

Beregning av nåværende og framtidig tilførsel og konsentrasjon av nitrogen og fosfor for vannområdene i vannregion Agder



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Beregning av nåværende og framtidig tilførsel og konsentrasjon av nitrogen og fosfor for vannområdene i vannregion Agder.	Løpenr. (for bestilling) 6789-2015	Dato 15.6.2015
	Prosjektnr. Undernr. 14308	Sider Pris 41
Forfatter(e) Atle Hindar, John Rune Selvik, Anne Bjørkenes Christiansen og Øyvind Kaste	Fagområde Eutrofiering	Distribusjon
	Geografisk område Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Vest-Agder	Oppdragsreferanse Kontrakt 25.6.2014
---	---

<p>Sammendrag</p> <p>Klassifisering etter vannforskriften og tiltaksanalyser krever god kunnskap om biologiske forhold og stoffkonsentrasjon i vassdragene. Tiltaksanalyser må være basert på dokumentert fordeling av tilførsler mellom kjente lokale kilder og bidrag fra langtransporterte forurensninger. Beregninger av tilførsler og konsentrasjon av nitrogen og fosfor er gjennomført med bruk av beregningsverktøyet Teotil for alle vannområdene i vannregion Agder. I tillegg er det gjennomført en forskningsbasert videreutvikling av slike beregninger for også å kunne ta hensyn til effektene av klimaendringer. Vi har derfor undersøkt hvilke relevante og dokumenterte scenarier som fantes og om disse scenariene kunne representeres i Teotil. Vassdragene i Agder har i hovedsak akseptabel vannkvalitet med hensyn til fosfor, men langtransportert forurensning bidrar til moderat og dårlig tilstand med hensyn til nitrogen i store områder. Scenarier for 2050 og 2100 viser ingen store endringer på årsbasis, men en forventet omfordeling i avrenning fra vår til vinter øker transporten av N og P til kysten i desember-februar og reduserer den i april-juni.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Næringssalttilførsel Vassdrag Modellering Vannforskriften 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Nutrient load Watercourses Modeling Water Regulations
---	---



Atle Hindar
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

Beregning av nåværende og framtidig tilførsel og konsentrasjon av nitrogen og fosfor for vannområdene i vannregion Agder.

Forord

I arbeidet med vannforskriften er forvaltningsplaner og tiltaksanalyser sentralt. Tiltaksanalyser må blant annet være basert på klassifisering av den økologiske tilstanden i vannforekomstene. Nitrogen og fosfor er bare støtteparametere, men målinger eller beregninger av konsentrasjon er viktig for å avgjøre omfanget av eventuelle tiltak. Det er dessuten avgjørende å kjenne fordelingen mellom tilførselskilder.

Fylkesmannen i Vest-Agder henvendte seg til NIVA i desember 2013 om et samarbeidsprosjekt omkring dette arbeidet. Målet med samarbeidet var å gjennomføre beregninger for vannområdene i Vest-Agder med beregningsverktøyet Teotil. Teotil henter statistikkdata fra naturlige og antropogene tilførselskilder og beregner tilførsler og konsentrasjon av N og P for nedbørfelt. I prosjektet skulle vi også undersøke grunnlaget for og mulighetene til å beregne effekter av klimaendringer med Teotil.

I april 2014 samme år ble det også klart at prosjektet skulle omfatte hele vannregion Agder.

Foreliggende arbeid er basert på dialog mellom kommuner, vannregionmyndigheten i Agder, Fylkesmannen i begge Agder-fylkene og NIVA. En gruppe på NIVA bestående av forfatterne, samt Torulv Tjomsland og Tore Høgåsen, har deltatt i prosjektet. Også andre forskere på NIVA har vært konsultert.

Atle Torvik Kristiansen hos FM i Vest-Agder har vært oppdragsgivers kontaktperson, mens Lillian Raudsandmoen har vært kontaktperson hos FM i Aust-Agder. Vi takker for fint samarbeid.

Grimstad/Oslo, 15. juni 2015

Atle Hindar

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Mål	7
3. Datamateriale og metoder	8
3.1 Vannregion Agder	8
3.2 Metodikk	13
3.2.1 Dagens situasjon	13
3.2.2 Scenarier for 2050 og 2100	15
4. Resultater	19
4.1 Fosfor	19
4.1.1 Klassifisering basert på P	19
4.1.2 P-transport	21
4.2 Nitrogen	24
4.2.1 Klassifisering basert på N	24
4.2.2 N-transport	26
4.3 Fordeling av N og P over året	29
4.4 Retensjon av N og P	31
4.5 Målte tilførsler vs modellering	31
5. Diskusjon og konklusjon	34
6. Referanser	36
Vedlegg A. Transporterte mengder av N og P	37

Sammendrag

Klassifisering etter vannforskriften og tiltaksanalyser krever god kunnskap om vassdragene, både om biologiske forhold og stoffkonsentrasjon i forhold til klassegrenser for aktuelle vanntyper. For tiltaksanalyser kreves det kunnskap om fordelingen av tilførsler mellom kjente lokale kilder og eventuelt også bidrag fra langtransport forurensning.

Fylkesmennene i Vest-Agder og Aust-Agder inviterte NIVA til et samarbeid om å videreføre og videreutvikle at arbeid som NIVA tidligere hadde gjennomført for Otra. Beregninger av tilførsler og konsentrasjon av nitrogen og fosfor ble gjennomført med bruk av beregningsverktøyet Teotil. Alle vannområdene i Agder ble inkludert i prosjektet. I tillegg var det ønskelig med en forskningsbasert videreutvikling av slike beregninger for også å kunne ta hensyn til effektene av klimaendringer. Vi har derfor undersøkt hvilke relevante scenarier som fantes og om disse scenariene kunne representeres i Teotil.

Beregninger er utført for alle minsteenheter i vassdragsregisteret REGINE. Disse er også aggregert til egnede enheter oppstrøms det vi har kalt splittpunkter i hvert vassdrag. Splittpunktene skiller de øvre, forholdsvis upåvirkede områdene fra de som antas å være sterkere påvirket av lokale kilder nærmere kysten.

Årlige tilførsler og konsentrasjoner er også fordelt på månedsbasis basert på innhentet fordeling av vannføring i vassdrag i regionen. I scenariene er total avrenning og avrenningsmønsteret over året endret. Dagens fordeling av stofftransporten er endret i retning større avrenning i perioden desember-januar og tilsvarende mindre om våren i takt med temperaturøkning og kortere snødekkingsperiode. Scenarier for endret arealfordeling er også lagt inn. I projeksjonene for 2050 og 2100 er det antatt at hhv. 10 % og 20 % av dagens fjellareal endres til skog. Det er også lagt inn framtidige scenarier for vannføring (på månedsbasis), avrenning fra jordbruksarealer og utslipp/overløp fra kloakkrenseanlegg. Noen forventede endringer er beskrevet, men ikke brukt. Det skyldes enten at de aktuelle prosessene mangler i Teotil, stor usikkerhet eller kunnskapsmangel knyttet til datagrunnlag/prosesser eller at endringen ikke er forventet å ha stor innvirkning på tilførslene av nitrogen og fosfor til vassdragene.

Beregningene for dagens situasjon (året 2013) viser at konsentrasjonen av fosfor i vannregion Agder i hovedsak er akseptabel i henhold til vannforskriften, dvs. at konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklassene god eller svært god. Dette skyldes en kombinasjon av lave tilførsler, høy retensjon og god fortykning. For nitrogen derimot er tilstanden i store områder moderat eller dårlig. Dette skyldes hovedsakelig en forholdsvis stor tilførsel fra langtransportert forurensning via nedbør og at nitrogen er i overskudd i forhold til fosfor og dermed ikke holdes tilbake i vassdraget i særlig grad.

Modellresultater fra Teotil er tidligere verifisert mot målte data i utvalgte vassdrag, og disse testene viser at Teotil i de fleste tilfeller simulerer den faktiske situasjonen godt. I områder med uakseptabel tilstand bør det imidlertid gjøres ytterligere kvalitetssikring og eventuelt suppleres med undersøkelser før forurensningsbegrensende tiltak iverksettes.

Scenariene for 2050 og 2100 viser kun mindre endringer på årsbasis. Det er flere grunner til det, blant annet at en forventet økning i nedbør motvirkes av en forventet økt fordampning når lufttemperaturen øker. Avrenningen endres derfor ikke så mye. Arealavrenningen for fosfor og nitrogen er også forholdsvis lik mellom fjell og skog slik at heving av skoggrensen i et varmere klima ikke får så store effekter.

Det må presiseres at ekstremvær med spesielle effekter som stofftap fra jordbruksarealer, episodisk stor erosjon i elveleier og utgraving av nye elveleier ikke er inkludert i simuleringene. Dette skyldes at modellen kun har månedlig tidsoppløsning, og den kan ikke skille mellom uorganiske og organiske fraksjoner av P og N eller partikulære og løste fraksjoner. Totaleffekten av en forventet økt utvasking av organisk stoff fra

et økende skogareal, samt økt mineralisering ved økt temperatur i et framtidig klima er heller ikke klarlagt fullt ut vitenskapelig.

I og med at Teotil er bygget opp på empiriske sammenhenger og ikke på prosesser, vil den ha klare begrensninger i forhold til å simulere effekter av framtidige klimaendringer. Vi anbefaler derfor at det tas i bruk prosess-baserte modeller med finere tidsoppløsning til dette formålet.

Summary

Title: Estimations of present and future loads and concentrations of nitrogen and phosphorus in watercourses in the Agder water region.

Year: 2015

Author: Atle Hindar, John Rune Selvik, Anne Bjørkenes Christiansen and Øyvind Kaste

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6524-8

Classification according to the Norwegian water regulations requires adequate data for aquatic biology and water chemistry. In the case of moderate or bad ecological status there will also be a question of the distribution between local and long-range transported N and P sources and of the distribution among the local sources. Measured and/or modelled data are crucial for cost-efficiency calculations and decisions on necessary measures to improve the ecological status.

The model Teotil is based on collected statistical information of N and P inputs from different land cover types and point sources. These loads are assigned to catchments in the Norwegian watercourse registry REGINE, owned by NVE (nve.no) and accompanying runoff characteristics. Both loads and concentrations of N and P are estimated. Data for the smallest REGINE-units were aggregated to suitable larger parts of river catchments in order to get such data for both the anticipated low-affected areas far from the coast and higher-affected areas close to the coastline.

Part of this work has been to examine relevant scenarios for how climate change may affect loads and concentrations of N and P in the years 2050 and 2100. Another part was to look for possibilities to represent these scenarios in Teotil simulations. It turned out that several documented future effects could be represented by Teotil, and the result of these are included in the present report.

Watercourses in the Agder water region are relatively un-affected by local N and P sources in the sparsely populated areas far from the coastline. On the other hand deposition of long-range transported air pollutants contributes to unacceptable concentrations of N according to the water regulations. The exceedance is a result of higher N concentrations than expected for these water types rather than unacceptable ecological status, however. This is due to phosphorous being the limiting nutrient in freshwater. A surplus of N is reflected in low estimated retention compared with very high retention of P.

Climate change, as represented in the scenarios we used, has only a minor effect on loads and concentrations of N and P on an annual basis. There will probably be a switch, however, in the monthly runoff distribution due to increased temperature and less snow accumulation during winter time. This will result in reduced N and P transport to the coast during spring (April-June) and an increase in winter (December-February). Also, less transport is expected during summer time due to increased evaporation and low flow.

1. Bakgrunn

Klassifisering etter vannforskriften og tiltaksanalyser krever god kunnskap om vassdragene, både om stoffkonsentrasjon og fordeling av tilførsler mellom kjente kilder. Da Fylkesmannen startet karakteriseringsarbeidet var en del av arbeidet å fullkarakterisere ett vassdrag i 2007. I Agder ble Otra valgt som et slikt vassdrag, og NIVA gjennomførte et prosjekt der vi brukte programmet Teotil for å beregne konsentrasjon og transport av nitrogen og fosfor i alle NVEs REGINE-felt (Hindar og Tjomsland 2007). Datahåndteringsverktøyet TEOTIL henter offisiell tilførselsstatistikk for alle kjente kilder og areal typer i vassdraget og tilordner dem til minsteenheter i NVEs vassdragsregister REGINE. På den måten kan det gjøres beregninger for ulike vassdragsavsnitt og sidefelt.

Fylkesmannen i Vest-Agder inviterte NIVA til et samarbeid om å videreføre og videreutvikle dette arbeidet. Det var ønskelig at tilsvarende beregninger skulle gjennomføres for vannområdene Sira-Kvina, Lygna, Mandal-Audna og Otra. I tillegg var det ønskelig med en forskningsbasert videreutvikling av slike beregninger for også å kunne ta hensyn til effektene av klimaendringer. Etter ønske fra Fylkesmannen i Aust-Agder omfatter prosjektet også vannområdene i den østlige delen av vannregion Agder, dvs. Tovdalsvassdraget, Nidelva og Gjerstad-/Vegårvassdraget. Alle vannområdene i Agder er derfor inkludert.

Resultatene av slike beregninger er direkte anvendbare i arbeidet med vannforskriften fordi vassdrag og vassdragsavsnitt kan karakteriseres mht konsentrasjon av N og P og fordi en vil skaffe en kildeoversikt som er nyttig hvis tiltak bør gjennomføres for å oppnå god økologisk tilstand. Vi vil samtidig understreke at N og P i denne forbindelse er støtteparametre for biologisk karakterisering. Videre vil resultatene være nyttige for å undersøke hvordan tilførslene fordeler seg over produksjonssesongen for alger og høyere vegetasjon i vassdragene og i kystsområdet. Konsentrasjon og tilførsler av N og P til ulike vassdragsavsnitt og til kysten vil også være verdifull informasjon mht forekomst av f.eks. kryptofaner og sukkertare.

2. Mål

Målet med prosjektet har vært å beregne nåværende og framtidig tilførsel og konsentrasjon av N og P for vannområdene i vannregion Agder. I tillegg til årlig transport og årsmiddelkonsentrasjoner skulle det gjøres beregninger av fordelingen over året (per måned) under dagens og framtidige hydrologiske forhold.

Basert på beregningene av nåsituasjonen skulle vi undersøke hvordan Teotil kan ta hensyn til effekten av klimaendringer. Et forhold er det faglige grunnlaget for å justere beregninger etter endringer i klima, for eksempel økt nedbør, økt temperatur med annen årstidsfordeling i avrenning og endringer i arealbruk. Det andre forholdet er hvordan det teknisk kunne løses innenfor rammen av Teotil.

Det skulle også vurderes om andre modeller kan være nyttige, eventuelt bedre egnet enn Teotil for slike beregninger. I dette arbeidet har det også vært viktig å peke på usikkerheter og videre forskningsbehov.

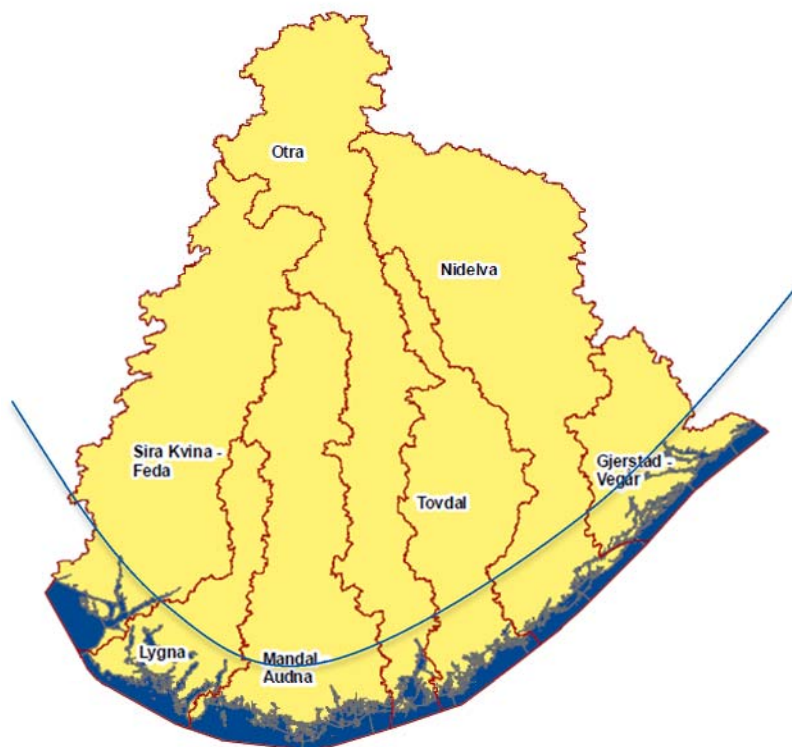
Prosjektet har bestått av to elementer:

- Beregninger av nåsituasjonen basert på data fra 2013
- Et teamarbeid på NIVA for å finne fram til grunnlaget for og muligheten til å beregne effekten av klimaendringer

3. Datamateriale og metoder

3.1 Vannregion Agder

Vannregion Agder består av sju vannområder (Figur 1). For alle gjelder at store deler av arealet består av naturarealer, slik som skog og fjell, som har begrenset belastning fra bosetting, jordbruksarealer og punktkilder.



Figur 1. Vannregion Agder med vannområder. Området nord for buen er dominert av skog og fjell og har begrenset bosetting.

