N (omregnet til nitrat [kg/år])

med den gennemsnitlige vandtilstrømning (grundvandsdannelse [$\text{m}^3/\text{år}$]) til magasinet. Opsummering af N-tilstrømning på grundvandsforekomstniveau findes ved at summere N-tilstrømningen til de enkelte magasiner, som hver grundvandsforekomst består af.

3.2 Metode for beregning af N-belastning som overskrider kravet om "ikke-forringelse"

Kravet om ikke-forringelse indebærer, at grundvandsforekomster i kemisk god tilstand for nitrat ikke må bringes i ringe tilstand, og at belastningen til grundvandsforekomster, der allerede er i ringe tilstand, ikke må øges, så grundvandsforekomsten bringes længere fra målopfyldelse. En grundvandsforekomst er i ringe tilstand, når nitratkoncentrationen overskrider drikkevandskvalitetskravet på 50 mg/l i over 20 % af grundvandsforekomsten (svarende til at mere end 20 % af grundvandsforekomsten er oxideret). Kompensationsbehovet er den del af N-tilstrømningen, der overskrider kravet om "ikke-forringelse".

Opgørelsen af kompensationsbehovet, ift. krav om "ikke-forringelse", er således dels afhængig af de enkelte magasiners og grundvandsforekomsters oxidationsvolumenprocenter og dels af den gennemsnitlige nitratkoncentration af det tilstrømmende vand til de oxiderede dele af de enkelte magasiner og grundvandsforekomster. Kompensationsbehovet udregnes for hver af scenarierne rent praktisk ved at beregne N-belastningen til magasinerne med N-modellen og sammenholde denne med beregninger af, hvor meget N, de enkelte magasiner skal belastes med, for at det tilstrømmende vand til de enkelte magasiners oxiderede områder har en gennemsnitskoncentration på 50 mg nitrat/l (svarende til grundvandskvalitetskravet for nitrat i drikkevand).

For hvert scenarie opgøres kompensationsbehovet på magasinniveau ved at udregne merbelastningen over grænseværdien, dvs. trække den del af N-belastningen, der i referencescenariet (*før* ændring i målrettet regulering) giver en magasinbelastning på mere end 50 mg nitrat/l, fra N-belastningen i fremskrivningsscenariet (*efter* ændring af målrettet regulering) for det pågældende scenarie (også benævnt 'Differens over grænseværdibetragtning' i seneste rapport om N påvirkning af grundvand (Troldborg, et al., 2016)). Oxidationsvolumen indgår i den efterfølgende beregning ved at udelade merbelastninger fra magasiner eller grundvandsforekomster hvor oxidationsvolumen er 20% eller mindre (svarende til en accept af merbelastning over grundvandskvalitetskrav på 50 mg nitrat/l, hvis dette kun sker i mindre dele af magasinet/forekomsten). Metoden for udregning af kompensationsbehov er nærmere beskrevet i (Troldborg, et al., 2016).

4. Modelgrundlag

Udviklingen af modelkomplekset og datagrundlaget anvendt til vurdering af påvirkningen af grundvandsforekomster er dokumenteret i Troldborg et al. (2016). Den tidligere udviklede model for beregning af belastning til grundvandsforekomster var udviklet til de dengang godt 400 forekomster. Modelkomplekset er dels opdateret med de nye grundvandsforekomst- og magasinafgrænsningerne fra 2019 (Vandområdeplan 3), dels er modellen videreudviklet til at kunne producere grid med transporttidsfordelinger og endelig er der arbejdet med at sikre bedre overensstemmelse mellem vandprøver udtaget under den øverste redoxgrænse med indhold af ilt eller nitrat (såkaldte A og B vandtyper) og grundvandsforekomsternes oxiderede volumen.

For alle øvrige inputvariable og -parametre bruges de rapporterede fra seneste version af DK-model (DK-model2019) og N-model (NKM2020). DK-model2019 og NKM2020-parametriseringer, kalibrering og validering er dokumenteret i to rapporter: Modelopstilling og kalibrering af DK-model2019 (Stisen, et al., 2019) og GEUS Specierapport National kvælstofmodel – version 2020 - Metode rapport (Højberg, et al., 2021). For de to modeller er alle modelinput opdateret frem til og med udgangen af 2019 (indvinding, hydrogeologi, vandløbsopsætning osv.).

4.1 Grundvandsmodel og partikelbanesimulering

Vandstrømningerne i grundvandszonen beregnes med DK-model2019 (Stisen, et al., 2019) hvor opdaterede modelinput frem til udgangen af 2019 er inkluderet. Opdateringerne inkluderer et revideret dynamisk korrigeret nedbørsgrid fra DMI fra 2010 og frem, som ikke var anvendt i modelkalibreringen af DK-model2019, men vurderes at delvis løse problemet med diskontinuitet i nedbørsmængder før og efter 2010 (Andersen, 2021). Indvindingsmængderne i modellen er opdateret til og med 2019 og er de samme som anvendt i vurderingen af de danske grundvandsforekomsters kvantitative tilstand (Henriksen, et al., 2019).

Grundvandets strømning simuleres dynamisk med daglige tidskridt for en 10-års periode (2000 – 2010) som gentages i partikelbanesimuleringerne så den samlede beregningsperiode for partiklerne er 1000 år. Den lange beregningsperiode skal sikre at alle partikler når hele vejen fra toppen af grundvandsspejlet til hav, dræn, vandløb eller en boring. For en nærmere beskrivelse for baggrunden for de modeltekniske valg med dynamik, beregningsperiode, partikelbane simulering mm. henvises til (Højberg, et al., 2021).

4.2 Implementering af seneste afgrænsning af grundvandsforekomster

Troldborg et al. (2020) foretog en analyse for at afgrænse magasiner og grundvandsforekomster med udgangspunkt i DK-modellen. Nærværende version af N-modellen er opdateret med placering og oxidationsforhold for alle 2253 magasiner og 2050 grundvandsforekomster som er afgrænset i seneste revision af grundvandsforekomster. Tabel 1 opsummerer antal og størrelser af afgrænsede magasiner. Det "DKMlag" uden nummerering ("ks"), stammer fra ikke lagspecifikke grundvandsforekomster af de øer hvor DK-modellen ikke er opstillet (Anholt, Læsø, Samsø, Tunø, Endelave og Christiansø), mens "Lag1"- "lag6" ligger alle på Bornholm, hvor magasinerne ofte ligger i forkastede blokke af prækvartær oprindelse.

Tabel 1 Magasin afgrænsninger pr. DKM hydrostratigrafisk lag (Troldborg, 2020)

DKMlag	antal magasiner	mindste areal [ha]	største areal [ha]	Middel areal [ha]	samlet areal [ha]
ks	5	351	11630	5147	25733
ks1	452	25	25019	802	362647
ks2	450	25	73031	3069	1381108
ks3	379	28	158563	6003	2275277
ks4	208	26	166840	10998	2287499
ks5	234	25	105882	4049	947575
ks6	97	25	17667	1011	98076
ps1	83	28	171494	9937	824786
ps2	23	266	154102	22542	518475
ps3	42	34	98501	8373	351674
ps4	32	35	223193	16826	538425
ps5	24	42	91202	10695	256689
ps6	76	36	167669	8108	616188
kalk	74	25	207492	24340	1801163
lag1	22	65	5745	804	17697
lag2	23	105	17870	1242	28555
lag3	14	94	16389	1571	21989
lag4	5	129	15745	3779	18893
lag5	4	147	15420	4436	17745
lag6	6	101	11679	2311	13867

ksX= kvartære magasiner; psX= prækvartære magasiner; kalk= kalk/kridt, lagX= lagenheder på Bornholm

På baggrund af disse 2253 magasiner blev der i Troldborg et al. (2020) afgrænset i alt 2050 grundvandsforekomster, dvs. hvert magasin udgør typisk en grundvandsforekomst, men 97 grundvandsforekomster strækker sig over mere end et hydrostratigrafisk lag, og 14 af grundvandsforekomsterne består af fem eller flere magasiner. For en nærmere beskrivelse af magasiner og grundvandsforekomster henvises til Troldborg et al. (2020).

4.3 Implementering af redoxgrænser

Omsætning af nitrat i undergrunden er tidligere blevet kvantificeret ved om vandet med nitrat er passeret gennem en enkelt (øverste) redox grænse. Under arbejdet med nitrattilstandsvurderingerne til Vandområdeplan 3, er det erfaret, at denne redoxbeskrivelse kan bidrage til en undervurdering af det samlede magasin oxidationsvolumen for magasiner beliggende i områder med stor geologisk kompleksitet. I disse områder er flere steder iagttaget vandprøver af vandtypen A og B (med ilt eller mere end 1mg/l nitrat) fra boringsindtag beliggende under den øverste redoxgrænse dannet ud fra første farveskift.

Hypotesen er at den geologiske kompleksitet kan generere vinduer hvor ilt- og/eller nitratholdigt vand kan infiltrere til dybereliggende magasiner. For at imødekomme dette har GEUS udviklet en ML-model hvor der indgår en ekstra dybere redoxgrænse i områder med stor geologisk kompleksitet. ML-modellen inddrager vandkemi data til at lokalisere ilt- og nitratholdigt vand under den øverste redoxgrænse. Dybden til de redoxgrænser modelleres samtidigt ved hjælp af en multi-regressions maskinlæringsmodel for at optimalt udnytte de tilgængelige data for redoxforhold. Derudover indeholder modellen en efter-processering med henblik på at sikre en realistisk redoxkompleksitet, dvs. at udbredelsen af den dybereliggende redoxgrænse er begrænset til områder med en markant geologisk kompleksitet. Bilag I indeholder en nærmere beskrivelse af arbejdet med udvidelse af ML-modellen.

For alle magasiner og grundvandsforekomster er der beregnet oxidationsvolumen og -procent ift. samlet volumen. Beregningen inddrager afgrænsningen af den nedre kendte bund af oxidationsforhold. Grundvandsforekomsternes volumen udregnes ved simpel summering af magasin volumener. Data for oxidationsvolumen og procenter er indlagt i tabellen med hovedresultater vedhæftet denne rapport, sammen med data for gennemsnitsgrundvandsdannelsen (nedsivningen i mm/år beregnet med DK-model2019) samlet set og af oxideret vand til magasiner og grundvandsforekomster.

4.4 Belastningsandele og opgørelser på rastergrid

Ligesom i tidligere opgørelser er der lavet en opsummering på ID15 niveau af delbidraget til samlet N-belastning af de enkelte grundvandsforekomster (bidragsfordeling eller distribution). Bidragsfordelingen leveres som en tabel med angivelse af samlet ID15 id, magasin id, grundvandsforekomst id, samlet ID15 udvaskning, ID15 delbidrag som rammer et specifikt grundvandsmagasin og grundvandsforekomst, samt andelen af ID15 bidraget ift. den samlede N-tilstrømning til grundvandsforekomsten.

Herudover er dannet rastergrid (500x500m²) med opgørelser af hvor stor en andel af N-udvaskningen som ender i magasinerne (med opgjort kompensationsbehov), hvor stor en andel af alle partikler som ender i magasinerne (med opgjort kompensationsbehov), samt den gennemsnitlige transporttid fra rodzonen til toppen af øverste magasin (med opgjort kompensationsbehov).

De enkelte rastergrid dannes som delresultater ud fra partikelbane simuleringerne ved at opsummere transporttider, grundvandsforekomst og redox registrering på gridniveau fra det punkt, hvor de enkelte partikler starter (udvaskes). Det skal bemærkes at N-modellen ikke er kalibreret eller testet mod N-observationer på skala mindre end ID15 oplande, og at N-modellens nøjagtighed derfor ikke kan opgøres på gridskala. Til trods for dette er rastergrid resultaterne opgjort på den beregningsskala som modellen arbejder med (500x500m²), men som følge af ovenstående må det forventes at resultaterne ikke kan anvendes med en præcision som er mindre end forskellen mellem de enkelte grid, før der er midlet over 3-5 grid, og at alle rastergridresultater skal betragtes som vejledende eller ”bedste estimat”.

5. Scenarie- og prognose beskrivelser

DCA har gennemført NLES5 beregningerne med landbrugspraksis og vandbalance for året 2017, dvs. efter målretning af efterafgrøder og efter højere N normer med Fødevarer- og Landbrugspakken. NLES5 beregningerne benyttes som udgangspunkt for en opdateret analyse af ændringen af kvælstofpåvirkning af grundvandsforekomster som følge af ændring i målrettet regulering. NLES5-modellen beregner kvælstofudvaskning fra rodzonen på baggrund af landbrugspraksis iht. gødsning, sædskifte og jordtype samt afstrømning med Daisy-modellen. Kvælstofudvaskningen fra rodzonen er beregnet med DMI nedbørsdata frem til 2017, mens klimanormaliseringen er sket på baggrund af data fra 1990 til 2011, og ikke perioden 2012-2018 som følge af at der på trods af de forbedringer DMI har implementeret i 2021 stadigvæk, er en udfordring med diskontinuitet, mellem nedbørsmængderne før og efter 2010, der ikke entydigt har kunne svares for endnu.

Modellering af N-belastning til grundvandsforekomsterne er gennemført på baggrund af scenarier for VP3 ændringer i N-udvaskning i forhold til året 2018, da VP3 estimerer for baseline udvikling omfatter 2019-2027. Beregningerne er gennemført med udgangspunkt i de klimanormaliserede NLES5 beregninger. Der er tillige gennemført supplerende beregninger med modelopsætningen fra 2016 (Troldborg et al., 2016) på baggrund af NLES4 klimanormaliseret udvaskning for 2011 for at sikre konsistens med disse tidligere udvaskningsscenarier, dvs. med alle forbehold oplyst i 2016 rapporten vedr. udvikling af baseline effekter, skovrejsning osv. ifm. udregningen af 2018 udvaskningen. Resultaterne for de supplerende beregninger ligger i Bilag III.

5.1 Scenarier for udvaskningsdata

Data for påvirkning af N-udvaskning fra rodzonen efter 2018 (bl_vp3, ind_vp3, mr_2022, mrVP3_3500 og mrVP3_6500) er leveret af MST (2022) på 500x500m² polygon format. Tabel 2 indeholder en kort beskrivelse af effekterne og den summerede påvirkning på N-udvaskning fra rodzonen angivet i ton N (nærmere beskrevet i Bilag IV). I samme tabel fremgår med hvilken effekt de enkelte elementer indgår i de forskellige scenarier. Sce120 (DCA_datatjek) er en simpel opgørelse af den samlede årlige udvaskning fra rodzonen på baggrund af DCA's udregning med NLES5 for markblokke og baggrundsbelastningen (tør og vådnatur = 2 kgN/ha, skov=5 kgN/ha, resten = 0 kgN/ha, se evt. Troldborg et al. 2016 for en nærmere beskrivelse).