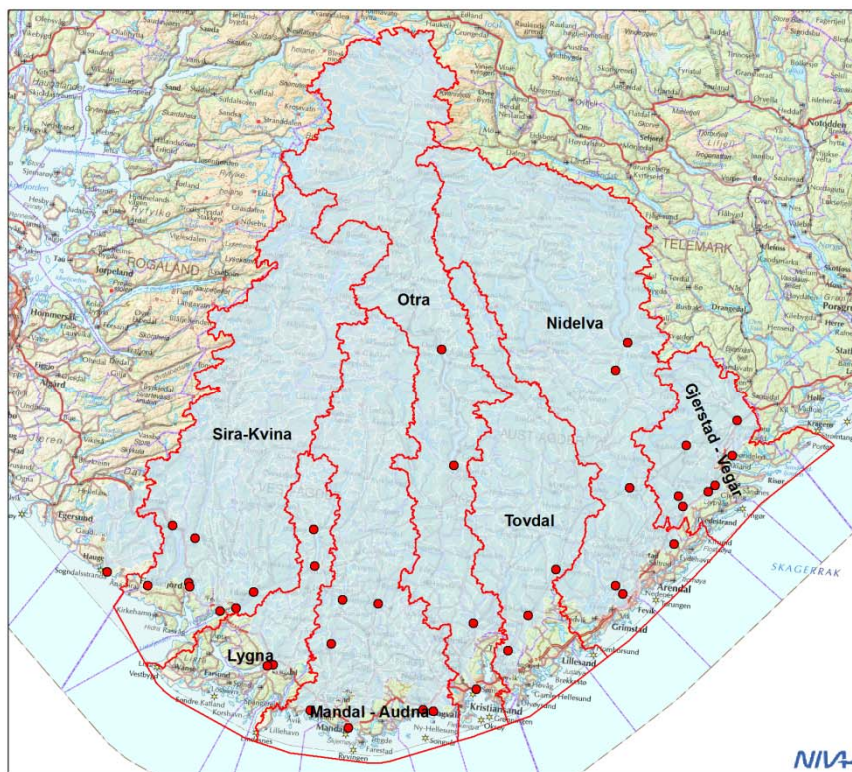
Vår tilnærming var å splitte vannområdene opp på en slik måte at forholdsvis upåvirkede områder kunne isoleres. Med upåvirket mener vi her liten påvirkning av lokale tilførselskilder. Vannkvalitetene i disse områdene er imidlertid preget av svovel- og nitrogennedfall med nedbør (sur nedbør) og er derfor ikke i naturtilstanden. Kartet i Figur 2 viser disse splittpunktene. Arealer og arealfordeling oppstrøms splittpunktene er gitt i Tabell 1.

Arealfordelingen innenfor regionen (Figur 3) viser at de sørlige og østlige områdene er dominert av skog, mens vestlige områder i stor grad består av fjell. Arealer med uproduktiv skog ligger mellom skog og fjell, og flere store innsjøer utgjør også en viss andel av arealet i flere vassdragsavsnitt. Jordbruk og urbane områder finner vi derimot bare i mindre områder lokalisert til lavlandet langs vassdragene og ute ved kysten.

Vannregionens vassdrag er sterkt berørt av vannkraftutbygging. Det gjelder spesielt Nidelva, Otra, Mandalselva og Kvina, se Figur 3. For de tre førstnevnte er overføringen av vann hovedsakelig intern, dvs

innenfor samme vassdrag. Vann som flyttes innenfor øvre deler av vassdragene påvirker i hovedsak ikke vannkvaliteten med hensyn til N og P. Men vannstrenger som får redusert vannføring vil også få redusert resipientkapasitet. Slike elvestrekninger kan ha dårligere tilstand enn moderat hvis tilførslene av N og P ikke er tilpasset den reduserte vannføringen.

Vassdragene er også preget av forholdsvis store forskjeller i naturlig avrenning i en øst – vest gradient. Med hensyn på avrenning ligger Agder i et grenseområde mellom det forholdsvis tørre Østlandet og det nedbørrike Vestlandet. Spesifikk avrenning øker fra om lag 20 L/s km² i Gjerstadorrådet i øst til 60 L/s km² i Sirdalsområdet i vest. Denne tredoblingen har mye å si for hvordan tilførsler blir fortynnet i vassdragene og holdt tilbake i innsjøer ved retensjon. Vannet har også en tendens til å være klarere i vest enn i øst både fordi de organiske tilførslene fortynnes bedre og fordi det er mindre skog i nedbørfeltene.



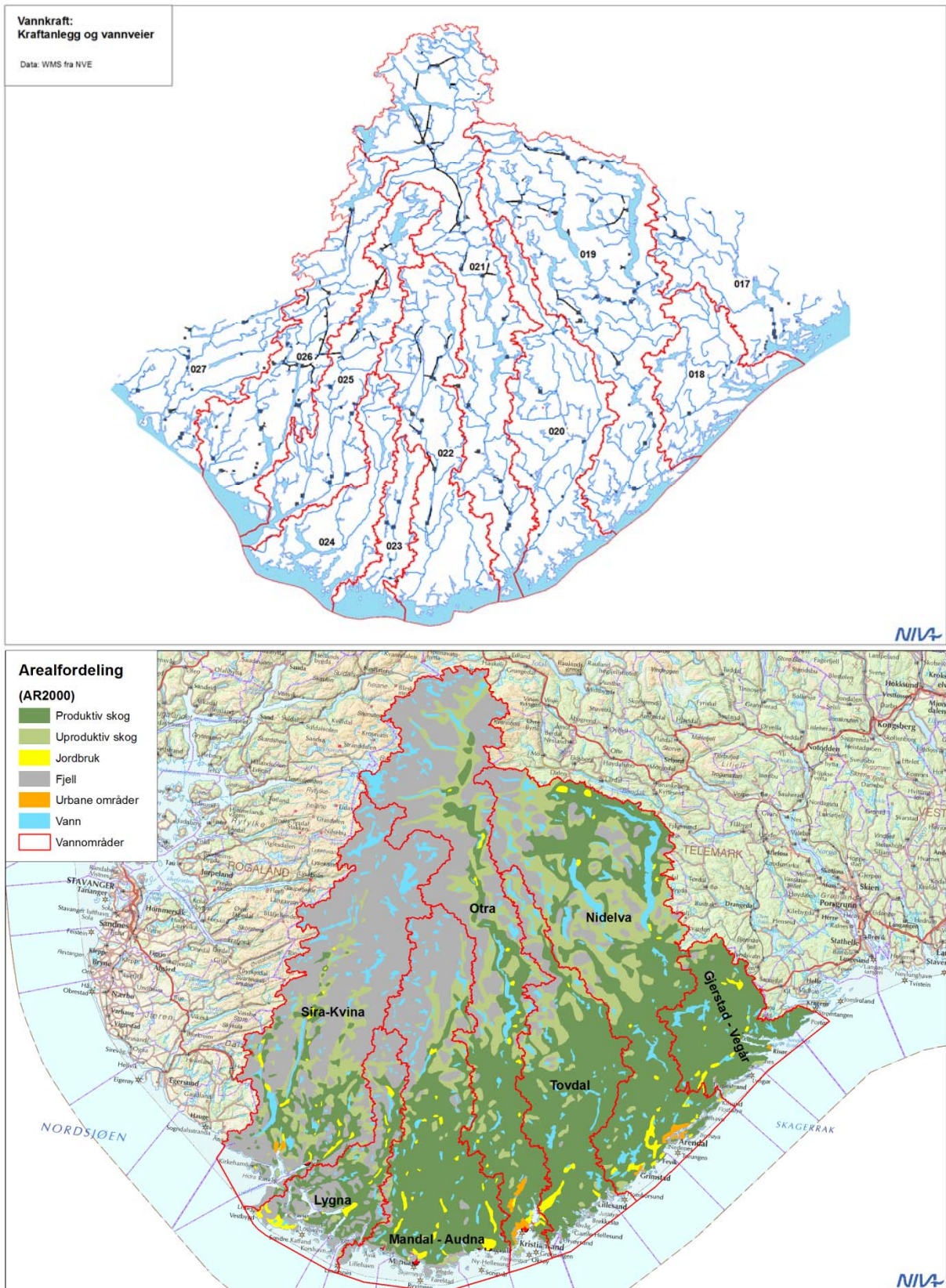
Figur 2. Splittpunkter i vassdragene (rød prikk). Vannområdene er avgrenset med rød strek, mens lys blå farge over land viser vassdragene ned til elvemunningen.

Tabell 1. Arealer og arealfordeling (alt i km²) oppstrøms splittpunkter.(hentet fra datagrunnlaget i Teotil).

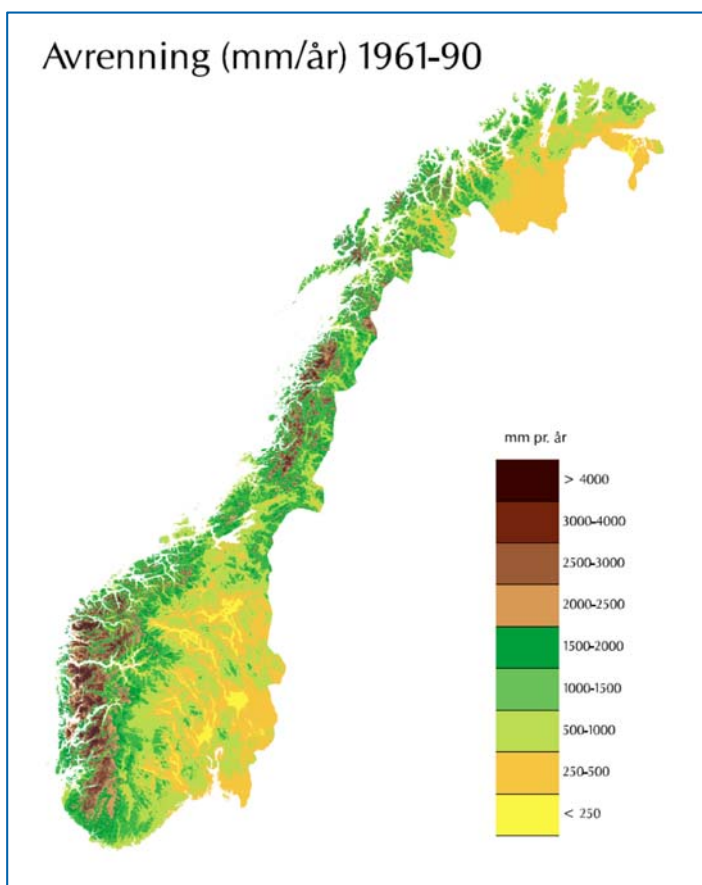
Nærmeste regine	Vannområde	Stedsnavn	Skog	Fjell	Jordbruk	Innsjø	Bebygd	Sum
018.3A21	Gjerstad-Vegår	Sjø	259	137	8	18	0	422
018.3D	Gjerstad-Vegår	Utløp Gjerstadvann	166	126	7	10	0	308
018.7B	Gjerstad-Vegår	Molandselva	32	1	3	3	0	38
018.A3Z	Gjerstad-Vegår	Nævestadvassdraget	29	0	0	3	0	32
018.B0	Gjerstad-Vegår	Innløp Songevann/sjø	227	147	11	35	0	420
018.C22	Gjerstad-Vegår	Storelva	158	147	6	32	0	342
018.D	Gjerstad-Vegår	Utløp Ubergsvann	119	147	1	29	0	296
018.F	Gjerstad-Vegår	Utløp Vegår	4	147	0	23	0	174
019.A3	Arendal	Sjø	2824	709	31	410	1	3975
019.AA	Arendal	Rore	166	4	1	27	0	199
019.C3	Arendal	Nelaug	2355	704	12	363	1	3436
019.DA1	Arendal	Fyresåa	687	270	5	118	0	1081
019.F1	Arendal	Utløp Nisser	686	235	6	151	1	1079
020.1A	Tovdal	Grimeelva. Utløp sjø	65	2	0	9	0	76
020.A40	Tovdal	Boen/sjø	1391	328	5	121	0	1844
020.B21	Tovdal	Innløp Flakksvann	1290	294	1	116	0	1701
020.B3	Tovdal	Utløp Herefossfjorden	1223	294	1	115	0	1632
021.A11	Otra	Otra. Utløp sjø	1636	1787	29	300	8	3759
021.A61	Otra	Innløp Venneslafjorden	1510	1741	25	294	0	3571
021.D30	Otra	Utløp Byglandsfjord	900	1613	13	264	0	2790
021.E21	Otra	Ose	522	1420	7	189	0	2138
022.1A11	Mandal	Søgneelva. Utløp sjø	185	1	16	7	2	210
022.2A	Mandal	Lundeelva. Utløp sjø	59	17	2	5	0	83
022.A11	Mandal	Mandalselva.Utløp sjø	806	878	26	115	0	1825
022.C3	Mandal	Inn Mannflåvann	537	800	7	103	0	1448
023.A11	Audna	Sjø	391	31	15	25	0	462
023.B110	Audna	Oppstrøms Tryland	217	4	4	11	0	236

Arealer og arealfordeling oppstrøms splitt punkter, forts.

023.C1	Audna	Utløp Y.Øydnvann	122	4	3	8	0	137
024.AA	Lygna	Møska	85	28	0	9	0	123
024.B1A	Lygna	Litleåna	26	9	2	2	0	38
024.B210	Lygna	Lyngdal/sjø	146	233	8	28	0	415
024.C1	Lygna	Utløp Lygne	78	166	6	22	0	272
024.D10	Lygna	Innløp Lygne	44	107	1	10	0	161
025.3A1	Kvina	Feda	134	54	4	17	0	207
025.52A	Kvina	Selura	27	2	0	2	0	31
025.5A	Kvina	Flikka	29	7	2	7	1	46
025.A0	Kvina	Sjø	344	959	11	142	0	1456
025.B11	Kvina	Liknes	204	840	3	129	0	1176
026.B21	Sira	Ut Lundevann/sjø	135	1518	16	203	1	1873
026.BA21	Sira	Moisåa ut i Lundevann	71	92	9	16	0	188
026.D2	Sira	Ut Sira	1	1279	0	150	0	1430



Figur 3. Påvirkning av vannkraftutbygging (øverste figur, indikert med punkter for kraftanlegg og linjer for vannveier) og dagens fordeling på arealtyper (nederste figur).



Figur 4. NVEs figur for avrenning i Norge. Avrenningen er her oppgitt i mm/år. Avrenning på 500 -2000 mm/år (grønn farge) tilsvarer 16-64 L/s km².

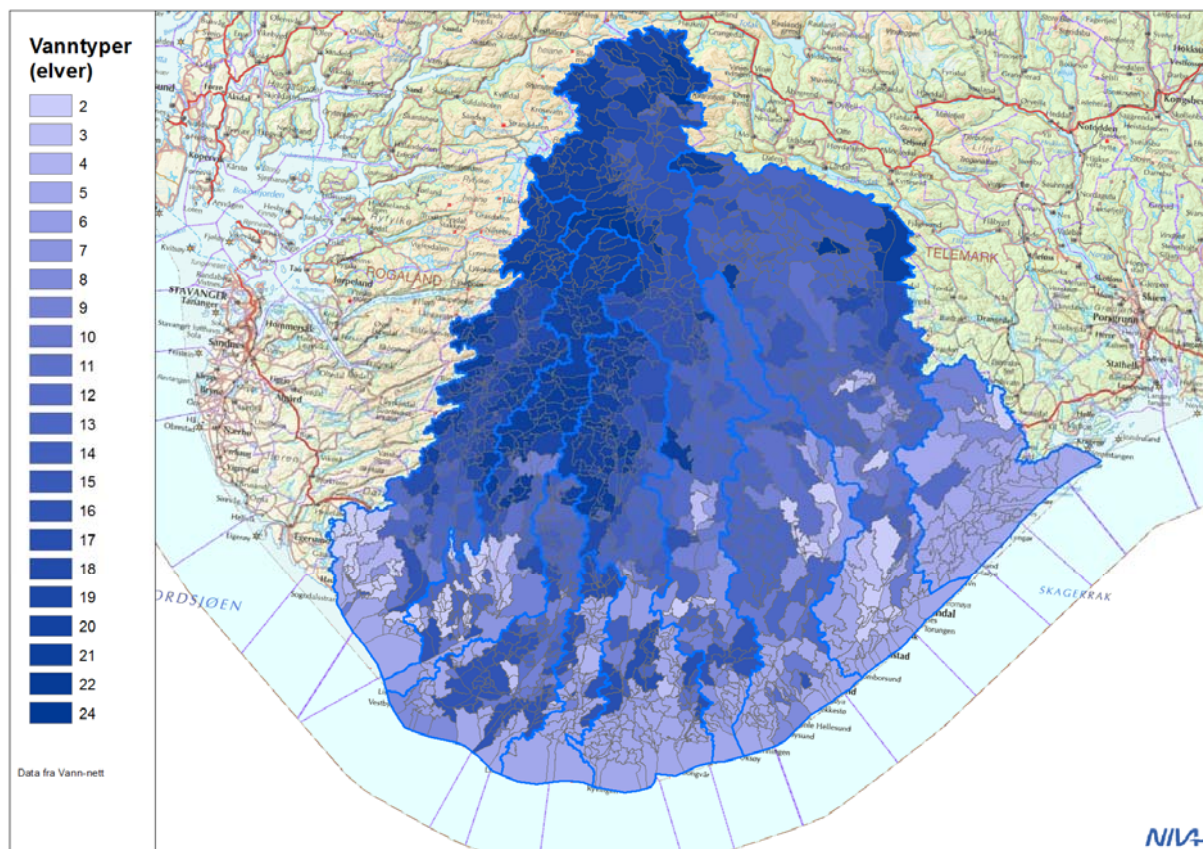
Når den økologiske tilstanden skal bestemmes tas det utgangspunkt i vanntypen (Figur 5) og den tilstanden en gitt vanntype er forventet å ha fra naturens side. Kombinasjonen av en rekke naturgitte faktorer er med å avgjøre hvilken vanntype en bestemt vannforekomst har. Det vises til veiledere på nettstedet vannportalen.no for de kriteriene som skal brukes. Her skal bare nevnes at vannets farge og kalsiuminnhold er to av kriteriene. Vanntypene i Agder er generelt forholdsvis klare, som beskrevet over, og ionefattige med lave kalsiumkonsentrasjoner. Det siste skyldes både en berggrunn som brytes veldig sakte ned og den omtalte fortynningen pga stor avrenning.

3.2 Metodikk

3.2.1 Dagens situasjon

Det er først gjort beregninger basert på dagens (tallene er fra 2013) situasjon. Årlig transport, årsmiddelkonsentrasjon og kildefordeling for N og P for alle vannregionens minsteenheter i NVEs vassdragsregister REGINE er beregnet. Slike data foreligger derfor hos NIVA, men alle disse enkeltverdiene er ikke med i denne rapporten. Minsteenheterne er deretter slått sammen for å få fram samme type data for splittpunktene og oppstrøms beliggende areal. Bidrag fra tilførsler mellom splittpunktene vil derfor framkomme som differanser. Beregningene er dermed gjort for de store og noen mellomstore vassdrag i hvert vannområde og for delfelt i vassdragene som er definert ved splittpunkter.

For den siste gruppen vannforekomster er det også beregnet fordeling av konsentrasjon og transport over året (månedsbasis).



Figur 5. Vanntyper for elver i vannregion Agder slik disse er angitt i Vann-Nett (mottatt fra NVE, januar 2015), og her angitt med farge på Regine-feltene. Numrene refererer seg til nasjonale vanntyper, se ellers tekst.

De middelkonsentrasjonene som framkommer er sammenliknet med og gitt som klasser i vannforskriften. Det er gjort ved at vi først har funnet vanntypen i Vann-nett og tilhørende klasser for total N og total P. De kartene som framkommer kan dermed brukes direkte for å vurdere hvor det er behov for nærmere undersøkelser, eventuelt tiltak.

Tilgjengelig statistikk for kilder til N og P i vannområdene er hentet inn og bearbeidet i Teotil. Tilførselskildene er:

- befolkning (renseanlegg og spredt bosetting),
- industri,
- jordbruksarealer
- naturarealer (fjell, skog og innsjøer).

For arealer er det brukt kjente avrenningskoeffisienter. NIVA har beregnet koeffisienter for fjell og skog, mens Bioforsk har beregnet koeffisienter for jordbruksarealer. For innsjøer tas det hensyn til N-nedfallet på innsjøoverflaten. Vi har tatt hensyn til regulerings effekt på avrenningens kvalitet og effekten av at innsjøer holder tilbake N og P via biologiske prosesser og sedimentasjon (retensjon), se Hindar og Tjomsland (2007).

Alle beregninger er først gjort for nåsituasjonen (2013). Det er deretter gjort vurderinger og beregninger av hvordan konsentrasjon og transport av N og P kan endre seg i takt med klimaendringer i framtida. Vi har brukt årene 2050 og 2100 som modellår. Dette er langt fram i tid og kan oppfattes som lite relevant, men det vil angi en retning og hastighet for utviklingen. For kommunene eller andre som bør/skal gjennomføre tiltak, vil det dessuten være gunstig og få denne typen informasjon så tidlig som mulig.

I dette arbeidet har vi benyttet resultater fra regional nedskalering av de mest relevante klimamodellene og de effektstudiene som er gjennomført. De tekniske mulighetene som ligger i Teotil til å lage scenarier for framtida er deretter benyttet. Dette er nærmere dokumentert og redegjort for nedenfor.

Feil i datagrunnlaget kan forekomme, og vi har i størst mulig grad kvalitetssikret kildematerialet, spesielt beliggenheten av punktkilder. Vi har også gått inn i detaljresultatene hvis det har vært åpenbare grunner til det, for eksempel ved svært dårlig tilstand i et område uten kjente lokale kilder.

Alle beregninger er tilgjengelige på NIVA, men bare data for splittpunkter og arealene oppstrøms disse er tatt med her. Enkelte eksempler på mer detaljerte framstillinger er gitt i Vedlegg.

For en verifisering av beregningene har vi funnet fram en tidligere verifisering av resultater fra Teotil og dessuten testet beregningene av nåsituasjonen for noen av vassdragene ved å bruke måledata fra elvetilførselsprogrammet (RID; Riverine Input and Direct Discharges) under OSPAR (Oslo-Paris) - konvensjonen.

3.2.2 Scenarier for 2050 og 2100

I dette arbeidet har vi undersøkt om Teotil kan brukes til å lage scenarier for framtida basert på effekter av endret i klima. Spørsmålet har vært todelt; hvilket faglig grunnlag finnes for å lage scenarier og hvilke muligheter finnes i Teotil for å ta hensyn til dette med utgangspunkt i dagens situasjon.

Klimaendringer kan ha både direkte og indirekte effekter på vannmiljøet. Det er ikke alltid et enkelt og forutsigbart (f.eks. lineært, eksponentielt) forhold mellom klimapåvirkning og naturens respons, fordi kombinasjoner av ulike påvirkningsfaktorer både kan gi en større (additiv) og mindre (antagonistisk) effekt enn om faktorene opptrer enkeltvis. Dette gjelder spesielt de indirekte effektene, hvor det kan dreie seg om en kjede av ulike påvirkninger og responser.

Eksempler på direkte effekter kan være:

- Økt temperatur påvirker arealfordeling mellom skog og fjell når skoggrensen kryper oppover
- Økt temperatur påvirker snøakkumulering og lengden på snødekt periode
- Økt temperatur påvirker lengden av vekstsesongen
- Redusert snødekke og snødekt periode fører til økt vinteravrenning og redusert vårflo
- Økt frekvens og intensitet av ekstrem nedbør fører til hyppigere og mer alvorlige flomhendelser

Noen eksempler på indirekte effekter:

- Kraftig nedbør og flom øker erosjon og utvasking av organisk stoff og næringssalter fra jorda
- Flom øker faren for lekkasjer og overløp fra avløpsnett og reduserer effekten av renseanlegg
- Økt temperatur øker mineraliseringen av organisk stoff i jorda og dermed frigjøringen av N og P
- Nettoeffekten av økt mineralisering, økt skogvekst og økt avrenning vil variere i tid og rom
- Milde, snøfattige vintre kan gi mindre nitrogenavrenning
- Varme, tørre somre kan gi akkumulering av lett utvaskbart organisk stoff og næringssalter i jorda

Naturens respons på (dagens) klimavariasjon er mulig å studere gjennom analyse av lange dataserier, f.eks. mht. avrenning av karbon (Monteith et al. 2007, de Wit et al. 2007) og nitrogen (de Wit et al. 2008). For å studere responser på mer ekstreme klimaforhold enn de vi opplever i dag, er det mulig å gjennomføre storskala eller småskala eksperimenter hvor det manipuleres med ytre faktorer som nedbør, temperatur,

snø eller CO₂ konsentrasjon i lufta. Eksempler på dette er (Wright 1998, Austnes et al. 2008, Haaland et al. 2008, Kaste et al. 2008). Kunnskap som er generert gjennom studier av lange dataserier og eksperimenter kan i neste omgang inkluderes i matematiske modeller og brukes til å simulere mulige effekter av klimascenarier (utarbeidet av FNs klimapanel, IPCC) på vannføringsforhold og vannkvalitet i innsjøer, elver og estuarier. I Norge er det utført slike modellstudier blant annet i Bjerkreimsvassdraget i Rogaland (Kaste et al. 2006), Tovdalsvassdraget i Aust-Agder (Wright et al. 2008) og i Vansjø-Hobøl-vassdraget i Østfold (Couture et al. 2014). Vi har nedenfor brukt resultatene fra disse modellstudiene som input til Teotil modellen i et forsøk på å estimere framtidig tilførsel og konsentrasjon av nitrogen og fosfor innenfor vannområdene i vannregion Agder. Slike framskrivninger vil inneholde stor usikkerhet, både knyttet klimascenariene i seg selv (temperatur- og nedbørutvikling) og i forhold til naturens og vannøkosystemenes respons på de endrete rammebetingelsene.

Teotil er et statisk og forholdsvis enkelt regneverktøy. Mulighetene til å undersøke effektene av klimaendringer i form av økt avrenning, kortere perioder med snødekke, høyere skoggrense osv. er likevel til stede. De mulighetene som finnes er følgende:

- 1) Teotil bruker avrenningskoeffisienter for ulike areal typer til å beregne stofftransport. Arealene er fjell, skog, innsjøer. Hver enkelt koeffisient er knyttet til normalnedbør, og hvis nedbøren ett år f.eks. er 110 % av normalen, økes koeffisienten tilsvarende. Dette innebærer at stofftransporten blir 110 % av normalen, mens konsentrasjonen blir den samme. Både koeffisientene og avrenningen kan endres for å simulere scenarier. I denne rapporten har vi brukt resultater fra tidligere simuleringer med den prosessbaserte INCA-modellen (Wade et al. 2002) for å undersøke grunnlaget for å gjøre endringer i koeffisientene for framtidig avrenning av fosfor og nitrogen.
- 2) En allerede mye omtalt effekt av klimaendringer er mer intens nedbør. Med dette følger økt erosjon på arealer med lite vegetasjonsdekke og langs elveleier. Fosfor er i stor grad partikkelbundet, og P-transporten kan derfor øke med økt erosjon. NIVA har beregnet denne effekten med INCA-P for Hobøl-vassdraget (Couture et al. 2014) og vi har brukt resultater fra denne studien til å justere koeffisientene for P-transport i et framtidig klima.
- 3) Teotil kan fordele årlig stofftransport på månedene i året basert på målt eller antatt fordeling av avrenning det året. Modellen kan dermed også simulere endringer i sesongfordelingen av stofftransport i et endret klima.
- 4) Teotil henter prosentvis fordeling av skog- og fjellarealer basert på kartlagte arealer. Arealfordelingen kan endres ved f.eks. å redusere andel fjellareal for å simulere økt skoggrense i framtiden. Vi har vært i kontakt med Institutt for Skog og Landskap for å få best mulig informasjon om mulige scenarier for økt skoggrense i framtiden.
- 5) Retensjon i innsjøer er en funksjon av oppholdstiden for vannet. Ved økt tilrenning som følge av klimaendring vil den teoretiske oppholdstiden avta. Retensjonen vi da også i prinsippet avta. Økt tilrenning vil imidlertid bidra til en høyere transport av N og P gjennom innsjøen, noe som på sin side vil kunne øke den faktiske retensjonen. Disse to faktorene vil i praksis kunne utligne hverandre.
- 6) Trender i TOC er dokumentert for perioden 1990 og fram til dags dato og redusert sur nedbør ser ut til å være den viktigste enkeltfaktoren som kan forklare trenden (Monteith et al. 2007, de Wit et al. 2007). Teotil inkluderer ikke organisk karbon, men de økte konsentrasjonene av organisk materiale innebærer også økte konsentrasjoner av organisk bundet N og P. I samme periode har det vært en nedgang i konsentrasjonene av uorganisk N og P pga. bedre rensing av husholdningskloakk og industriavløpsvann samt tiltak i landbruket. I tillegg har det også vært en trend mot lavere konsentrasjon av nitrat fra skog- og fjellområder, som følge av redusert avsetning av langtransporterte luftforurensninger (Garmo et al. 2014). De økte konsentrasjonene av organisk N og P er derfor i stor grad motvirket av reduserte konsentrasjoner av uorganisk N og P. Nettoeffekten på total N og total P (som Teotil simulerer) antas derfor å være liten.

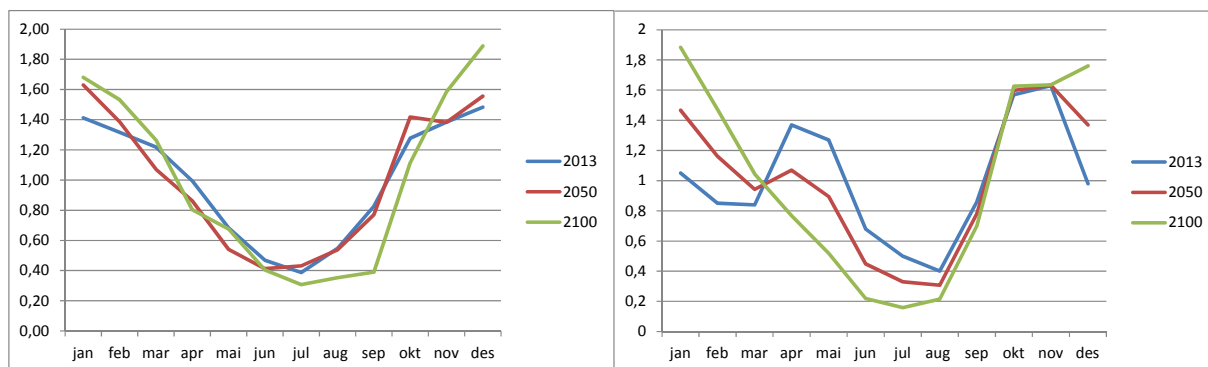
For å kunne kjøre framtidsscenarier for vannregion Agder med Teotil har vi parameterisert modellen på grunnlag av to tidligere modellarbeider som er gjennomført i henholdsvis Bjerkreimsvassdraget (Kaste et

al. 2006) og Tovdalsvassdraget (Wright et al. 2008). Førstnevnte arbeid ble gjennomført med å kombinere tre modeller; HBV (hydrologi), INCA-N (nitrogen) og MAGIC (forsuring inkl. nitrogen). Modelleringen i Tovdalsvassdraget ble gjennomført med Teotil. De to modellarbeidene er relativt forskjellige ved at det er brukt ulike sett med klimascenarier, samt at modellene har svært forskjellig struktur og parameterisering. På den annen side kan ulikhetene i datagrunnlag og modellenes struktur og funksjon også være en representasjon av den store usikkerheten som ligger i slike modellprosjeksjoner. Forskjellene gir seg uttrykk i at modellprosjeksjonene for Tovdalsvassdraget er noe mer konservative mht. framtidig nitrogenavrenning enn det som er tilfellet for Bjerkreimsvassdraget. I vår studie har vi brukt prosjeksjonene for Tovdalselva som grunnlag for Teotil-simuleringene i Aust-Agder (de østlige vannområdene inkl. Otra) prosjeksjonene for Bjerkreimsvassdraget for vannområdene i Vest-Agder. Dette reflekterer i stor grad øst-vest gradienter i vannregionen mht. spesifikk avrenning, atmosfæriske nitrogen-avsetninger og andel barmark/fjell i forhold til skog (alle faktorer øker fra øst mot vest). Når det gjelder prosesser knyttet til avrenning av fosfor, har vi brukt modellresultater for Vansjø-Høbøl-vassdraget som grunnlag (Couture et al. 2014).

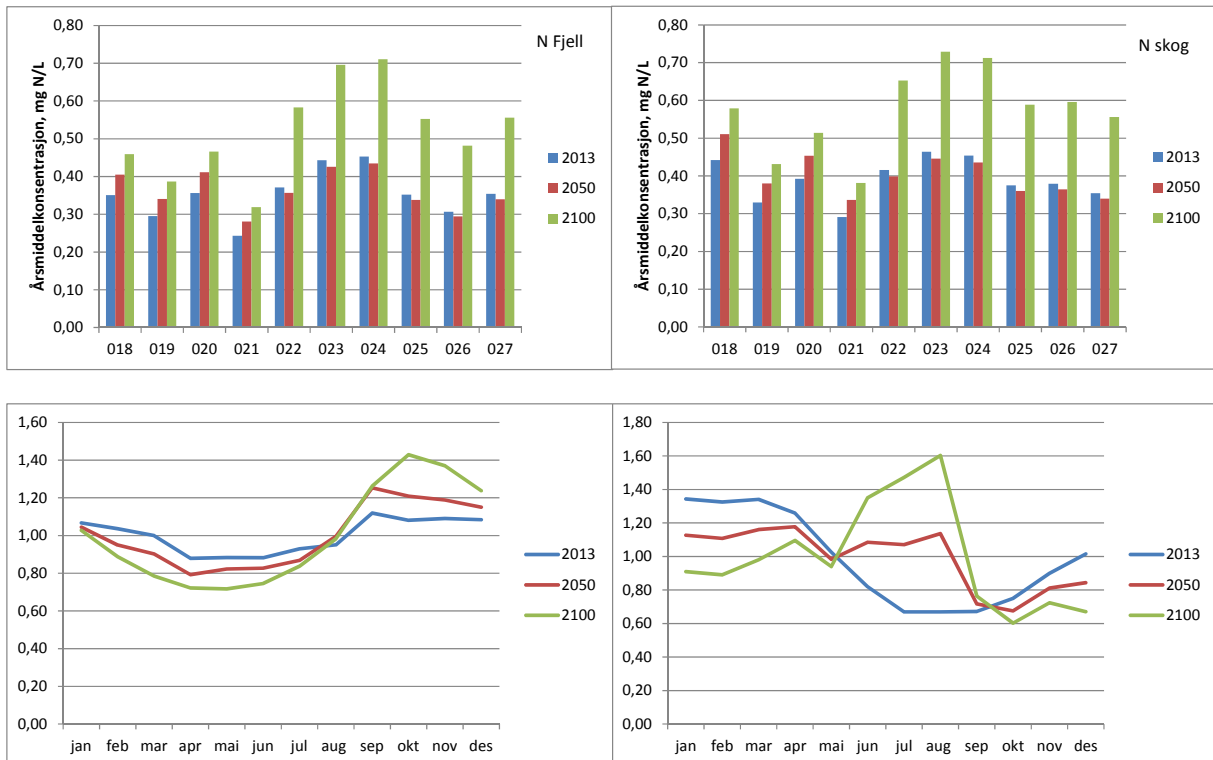
Nedenfor følger en punktvis oversikt over de endringer som er foretatt i Teotil for å generere scenarier for utvikling fram mot 2050 og 2100:

- Total avrenning av vann er økt for 2050 og 2100 i vassdragene i Aust-Agder, mens det først er en økning og deretter reduksjon til et nivå noe under 2013 i Vest-Agder. Reduksjonen mot slutten av perioden skyldes ikke redusert nedbør, men økt fordamping pga. høyere temperatur
- Fordelingen av vinternedbør og dermed månedsavrenning er endret, se Figur 6. Det er en økt avrenning i desember og januar og en reduksjon om våren i Aust-Agder. Dette skyldes mindre snøakkumulering om vinteren. Situasjonen er lite endret i Vest-Agder, da snøakkumuleringen allerede i dag er lavere enn i øst. Unntaket er de aller høyeste fjellområdene, hvor snøakkumuleringen forventes å øke i framtiden.
- Fjellarealer i avrenningsenheter med fjell er redusert med hhv. 10 % og 20 % for 2050 og 2100. Disse fjellarealene er endret til skogareal.
- Retensjonen i innsjøer er holdt konstant fordi sumeffekten på retensjon av økt avrenning og økt temperatur er usikker.
- Avrenningen fra koakkrensseanlegg og spredte avløp er økt med hhv. 5 % og 10 % for 2050 og 2100.
- Avrenningen fra jordbruksarealer er økt med hhv. 5 % og 10 % for 2050 og 2100.