Tabel 2 Scenariedata. Sum kolonnen angiver effekten af scenarie elementerne ved de angivne procent satser (fx bl_1 11%=632 ton N/år). De enkelte scenarie elementer medregnes eller udelades af de samlede scenarier med effekten angivet i sum kolonnen, mens procent angivelserne primært er angivet for at kunne sammenligne med tabellen i Troldborg et al. 2016.

Leverandør	Kort navn	DCA datatjek (sce 120)	VP2mr_NoBas (sce 121)	VP2mr (sce 122)	VP3_mr3500 (sce 123)	VP3_mr6500 (sce 124)	Sum [ton N]	Beskrivelse
DCA 2022	NLES5_2017	100%	100%	100%	100%	100%	170.112	NLES5/Daisy klimanormaliseret Udvaskning (markblok2017)
MST 2016 (2017-2018)	bl_1	0%	(11%)	(11%)	(11%)	(11%)	632	Effekt af grundvandsrelaterede baselineelementer: energijafrøder, økologi, miljøgodkendelser, biogas, slæt, udbyttestigning. Teknisk justering ikke indregnet [hovedvandopland.kun.markblok.area]
	lp_3	0%	(11%)	(11%)	(11%)	(11%)	10	Effekt af delvis ophør med forbud mod jordbearbejdning [kystopland.kun.markblok.area]
	bl_2	0%	(11%)	(11%)	(11%)	(11%)	331	Effekt af fald i N deposition [hovedvandopland.hele.area]
	lp_1	0%	(20%)	(20%)	(20%)	(20%)	50	Skovrejsning [kystopland.markblok.id]
MST 2022 (2019-2025)	bl_vp3	0%	0%	100%	100%	100%	13.364	Effekt af grundvandsrelaterede baselineelementer (2021-2027): Der medtages de elementer, der påvirker rodzoneudvaskningen, d.v.s.: Atmosfærisk bidrag, nedgang i dyrket areal, skovrejsning, ændring i udbytter og norm, ændring i lukkeperioder, ændring i gødsning på §3, ændrede udnyttelseskrav, privat skovrejsning. [grid]
	ind_vp3	0%	0%	100%	100%	100%	8.133	Indsats i VP3 som er grundvandsrelaterede, dvs. ES miljø og klimagræs, Skovrejsning, Skovrejsning. Kollektiv indsats, GLM8, ES biodiversitet, Ekstensivering, Bruttoarealmodel [grid]
	mr_2022	0%	100%	100%	0%	0%	12.325	VP2 målrettet regulering [grid]
	mrVP3_3500	0%	0%	0%	100%	0%	12.554	VP3 målrettet regulering 3500 tons [grid]
	mrVP3_6500	0%	0%	0%	0%	100%	24.177	VP3 målrettet regulering 6500 tons [grid]
samlet udvaskning [ton N]		170.112	159.364	137.867	137.638	126.015		

DCA's opdatering af datagrundlaget af N-udvaskning fra rodzonen gælder til og med 2017, og der vil i de angivne scenarier (sce120-sce124) mangle indregning af baseline-effekter samt effekt af skovrejsning for året 2018. I Tabel 2 ovenfor drejer det sig om at udvaskningsbegrænsende effekter fra bl_1, bl_2 og lp_1 og øgende effekt fra lp_3 der mangler for året 2018, svarer i princippet til 11 % (67-56 %) af den fulde effekt af bl_1, bl_2 og lp_3 og 20 % (40-60 %) af lp_1. Tabellen viser størrelsen af effekten for scenarie elementerne i tons N for året 2018. Den samlede VP2 baseline effekt mellem 2017 og 2018 er estimeret til 1.003 ton N (632-10+331+50 ton N). Dette skal sættes i forhold til en total udvaskning fra rodzonen for 2017 beregnet til 170.112 ton N (DCA – sce120), hvilket betyder at baseline-effekter samt effekt af skovrejsning fra 2017-2018 svare til ca. 6-8 promille af den beregnede udvaskning ud af rodzonen.

Den procentvise neddeling (de 11% og 20%) af VP2 baseline elementerne og skovrejsning per år er imidlertid forbundet med stor usikkerhed, og det samme gælder fordelingen på landsplan. Det vurderes derfor at det vil være forbundet med en væsentlig usikkerhed at medtage baseline elementerne fra året 2017-2018, hvorfor det i fællesskab med MST besluttet ikke at inddrage en effekt baseline og skovrejsning for året 2018, samtidigt vurderes det, at den manglende effekt af disse elementer i 2018 ikke har væsentlig indflydelse på resultatet.

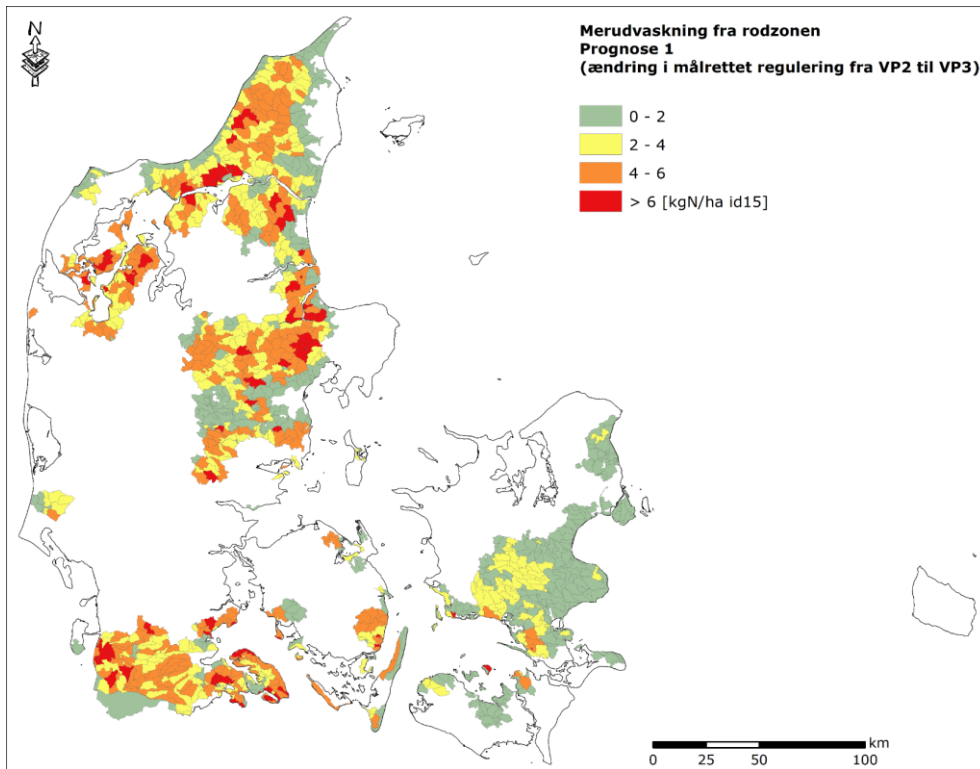
5.2 Prognose beskrivelser

Der vil fra VP2 til VP3 være en ændring i reguleringen af kvælstof i landbruget i forhold til kystvande, idet nogle kystvande kan nå "god økologisk tilstand" alene med baselineeffekterne og VP3 indsatser uden målrettet regulering. Der vil derfor være kystvande, hvor den tidligere besluttede målrettede regulering bortfalder eller reduceres. Formålet med analysen er at undersøge, om ændringen i målrettet regulering kan have betydning for nitratpåvirkningen af grundvandsforekomster i tilknytning til disse kystvande, og dermed om kravet om "ikke-forringelse" overholdes for alle grundvandsforekomster, der påvirkes af ændringen i den målrettede regulering. Der er gennemført to typer af prognose beregninger for kompensationsbehovet som følge af ændret målrettet regulering fra Vandområdeplan 2 til Vandområdeplan 3.

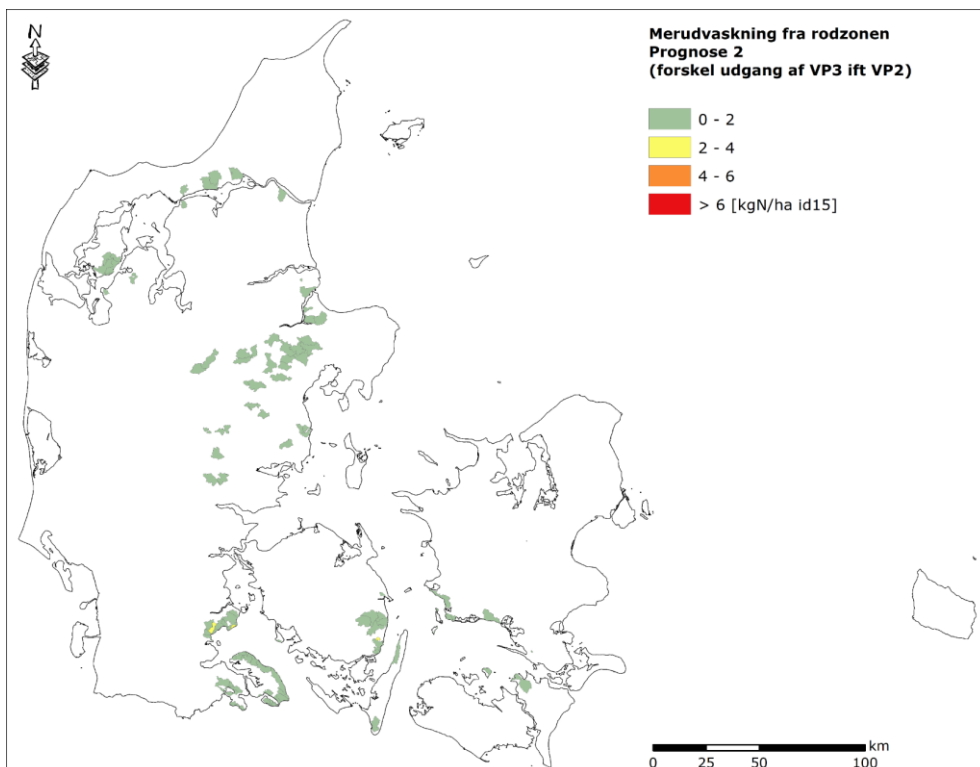
Prognose 1 undersøger om merudvaskningen fra rodzonen som følge af ændringen i den målrettede regulering medfører en merbelastning. Prognosen tester således om fjernelse eller reduktion af målrettet regulering giver en forringelse af tilstanden i grundvandsforekomsterne og dermed om kravet om "ikke-forringelse" overholdes. Prognose 1 er sammensat af et referencescenarie, hvor målrettet regulering for vandområdeplan 2 fortsættes ligesom de generelle grundvandsrelaterede effekter og baseline effekter fortsættes (benævnt VP2mr i Tabel 2), og et udviklingsscenario hvor målrettet regulering fra vandområdeplan 3 har erstattet den målrettede regulering fra VP2 samt at de generelle grundvandsrelaterede indsatser og baseline effekter fortsætter (benævnt VP3_mr6500 i Tabel 2).

Prognose 2 tester om der vil være en merudvaskning fra rodzonen med udgangen af VP3 (2027) ift. ved udgangen af VP2 (2022), og om denne merudvaskning kan give en anledning til en forringelse af grundvandsforekomsterne. Prognose 2 er sammensat af et referencescenarie hvor målrettet regulering for vandområdeplan 2 fortsættes men hvor de generelle grundvandsrelaterede indsatser og baseline effekter udelades (benævnt VP2mr_NoBas i Tabel 2). Udviklingsscenariet er det samme som for prognose 1, dvs. indeholder målrettet regulering for vandområdeplan 3, samt generelle grundvandsrelaterede indsatser og baseline effekter (benævnt VP3_mr6500 i Tabel 2).

Prognoseberegningerne af merudvaskningen kan opgøres som den positive forskel mellem udviklingsscenariet og referencescenariet. Opgjort på ID15-oplandsniveau viser Figur 1 merudvaskningen for Prognose 1 (ændring i målrettet regulering fra Vandområdeplan 2 til Vandområdeplan 3), og Figur 2 viser merudvaskningen for prognose 2 (forskellen mellem udvaskningen med udgangen af VP3 og udvaskningen med udgangen af VP2).



Figur 1 Merudvaskning opgjort på ID15-oplandsniveau for prognose 1 (VP3_mr6500 ift VP2mr). Oplande uden merudvaskning er ikke farvelagt.



Figur 2 Merudvaskning opgjort på ID15-oplandsniveau for prognose 2 (VP3_mr6500 ift. VP2mr_NoBas). Prognosen for merudvaskningsberegningerne viser at langt de fleste ID15 oplande vil have en mindre N-udvaskning fra rodzonen (uden farve) med udgangen af VP3 end ved udgangen af VP2.

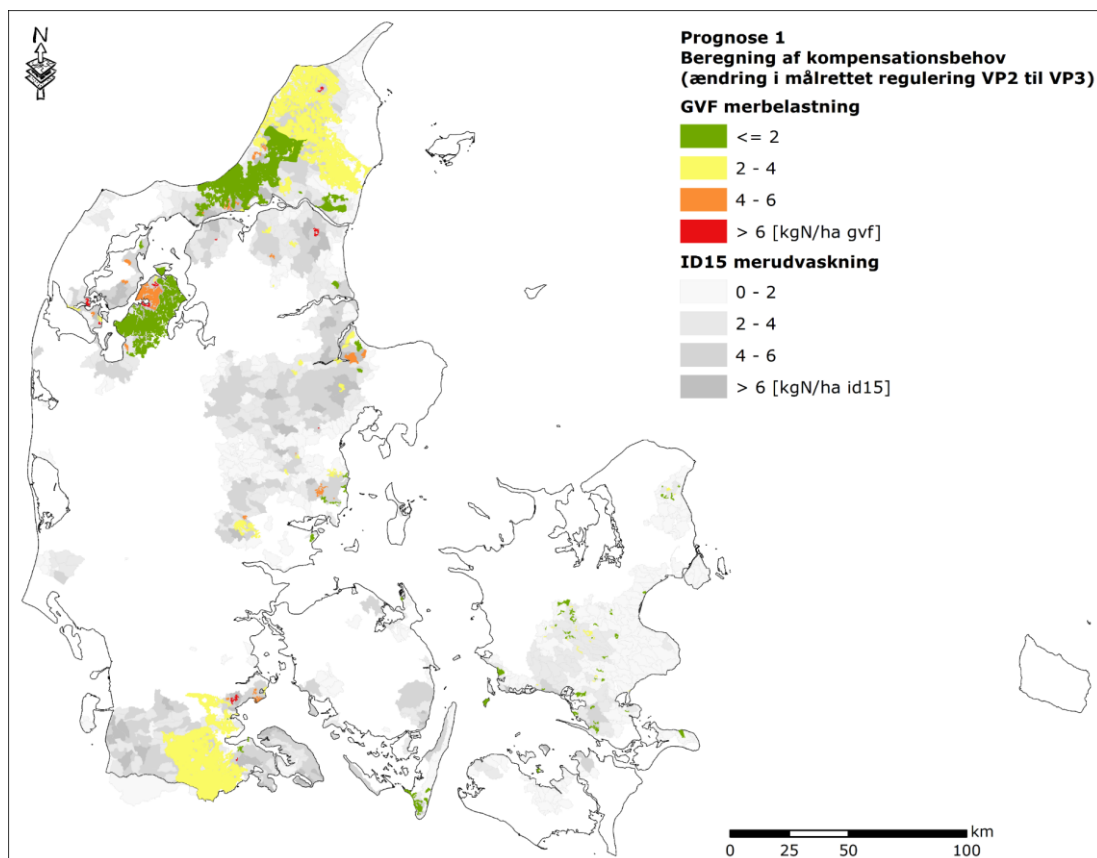
6. Resultater

Prognose 1 beregningerne viser at der på både kort og langt sigt vil være en forskel på belastningen af grundvandsforekomsterne som følge af et skift i målrettet regulering fra VP2 til VP3. Tabel 3 viser et behov for kompensation på ca. 704 ton N. Tabellen opsummerer den samlede merbelastning for alle grundvandsforekomster og for alle grundvandsforekomster med mere end 20% oxideret volumen for prognose 1.