Resultatene av simuleringer for årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogen for fjell- og skogområder i alle vassdrag er vist i Figur 7. I samme figur er vist endringer for månedlige middelkonsentrasjoner for begge areal typer (samme faktor for begge areal typer) i vestre og østre del av regionen.



Figur 6. Fordeling av avrenning over året (relative tall) for dagens situasjon og årene 2050 og 2100. Venstre figur viser scenarier for vassdragene i Vest-Agder, mens høyre figur viser scenarier for vassdragene i Aust-Agder inklusive Otra.



Figur 7. Endringer over tid i årsmiddelkonsentrasjon for nitrogen (mg N/L) for avrenning fra fjell- og skogområder i alle vassdrag (øverst) og endringer (faktor) i forhold til årsmiddel for månedlige middelkonsentrasjoner av nitrogen (nederst). Nedre, venstre figur viser scenarier for vassdragene i Vest-Agder, mens nedre, høyre figur viser scenarier for vassdragene i Aust-Agder inklusive Otra.

4. Resultater

Vi har samlet resultater for dagens situasjon (2013) og scenariene (2050 og 2100) i presentasjonen av resultatene for fosfor og nitrogen.

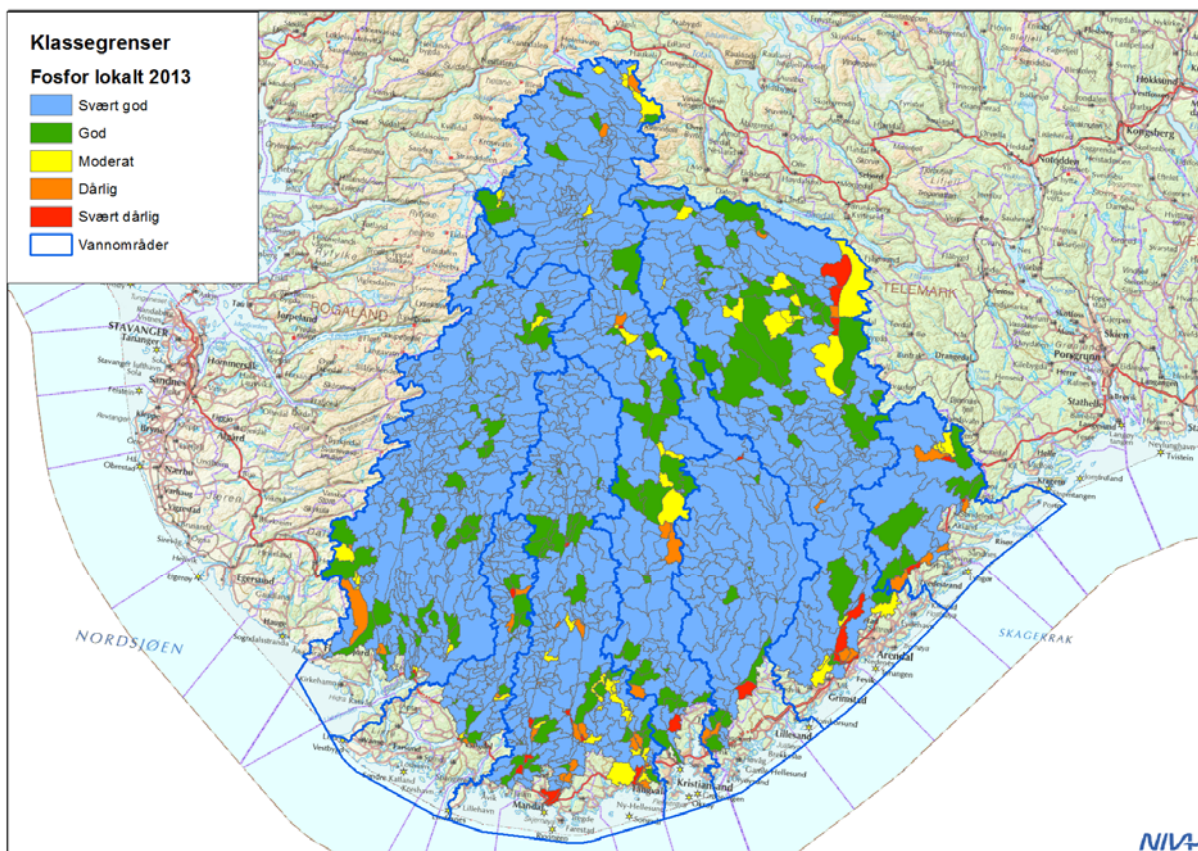
Først tar vi for oss klassifiseringen i henhold til vannforskriften basert på beregnede konsentrasjoner. Dette er gjort på to måter: 1) beregnede konsentrasjoner i hvert enkelt REGINE-felt og 2) beregnet konsentrasjon basert på endringer nedover i vassdraget. Deretter viser vi tall for stofftransporten innen hvert av de akkumulerte delfeltene (basert på splittpunkter) og til kysten. Til slutt vises månedsfordeling for både P og N og hvordan modellen kan brukes til å vise retensjon av tilført N og P.

I tilfeller der scenariene ikke gir spesielle endringer i figurene har vi valgt å omtale nettopp det, men ikke vise alle figurer.

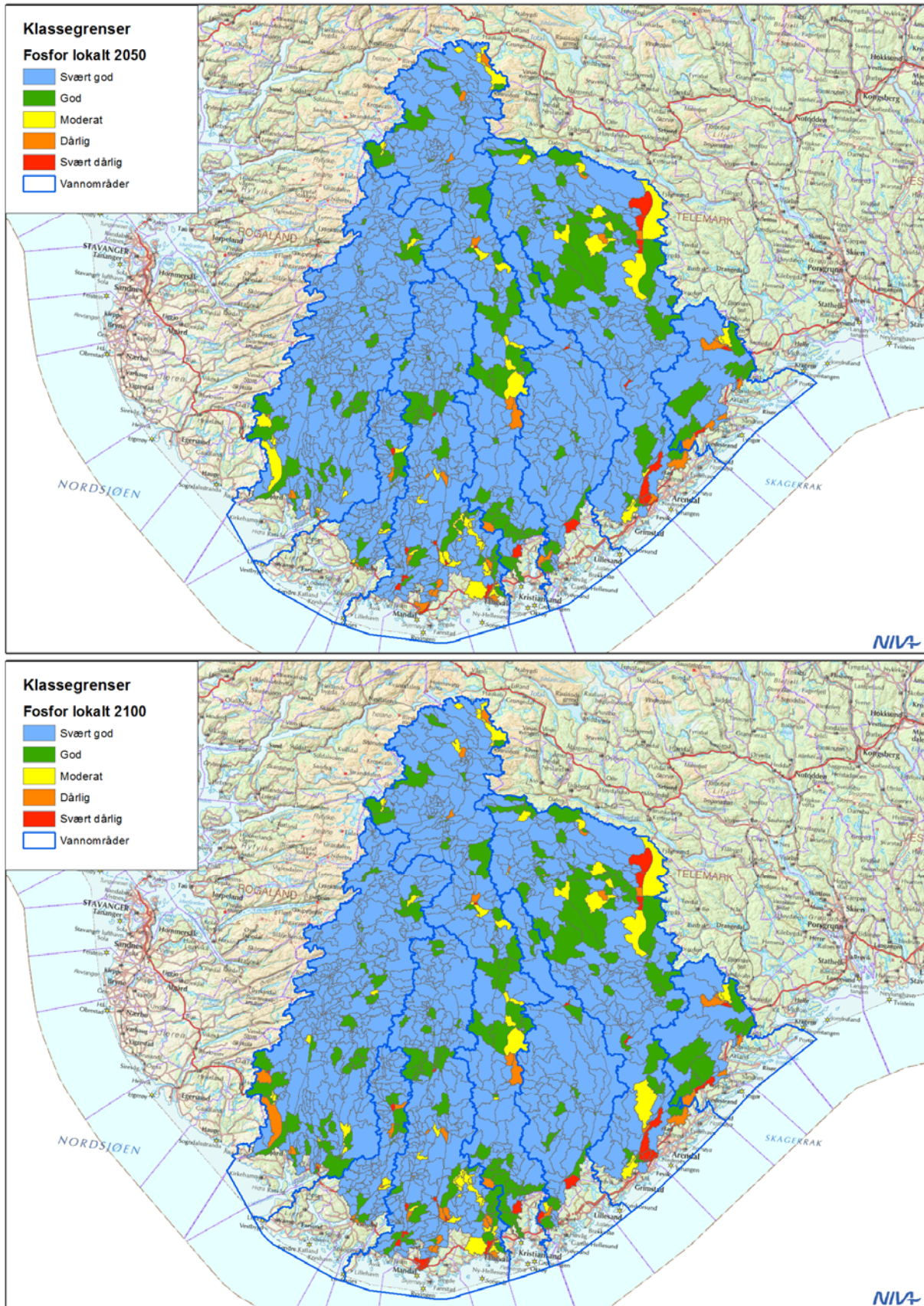
4.1 Fosfor

4.1.1 Klassifisering basert på P

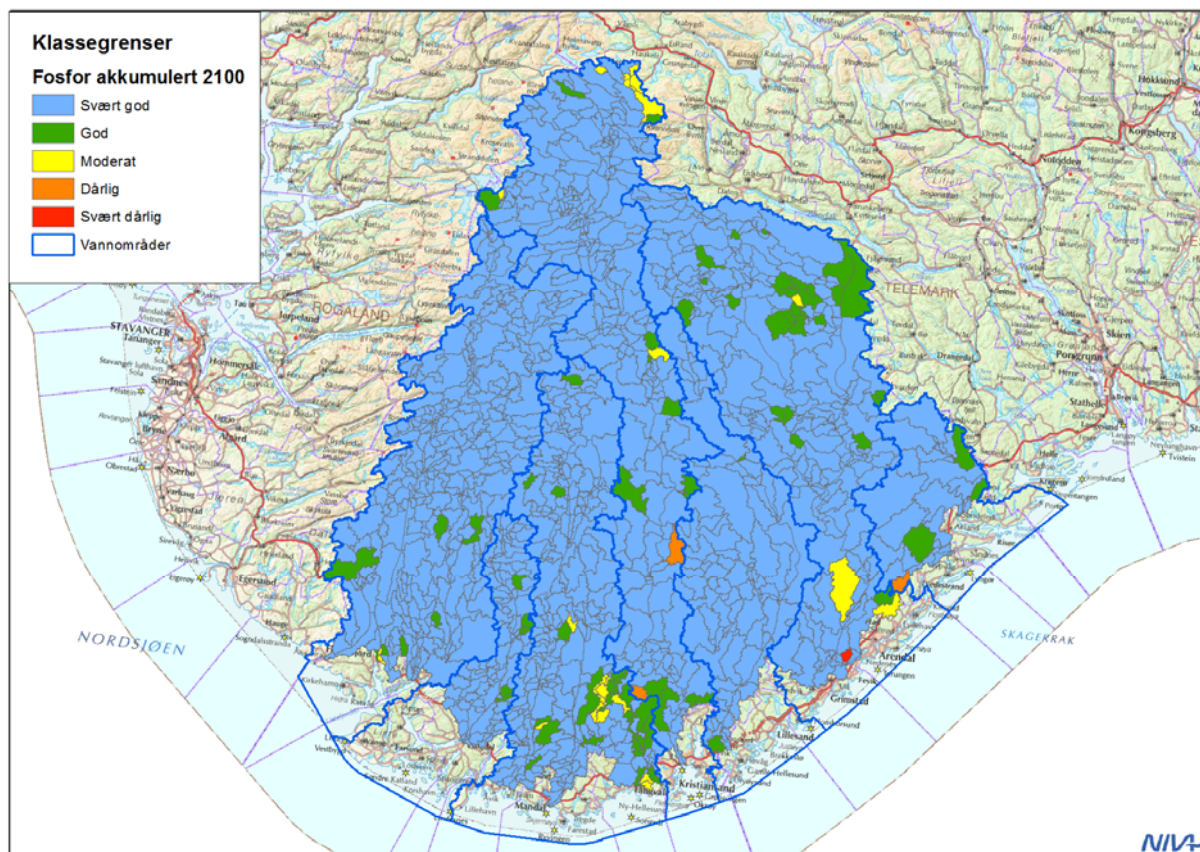
Klassifiseringen for de enkelte lokalfeltene i vannregion Agder viser at tilstanden basert på total fosfor er svært god og god i nesten hele regionen (Figur 8-Figur 9). Det finnes enkelte unntak, som kan være av betydning lokalt, men ikke om en ser på vassdraget videre nedover (Figur 10; basert på aggregerte Regine-enheter). Dagens situasjon og begge scenariene for aggregerte nivåer (Figur 10) er svært like, og vi har her valgt å bare vise scenariet for 2100 i figur.



Figur 8. Klassifisering for lokalfelt (REGINEs minsteenheter) basert på tilstandsklasse for vanntype og teoretisk beregnet konsentrasjon av total fosfor for dagens situasjon (2013).



Figur 9. Samme som i Figur 8 for årene 2050 og 2100.



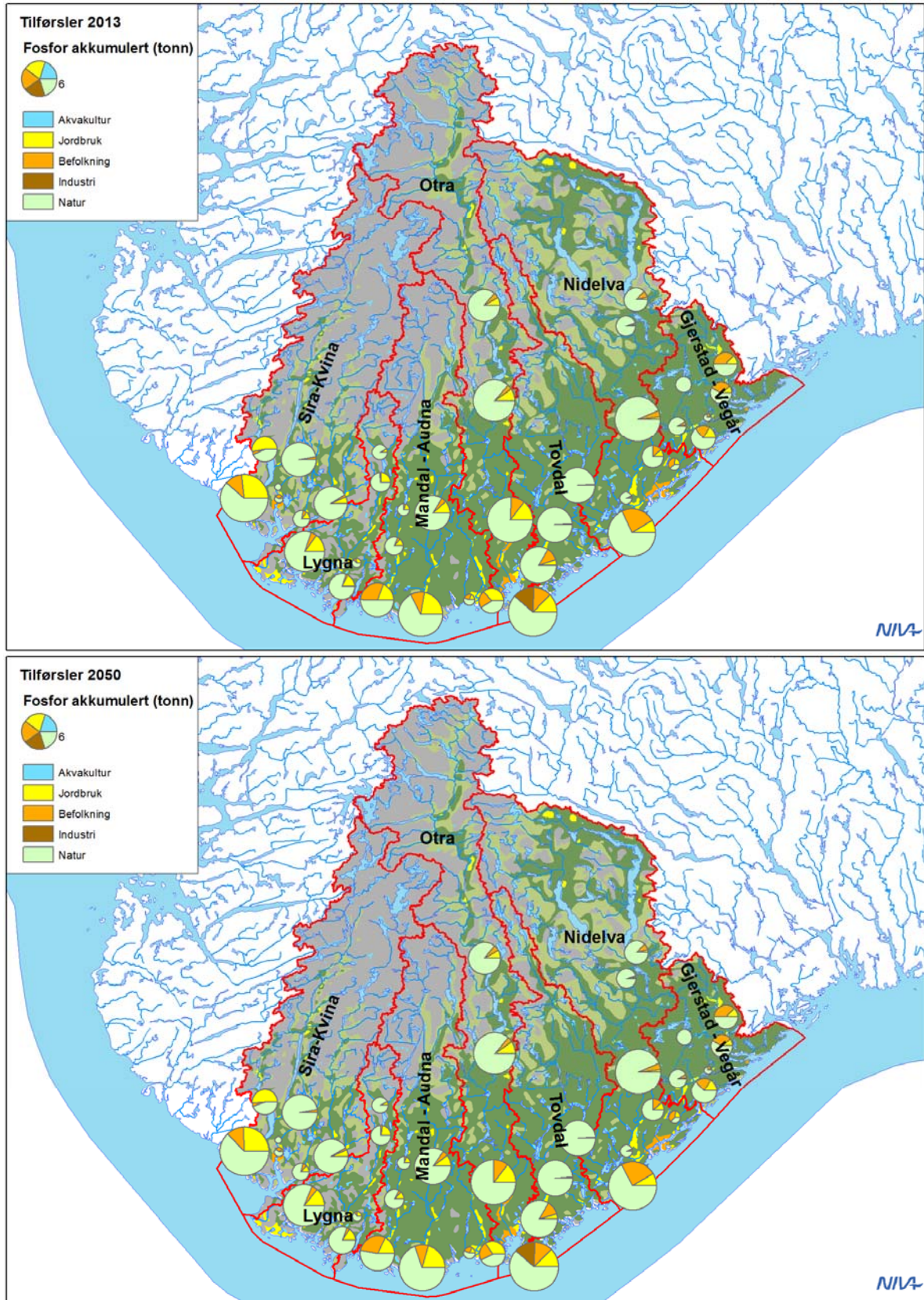
Figur 10. Klassifisering som i Figur 8, men her basert på hvordan konsentrasjoner av total P endres videre nedover i vassdragene. Dagens situasjon og begge scenarier skiller seg ikke fra hverandre i noen særlig grad.