Tabel 3 Opsummering af beregnet kompensationsbehov for prognose 1 (effekt af ændringer i målrettet regulering

Summeret kompensationsbehov ved ændring af målrettet regulering [kg N]	VP3_mr6500
<i>Summeret for alle grundvandsforekomster</i>	907.087
<i>Summeret for grundvandsforekomster >20% oxideret volumen</i>	704.275

Prognose 1 beregninger af kompensationsbehov (merbelastningen for forekomster med påvirkning over grænseværdien og mere end 20% oxideret volumen) og merudvaskningen er opgjort på Figur 3. Merbelastningen er opgjort i kg N til hele grundvandsforekomsten divideret med hele grundvandsforekomstens areal i ha. Merudvaskningen fra rodzonen er opgjort per ID15-opland i kg N divideret med arealet for det pågældende ID15-opland i ha.



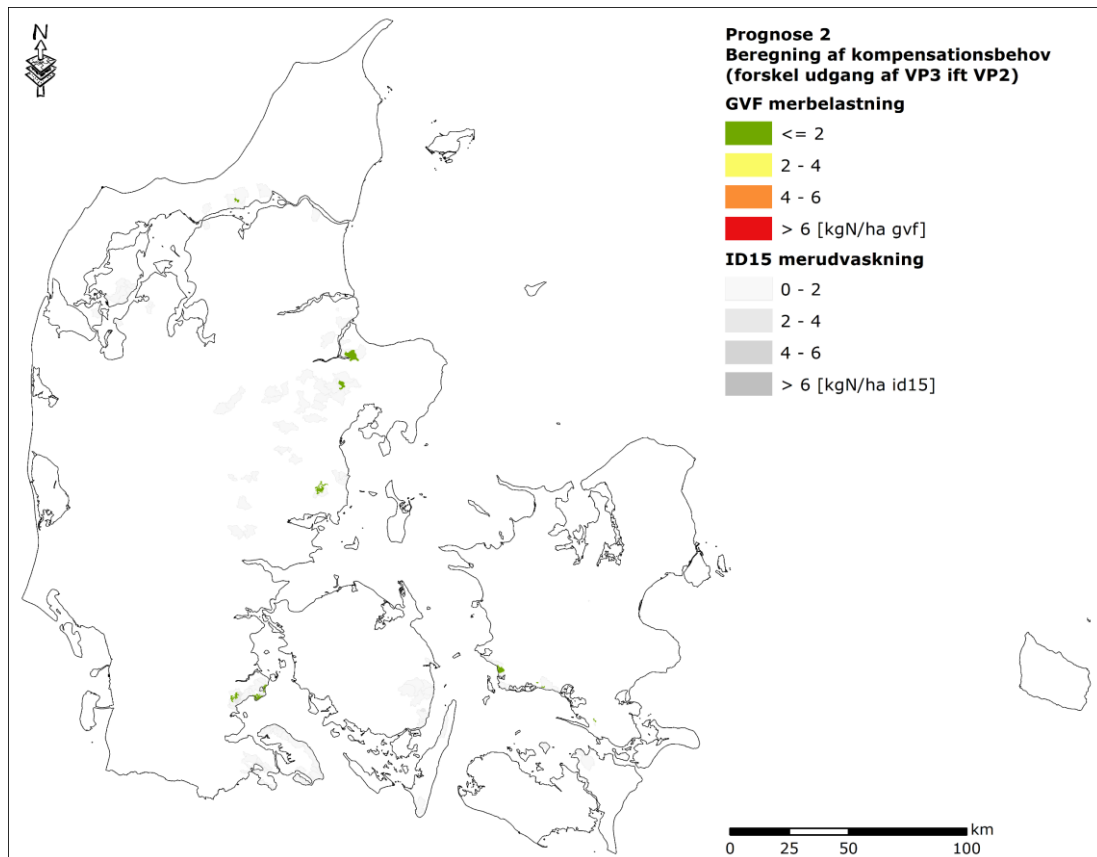
Figur 3 Prognose 1 beregninger af merbelastning for forekomster med påvirkning over grænseværdien og mere end 20% oxideret volumen. ID15 med merudvaskning ved prognose 1 er markeret med gråt (se evt. Figur 1)

Prognose 2 beregningerne antyder at forskellen mellem en 2022 N-belastningen til grundvandsforekomster og en VP3 N-belastningen til grundvandsforekomster vil være meget sammenlignelige. Tabel 4 opsummerer et potentielt kompensationsbehov på ca. 2 ton N for de områder hvor den målrettede regulering er planlagt til at stoppe eller blive reduceret. Tabellen opsummerer den samlede merbelastning for alle grundvandsforekomster og for alle grundvandsforekomster med mere end 20% oxideret volumen for prognose 2.

Tabel 4 Opsummering af beregnet kompensationsbehov for prognose 2 (forskul i belastning som følge af udvaskning efter udgangen af VP3 i forhold til udvaskning ved udgangen af 2022)

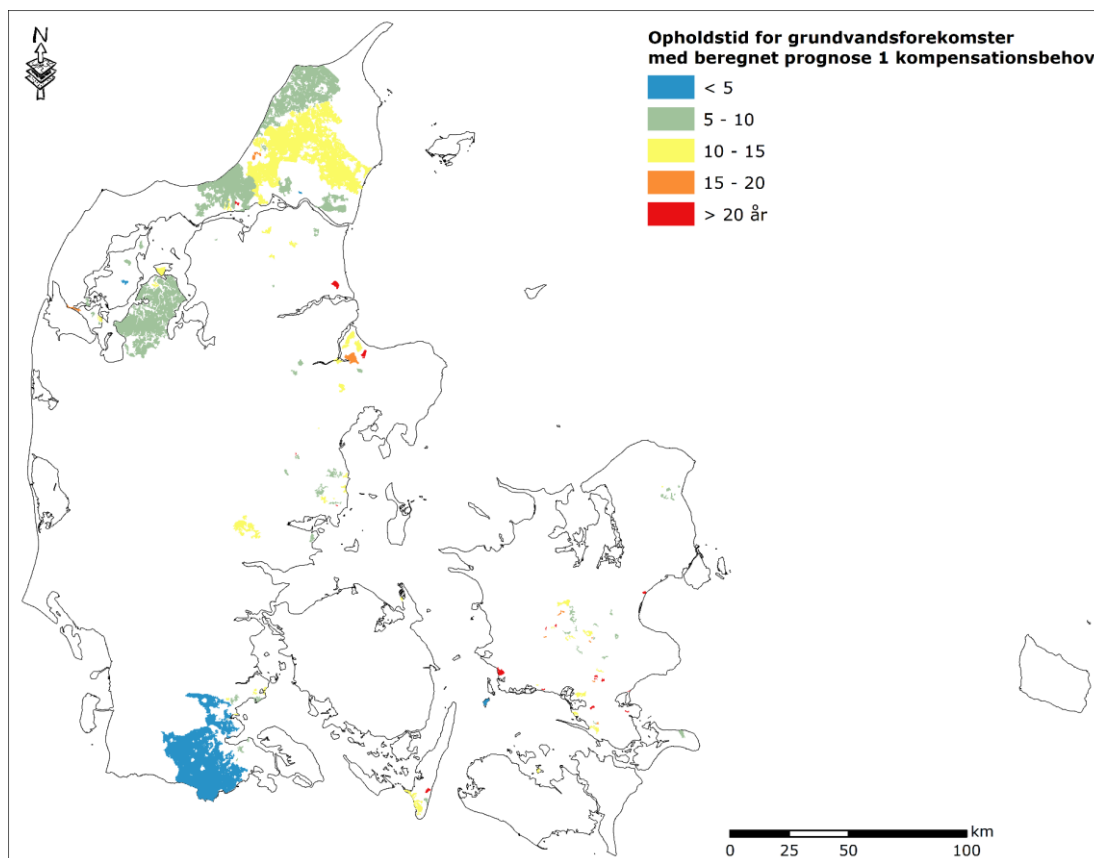
Summeret kompensationsbehov for områder med merbelastning med udvaskning ved VP3 regulering ift udgangen af 2022 [kg N]	VP3_mr6500
Summeret for alle grundvandsforekomster	2.037
Summeret for grundvandsforekomster >20% oxideret volumen	2.037

Prognose 2 beregninger af kompensationsbehov (merbelastningen for forekomster med påvirkning over grænseværdien og mere end 20% oxideret volumen) og merudvaskningen er opgjort på Figur 4. Tilsvarende Figur 3 er merbelastningen opgjort i kg N til hele grundvandsforekomsten divideret med hele grundvandsforekomstens areal i hektar (ha), og merudvaskningen fra rodzonen er opgjort per ID15-opland i kg N divideret med arealet for det pågældende ID15-opland i ha.



Figur 4 Prognose 2 beregninger af merbelastning for forekomster med påvirkning over grænseværdien og mere end 20% oxideret volumen. ID15 med merudvaskning ved prognose 2 er markeret med gråt (se evt. Figur 2)

Fordelingen af gennemsnitsopholdstider for alle grundvandsforekomster med simulereret merbelastning ved ændring i målrettet regulering (VP3_mr6500) er vist på Figur 5.



Figur 5 Opholdstid opgjort for grundvandsforekomster der i prognose 1 har en simuleret kompensationsbehov (merbelastning for forekomster med påvirkning over grænseværdien og mere end 20% oxideret volumen)

Alle resultater er samlet i tre datafiler.

1. For de enkelte udviklings- og referencescenarier er udvaskningen fra rodzonen opgjort på ID15-oplande, og for alle prognoserne er merudvaskning opgjort på ID15-oplandsniveau
2. For prognoserne er belastning og kompensationsbehov (merbelastning over 50 mg/l nitrat ved mere end 20% oxideret volumen) opgjort for magasiner og grundvandsforekomster.
3. Der er dannet en datafil med opgjorte transporttider fra rodzonen til de enkelte magasiner, N-massebelastning fra ID15-oplande til de enkelte magasiner og grundvandsforekomster for alle scenarier samt med beregninger af gennemsnits opholdstid af vand i den oxiderede zone opgjort for alle magasiner som oxideret volumen * porøsitet / grundvandsdannelsen.

Herudover er der produceret tre rastergrid med grundvandsdannende oplande (hvilke dele af oplandet bidrager med grundvandsdannelse til grundvandsforekomsterne), nitratoplande (hvilke dele af oplandet bidrager med nitrat til grundvandsforekomsterne) og transporttider fra rodzone til grundvandsforekomsterne med simuleret merbelastning ved ændring af målettet regulering (for prognose 1: VP3_mr6500 ift. VP2mr).

For en nærmere beskrivelse af de tre datafiler og rastergrid henvises til Bilag II.

7. Referencer

Andersen, RC., Christensen, OB., Schmith, T., Christiansen, B., Scharling, M., Vedel, H., Ri-bergaard, MH.,Vejen, F., Schmith, T., Olesen, M., Butts, M.,Sarup, K., 2021. *Undersøgelser af DMI's nedbørsdata til anvendelse for hydrologiske formål.* København : DMI, 2021. Tekniske rapport 21- 40. 2445-9127.

Henriksen, H.J., et al. 2019. *National Vandressource Model, Beregning af udnyttelsegrader, afsænkning og vandløbspåvirkning med DK-model2019.* s.l. : GEUS, 2019.

Højberg, A.L., et al. 2021. *National kvælstofmodel - version 2020, Metode rapport. GEUS Specialrapport. .* s.l. : GEUS, 2021.

Koch, J., et al. 2019. Modelling depth of the redox interface at high resolution at national scale using random forest and residual Gaussian simulation. *Water Resources Research*, 55. 2019, s. 1451 - 1469.

Stisen, S., et al. 2019. *National Vandresource Model, Modelopstilling og klaibrering af DK-model2019. GEUS Rapport 2019/31.* s.l. : GEUS, 2019.

Troldborg, L. 2020. *Afgrænsning af de danske grundvandsforekomster, Ny afgrænsning og delkarakterisering samt fagligt grundlag for udpegning af drikkevandsforekomster, GEUS rapport 2020/1.* s.l. : GEUS, 2020.

Troldborg, L., et al. 2016. *National Kvælstofmodel - Kvælstofpåvirkning af grundvand.* s.l. : GEUS, DCE og DCA, 2016.

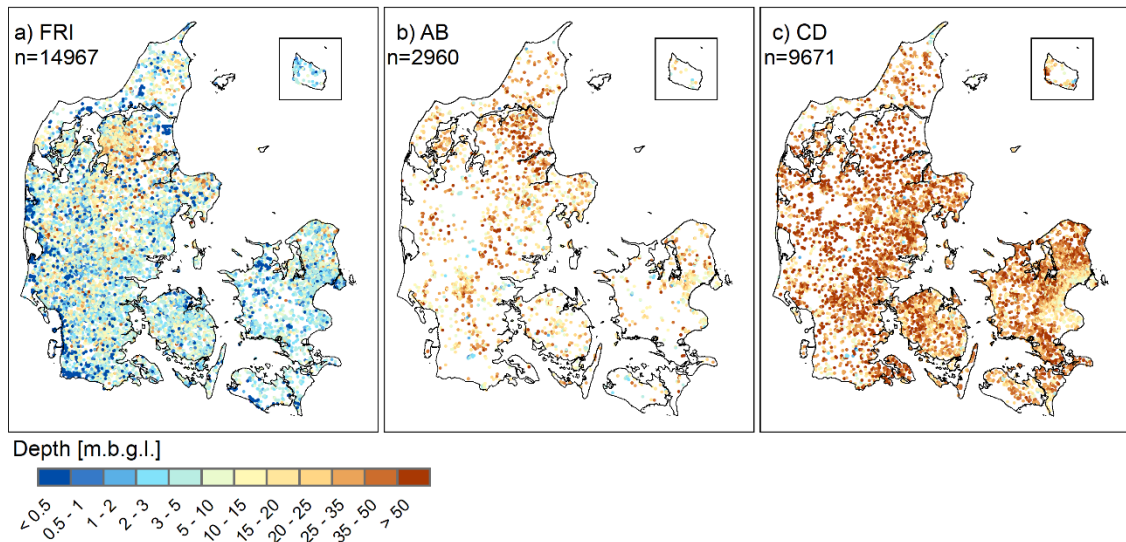
Bilag I. Redoxmodel

For at kunne bedre beskrive redox kompleksiteten i undergrunden opdateres metoden fra (Koch, et al., 2019) således at modellen er i stand til at generere flere redoxgrænser. Der bliver anvendt en maskinlærings algoritme trænet imod dybden af farveskift i sedimenterne, til at bestemme den øverste redoxgrænse, og filterdybder i vandkemidata til at lokalisere oxiderede forhold under den øverste redoxgrænse, som er indikation på flere redoxgrænser. 19 landsdækkende variabler er resampled til 100m gridstørrelse for at være i overensstemmelse med den ønskede rumlige opløsning af redox kortene. Variableerne er angivet i Tabel 5.

Tabel 5. Oversigt af input lag (forklarende variabler) til redox modellen.

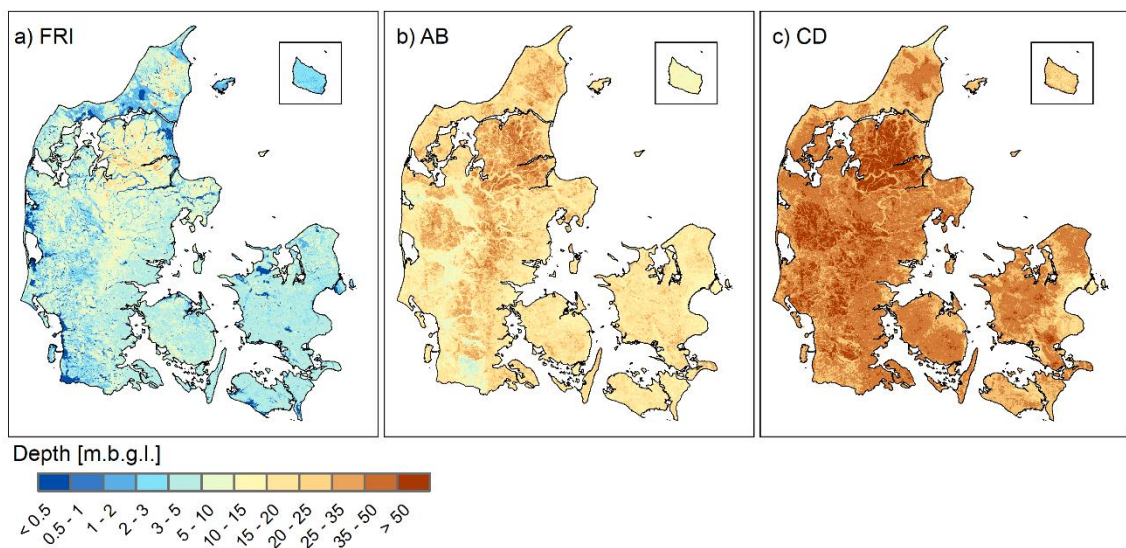
Navn	Forklaring
clay_a	Clay content 0-30cm
clay_b	Clay content 30-60cm
clay_c	Clay content 60-100cm
clay_d	Clay content 100-200cm
dem	Digital elevation model
slope	Slope
hdtochn	Horizontal distance to nearest water body
quathick	Quaternary Thickness
claydepth	Thickness of the uppermost clay layer
sanddepth	Thickness of the uppermost sand layer
aquiferdepth	Thickness of the uppermost aquifer layer
HM_phreatic_mean	Mean depth of simulated groundwater table
HM_phreatic_min	Minimum depth of simulated groundwater table
HM_recharge	Mean simulated Recharge
georegion	Georegion classification
landscape	Landscape type classification
wetland	Wetland classification
DEM_range	Variability of 100m DEM within a 500m cell
MagHeterog	Count of sand(clay transitions in the top 30m

Træningsdata der indgår i modellen er vist i Figur 6 og omfatter punkt data med dybder til den øverste redox grænse (FRI), bestemt fra sedimenternes farve, med dybder til oxideret vand (vandtyper A & B) og med dybder til reduceret vand (vandtyper C & D), begge bestemt på baggrund af vandkemi data. De tre variabler er relateret til hinanden og vi antager at relationer imellem de tre redox variabler kan samlet set informere en model om redox forholdene. Vi anvender en multi-regressions model på basis af beslutningstræer, implementeret i CatBoost's python biblioteket, til dette formål. Fordelen af CatBoost's multi-regressions algoritme er at den kan trænes på trods af et ikke fuldstændigt datasæt. Kun få lokaliteter har data for alle tre variabler, langt de fleste har kun en eller to variabler. Alligevel antager vi at viden om en eller to variabler informerer modellen hensigtsmæssigt på grund af relationer mellem de tre variabler og de 19 anvendte input lag. På baggrund af data i Figur 6 har FRI en middel dybde af 7.6 m, AB en middel dybde af 25.6 m og CD en middel dybde af 40.2 m.



Figur 6. Oversigt af træningsdata brugt i modellen. a) første redox grænse (FRI) angiver dybden til farveskiftet, b) dybden til anden redox grænse angives ved hjælp af vandkemi, vandtyper A & B er oxideret vand, c) dybden til reduceret vand angives ved hjælp af vandkemi, vandtyper C & D er reduceret vand. Dybden af b) er udtrækket som top af filter og dybden af c) er beregnet som bunden af filteret.

Efter træning kan modellen anvendes til at estimere de tre dybder for FRI, AB og CD i hvert 100 m. Resultatet er vist i Figur 7.



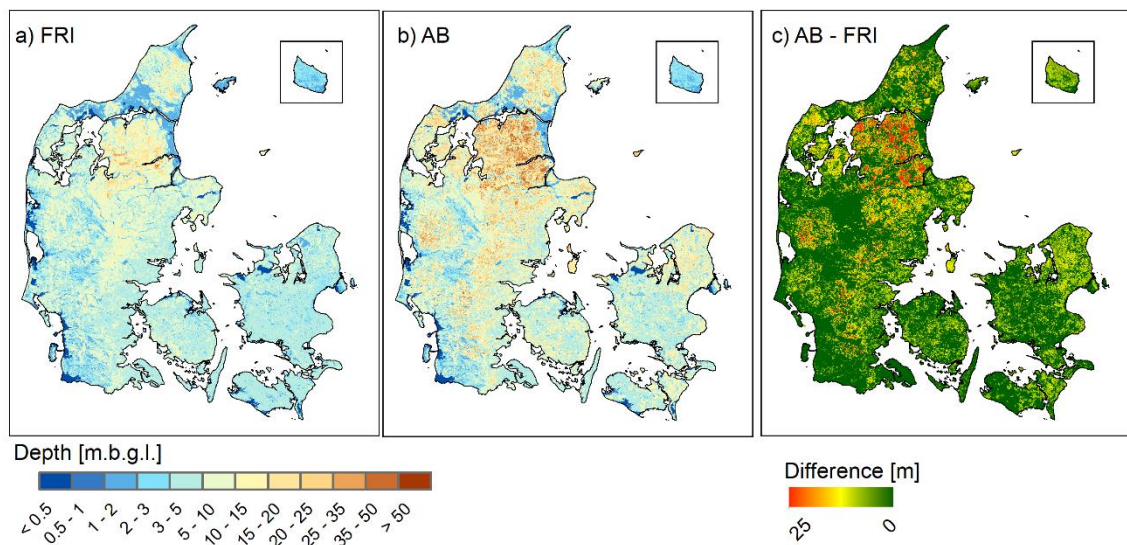
Figur 7 Simulerede dybder af FRI, AB og CD for hele Danmark i 100 m gridstørrelse.

På baggrund af en visuel evaluering af kortene for adskillige tværsnit og sammenligning med geologien blevet der vurderet et behov for en postprocessing og en tilføjelse af støttepunkter. Støttepunkter repræsenterer ekstra træningsdata i lokaliteter der er ikke repræsenterer hensigtsmæssigt i den eksisterende træningsdataset som gør modellen vanskelig under bestemte forholdt at prædiktere. Vi antager kun en enkelt redoxgrænse i homogene sand- eller lerlag. Derfor blevet der tilføjet AB træningsdata i lokaliteter hvor en FRI dybde er angivet på

baggrund af farveskift og hvor der findes et sand- eller lerlag der er tykkere end 15 m fra terræn. I disse lokaliteter får AB tildelt den samme dybde som FRI. Ifølge den rutine blev 3420 støttepunkter tilføjet for homogent sand og 3776 for homogent ler. Post-processering af de modellerede redoxkort indeholdt de følgende skridt:

1. FRI fjernes for organiske lavbundsområder og interpoleres. Organiske lavbundsområder får deres egen redox zone med 1 m tykkelse fra terræn.
2. Hvis afstanden mellem AB og FRI er mindre end 5 m, sættes AB lig med FRI. Her antages overensstemmelse mellem FRI og AB med indikation af en enkelt redoxgrænse.
3. AB i ler bliver flyttet op til toppen af lerlaget (bunden af sandlaget). Her antages at den anden redoxgrænse generelt vil befinde sig i bunden af et magasin.
4. Hvis AB og FRI befinder sig i samme sandlag (tykkelse større end 10m), flyttes AB op til FRI. Her antages at der kun findes en enkelt redoxgrænse i et homogent magasin.
5. De sidste to post-processeringsskridt bliver kun gennemført for celler som har en afstand større end 500m til en AB observation.

Resultatet af tilføjelsen af støttepunkter og postprocessering er vist i Figur 8. Det er hovedsageligt AB kortet der har ændret sig i forholdt til det første resultat i Figur 7. AB er lig med FRI i homogene (tyk ler- eller sandlag) forholdt som for eksempel i smeltevandssletterne i vest Jylland eller leret området på Fyn eller Sjælland.



Figur 8 Dybden af FRI og AB efter tilføjelsen af støttepunkter og postprocessering. Differencen mellem FRI og AB er vist i c).

Nøjagtigheden af modellen blevet kvantificeret på baggrund af en split-sample test. Her blev modellen trænet imod 90% af data og 10% af data er holdt tilbage til validering. Middel absolut fejlen er beregnet til 4.3 m for FRI, 6.8 m for AB og 14.1 m for CD.

Bilag II. Leverance beskrivelse

Der er leveret to polygonfiler og en tabel i fildatabasen "ResultatShape.gdb", samt en række grid filer lagt i folderen "ResultatGridFiles". Fildatabasen og folderen med rastergrid er zippet og gjort tilgængelige via dataverse.geus.dk (<https://doi.org/10.22008/FK2/OX5CRV>)

Filnavn	Beskrivelse	Tabel link
Id15_16jan2015_Nmodel_012023	Opgørelse af samlet - og merudvaskning på ID15 niveau	Tabel 6
Gvf_ID15_distrib_012023	Relation mellem I15 og GVF	Tabel 7
dkm_gvf_Nmodel_012023	Samlet – og merbelastning til magasiner	Tabel 8
ResultGridFiles	Resultater for grundvands- og nitratdannende oplande samt transporttider	Tabel 9

Beskrivelse af data i ResultatShape.gdb

Tabel 6 kolonne beskrivelse i ResultatShape.gdb/Id15_16jan2015_Nmodel_012023

Navn	Beskrivelse	Eksempel
OBJECTID	<i>Intern id</i>	979
Id15_model	<i>ID15 nummer</i>	35310001
ArealHa	<i>ID15 areal [ha]</i>	2211,053
VP2_mr_NoBas	<i>Scenarie udvaskning [kgN/ID15]</i>	84881
VP2_mr	<i>Scenarie udvaskning [kgN/ID15]</i>	73257
VP3_mr3500	<i>Scenarie udvaskning [kgN/ID15]</i>	85409
VP3_mr6500	<i>Scenarie udvaskning [kgN/ID15]</i>	85409
Shape_Length	<i>ID15 omkreds [m]</i>	28292,30741
Shape_Area	<i>ID15 areal [m²]</i>	22110535,7
Diff_VP3mr3500_VP2mr22	<i>Merudvaskning prognose 1b [kgN/ID15]</i>	12152
Diff_VP3mr6500_VP2mr22	<i>Merudvaskning prognose 1a [kgN/ID15]</i>	12152
Diff_VP3mr3500_VP2mr22NoBas	<i>Merudvaskning prognose 2b [kgN/ID15]</i>	528
Diff_VP3mr6500_VP2mr22NoBas	<i>Merudvaskning prognose 2a [kgN/ID15]</i>	528

Tabel 7 Beskrivelse af kolonner i ResultatShape.gdb/ dkm_gvf_Nmodel_012023

Navn	Beskrivelse	Eksempel
OBJECTID_1	<i>intern index</i>	3
dkmomr	<i>dk-model delområde nummer</i>	<i>dkmj</i>
magasinid	<i>magasin id</i>	<i>dkmj_ks1_3</i>
GVForekom	<i>grundvandsforekomst id</i>	<i>dkmj_17_ks</i>
GWBcode_WF	<i>International grundvandsforekomst id</i>	<i>DK106_dkmj_17_ks</i>
dkmlag	<i>magasin lag i DK-modellen</i>	<i>ks1</i>
TykMEAN	<i>Gennemsnitstykkelse [m]</i>	<i>6,324521365</i>
DybMEAN	<i>Gennemsnitsdybde til toppen af magasinet [m]</i>	<i>0</i>
layered	<i>Er grundvandsforekomsten lagdelt [y/n]</i>	<i>Y</i>
horizon	<i>grundvandsforekomstens dkmlag</i>	<i>ks1</i>
geoForm	<i>geologisk setting</i>	<i>Quaternary sand and gravel</i>
linkSWBody	<i>er grundvandsforekomsten i kontakt med overfladevandsforekomster [y/n]</i>	<i>Y</i>
linkTerEco	<i>er grundvandsforekomsten i kontakt gv afhængigt terrestisk økosystem [y/n]</i>	<i>N</i>
gwAPA	<i>er der drikkevandsindvinding i gv [y/n]</i>	<i>Y</i>
osd_io_mag	<i>er der overlap mellem magasinet og OSD/IO [y/n]</i>	<i>Y</i>
gatoe_mag	<i>er magasinet i kontakt med gatø [y/n]</i>	<i>Y</i>
INSIDE_X	<i>gvf x koordinat</i>	<i>583657</i>
INSIDE_Y	<i>gvf y koordinat</i>	<i>6264406</i>
INSIDE_Z	<i>gvf z koordinat</i>	<i>31,0</i>
Indv201117	<i>gennemsnits indvinding 2011-2017 [m³/år]</i>	<i>0</i>
IndvVV2011	<i>gennemsnits indvinding 2011-2017 (kun alm vf) [m³/år]</i>	<i>0</i>
DkmTop	<i>magasin top afgrænsingslag i DK-model</i>	<i>dkmj_ks1t</i>
DkmBot	<i>magasin bund afgrænsingslag i DK-model</i>	<i>dkmj_ks1b</i>
ArealHa	<i>magasin areal i hektar [ha]</i>	<i>359</i>
Volumen_All	<i>magasin volumen [m³]</i>	<i>22705000</i>
Volumen_Ox	<i>oxideret volumen i magasin [m³]</i>	<i>20977050</i>
VolOxMag	<i>volumen procent magasin</i>	<i>92,39</i>
VolOxGVF	<i>volumen procent gv</i>	<i>81,99</i>
GVD_all	<i>grundvandsdannelse til magasin [mm/år]</i>	<i>194</i>
GVD_Ox	<i>grundvandsdannelse til oxideret del af magasin [mm/år]</i>	<i>194</i>
T50	<i>N masse ved 50 mg Nitrat/l oxideret grundvandsdannelse [kgN]</i>	<i>7853</i>
VP2_mr22NoBas	<i>Magasinbelastning scenarie VP2mr_NoBaseline [kgN]</i>	<i>16932</i>
VP2_mr22	<i>Magasinbelastning scenarie VP2mr [kgN]</i>	<i>14492</i>
VP3_mr3500	<i>Magasinbelastning scenarie VP3_mr3500 [kgN]</i>	<i>15903</i>