4.1.2 P-transport

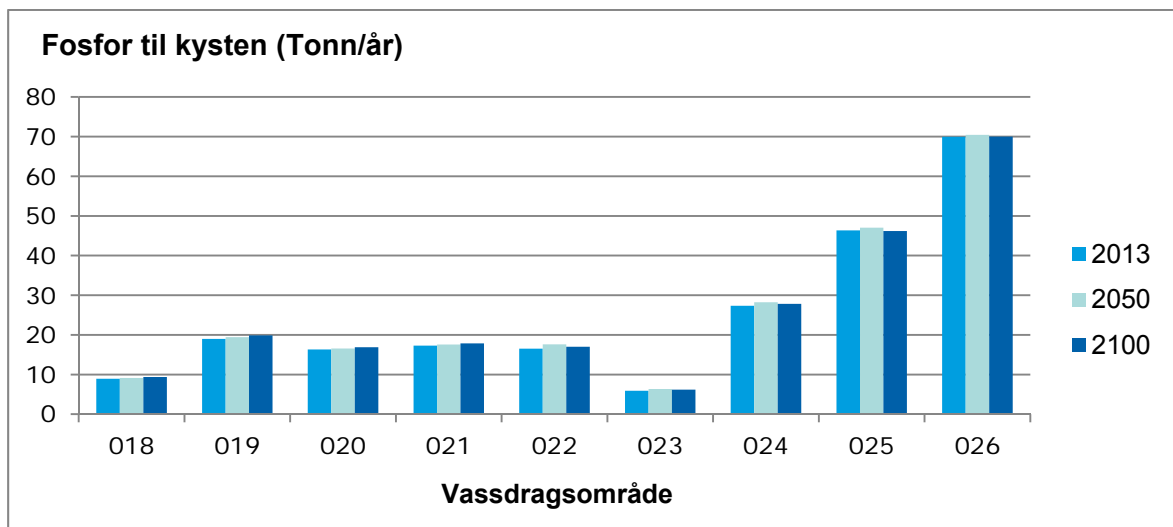
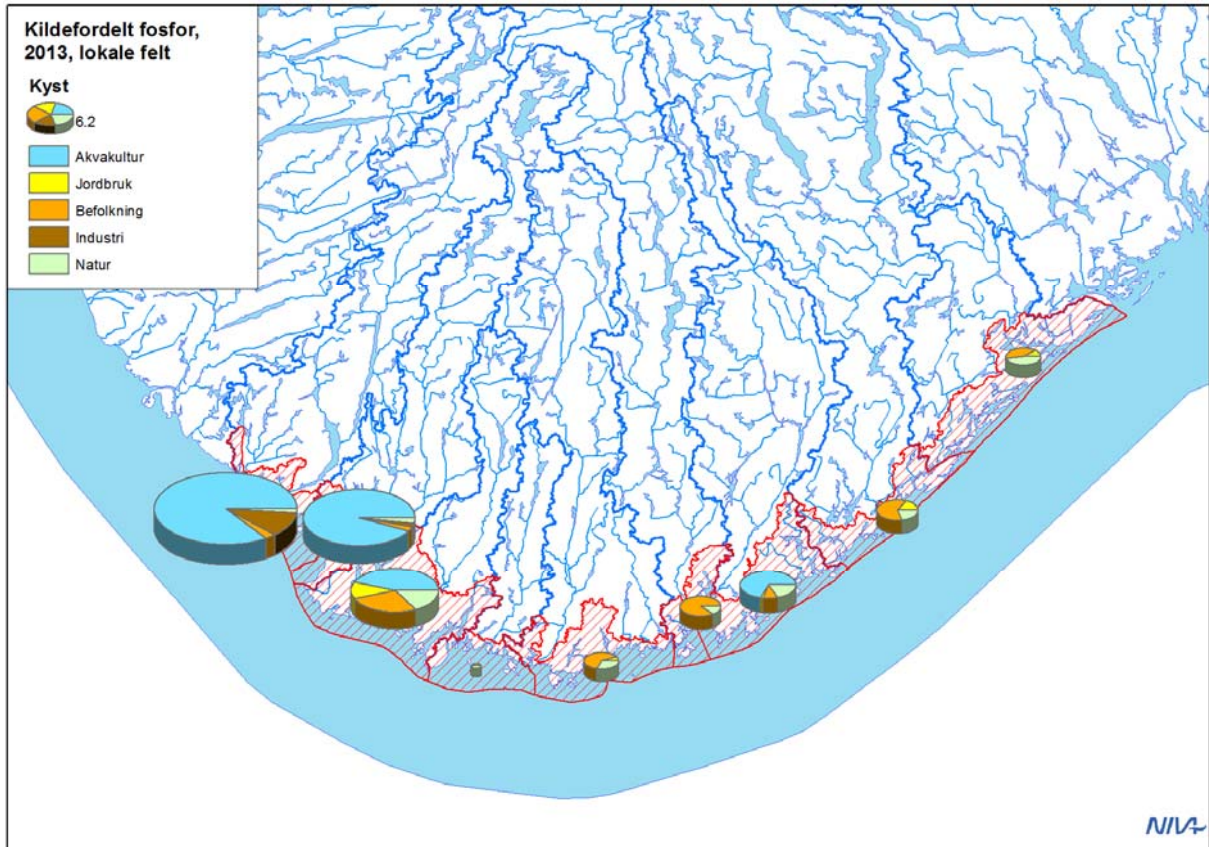
Transport av fosfor (tonn/år) er beregnet for arealer oppstrøms splittpunktene (Figur 11; Vedlegg A). Som forventet er det naturområdene som dominerer bidraget til transport i øvre deler av vassdragene. De årlige mengdene i disse områdene er dermed styrt av vannmengden. For vassdrag ved utløp til sjøen er det også betydelige bidrag fra jordbruk og befolkning, men fortsatt dominerer bidrag fra naturområder. I Otra ved utløpet er også bidrag fra industri betydelig.

Scenariene for transport av fosfor er svært like dagens situasjon (Figur 11), og vi har valgt å bare vise scenariet for 2050.

Vannområdene inkluderer kystfelt og deler av kystområdet. I kystområdene i vest er det flere oppdrettsanlegg, og disse bidrar med store mengder fosfor. Det framkommer når vi ser på mengder og kildefordelingen i kystområdet (Figur 12). Figuren viser også totale mengder fosfor transportert til kysten fra vassdragene i hvert vannområde. Igjen er scenariene for 2050 og 2100 svært like dagens situasjon.



Figur 11. Tilførsler av fosfor (tonn/år) og fordelt på kilder oppstrøms splittpunktene (se Figur 2) innenfor hvert enkelt vassdrag i dagens situasjon og i 2050. Scenariet for 2100 er svært likt disse og er ikke vist.



Figur 12. Fosfor til kysten fra vassdragenes kystfelt og kystområder fordelt på kilder (øverst) og totalt fra vassdragene i hvert vassdragsområde (nederst). Pga dominans av tilførslene fra akvakultur ble det ikke meningsfylt å kombinere vassdrag og kystfelt i tidligere figurer. Vassdragsområde 018 (Gjerstad-Vegår) er lengst øst, mens vassdragsområde 026 (Sira, Sokndalsvassdraget) er lengst i vest.

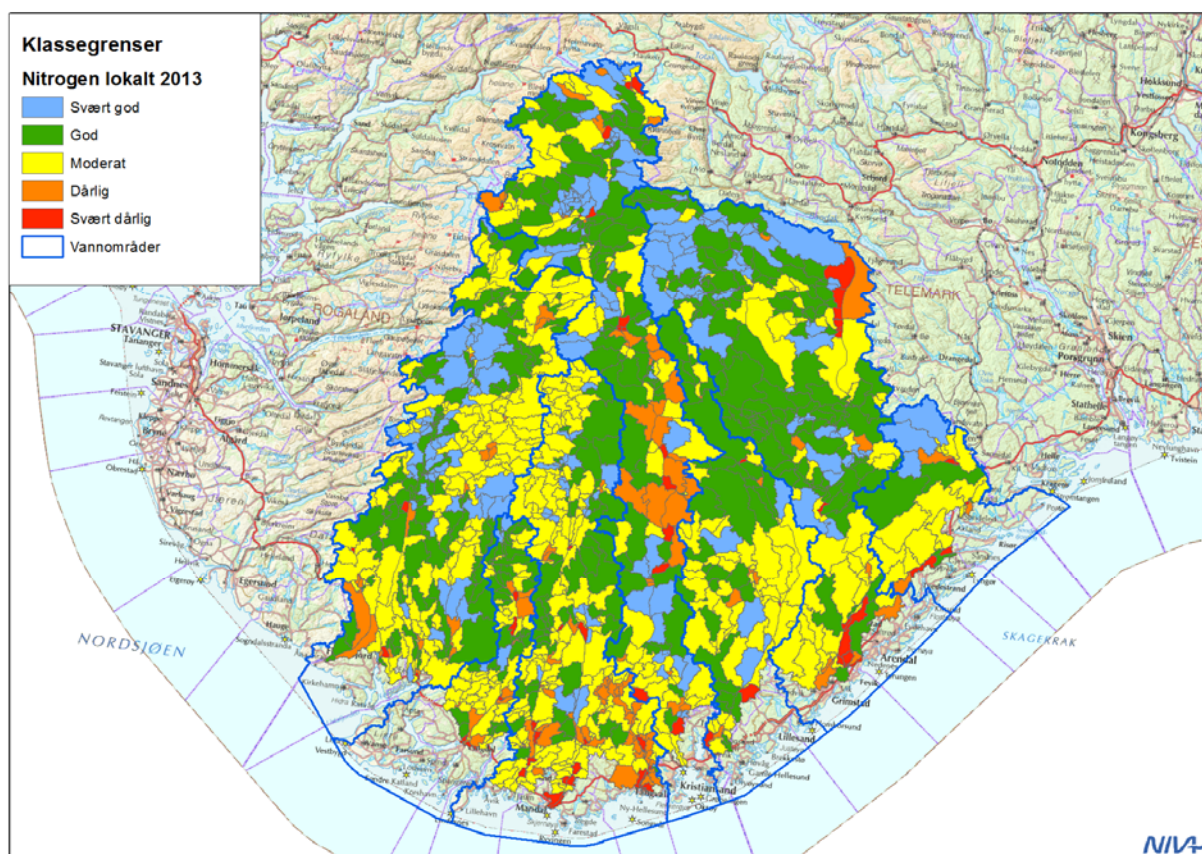
4.2 Nitrogen

4.2.1 Klassifisering basert på N

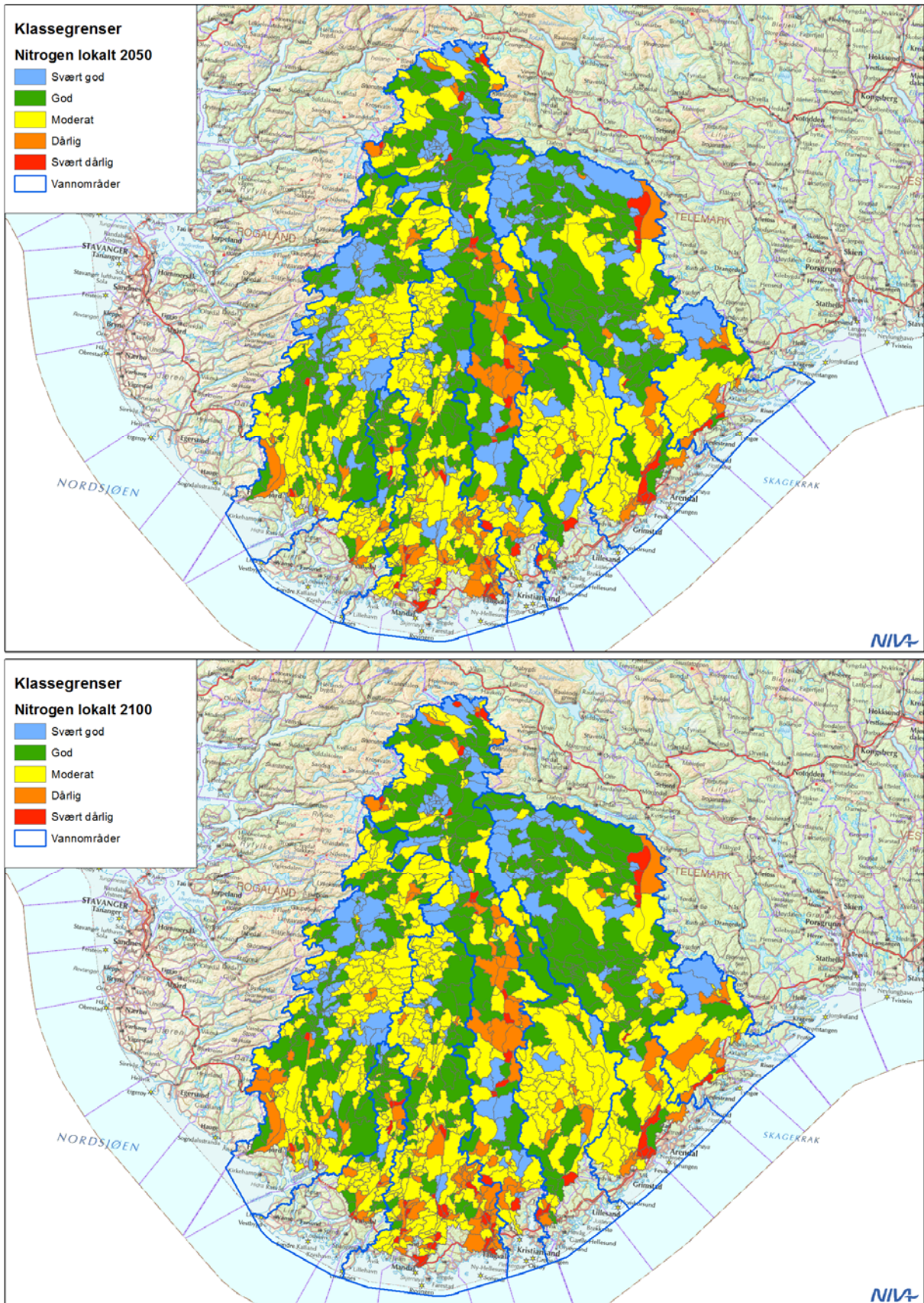
Klassifiseringen for de enkelte lokalfeltene i vannregion Agder viser at tilstanden basert på total nitrogen er svært god og god i store deler av regionen, men at det også er store områder i alle deler av regionen der tilstanden er moderat (Figur 13). Det finnes også enkelte områder der tilstanden er dårlig, mens antall områder med svært dårlig tilstand er lavt. Dette gjelder også for de to scenariene (Figur 14). For aggregerte felt er situasjonen noe bedre fordi betydningen av felt med moderat og dårlig tilstand svekkes når de slås sammen med felt der tilstanden er bedre (Figur 15). I dette tilfellet er dagens situasjon og begge scenariene svært like, og vi har her valgt å bare vise scenariet for 2100 i figur.

Tilstanden med hensyn til nitrogen er altså svært forskjellig fra tilstanden basert på fosfor. Som vi skal se nedenfor er det imidlertid ikke lokale kilder som forårsaker denne tilsynelatende uakseptable tilstanden, men langtransporterte forurensninger (sur nedbør).

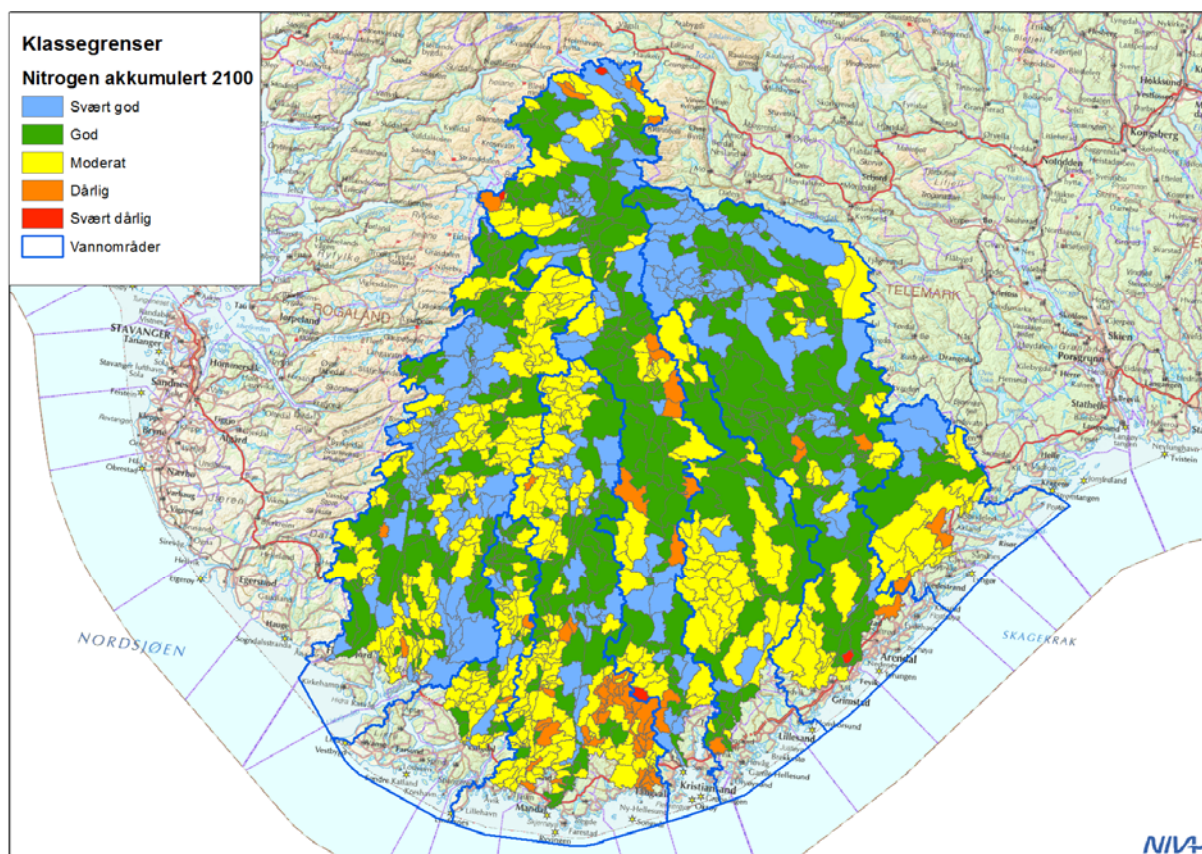
Vi må her også legge til at det er fosfor som i hovedsak er begrensende næringsstoff for algeproduksjon i ferskvann. Det vil si at de forholdsvis høye konsentrasjonene av nitrogen ikke nødvendigvis representerer et miljøproblem i ferskvann, men de er betydelig over det en ville forvente i en upåvirket situasjon (referanse-tilstanden).



Figur 13. Klassifisering for lokalfelt (REGINEs minsteenheter) basert på tilstandsklasse for vanntype og teoretisk beregnet konsentrasjon av total nitrogen for dagens situasjon (2013).