VP3_mr6500	<i>Magasinbelastning scenarie VP3_mr6500 [kgN]</i>	15903
MB_mr3500_mr22	<i>Merbelastning magasin Prognose 1b [kgN]</i>	1411
MB_mr6500_mr22	<i>Merbelastning magasin Prognose 1a [kgN]</i>	1411
MB_mr3500_mr22NoBas	<i>Merbelastning magasin Prognose 2b [kgN]</i>	0
MB_mr6500_mr22NoBas	<i>Merbelastning magasin Prognose 2a [kgN]</i>	0
AntalPartikler	<i>antal nitratpartikler til magasinet</i>	1538
Ttid_perc10	<i>10 procent percentilen af transporttider [år]</i>	0,003
Ttid_perc30	<i>30 procent percentilen af transporttider [år]</i>	0,003
Ttid_perc50	<i>50 procent percentilen af transporttider [år]</i>	0,003
Ttid_perc70	<i>75 procent percentilen af transporttider [år]</i>	0,003
Ttid_perc90	<i>90 procent percentilen af transporttider [år]</i>	0,003
Ttid_perc95	<i>95 procent percentilen af transporttider [år]</i>	0,003
Shape_Length	<i>magasin omkreds [m]</i>	14599,999
Shape_Area	<i>magasin areal [m²]</i>	3590000,038
Opholdstid	<i>gennemsnitsopholdstid [år]</i>	10,542
SamletTid	<i>samlet tid (opholdstid + T50) [år]</i>	10,545

Tabel 8 Beskrivelse af kolonner i ResultatShape.gdb/Gvf_ID15_distrib_012023

Navn	Beskrivelse	Eksempel	bemærkninger
OBJECTID	Intern ID	1	
ID15	ID15 nummer	21100002	samme som "Id15_model" i ID15_16jan2015_01 2023
id_in-tern_mag	intern id for magasiner	1	
Magasin	magasin id [magasinid i dkm_gvf_Nmodel...]	dkmj_ks1_1	samme som "magasinid" i dkm_gvf_Nmodel_012023
Forekomst	grundvandsforekomst id	dkmj_16_ks	samme som "GVForekom" i dkm_gvf_Nmodel_012023
Sce122_distrib	id15 andel af samlet magasinbelastning fra Sce122	0,075	
Sce123_distrib	id15 andel af samlet magasinbelastning fra Sce123	0,075	
Sce124_distrib	id15 andel af samlet magasinbelastning fra Sce124	0,075	
Sce122_retention	1- (id15 load til magasin / id15 udvaskning) for Sce 122	0,14	"load" = N-tilstrømning eller belastning
Sce123_retention	1- (id15 load til magasin / id15 udvaskning) for Sce 123	0,14	
Sce124_retention	1- (id15 load til magasin / id15 udvaskning) for Sce 124	0,14	
Sce122_load	Id15 load [kg N/år] til magasin for Sce 122	540	[kg N/år]
Sce123_load	Id15 load [kg N/år] til magasin for Sce 123	544	[kg N/år]
Sce124_load	Id15 load [kg N/år] til magasin for Sce 124	544	[kg N/år]
Sce122_samlet	Samlet load [kg N/år] til magasin for Sce 122	7.227	[kg N/år]
Sce123_samlet	Samlet load [kg N/år] til magasin for Sce 123	7.235	[kg N/år]
Sce124_samlet	Samlet load [kg N/år] til magasin for Sce 124	7.235	[kg N/år]

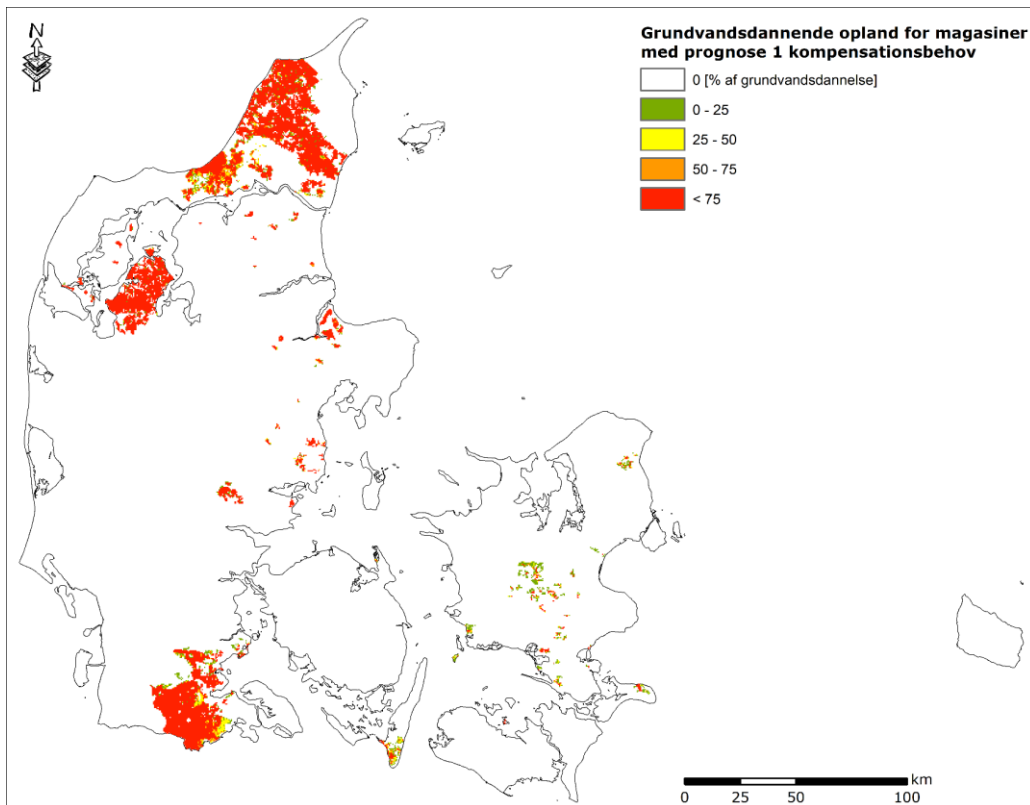
Beskrivelse af raster grid i folderen ResultatGridFiler

Partikler fra DK-modellens partikelbanesimuleringer modelleres i N-modellen fra rodzonen til grundvandsforekomsterne og første gang en partikel rammer en forekomst eller redoxzone registreres den. Ved at opsummere på gridniveau de enkelte partiklers placering ift om de rammer et magasin, og om de bliver reduceret undervejs samt de enkelte partiklers transporttid, så er det muligt at producere en række rastergrid for udvalgte magasiner. Raster grid leverancen består af tre rastergrid (GeoTiff):

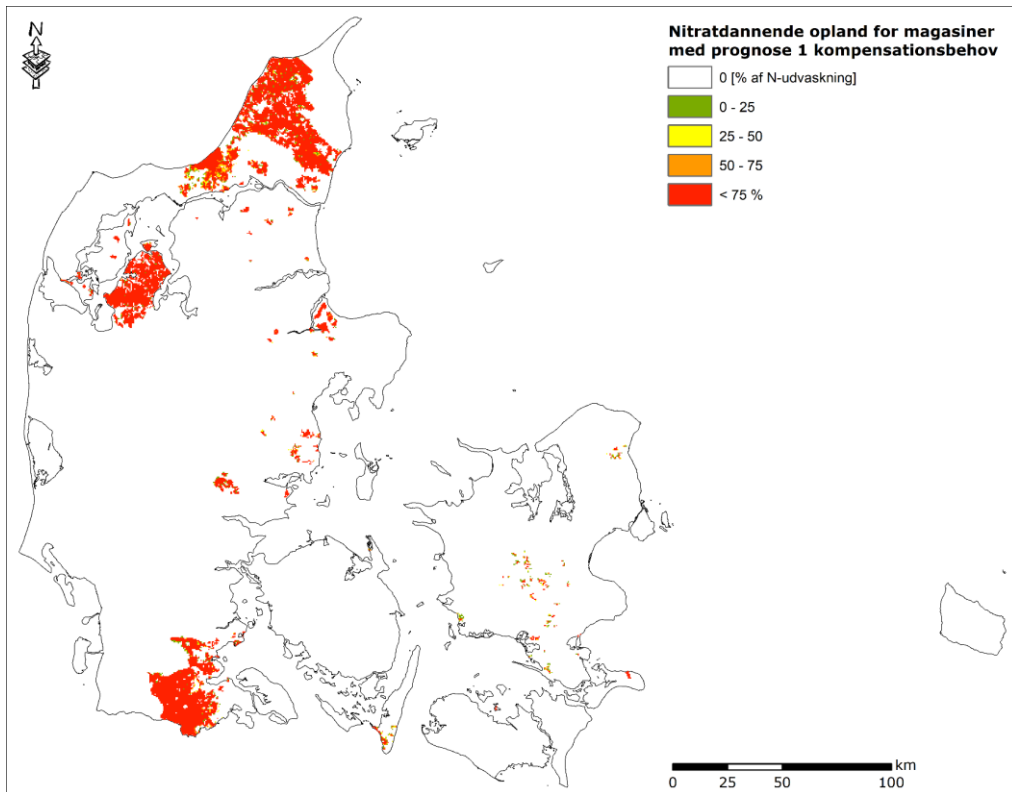
1. Grundvandsdannende oplande til magasiner (opgjort på beregningscelle niveau som hvor mange procent af alle partikler der ender i et magasin. Rastergridet indeholder oplande for alle magasiner med simuleret merbelastning ved skift i målrettet regulering.

Figur 9 viser eksempel for magasiner med merbelastning ved scenarie VP3_mr6500 ift VP2mr.

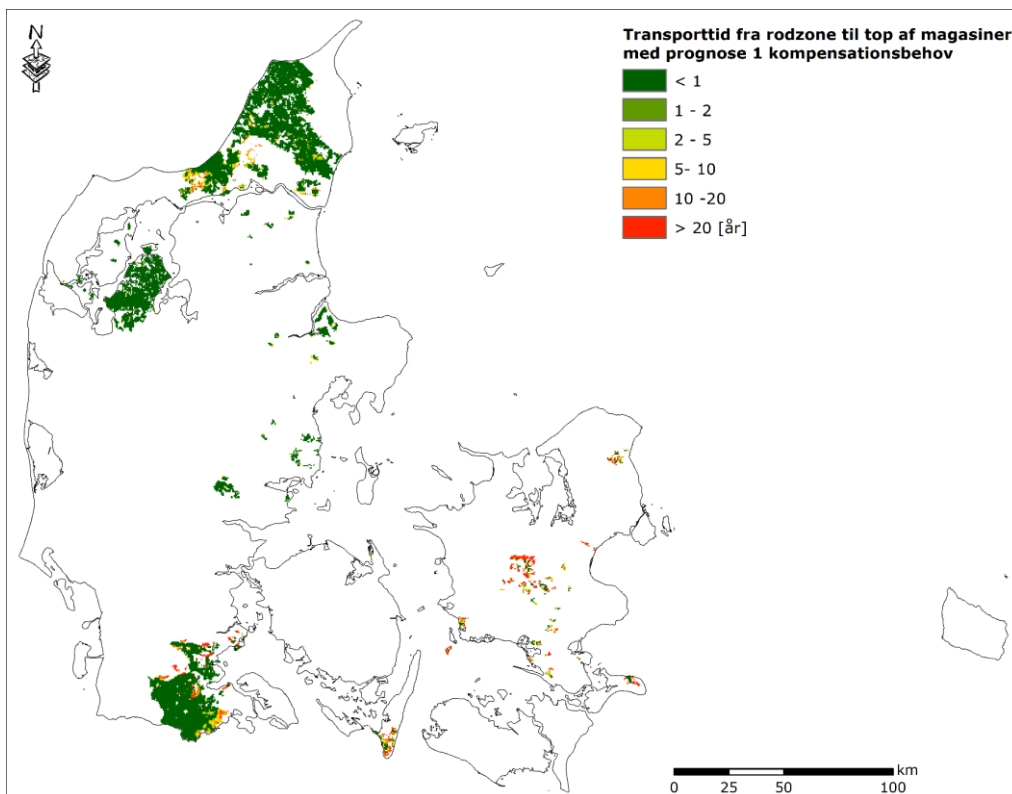
2. Nitratdannende oplande til magasiner (løseligt oversat) med angivelse af hvor mange procent af partiklerne som ender i et magasin uden at være reduceret undervejs opgjort på beregningsceller niveau. Figur 10 viser eksempel for magasiner med merbelastning ved scenarie VP3_mr6500 ift VP2mr.
3. Gennemsnits transporttid (ikke direkte sammenligneligt med aldersfordeling) til første magasin, opgjort på beregningscelleniveau. Figur 11 viser eksempel for magasiner med merbelastning ved scenarie VP3_mr6500 ift VP2mr.



Figur 9. Procentuel andel af frigivne partikler som rammer grundvandsforekomster med simuleret merbelastning som følge af skift i målrettet regulering



Figur 10 Procentuelle andel af frigivne partikler der ikke bliver reduceret inden de rammer grundvandsforekomster med simuleret merbelastning ved skift i målrettet regulering



Figur 11. Partiklernes middel transporttid til grundvandsforekomster med simuleret merbelastning som følge af skift i målrettet regulering opgjort på beregningscelleniveau

Tabel 9 Rastergrid i folderen ResultatGridFiler

navn	beskrivelse	scenarier	note
GvdOpland_Sce124_Sce122_KBehov_gvf20_min100pt.tif	Grundvandsdannende oplande til forekomster med et kompensationsbehov Prognose 1a	VP3_mr6500 ift VP2mr	kun opgjort for grundvandsforekomster med merbelastning og mere end 20% oxideret volumen
GvdOpland_Sce124_Sce122_KBehov_gvf20_min100pt_AverageAge.tif	Transporttid til grundvandsdannende oplande til forekomster med et kompensationsbehov Prognose 1a	VP3_mr6500 ift VP2mr	kun opgjort for grundvandsforekomster med merbelastning og mere end 20% oxideret volumen
NitratOpland_Sce124_Sce122_KBehov_gvf20_min100pt.tif	Nitratdannende oplande til forekomster med et kompensationsbehov Prognose 1a	VP3_mr6500 ift VP2mr	kun opgjort for grundvandsforekomster med merbelastning og mere end 20% oxideret volumen
NitratOpland_Sce124_Sce122_KBehov_gvf20_min100pt_AverageAge.tif	Transporttid til nitratdannende oplande til forekomster med et kompensationsbehov Prognose 1a	VP3_mr6500 ift VP2mr	kun opgjort for grundvandsforekomster med merbelastning og mere end 20% oxideret volumen
NitratOpland_Sce124_Target_KBehov_gvf20_min100pt.tif	Nitratdannende oplande til forekomster med et kompensationsbehovet VP3 målrettet regulering (6500) ift overskridelse af kravværdi og 20% volumen	VP3_mr6500 ift T50	kun opgjort for grundvandsforekomster med merbelastning og mere end 20% oxideret volumen
NitratOpland_Sce124_Target_KBehov_gvf20_min100pt_AverageAge.tif	Transporttid til nitratdannende oplande til forekomster med et kompensationsbehov ved VP3 målrettet regulering (6500) ift overskridelse af kravværdi og 20% volumen	VP3_mr6500 ift T50	kun opgjort for grundvandsforekomster med merbelastning og mere end 20% oxideret volumen
Scenario_120_Year_2018.tif	estimeret udvaskning fra rodzonen [kgN/grid]	DCA udvaskning + baggrund	Model input for udvaskning
Scenario_121_Year_2018.tif	estimeret udvaskning fra rodzonen [kgN/grid]	VP2mr_NoBas	Model input for udvaskning
Scenario_122_Year_2018.tif	estimeret udvaskning fra rodzonen [kgN/grid]	VP2mr	Model input for udvaskning
Scenario_123_Year_2018.tif	estimeret udvaskning fra rodzonen [kgN/grid]	VP3_mr3500	Model input for udvaskning
Scenario_124_Year_2018.tif	estimeret udvaskning fra rodzonen [kgN/grid]	VP3_mr6500	Model input for udvaskning

Bilag III. Første beregninger med version 2016 af N-modellen

Indledningsvist i projektet blev der lavet modelberegninger baseret på arealanvendelsen og N gødsningen i 2011 med korrektioner frem til 2018, da der ikke forelå opdaterede data for dette. I dette bilag er der vist resultater og beregningsgrundlag for disse foreløbige beregninger (inden data for arealanvendelsen og N gødsningen for 2017 forelå). Resultaterne er siden opdateret med resultater som de fremgår af kapitel 6.

Udvaskningsdata

De enkelte udvaskningsscenarier er sammensat af en række forskellige bidrag, hvoraf flere af dem stammer fra modelkørslerne i 2016 (Troldborg, et al., 2016). Data bidrag og navngivning er opsummeret i nedenstående tabeller, Tabel 10 beskriver de enkelte delelementer der indgår i scenarieopbygningen og Tabel 11 beskriver hvor stor en andel af de enkelte delelementer der indgår i scenarie opbygningen og scenarie navnene. Effekterne af elementerne, der påvirker udvaskningen i "Revurdering af baseline", er opgjort på hovedvandoplandsniveau (23 oplande), idet der ikke var fagligt grundlag for at foretage en mere detaljeret opgørelse (Jensen et al., 2016).

LMB_3: Effekt af øget N-norm i Fødevarer- & Landbrugspakken: Der er gennemført klimanormaliserede udvaskningsberegninger af de landsdækkende modelberegninger (LMB). Udbragte mængder af husdyrgødning og afgrødefordeling fastholdes på 2011 niveauet. For beregninger med norm N stigning som følge af Fødevarer- og Landbrugspakken er N gødsning fastlagt ud fra principperne beskrevet i Jensen et al. (2016). Her er fremskrivningen af gødningsnormerne baseret på højere udbytter som medfører højere N gødningsnormer, hvilket i sig selv er noget usikkert jf. Børgesen et al. (2015). Der er antaget, at alle bedrifter, der tildeles ekstra kvælstof kvote (undtaget er kun økologiske landbrug), udnytter den samlede ekstra bedrifts N-kvote. Fremskrivningerne af N gødsning baseres på 2011 arealanvendelsen og N gødsning. Mellem årene sker der forskydninger i landmændenes udbringning af handelsgødning alene som følge af ændringen i arealanvendelsen. Denne effekt er ikke inddraget, da arealanvendelsen er fastlåst til 2011 arealanvendelsen. Klimanormaliseringen blev gennemført ved at modelberegne årsudvaskning med nedbørsdata for hvert af klimaårene 1990-2010 og herefter anvende gennemsnittet som resultat. Der er anvendt lokale vejrdata (10 km gridnedbørsdata) til at beregne en afstrømning af vand ud af rodzonen, som så er anvendt i NLES4 udvaskningsberegningerne. Nedjustering af det samlede landbrugsareal (teknisk justering) som følge af, at en del af landbrugsarealet overgår til andre formål (byudvikling, veje o.a.) er inddraget.

BL_1: Effekt af baselineelementer inkluderer: energiafgrøder, økologi, miljøgodkendelser, biogas, slæt og udbyttstigning for perioden 2012-2021¹. Der er antaget, at effekten er jævnt fordelt på det dyrkede landbrugsareal inden for hovedvandoplandet.

¹ Dette korrigeres i beregningerne, så der kun indgår baselineeffekter gældende for perioden 2012-2018, se tabel 3.

BL_2: effekt af fald i atmosfærisk N deposition fordeles jævnt på både landbrugsarealet og ikke landbrugsarealer (Skov, natur bebyggelse m.m.). Opgørelsen i Jensen et al. (2015) er vist på både national og regional skala. Da der ikke er store forskelle imellem regionerne, og der er usikkerhed på estimerne, er der anvendt en jævn fordeling af effekten inden for hovedvandoplandet.

LP_1: Privat skovrejsning forventes at blive indfaset trinvis fra 2017 med fuld effekt fra 2021. Landbrugs-pakken tilsagde, at skovrejsningen omfattede i alt 5000 ha i 2021. Der bemærkes, at skovrejsning er et virkemiddel der har stor lokal effekt på nitratudvaskningen og på vandbalancen. Men, da der ikke er kendskab til placeringen, er en jævnt fordelt effekt anvendt.

LP_3: Negativ effekt af delvis ophør med forbud mod jordbearbejdning fordeles jævnt på landbrugsarealet indenfor kystoplandet.

For nærmere beskrivelse af elementer fra "Nmodel 2016" henvises til rapporten "National Kvælstofmodel - Kvælstofpåvirkning af grundvand" (Trolborg, et al., 2016).

Tabel 10 Beskrivelse af de delelementer som indgår i scenarie opbygningen

Element	kortnavn	Datafil	Reference	leverandør	Ton N (100%)	Beskrivelse
2	LMB_3	blok2011_N_udvask_ss_S21.txt	Nmodel 2016	DCA	172.467	Scenarier for øget norm for høstår 2018. Med teknisk justering [kgN/markblok id]
2	LMB_3	sam_data_id15_udvask_S21.txt	Nmodel 2016	DCA	4.468	Scenarier for øget norm for høstår 2018. Med teknisk justering [kgN/ID15]
7	BL_1	Element_7.shp	Nmodel 2016	MST	5.743	Effekt af grundvandsrelaterede baselineelementer: energiafgrøder, økologi, miljøgodkendelser, biogas, slæt, udbyttetigning. Teknisk justering ikke indregnet [kgN/hovedvandopland.kun.markblok.areas]
8	LP_3	Element_8.shp	Nmodel 2016	MST	92	Effekt af delvis ophør med forbud mod jordbearbejdning [kgN/kystopland.kun.markblok.areas]
	BL_2	Element_9.shp	Nmodel 2016	MST	3.005	Effekt af fald i N deposition [kgN/hovedvandopland.hele.areas]
10	LP_1	Element_10.shp	Nmodel 2016	MST	249	Skovrejsning [kgN/kystopland.markblok id]
11	BL_VP3	eksport_shapefil :: Baseline	Nye data	MST	13.364	Effekt af grundvandsrelaterede baselineelementer (2021-2027): Der medtages de elementer, der påvirker rodzoneudvaskningen, d.v.s.: Atmosfærisk bidrag, nedgang i dyrket areal, skovrejsning, ændring i udbytter og norm, ændring i lukkeperioder, ændring i gødsning på §3, ændrede udnyttelseskrav, privat skovrejsning. [grid]
12	IND_VP3	eksport_shapefil :: Inds_u_MR	Nye data	MST	8.133	Indsætter i VP3 som er grundvandsrelaterede, dvs. ES miljø og klimagræs, Skovrejsning, Skovrejsning. Kollektiv indsats, GLM8, ES biodiversitet, Ekstensivering, Bruttoarealmodel [griddata]
13	MR_2022	eksport_shapefil :: MR21	Nye data	MST	12.325	VP2 målrettet regulering [grid]
14	MR_VP3_3500	eksport_shapefil :: MR3500	Nye data	MST	12.554	VP3 målrettet regulering 3500 tons [grid]
15	MR_VP3_6500	eksport_shapefil :: Sum MR27	Nye data	MST	24.177	VP3 målrettet regulering 6500 tons [grid]

Den procentuelle effekt af de enkelte delelementer for hver af referencescenarierne (VP2mr og VP2mr_NoBaseline) og udviklingsscenarierne (VP3_mr3500 og VP4_mr6500) er opsummeret i Tabel 11. Af tabellen fremgår det at ikke alle delelementer i baseline 2012-2021 bidrager med 100% effekt, da baseline for VP3 gælder fra 2019-2027 og udgangspunktet er året 2018, hvor baseline 2012-2021 endnu kun er delvist implementeret. For nærmere forklaring om procentuel effekt pr år henvises til seneste rapport om kvælstofpåvirkning af grundvandsforekomster (Trolborg, et al., 2016).

I tabellen fremgår det at de enkelte scenarier er opbygget af stort set samme elementer, så den primære forskel på scenarierne er den målrettede regulering (mr2022, VP3_3500 eller VP3_6500) samt om baseline og de generelle grundvandsrelaterede indsatser (bl_v3, ind_vp3) medtages i scenarierne. Der er anvendt forkortelserne "VP2/VP3" for Vandområdeplan 2/3, "mr" for målrettet regulering, "3500" hhv. "6500" for forventet effekt opgjort i ton N i udvaskning til havet af målrettet regulering, samt "NoBaseline" for ingen baselineeffekt. De enkelte elementer er beskrevet i Tabel 10.

Tabel 11 Procentuel bidrag af delementer og samlet udvaskning fra de udvaskninger brugt til scenarierne.

Udvaskningsscenarier	Delement kort navn										Udvaskning [ton N]
	lmb_3	bl_1	lp_3	bl_2	lp_1	bl_vp3	ind_vp3	mr_2022	mr_VP3_3500	mr_VP3_6500	
VP2mr_NoBaseline (sce 117)	100%	66%	100%	66%	40%	0%	0%	100%	0%	0%	161.197
VP2mr (sce 107)	100%	66%	100%	66%	40%	100%	100%	100%	0%	0%	139.856
VP3_mr3500 (sce 108)	100%	66%	100%	66%	40%	100%	100%	0%	100%	0%	139.638
VP3_mr6500 (sce 109)	100%	66%	100%	66%	40%	100%	100%	0%	0%	100%	128.096

Resultater

Prognose 1 beregningerne viser at der på både kort og langt sigt vil være en forskel på belastningen af grundvandsforekomsterne som følge af et skift i målrettet regulering fra VP2 til VP3. Tabel 12 viser et behov for kompensation i tilstrømning til grundvandsforekomsterne på ca. 785 ton N, hvis den målrettede regulering justeres som i scenariet 'mr6500'. Prognose 2 beregningerne (Tabel 13) antyder at udvaskningen ved udløbet af VP3 vil være meget sammenlignelig med udvaskningen fra 2018, og hvis potentielle stigninger i den mellemliggende periode ignoreres, så er kompensationsbehovet beregnet til at være ca. 2 ton N for de områder hvor den målrettede regulering er planlagt til at stoppe eller blive reduceret.

Tabel 12 Opsummering af beregnet kompensationsbehov for prognose 1 (effekt af ændringer i målrettet regulering)

Summeret kompensationsbehov ved ændring af målrettet regulering [kg N]	VP3_mr3500	VP3_mr6500
Summeret for alle grundvandsforekomster	1.243.787	989.039
Summeret for grundvandsforekomster >20% oxideret volumen	963.103	785.112

Tabel 13 Opsummering af beregnet kompensationsbehov for prognose 2 (vil der være forskel i belastning efter udgangen af VP3 i forhold til udgangen af VP2)

Summeret kompensationsbehov for områder med merbelastning med udgangen af VP3 ift. udgangen af VP2 [kg N]	VP3_mr3500	VP3_mr6500
Summeret for alle grundvandsforekomster	2.035	2.034
Summeret for grundvandsforekomster >20% oxideret volumen	2.035	2.034

Bilag IV. Scenariedata beskrivelse fra MST

Dette bilag er en kopi af scenariedata beskrivelsen (pdf, 8 sider) som modtaget fra MST (2022) med titlen *Udtræk til DK-model beregningskvadratnet af rodzonerelevant effekt af baseline, indsats og målrettet regulering for VP3 samt af målrettet regulering 2021 (-> 2022) fra VP2*

Udtræk til DK-model beregningskvadratnet af rodzone-relevant effekt af baseline, indsats og målrettet regulering for VP3 samt af målrettet regulering 2021 (-> 2022) fra VP2.

Indhold

Sammenfatning	1
Metode	2
Opklipning af markblokke.....	2
Aggregering af effekter på DK-modellens beregningskvadrater	3
Tematisering af resultater	5
Shapefil med resultater	7

Sammenfatning

Effekt af målrettet regulering på 12324 ton N i rodzonen fra vandområdeplan 2, effekt af baselineeffekt på 13364 ton N i rodzonen fra vandområdeplan 3 samt indsats effekt fra vandområdeplan 3 på 32310 ton N i rodzonen er fordelt på markpolygoner (markkort 2019) og efterfølgende aggregeret på DK-modellens 500*500 m2 kvadratnet.