Figur 14. Samme som i Figur 13 for årene 2050 og 2100.



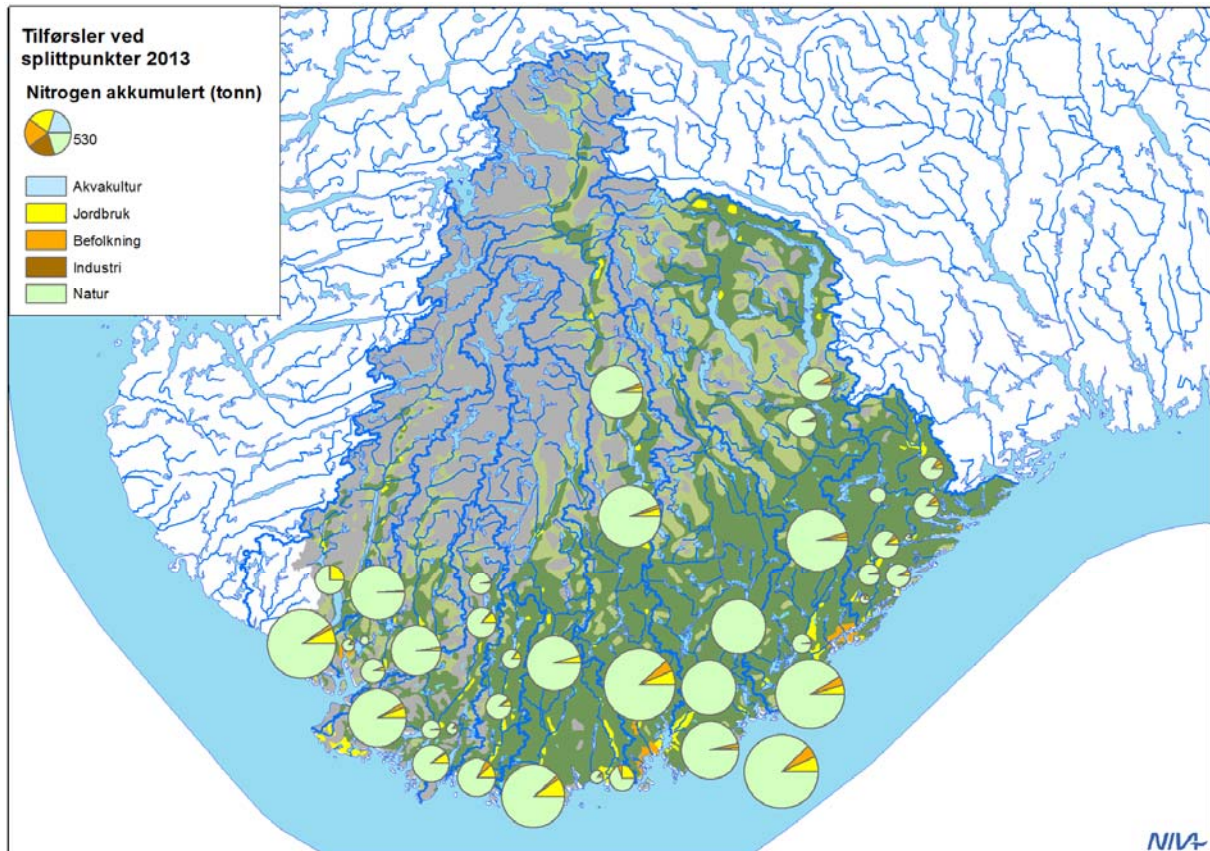
Figur 15. Klassifisering som i Figur 13, men her basert på hvordan konsentrasjoner av total N endres videre nedover i vassdragene (aggregerte felt) for scenariet 2100. Dagens situasjon og scenariene for 2050 og 2100 skiller seg ikke fra hverandre i noen særlig grad.

4.2.2 N-transport

Transport av nitrogen (tonn/år) er beregnet for arealer oppstrøms splittpunktene (Figur 11; Vedlegg A). Som forventet er det naturområdene som dominerer bidraget til transport i øvre deler av vassdragene. De årlige mengdene i disse områdene er dermed styrt av vannmengden. For nitrogen er det også slik at bidraget fra naturområder er svært stort i forhold til lokale kilder. Bildet for de indre områdene avtegner seg dermed også ved vassdragenes utløp.

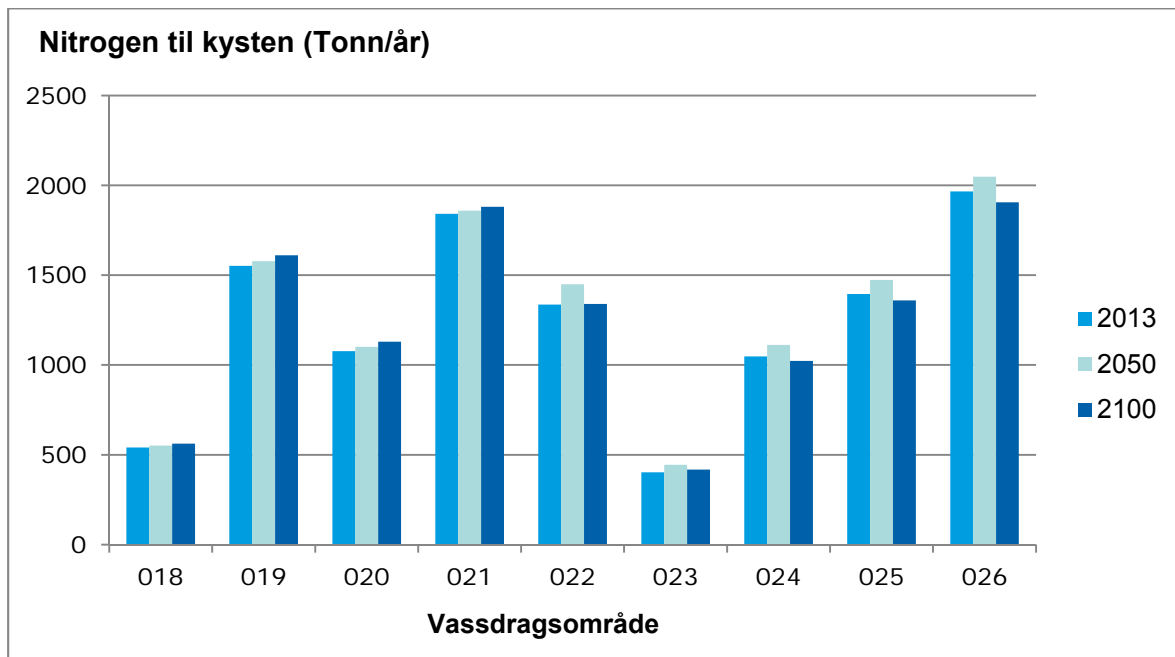
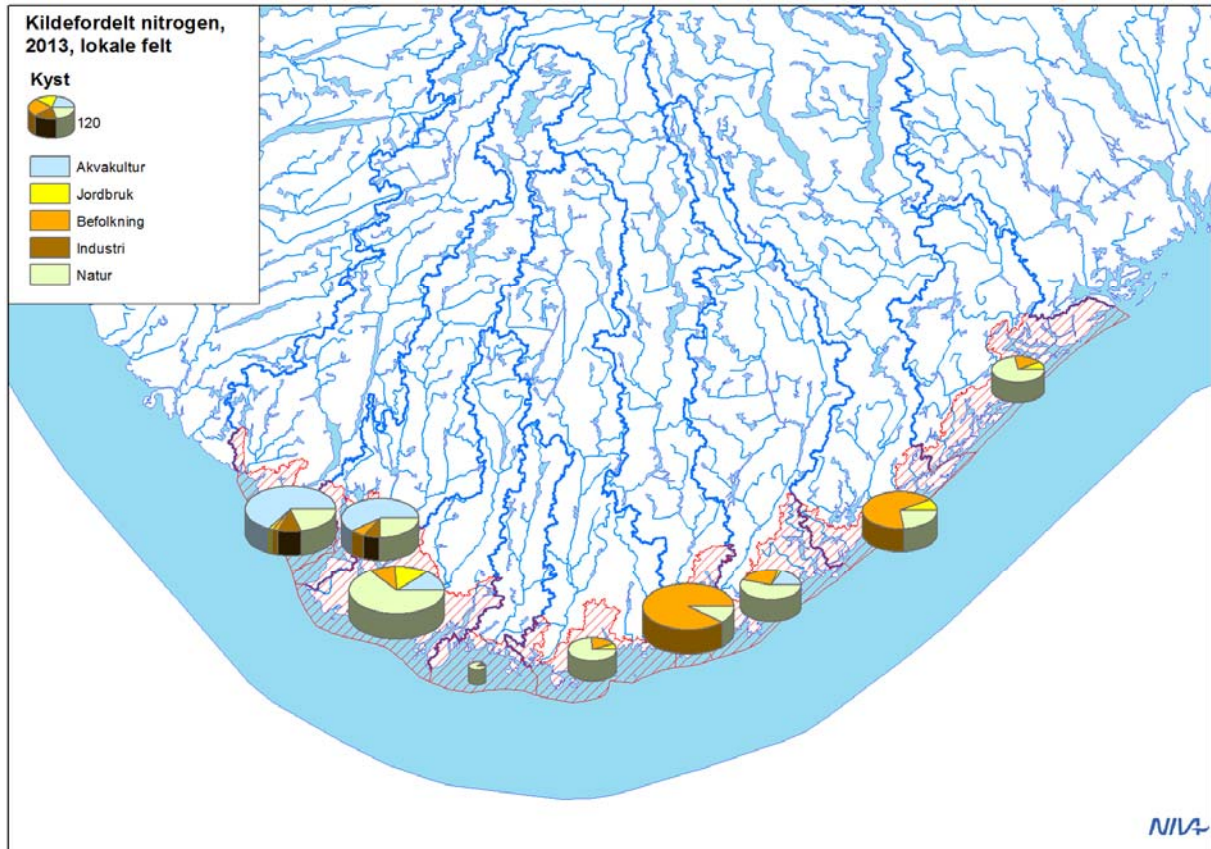
Om vi kombinerer klassifiseringen med kildefordelingen framkommer det et interessant bilde, som vi allerede har vært inne på over. Det er nemlig slik at tilstanden er moderat i store område uten lokale nitrogenkilder. Det er fordi tilstanden er styrt av langtransportert nitrogen med nedbør. Det vil også si at lokale tiltak i disse områdene ikke kan endre tilstanden til god eller bedre.

Scenariene for transport av nitrogen er svært like dagens situasjon, og vi har valgt å ikke vise det i figurs form.



Figur 16. Tilførsler av nitrogen (tonn/år) og fordelt på kilder oppstrøms splittpunktene (se Figur 2) innenfor hvert enkelt vassdrag i dagens situasjon. Scenariene for 2050 og 2100 er svært like dagens situasjon og er ikke vist.

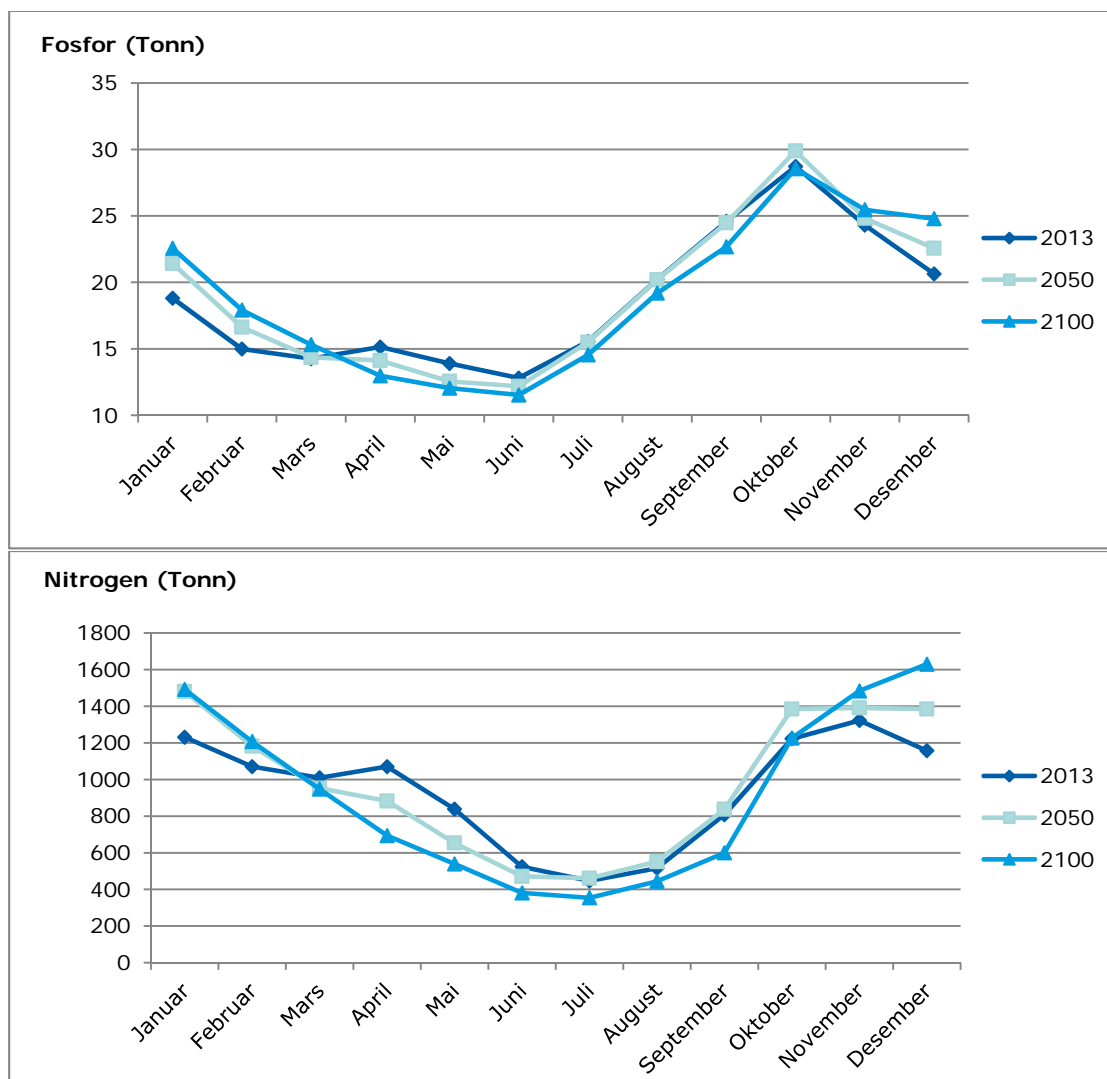
I kystområdene er det ulike kilder til nitrogen. Akvakultur bidrar mest helt i vest, mens befolkning bidrar mest i kystområdet til Nidelva og Otra (Figur 17). Figuren viser også totale mengder fosfor transportert til kysten fra vassdragene i hvert vannområde. Scenariene for 2050 og 2100 viser en svak økning i N-transport for vassdragene i øst, mens det er en økning fram mot 2050 og deretter et avtak tilbake til dagens situasjon i 2100 for vassdragene i vest.



Figur 17. Nitrogen til kysten fra vassdragenes kystfelt og kystområder fordelt på kilder (øverst) og totalt fra vassdragenes i hvert vannområde (nederst). Vassdragsområde 018 (Gjerstad-Vegår) er lengst øst, mens vassdragsområde 026 (Sira, Sokndalsvassdraget) er lengst i vest.

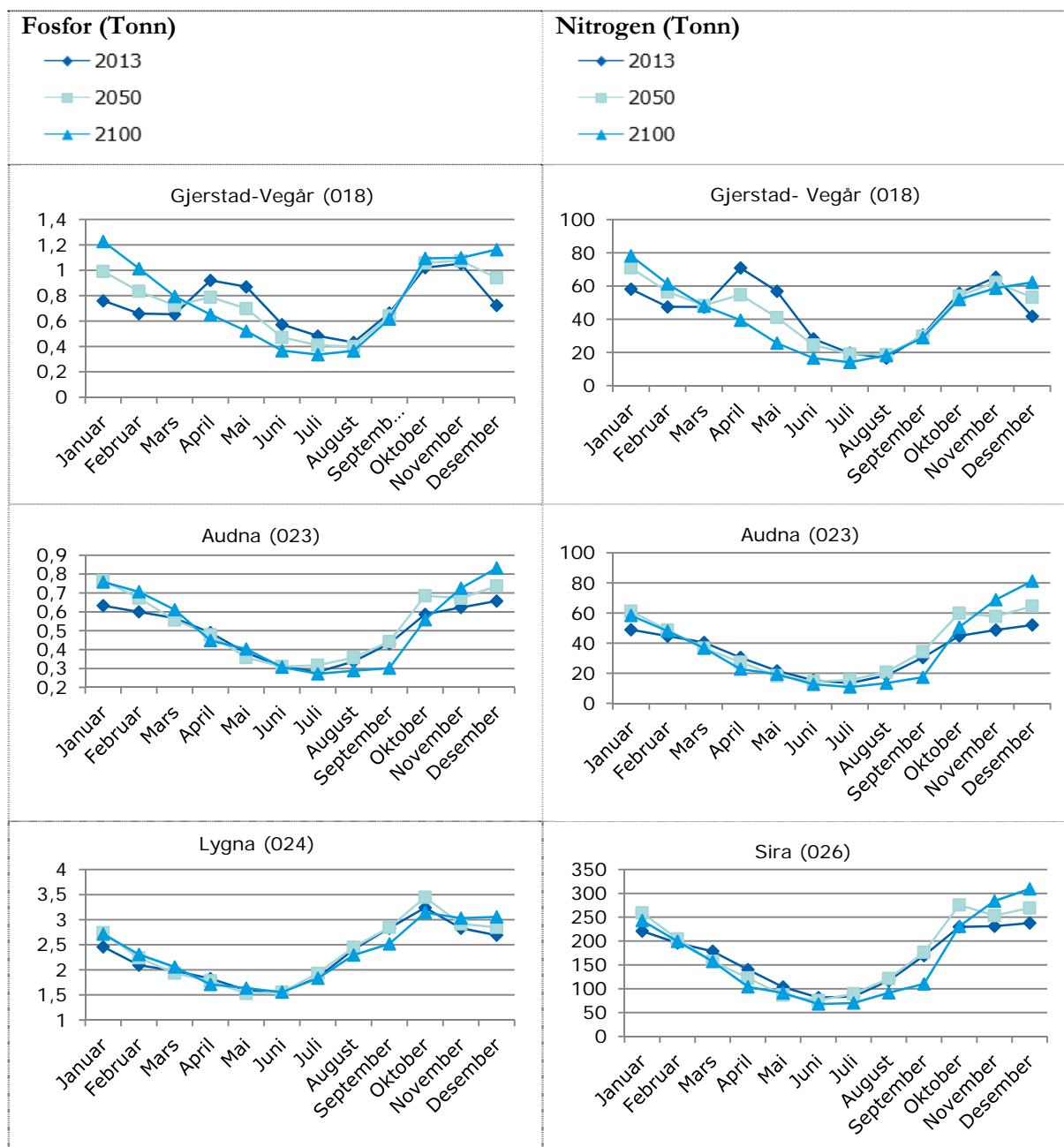
4.3 Fordeling av N og P over året

For alle vannområdene inklusiv kyst, dvs. også inklusiv utslipp fra akvakultur, viser beregningene at fosfortransporten er høyest om høsten, mens våren også er av stor betydning for nitrogenet (Figur 18). For både fosfor og nitrogen er det en tendens til en omfordeling i transport fra vår (april-juni) til vinter (desember-februar). Det er også en tendens til avtakende transport i løpet av sommeren fram mot 2100.