Dvs. en samlet effekt i vandområdeplan 3 på $32310 + 13364 = 45674$ ton N i rodzonen. Og en samlet effekt i vandområdeplan 2 på 12324 ton N i rodzonen. For 2018 antages en samlet rodzoneudvaskning på 170276 ton N i rodzonen, jf. beregning fra GEUS. Den indregnede effekt fra vandområdeplan 3 svarer derfor til $45674/170276 = 27\%$ af rodzoneudvaskningen i 2018. Den indregnede effekt fra vandområdeplan 2 svarer til $12324/170276 = 7\%$ af rodzoneudvaskningen i 2018.

For en række arealer beregnes en større samlet effekt i vandområdeplan 3 end rodzoneudvaskningen for 2018. Overskydende (ud over rodzoneudvaskningen for 2018) effekt går tabt. Dette tab summer op til 425 ton N i rodzonen. Svarende til ca. 1 % af den samlede effekt på 45674 ton.

Tabet af effekt være stort lokalt. Forklaringen på store lokale tab kan formentlig være den, at der ved fordeling af effekt på markpolygoner for markkort 2019 ikke er taget hensyn til hvilken type "mark" der er tale om. Nogle markpolygoner kan måske ligefrem repræsentere en anden kategori end en mark med en typisk rodzoneudvaskning.

Der er en særlig problemstilling omkring effekten nedgang i atmosfærebidrag, som er fordelt på hele DKs areal. Det ser ud til, at rodzoneudvaskningen for 2018 er sat lig nul for arealer med byer. Muligvis andre

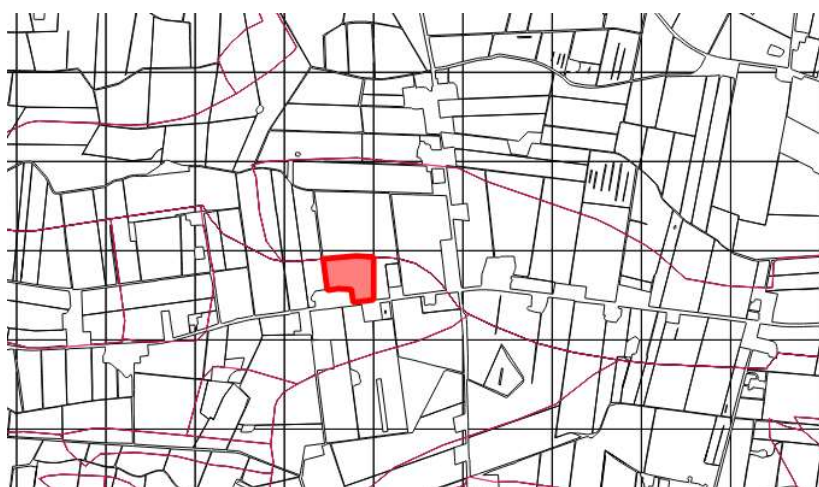
arealer også. Tabt effekt af nedgang i atmosfærebidrag skal lægges til de 425 ton – som minimum for arealer hvor rodzoneudvaskningen for 2018 er lig nul.

Der er gjort et forsøg på at estimere et baggrundsbidrag til rodzonen. Såfremt det antages at baggrundsbidraget udgør ca. 20 % af belastningen på ca. 56300 ton til kyst, og N-retentionen ar rodzone til kyst er ca. 70 %, så vil de 20% svare til $0,2 \cdot 56300 \text{e}03 \text{ kg} / (1-0,7) / 43000 \text{e}06 \cdot 1 \text{e}04 = 8,7 \text{ kg/ha}$. Det bemærkes her, at ca. 20 % af rodzoneudvaskningen for 2018 ligger lavere end 8,7 kg/ha. Efter fratæk af baselineeffekter og indsats effekter fra vandområdeplan 3 ligger ca. 25 % af rodzoneudvaskningen under 8,7 kg/ha.

Metode

Opklipping af markblokke

Baseline- og indsats effekterne fra VP3 foreligger aggregeret på deloplande. For at få fordelt effekter på markblokke internt i det enkelte delopland, så er markblokkene først klippet og koblet med disse deloplande. De klippede markblokke er efterfølgende klippet og koblet med deloplanskortet fra VP2 ("ID15-kortet"). Til sidst er DK-modellens kvadratnet (500*500 m2) klippet og koblet med dette kort (se Figur 1 og Tabel 1).

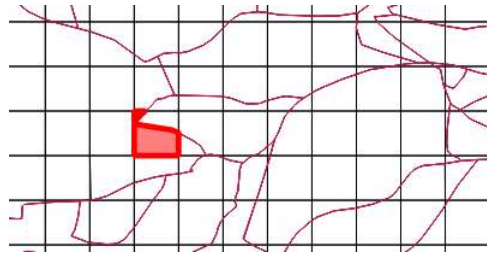


Figur 1. Klip og kobling af markkort med deloplanskort fra VP3 (røde linjer), deloplanskort fra VP2 og DK-modellens kvadratnet (500*500 m2). Den markerede markblok viser klippingen af markblokken i forhold til deloplansgrænse og DK-modellens kvadratnetsgrænse.

Tabel 1. Klip og kobling af markkort med deloplanskort fra VP3, deloplanskort fra VP2 og DK-modellens kvadratnet (500*500 m2).

Fk_OpslagDeloplanskort	Løbenr for deloplanskort anvendt i Vp3
ID15_model	ID for ID15-deloplande
pointid	ID for DK-modellens beregningskvadrater
MarkNr	ID for mark
Markareal	Opdateret markblokareal efter de 3 klipninger af markblok kortet

For at kunne fordele baselineeffekten "atmosfærisk deposition", så er DK-modellens kvadratnet desuden klippet med deloplandskortet (se Figur 2)



Figur 2. Klip og kobling af DK-modellens kvadratnet (500*500 m²) med deloplandskort fra VP3 (røde linjer). Den markerede del af DK-modellens kvadratnet viser klipningen af kvadratnettet med deloplandsgrænsen.

Aggregering af effekter på DK-modellens beregningskvadrater

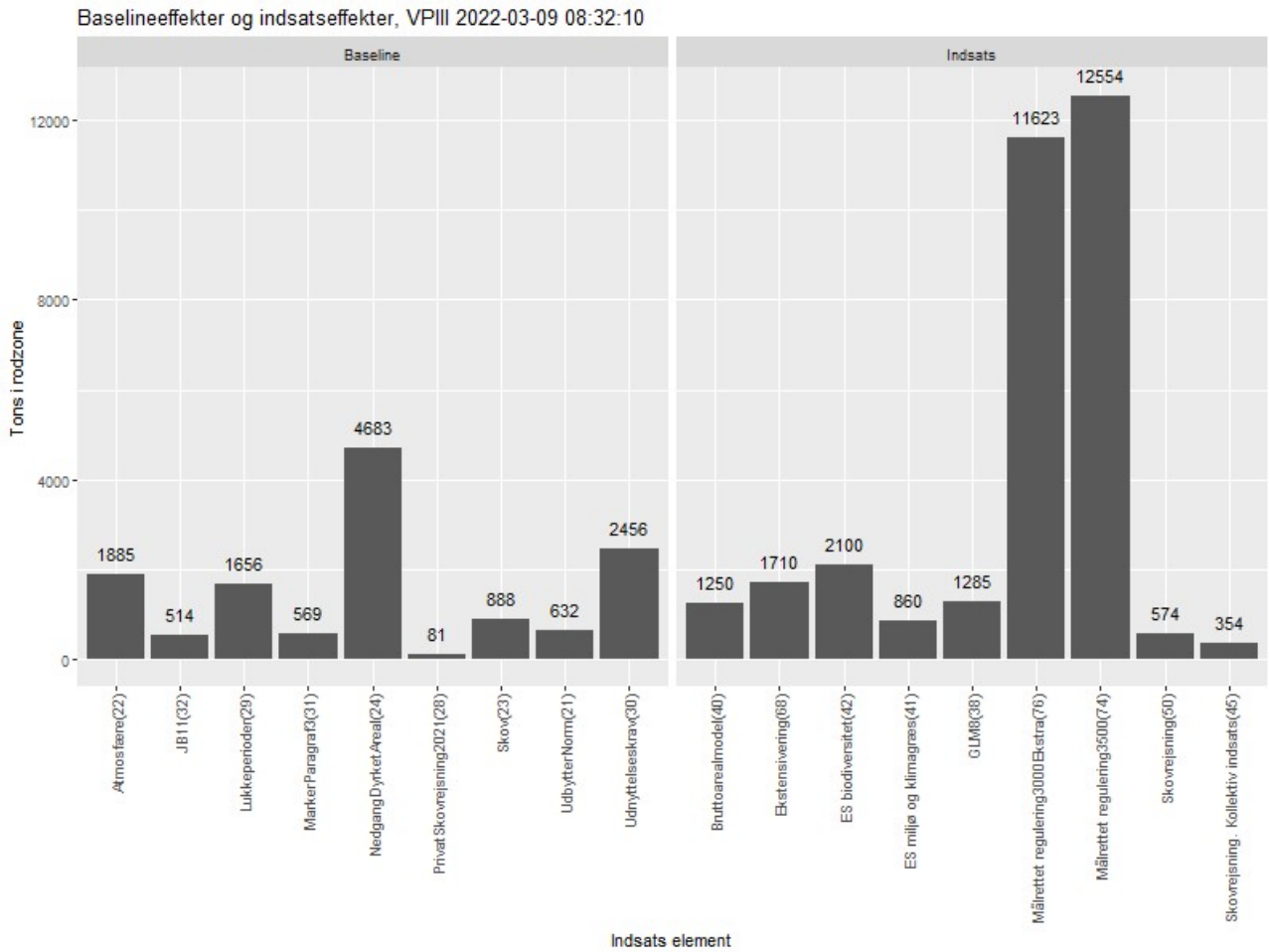
Virkemiddeleffekter på deloplandsniveau, undtagen atmosfære effekten, er efter klipningen (som beskrevet i forrige afsnit) af markkortet fordelt fladt (efter areal) på de klippede marker inden for det enkelte delopland og efterfølgende aggregeret på DK-modellens kvadratnet (efter "pointid"). Atmosfære-effekten er tilsvarende efter klipningen fordelt (efter areal) på det klippede kvadratnet og efterfølgende aggregeret på kvadratnet (efter "pointid"). Atmosfære-effekten virker på hele arealet (ikke kun mararealet) og får derfor på denne vis effekt i alle DK-modellens kvadrater.

Figur 3 viser de involverede virkemiddeleffekter fra VP3, fordelt på effekt af hhv. typen baselineeffekter og indsats effekter. Figur 4 viser effekterne aggregeret på hhv. baselineeffekter og indsats effekter. Det ses, at der er indregnet en samlet effekt af baseline på 13364 tons N i rodzonen og indregnet en samlet indsats effekt på 32310 tons N i rodzonen.

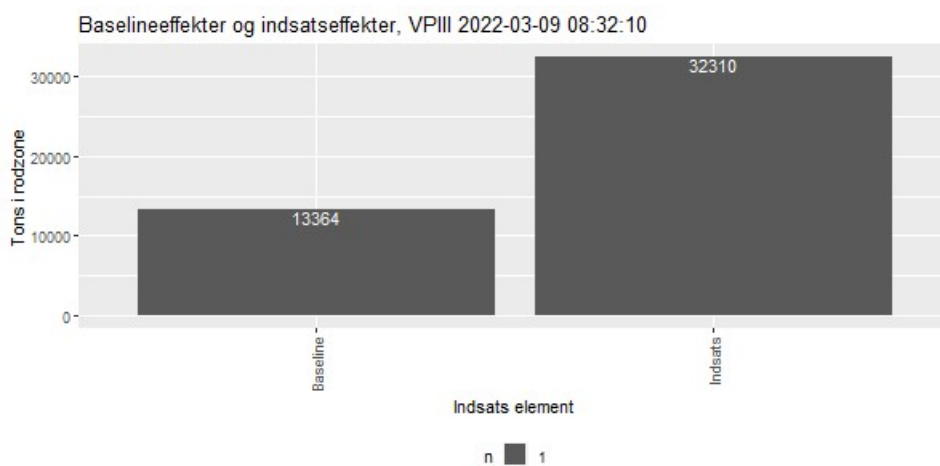
Dvs. en samlet effekt på $13364 + 32310 = 45.674$ tons N i rodzonen.

Fra VP2 er indregnet en samlet effekt af målrettede efterafgrøder i 2021/2022 på 12.324 tons N i rodzonen.

Den samlede rodzoneudvaskning er i filen fra GEUS lig med 170276 tons N i rodzonen.



Figur 3. Virkemidler fra VP3, opsummeret på landsplan. Tons kvælstof i rodzonen. Grupperet på hhv. baseline elementer (til venstre) og indsats elementer (til højre). Tallet i parentes refererer til identen for virkemidlet, jf. datamodellen for VP3-beregningerne.



Figur 4. Virkemidler fra VP3, opsummeret på landsplan. Tons kvælstof i rodzonen. Grupperet på hhv. baseline elementer (til venstre) og indsats elementer (til højre). Samlet effekt = 13364+32310 = 45674 ton N i rodzonen.

Tematisering af resultater

[Bilag LeveranceGEUS_NY_BL_KS.pdf](#) viser korttematisering af hhv. :

- 1) Fordeling af tabt effekt efter VP3 baseline og VP3 indsatser. Det ses, at byer generelt repræsenteres ved en tabt effekt. Dette forklares med, at nedgang i atmosfærebidrag er fordelt på hele DK's areal, mens rodzoneudvaskningen ikke er repræsenteret i byerne.
- 2) Fordeling af tabt effekt efter VP3 baseline, eksklusiv nedgang i atmosfærebidraget, og VP3 indsatser. Det ses, at tabt effekt synes at fordele sig omkring en række vandløb og desuden nogle steder tæt på kystlinjen (f. eks. Sydlolland). Ellers spredte tab, hovedsageligt hhv. vest for israndslinjen, Djursland, oplandet til Odense å, nordsjælland, Sydfalster. Større lokale tab kan forklares ved at der i rodzoneudvaskningen for 2018 er antaget at der ikke er betydeligt rodzoneudvaskningen, pga. anden definition af mark end antaget ved blot at benytte markpolygonerne fra 2019. Der er formentlig nogle af markpolygonerne fra 2019 som ikke reelt er marker.
- 3) Fordeling af "tabt effekt" efter VP3 baseline, eksklusiv nedgang i atmosfærebidraget, og VP3 indsatser og fratrukket 8,7 kg /ha. De 8,7 kg/ha = $56300000 \text{ kg} * 0,2/0,3/43000e06 * 1e04 = 8,72..$ og er et forsøg på at udlede en størrelsesorden for baggrundsbidraget. Det ses, at der er mange steder for den resulterende rodzoneudvaskning kommer under 8,7 kg/ha.
- 4) Fordeling af tabt effekt efter VP2 målrettet regulering (2021/2022). Det ses, at der kun er meget få steder, hvor der sker en tabt effekt.

Figur 5 viser den kumulerede fordeling for hhv. rodzoneudvaskningen og den resulterende rodzoneudvaskning efter VP3 baseline, eksklusiv nedgang i atmosfærebidraget, og VP3 indsatser. Det ses, i udgangspunktet, at ca. 20 % af rodzoneudvaskningen < 8 kg/ha. For den resulterende rodzoneudvaskning efter omtalte baseline og indsats i VP3 er dette gældende for ca. 25 %.

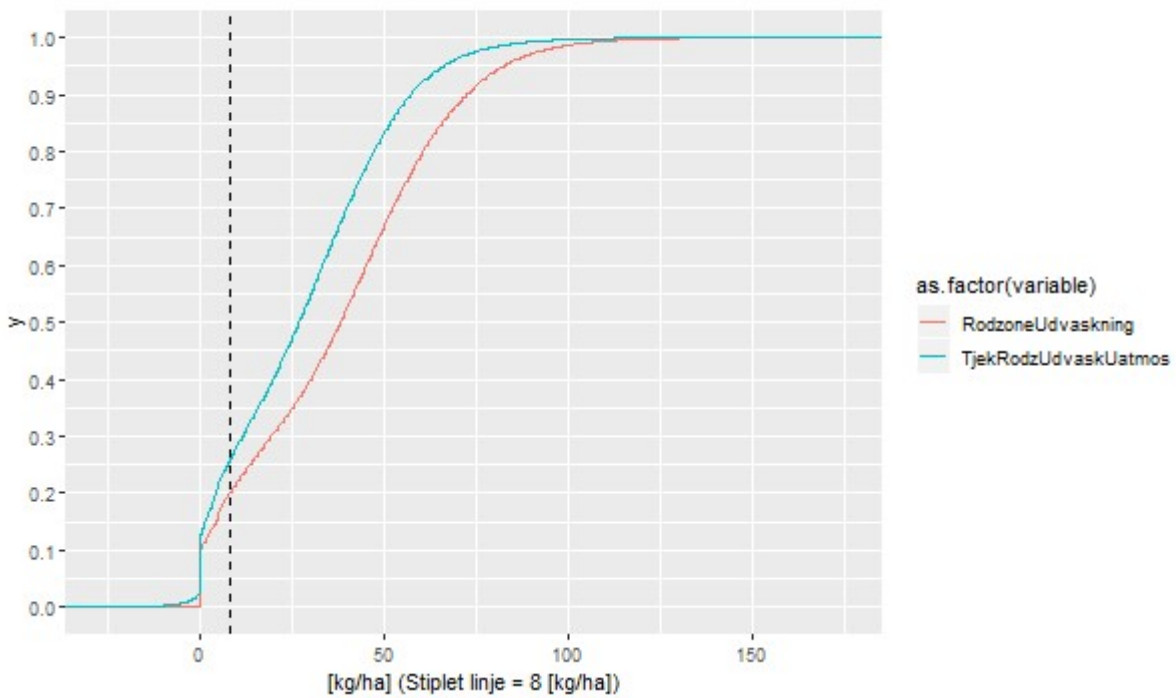
Figur 6 viser et krydsplot ml. rodzoneudvaskningen og den resulterende rodzoneudvaskning efter baseline, eksklusiv nedgang i atmosfærebidrag, og indsats i VP3.

Figur 7 viser sum af tabt effekt beregnet som sum af negativ resulterende rodzoneudvaskning efter VP3 baseline, eksklusiv nedgang i atmosfærebidrag, og VP3 indsatser. Det ses, at for arealer, hvor der er rodzoneudvaskning, er tabet = 424 ton N. For arealer uden rodzoneudvaskning er tabet 1 ton.

Dvs. tabet på i alt 425 tons udgør af den samlede VP3 baseline, eksklusiv nedgang i atmosfærebidrag, og VP3 indsatser $425/(45674 - 1885) \sim 1 \%$.

Det skal her bemærkes, at der umiddelbart ses et yderligere tab svarende til nedgang i atmosfærebidrag i byer og andre arealer, hvor rodzoneudvaskningen i udgangspunktet er lig med nul.

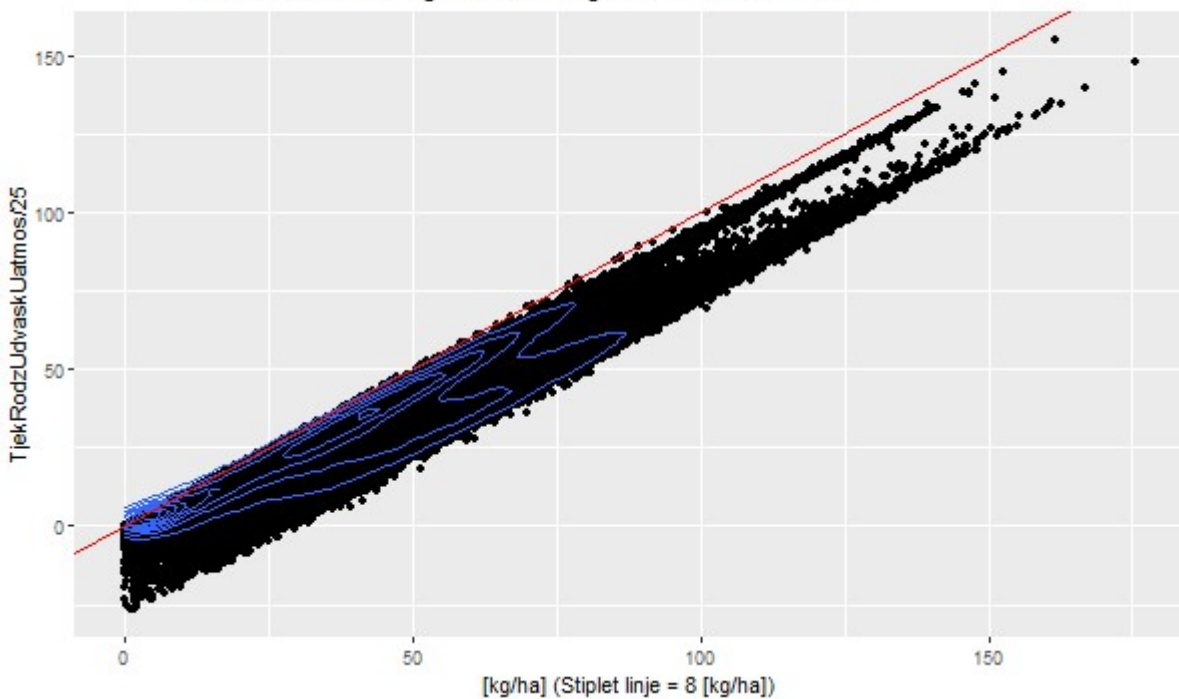
Kummuleret fordeling af hhv. resulterende udvaskning og udvaskning.
 TjekRodzUdvaskUatmos=Rodzoneudvaskning - baseline (eksklusiv atmosf) - indsatser
 RodzoneUdvaskning = Udvasning 2022-03-09 08:48:34



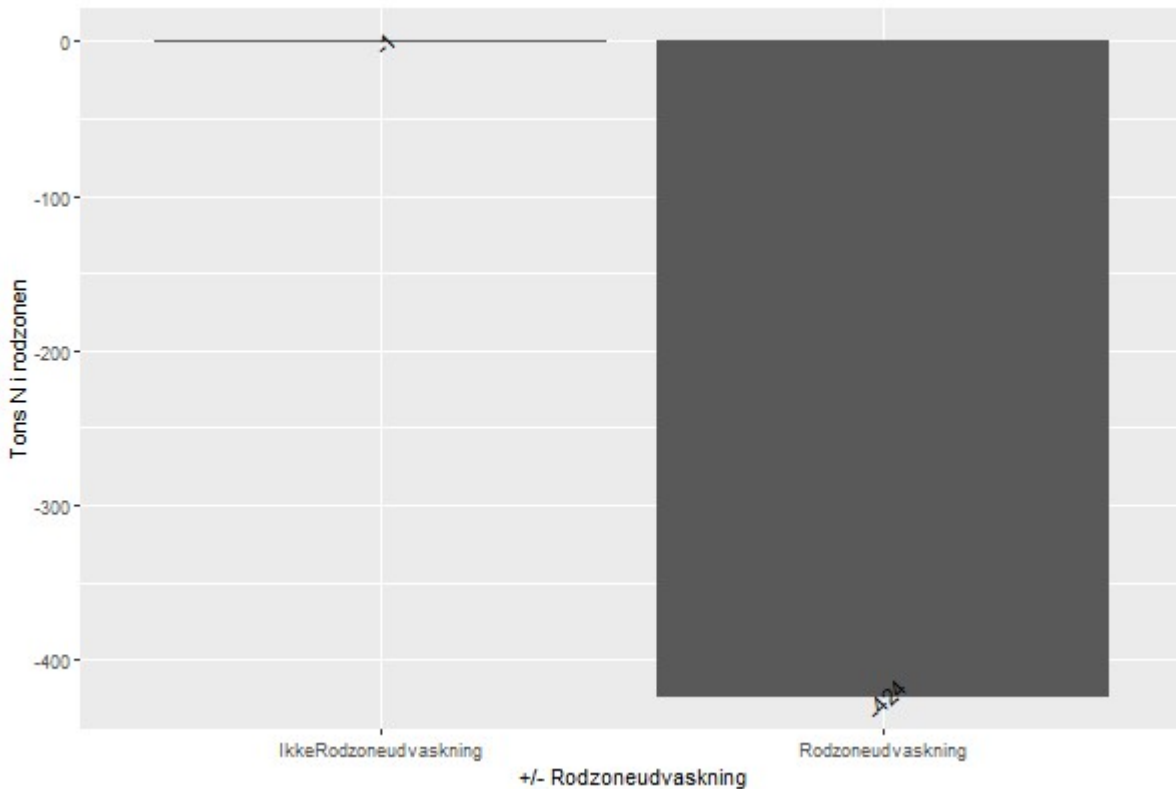
Figur 5. Fordelingskurve for resulterende rodzoneudvaskning: Rodzoneudvaskning – Baselineeffekt(VP3), EKSKLUSIV nedgang i atmosfærebidrag, – Indsatseffekt (VP3, inklusiv målrettet regulering). Stiplet linje ved 8 kg/ha viser estimeret baggrundsudvaskning.

2D densitets plot.

TjekRodzUdvaskUatmos=Rodzoneudvaskning - baseline (eksklusiv atmosf) - indsatser
 RodzoneUdvaskning = Udvasning 2022-03-09 09:07:35



Figur 6. Fordelingskurve for resulterende rodzoneudvaskning: Rodzoneudvaskning – Baselineeffekt(VP3), EKSKLUSIV nedgang i atmosfærebidrag, – Indsatseffekt (VP3, inklusiv målrettet regulering). Stiplet linje ved 8 kg/ha viser estimeret baggrundsudvaskning



Figur 7. Tabt effekt af VP3, EKSKLUSIV effekt af nedgang i atmosfærebidrag, fordelt på hhv. områder uden rodzoneudvaskning (tabt effekt ~1 tons) og områder med rodzoneudvaskning (tabt effekt ~ 424 tons N i rodzonen).

Shapefil med resultater

Tabel 2 viser en feltbeskrivelse for den generede shapefil.

Tabel 2. Dataleverance i form af shapefil med resultater. Beskrivelse af felter i shapefil.

Felt	Beskrivelse
MR21	Målrettet regulering (efterafgrøder) 2021 i VP2
Inds_u_MR	Sum af indsatseffekt eksklusiv målrettet regulering, i VP3
Baseline	Baselineeffekt i VP3
MR3500	Første del af målrettet regulering (efterafgrøder) i VP3
MR3000	Supplerende (til MR3500) målrettet regulering (efterafgrøder) i VP3
SumMR27	MR3500+MR3000

Opstillingen af data svarer til de beskrevne scenarier i excel-ark.

Nedenfor er vist opsummerende statistik for shapefilen. Eksempelvis ses, at den maksimale værdi for SumMR27 = 504,29 kg. Dette svarer til en effekt pr. areal på $504,29 \text{ kg}/25 \text{ ha} = 20,17 \text{ kg/ha}$. Der er antaget en effekt af efterafgrøder på 33 kg/ha . De $20,17 \text{ kg/ha}$ svarer til, at $20,17 \text{ [kg/ha]}/33 \text{ [kg/ha]} = 0,61 = 61 \%$ af markarealet i pågældende kvadratnet har fået tildelt efterafgrøder.

```

> summary(eksport_shapefil@data)
  pointid      grid_code      MR21      Inds_u_MR      Baseline      MR3500      MR3000      SumMR27      Atmosf
Min.   :14059  Min.   : 0.00  Min.   : 0.00  Min.   : 0.00  Min.   : 0.00  Min.   : 0.00  Min.   : 0.00  Min.   : 0.00  Min.   : 0.000
1st Qu.:278513 1st Qu.: 12.45  1st Qu.: 0.00  1st Qu.: 23.60  1st Qu.: 38.73  1st Qu.: 0.00  1st Qu.: 0.00  1st Qu.: 0.00  1st Qu.: 9.692
Median :402693 Median : 37.68  Median : 63.15  Median : 54.46  Median : 73.45  Median : 17.81  Median : 0.00  Median : 25.21  Median :10.714
Mean   :384970 Mean   : 37.32  Mean   : 68.03  Mean   : 44.90  Mean   : 73.77  Mean   : 69.30  Mean   : 64.16  Mean   :133.46  Mean   :10.405
3rd Qu.:503073 3rd Qu.: 56.05  3rd Qu.:123.38  3rd Qu.: 66.30  3rd Qu.:107.95  3rd Qu.:155.72  3rd Qu.:121.58  3rd Qu.:269.26  3rd Qu.:11.565
Max.   :660035 Max.   :175.46  Max.   :271.21  Max.   :138.12  Max.   :303.56  Max.   :398.71  Max.   :287.12  Max.   :504.96  Max.   :16.812
      NA's :2358      NA's :2358      NA's :2358      NA's :2358      NA's :2358      NA's :2358      NA's :2358      NA's :2358

  Diff
Min.   : -27.149
1st Qu.:  7.044
Median : 26.452
Mean   : 27.721
3rd Qu.: 43.005
Max.   :154.051
      NA's :2358
> colSums(eksport_shapefil@data,na.rm=T)
  pointid      grid_code      MR21      Inds_u_MR      Baseline      MR3500      MR3000      SumMR27      Atmosf      Diff
70646608222  6848751  12324772  8133315  13363622  12553693  11623280  24176973  1885000  5021744
> nrow(eksport_shapefil@data)
[1] 183512
> |

```



Danish Ministry of Climate,
Energy and Utilities

Geological survey of
Denmark and Greenland (GEUS)

Øster Voldgade 10
DK-1350 Copenhagen K
Denmark

GEUS is a research and advisory
institution in the Danish Ministry
of Climate, Energy and Utilities