Figur 18. Transport av fosfor og nitrogen fra alle vannområdene i vannregion Agder, inklusiv kyst, fordelt over året. Dagens situasjon og resultater for de to scenariene 2050 og 2100 er vist.

De enkelte vassdragsområdene viser samme tendens, men forskjellene er forholdsvis store. Mens vassdragsområdet Gjerstad-Vegår ser ut til å få en forholdsvis stor omfordeling fra vår til vinter for både P og N, er dette langt mindre utpreget i Audna, Lygna og Sira-Sokndal lenger vest (Figur 19).



Figur 19. Fordeling over året av fosfor- og nitrogentransport i utvalgte vassdragsområder. Dagens situasjon og scenarier for 2050 og 2100 er vist.

4.4 Retensjon av N og P

Retensjon er det samme som tilbakeholdelse, og skyldes at næringsstoffer tas opp av planter i vann og vassdrag og at både uorganiske og organiske partikler synker ned på bunnen av innsjøer og blir lagret der. Som nevnt tidligere er fosfor begrensende næringsstoff i vassdragene, og blir i stor grad tatt opp av planktonalger i innsjøer og høyere vegetasjon i elver og innsjøenes strandsoner. Dette vises tydelig i Figur 20 ved at det er svært lite av det fosforet som tilføres fra lokale kilder i øvre deler som kommer fram til utløpet i sjøen. For fosfor som tilføres lengere nede i vassdragene er det en større andel som når havet. Det skyldes at ikke alt tilført fosfor blir tatt opp av planter når tilførslene er større og at det er færre innsjøer som kan holde partikler tilbake ved sedimentasjon.

Nitrogenet tilføres via nedbør og har forholdsvis høye konsentrasjoner, som nevnt tidligere. Dessuten er nitrogenet i overskudd og bare en liten andel av det som tilføres holdes tilbake i vassdraget (Figur 20).

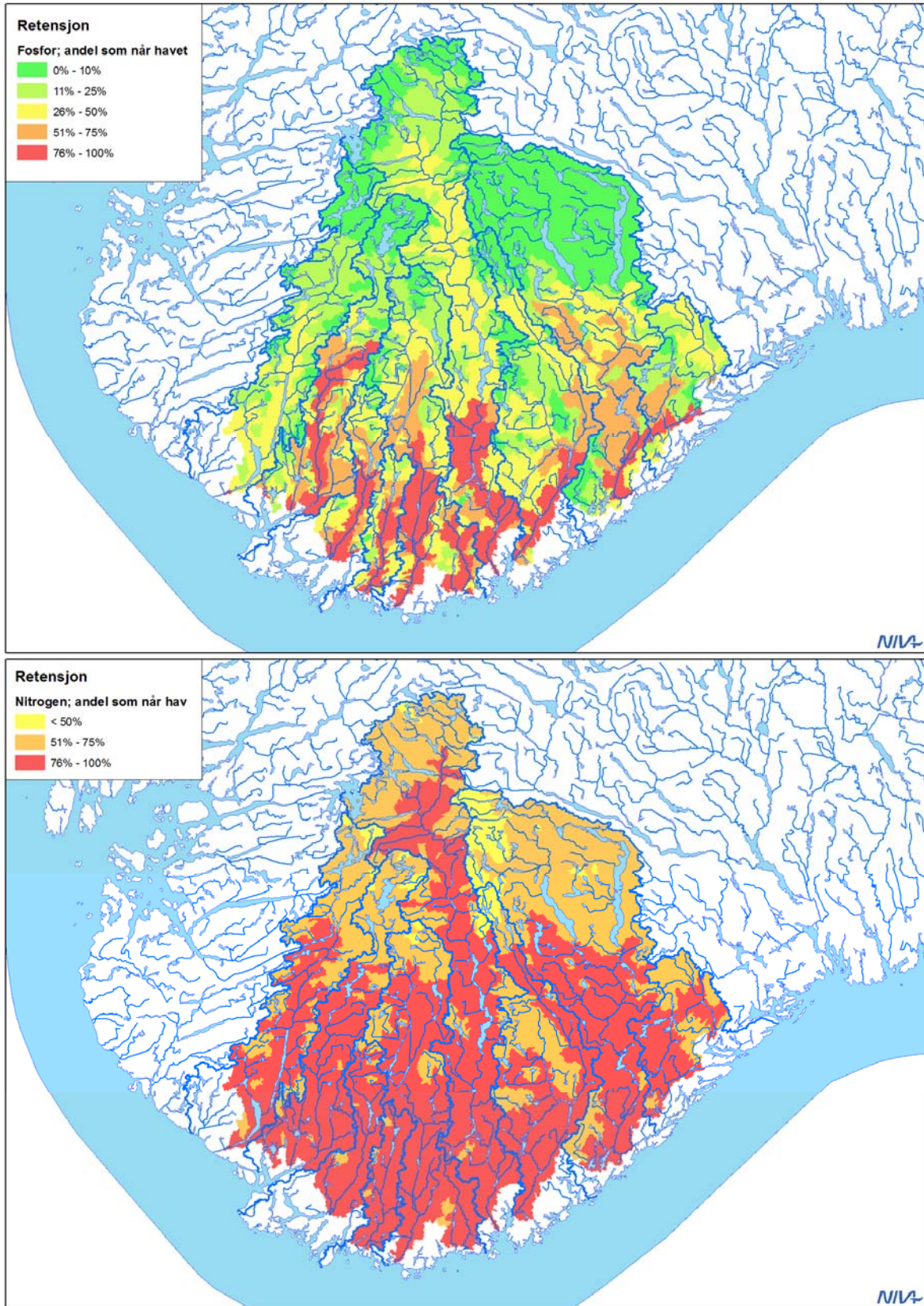
4.5 Målte tilførsler vs modellering

Det er usikkerheter knyttet til modellering, men det knytter seg også usikkerhet til måling av konsentrasjoner i vassdrag.

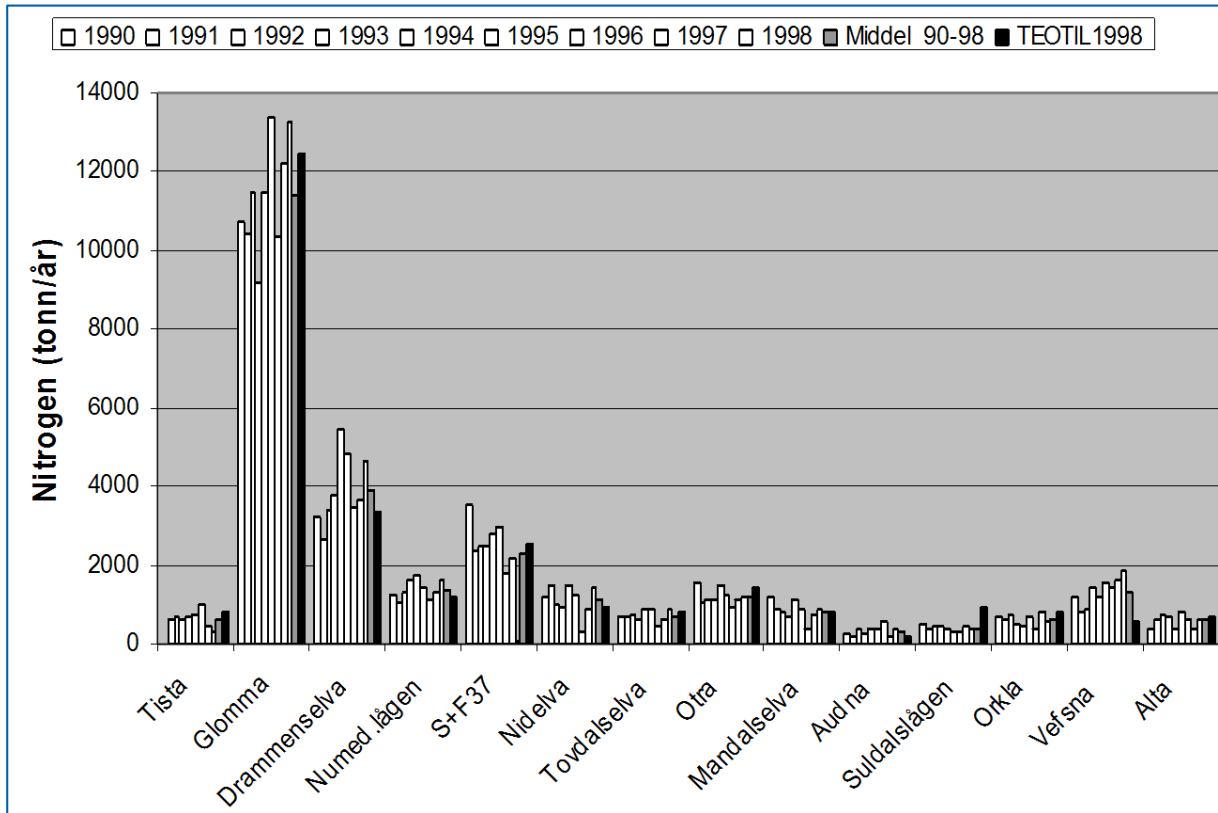
For å måle riktig er det behov for en prøvetakingsstrategi som fanger opp mesteparten av stofftransporten ved riktig prøvetakingsfrekvens. I tillegg må en sikre seg at prøver tas også ved høye vannføringer for å fange opp den store stofftransporten som slike perioder representerer. I tillegg må beregningen av stofftransport ta hensyn til både konsentrasjon og tilhørende vannmengde, slik at ikke konsentrasjoner fra perioder med liten vannføring blir overrepresentert.

For å modellere riktig er det i utgangspunktet viktig å kjenne til både tilførselskilder og de prosesser næringsstoffene deltar i. Teotil-modellen er ingen prosessmodell, men den er basert på kjente data om kilder og empirisk kunnskap om stofftilførsler fra ulike arealer. Også retensjon inngår, som vi har sett, slik at vassdragenes evne til å holde tilbake P og N beregnes. Fordelt på vannføringen i vassdragene og kjente data for hvordan vannføringen varierer over året, vil modellen derfor gi et forholdsvis riktig bilde av både konsentrasjoner og mengder (transport).

For noen år siden ble beregninger av nitrogentransport i vassdrag utført med Teotil-modellen sammenliknet med beregninger basert på målte konsentrasjoner i de samme vassdragene. Resultatet av sammenlikningen er tatt med her (Figur 21), og viser at modelleringen stemmer forholdsvis godt med resultatet av målingene. For de fleste vassdragene blir Teotil-beregningen liggende nær middelveiden for målingene gjennom åtte år, men det er også to av vassdragene (Suldal og Vefsna) der avviket er betydelig. For de fem vassdragene i vannregion Agder som var med i undersøkelsen er beregningene gode.



Figur 20. Retensjon av fosfor (øverst) og nitrogen (nederst) i vassdragene, her vist som andel av tilført mengde som når havet. Retensjonen er stor for P og liten for N.



Figur 21. Sammenlikning mellom modellerte (Teotil 1998) og målte (RID-programmet; åtte år) tilførsler av nitrogen for norske elver (Borgvang og Tjomsland, 2000).

5. Diskusjon og konklusjon

I denne rapporten har vi gjennomført beregninger med Teotil-modellen. Konsentrasjoner og transporterte mengder av fosfor og nitrogen er beregnet for minsteenheter i vassdragsregisteret REGINE. Disse enhetene er aggregert til større vassdragsavsnitt, ved at det er gjort beregninger for arealer oppstrøms det vi kaller splittpunkter i vassdragene. Splittpunktene er fordelt slik at forholdsvis upåvirkede områder i innlandet kan skilles fra de mer befolkningstette områdene langs kysten.

Først er disse beregningene gjort for dagens situasjon, dvs. for 2013, siden det var siste året med intakte data for tilførsler. Deretter er det gjennomført beregninger for 2050 og 2100. I prosjektet har vi både undersøkt og brukt det faglige grunnlaget for slike scenarier og undersøkt og brukt de muligheter som finnes i Teotil for å gjøre den type beregninger.

Dagens situasjon viser at vassdragene i vannregion Agder i hovedsak har god vannkvalitet. Fosfor og nitrogen er støtteparametere for klassifisering etter vannforskriften, og kan ikke brukes alene for å vurdere økologisk tilstand. Men resultatene for fosfor indikerer sterkt at den økologiske tilstanden med hensyn til eutrofi (for stor næringssalttilførsel) er svært god eller god i det aller meste av regionen. Resultatene for nitrogen viser derimot moderat og dårlig tilstand i store områder. Den undersøkte fordelingen mellom kilder viser at dette skyldes langtransportert nitrogen og ikke lokale kilder.

Nitrogen har høyere konsentrasjoner enn forventet naturtilstand (referansetilstand). Men så lenge fosfor er begrensende næringsstoff, er det bare en liten andel av nitrogenet som tas opp av planteplankton og akvatiske planter. Mye nitrogen gir derfor ikke automatisk en eutrofieringseffekt. Beregningene av retensjon viser også dette. En stor andel av det nitrogenet som tilføres vassdraget føres ut til kysten. Men nitrogen som når kysten kan stimulere algevekst og dermed ha en eutrofieringseffekt der.

Forholdene langs kysten er preget av tett befolkningsskonsentrasjon i byer og av akvakulturvirksomheten i vestre deler av regionen. Tilførslene fra befolkningen i byene går til avløpsbehandlingsanlegg, men det er likevel utslipp til vannforekomstene fordi rensegraden ikke er 100 %. Akvakulturvirksomheten bidrar med utslipp via fiskefor og feces som er så pass store at vi valgte å skille disse tilførslene fra øvrige tilførsler.

Det er forventet at endret klima kan få effekter på forhold som påvirker stofftransporten med vassdrag. Dette er dokumentert i vitenskapelige arbeider. En rekke av disse endringer ble det gjort forsøk på å ta hensyn til for å beregne konsentrasjoner og transporterte mengder av fosfor og nitrogen i fremtida. Årene 2050 og 2100 ble valgt som eksempelår.

En av de mest dramatiske endringene i tiårene framover vil være at skoggrensen kommer høyere, slik at andel fjell i områder som i dag har fjell vil avta og at andel skog øker. Denne endringen er også allerede registrert de siste tiårene. Temperaturøkningen vil også redusere snøakkumuleringen og gi mindre våravsmelting. Stor avrenning om våren vil derfor erstattes med en omfordeling til vintermånedene desember-februar. Økt fordampning vil redusere vannføringen om sommeren og trolig også totalt selv om nedbørmengden er forventet å øke.

Resultatet av de klimaeffektene vi har brukt er forholdsvis små om en ser bort fra omfordelingen i stofftransport fra vår til vinter. For året totalt er effekten liten. Større avrenning gjennom vinteren og mindre næringssalttransport med vassdragene i perioden april-juni kan endre noe av forutsetningen for algevekst langs kysten. Kunnskapen om betydningen av næringssaltene fra vassdrag er imidlertid begrenset, og det er derfor vanskelig å beregne den økologiske effekten i kystvannet av dette.

Alle beregningene i denne rapporten er basert på totale mengder av fosfor og nitrogen. Fordelingen mellom uorganiske og organiske fraksjoner er dermed ikke representert. Klimaendringene kan påvirke

forholdet mellom slike fraksjoner på ulike måter, men det er liten oversikt over totaleffekten. Økende arealer med skog kan øke transporten av løst organisk stoff med vassdragene, og både fosfor og nitrogen er bundet organisk og kan følge med. På den annen side kan økt temperatur øke mineraliseringen, dvs nedbrytingen av organisk stoff i jorda. De endringene Teotil kan ta hensyn til er kun endringer i arealavrenning, og siden forskjellen i avrenning mellom fjell og skog er forholdsvis liten, vil overgangen til skog ha liten betydning for beregningene av konsentrasjoner.

Vi må vel også legge til at det i framtida forhåpentligvis blir utført vitenskapelige arbeider som vil øke kunnskapen om klimaendringene og effekten av dem og dermed øke presisjonsnivået på beregninger av den typen vi har gjennomført.

Det må presiseres at ekstremvær med spesielle effekter som utvasking av jordbruksarealer, episodisk stor erosjon i elveleier og utgraving av nye elveleier ikke er inkludert i simuleringene.

Teotil gir etter vår oppfatning forholdsvis gode data på både konsentrasjoner og transporterte mengder av fosfor og nitrogen med vassdrag. For mer nyanserte beregninger, der målt vannføring, temperatur og stoffprosesser er bedre representert, kan det være grunn til å undersøke andre modeller enn Teotil. Sveriges meteorologiske og hydrologiske institutt (SMHI) bruker HYPE-modellen (<http://www.smhi.se/forskning/forskningsomraden/hydrologi/s-hype-hype-modell-for-hela-sverige-1.560>) i sine beregninger, og det vil være naturlig å undersøke i hvilken grad denne modellen kan gi enda mer presis informasjon.

6. Referanser

- Austnes, K., Kaste, Ø., Vestgarden, L.S. & Mulder, J. 2008. Manipulation of snow in small headwater catchments at Storgama, Norway: Effects on leaching of total organic carbon and total organic nitrogen. *Ambio* 37: 38-47.
- Borgvang, S.A. og Tjomsland, T., 2000. Tilførsler av næringssalter til Norges kystområder, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL. NIVA-rapport 4194-00. 34 s.
- Couture, R.M., Tominaga, K., Starrfelt, J., Moe, J., Kaste, O., Wright, R.F. 2014. Modelling phosphorus loading and algal blooms in a Nordic agricultural catchment-lake system under changing land-use and climate. *Environm. Sci., Processes & Impacts*, DOI: 10.1039/c3em00630a
- De Wit, H.A., Hindar, A. and Hole, L. 2008. Winter climate affects long-term trends in stream water nitrate in acid-sensitive catchments in southern Norway. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 12: 393-403.
- De Wit, H.A., Mulder, J., Hindar, A. and Hole, L. 2007. Long term increase in dissolved organic carbon in stream waters in Norway is response to reduced acid deposition. *Environm. Sci. Technol.* 41:7706-7713.
- Garmo, O.A., Skjelkvale, B.L., de Wit, H.A., Colombo, L., Curtis, C., Folster, J., Hoffmann, A., Hruska, J., Hogasen, T., Jeffries, D.S., Keller, W.B., Kram, P., Majer, V., Monteith, D.T., Paterson, A.M., Rogora, M., Rzychon, D., Steingruber, S., Stoddard, J.L., Vuorenmaa, J., Worsztynowicz, A. 2014. Trends in Surface Water Chemistry in Acidified Areas in Europe and North America from 1990 to 2008. *Water, Air Soil Pollut.*, 225.
- Hindar, A. og Tjomsland, T. 2007. Beregning av tilførsler og konsentrasjon av N og P i NVEs REGINEfelter i Otra ved hjelp av TEOTIL-modellen. NIVA-rapport 5490. 55 s.
- Haaland, S., Austnes, K., Kaste, Ø., Mulder, J., Riise, G., Vestgarden, L.S. & Stuanes, A.O. 2008. Manipulation of precipitation in small headwater catchments at Storgama, Norway: Effects on leaching of organic carbon and nitrogen species. *Ambio* 37: 48-55.
- Kaste, Ø., Austnes, K., Vestgarden, L.S. & Wright, R.F. 2008. Manipulation of snow in small headwater catchments at Storgama, Norway: Effects on leaching of inorganic nitrogen. *Ambio* 37: 29-37.
- Kaste, Ø., Wright, R.F., Barkved, L., Bjerkeng, B., Engen-Skaugen, T., Magnusson, J. & Sælthun, N.R. 2006. Linked models to assess the impacts of climate change on nitrogen in a Norwegian river basin and fjord system. *Sci. Tot. Environ.* 365: 200-222.
- Monteith, D.T., J.L. Stoddard, C.D. Evans, H.A. de Wit, M. Forsius, T. Hogasen, A. Wilander, B.L. Skjelkvale, D.S. Jeffries, J. Vuorenmaa, B. Keller, J. Kopacek, and J. Vesely. 2007. Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature* 450:537-540.
- Wade, A. J., Durand, P., Beaujouan, V., Wessel, W. W., Raat, K. J., Whitehead, P. G., Butterfield, D., Rankinen, K., and Lepisto, A. 2002. A nitrogen model for European catchments: INCA, new model structure and equations. *Hydrology and Earth System Sciences* 6: 559-582.
- Wright, R. F. 1998. Effect of increased CO₂ and temperature on runoff chemistry at a forested catchment in southern Norway (CLIMEX project). *Ecosystems* 1: 216-225.
- Wright, R.F., Kaste, Ø., de Wit, H.A., Tjomsland, T., Bloemerts, M., Molvær, J. & Selvik, J.R. 2008. Effect of climate change on fluxes of nitrogen from the Tovdal River basin, Norway, to adjoining marine areas. *Ambio* 37: 64-72.

Vedlegg A. Transporterte mengder av N og P

Scenario-resultater for nitrogentransport (tonn) ved splittpunktene, se beskrivelse av scenarier.

Vannområde	Stedsnavn	Akvakultur			Jordbruk			Befolkning			Industri			Natur		
		2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100
Gjerstad-Vegår	Sjø	0	0	0	10.67	10.67	10.67	11.77	12.35	12.94	0.00	0.00	0.00	143.46	145.03	146.37
Gjerstad-Vegår	Utløp Gjerstadvann	0	0	0	10.47	10.47	10.47	10.88	11.42	11.97	0.00	0.00	0.00	114.08	113.89	113.64
Gjerstad-Vegår	Molandselva	0	0	0	4.47	4.47	4.47	2.09	2.19	2.30	0.00	0.00	0.00	17.19	17.72	18.34
Gjerstad-Vegår	Nævestadvassdraget	0	0	0	0.69	0.69	0.69	0.77	0.81	0.85	0.00	0.00	0.00	11.56	12.09	12.55
Gjerstad-Vegår	Innløp Songevann/ sjø	0	0	0	16.69	16.69	16.69	9.25	9.72	10.18	0.00	0.00	0.00	164.77	168.12	170.90
Gjerstad-Vegår	Storelva	0	0	0	8.34	8.34	8.34	6.18	6.49	6.79	0.00	0.00	0.00	136.44	138.46	140.04
Gjerstad-Vegår	Utløp Ubergsvann	0	0	0	1.36	1.36	1.36	4.40	4.62	4.84	0.00	0.00	0.00	114.93	116.08	116.89
Gjerstad-Vegår	Utløp Vegår	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.85	66.18	64.51
Arendal	Sjø	0	0	0	51.69	51.69	51.69	49.48	51.93	54.39	0.00	0.00	0.00	1092.16	1101.98	1118.76
Arendal	Rore	0	0	0	1.90	1.90	1.90	0.80	0.84	0.88	0.00	0.00	0.00	93.33	96.10	99.49
Arendal	Nelaug	0	0	0	19.75	19.75	19.75	22.19	23.29	24.38	0.00	0.00	0.00	920.93	920.85	928.52
Arendal	Fyresåa	0	0	0	7.11	7.11	7.11	4.10	4.30	4.50	0.00	0.00	0.00	207.94	204.53	204.24
Arendal	Utløp Nisser	0	0	0	8.53	8.53	8.53	14.54	15.26	15.97	0.00	0.00	0.00	262.05	259.90	261.28

Vannområde	Stedsnavn	Akvakultur			Jordbruk			Befolkning			Industri			Natur		
		2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100
Tovdal	Grimeelva. Utløp sjø	0	0	0	0.06	0.06	0.06	0.14	0.15	0.16	0.00	0.00	0.00	37.40	38.23	39.71
Tovdal	Boen/sjø	0	0	0	12.43	12.43	12.43	22.22	23.33	24.44	0.00	0.00	0.00	797.91	815.53	836.21
Tovdal	Innløp Flakksvann	0	0	0	1.75	1.75	1.75	3.12	3.27	3.43	0.00	0.00	0.00	754.89	770.99	790.61
Tovdal	Utløp Herefossfjorden	0	0	0	1.75	1.75	1.75	3.12	3.27	3.43	0.00	0.00	0.00	714.97	729.09	746.80
Otra	Otra. Utløp sjø	0	0	0	92.98	92.98	92.98	69.97	73.33	76.69	8.35	8.35	8.35	1190.96	1183.00	1179.11
Otra	Innløp Venneslafjorden	0	0	0	85.32	85.32	85.32	66.73	70.07	73.40	0.00	0.00	0.00	1142.80	1134.17	1129.36
Otra	Utløp Byglandsfjord	0	0	0	40.61	40.61	40.61	17.29	18.16	19.02	0.00	0.00	0.00	908.51	894.88	881.81
Otra	Ose	0	0	0	23.14	23.14	23.14	15.78	16.57	17.36	0.00	0.00	0.00	656.44	645.40	634.35
Mandal	Søgneelva. Utløp sjø	0	0	0	40.59	40.59	40.59	8.66	9.05	9.45	0.00	0.00	0.00	113.04	128.40	121.82
Mandal	Lundeelva. Utløp sjø	0	0	0	4.23	4.23	4.23	1.35	1.41	1.48	0.00	0.00	0.00	38.04	42.28	39.46
Mandal	Mandalselva. Utløp sjø	0	0	0	100.2 2	100.2 2	100.2 2	16.59	17.41	18.24	0.00	0.00	0.00	887.15	969.09	875.05
Mandal	Inn Mannflåvann	0	0	0	34.48	34.48	34.48	5.51	5.79	6.06	0.00	0.00	0.00	709.57	768.41	688.80
Audna	Sjø	0	0	0	44.42	44.42	44.42	19.02	19.98	20.93	0.00	0.00	0.00	304.42	343.46	319.90
Audna	Oppstrøms Tryland	0	0	0	14.68	14.68	14.68	4.88	5.12	5.37	0.00	0.00	0.00	145.57	167.67	157.14
Audna	Utløp Y. Øydnavann	0	0	0	11.85	11.85	11.85	2.34	2.46	2.57	0.00	0.00	0.00	79.64	90.41	84.67
Lygna	Møska	0	0	0	1.29	1.29	1.29	0.27	0.28	0.29	0.00	0.00	0.00	89.94	97.58	88.18

Vannområde	Stedsnavn	Akvakultur			Jordbruk			Befolkning			Industri			Natur		
		2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100
Lygna	Littleåna	0	0	0	3.99	3.99	3.99	0.83	0.87	0.91	0.00	0.00	0.00	28.13	30.82	27.89
Lygna	Lyngdal/sjø	0	0	0	32.69	32.69	32.69	4.85	5.10	5.34	0.00	0.00	0.00	299.77	321.50	283.66
Lygna	Utløp Lygne	0	0	0	28.24	28.24	28.24	4.08	4.28	4.49	0.00	0.00	0.00	192.17	205.19	181.25
Lygna	Innløp Lygne	0	0	0	3.85	3.85	3.85	0.23	0.24	0.25	0.00	0.00	0.00	118.48	127.16	111.00
Kvina	Feda	0	0	0	8.72	8.72	8.72	1.89	1.99	2.08	0.00	0.00	0.00	137.59	149.23	135.36
Kvina	Selura	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.66	22.35	21.11
Kvina	Flikka	0	0	0	3.44	3.44	3.44	1.27	1.31	1.34	0.57	0.57	0.57	32.80	34.98	32.60
Kvina	Sjø	0	0	0	53.32	53.32	53.32	21.16	22.22	23.28	0.00	0.00	0.00	775.00	829.28	741.00
Kvina	Liknes	0	0	0	15.59	15.59	15.59	2.74	2.87	3.01	0.00	0.00	0.00	611.83	654.02	586.13
Sira	Ut Lundevann/sjø	0	0	0	91.67	91.67	91.67	22.28	23.37	24.46	0.00	0.00	0.00	1070.74	1135.98	1018.17
Sira	Moisåa ut i Lundevann	0	0	0	52.28	52.28	52.28	2.56	2.68	2.81	0.00	0.00	0.00	159.42	169.53	152.81
Sira	Ut Sira	0	0	0	0.00	0.00	0.00	9.95	10.45	10.95	0.00	0.00	0.00	752.55	798.94	710.67

Scenario-resultater for fosfortransport (tonn) ved splittpunktene, se beskrivelse av scenarier.

Vannområde	Stedsnavn	Akvakultur			Jordbruk			Befolkning			Industri			Natur		
		2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100
Gjerstad-Vegår	Sjø	0	0	0	0.236	0.236	0.236	0.727	0.764	0.8	0	0	0	1.341	1.359	1.374
Gjerstad-Vegår	Utløp Gjerstadvann	0	0	0	0.348	0.348	0.348	0.988	1.037	1.086	0	0	0	1.403	1.399	1.395
Gjerstad-Vegår	Molandselva	0	0	0	0.149	0.149	0.149	0.267	0.28	0.294	0	0	0	0.251	0.256	0.263
Gjerstad-Vegår	Nævestadvassdrage t	0	0	0	0.023	0.023	0.023	0.053	0.056	0.059	0	0	0	0.206	0.212	0.217
Gjerstad-Vegår	Innløp Songevann/sjø	0	0	0	0.506	0.506	0.506	0.578	0.607	0.635	0	0	0	1.941	1.975	2.003
Gjerstad-Vegår	Storelva	0	0	0	0.27	0.27	0.27	0.312	0.328	0.343	0	0	0	1.756	1.778	1.797
Gjerstad-Vegår	Utløp Ubergsvann	0	0	0	0.038	0.038	0.038	0.094	0.098	0.103	0	0	0	1.444	1.458	1.467
Gjerstad-Vegår	Utløp Vegår	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.221	1.2	1.178
Arendal	Sjø	0	0	0	0.964	0.964	0.964	2.572	2.699	2.827	0	0	0	7.5	7.593	7.717
Arendal	Rore	0	0	0	0.035	0.035	0.035	0.018	0.019	0.02	0	0	0	0.651	0.662	0.676
Arendal	Nelaug	0	0	0	0.197	0.197	0.197	0.44	0.461	0.481	0	0	0	9.328	9.362	9.454
Arendal	Fyresåa	0	0	0	0.043	0.043	0.043	0.054	0.056	0.058	0	0	0	1.772	1.752	1.754
Arendal	Utløp Nisser	0	0	0	0.103	0.103	0.103	0.257	0.269	0.281	0	0	0	2.407	2.398	2.417
Tovdal	Grimeelva. Utløp sjø	0	0	0	0.002	0.002	0.002	0.011	0.011	0.012	0	0	0	0.375	0.379	0.388
Tovdal	Boen/sjø	0	0	0	0.304	0.304	0.304	0.766	0.804	0.843	0	0	0	5.398	5.536	5.695
Tovdal	Innløp Flakksvann	0	0	0	0.02	0.02	0.02	0.073	0.077	0.08	0	0	0	5.906	6.057	6.24
Tovdal	Utløp Herefossfjorden	0	0	0	0.02	0.02	0.02	0.073	0.077	0.08	0	0	0	5.461	5.591	5.753
Otra	Otra. Utløp sjø	0	0	0	1.448	1.448	1.448	1.351	1.399	1.448	1.613	1.613	1.613	7.102	7.09	7.126
Otra	Innløp Venneslafjorden	0	0	0	1.412	1.412	1.412	0.976	1.025	1.074	0	0	0	7.403	7.387	7.424
Otra	Utløp Byglandsfjord	0	0	0	0.805	0.805	0.805	0.326	0.343	0.359	0	0	0	7.322	7.218	7.122
Otra	Ose	0	0	0	0.419	0.419	0.419	0.274	0.288	0.302	0	0	0	4.323	4.257	4.19
Mandal	Søgneelva. Utløp sjø	0	0	0	1.103	1.103	1.103	0.685	0.714	0.744	0	0	0	1.222	1.37	1.306

Vannområde	Stedsnavn	Akvakultur			Jordbruk			Befolkning			Industri		Natur			
		2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100	2013	2050	2100
Mandal	Lundeelva. Utløp sjø	0	0	0	0.114	0.114	0.114	0.158	0.166	0.173	0	0	0	0.328	0.362	0.343
Mandal	Mandalselva.Utløp sjø	0	0	0	2.151	2.151	2.151	0.94	0.987	1.034	0	0	0	6.524	7.149	6.509
Mandal	Inn Mannflåvann	0	0	0	0.684	0.684	0.684	0.275	0.289	0.302	0	0	0	4.986	5.426	4.889
Audna	Sjø	0	0	0	1.053	1.053	1.053	1.638	1.72	1.802	0	0	0	2.746	3.084	2.893
Audna	Oppstrøms Tryland	0	0	0	0.225	0.225	0.225	0.082	0.086	0.09	0	0	0	1.3	1.494	1.405
Audna	Utløp Y.Øydnavann	0	0	0	0.146	0.146	0.146	0.035	0.036	0.038	0	0	0	0.543	0.611	0.575
Lygna	Møska	0	0	0	0.036	0.036	0.036	0.014	0.014	0.015	0	0	0	0.56	0.604	0.551
Lygna	Litleåna	0	0	0	0.111	0.111	0.111	0.043	0.045	0.047	0	0	0	0.256	0.28	0.256
Lygna	Lyngdal/sjø	0	0	0	0.568	0.568	0.568	0.099	0.104	0.109	0	0	0	2.603	2.788	2.478
Lygna	Utløp Lygne	0	0	0	0.444	0.444	0.444	0.061	0.064	0.067	0	0	0	1.356	1.442	1.286
Lygna	Innløp Lygne	0	0	0	0.091	0.091	0.091	0.01	0.01	0.01	0	0	0	1.053	1.131	0.99
Kvina	Feda	0	0	0	0.195	0.195	0.195	0.098	0.103	0.108	0	0	0	1.018	1.107	1.014
Kvina	Selura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.211	0.229	0.217
Kvina	Flikka	0	0	0	0.043	0.043	0.043	0.1	0.101	0.103	0	0	0	0.216	0.23	0.219
Kvina	Sjø	0	0	0	1.171	1.171	1.171	0.367	0.386	0.404	0	0	0	6.202	6.666	5.965
Kvina	Liknes	0	0	0	0.367	0.367	0.367	0.113	0.119	0.124	0	0	0	4.853	5.227	4.683
Sira	Ut Lundevann/sjø	0	0	0	2.99	2.99	2.99	1.278	1.338	1.399	0	0	0	6.834	7.248	6.557
Sira	Moisåa ut i L.vann	0	0	0	1.642	1.642	1.642	0.122	0.128	0.133	0	0	0	1.34	1.429	1.299
Sira	Ut Sira	0	0	0	0	0	0	0.154	0.161	0.169	0	0	0	5.623	5.969	5.312

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no