



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Jordbrukets tilførsler av nitrogen og fosfor

Konsept for ny jordbruksmodell som input til Teofil

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 25 | 2022



Marianne Bechmann, Sigrun H. Kværnø, Robert Barneveld, Remegio Confesor og Csilla Farkas

Divisjon for Miljø og naturressurser

**TITTEL/TITLE**

Jordbrukets tilførsler av nitrogen og fosfor - Konsept for ny jordbruksmodell som input til Teotil

**FORFATTER(E)/AUTHOR(S)**

Marianne Bechmann, Sigrun Kværnø, Robert Barneveld, Remegio Confesor og Csilla Farkas

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKTNR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
07.02.2022	7/25/2022	Åpen/Lukket (til)	52562	22/00213
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-03019-5	2464-1162	27		

**OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:**

Miljødirektoratet

**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Jon Lasse Bratli

**STIKKORD/KEYWORDS:**

Tilførsler, modell, JOVAest

Nutrient loads, model, JOVAest

**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Avrenning fra jordbruket

Nutrient losses from agriculture

**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

I denne rapporten har vi beskrevet eksisterende modeller for nasjonale beregninger av jordbrukets tilførsler av nitrogen og fosfor til små jordbruksbekker. Det er også beskrevet hvordan jordtap, tap av organisk materiale og fraksjoner av nitrogen og fosfor kan inkluderes i en nasjonal modell. Det er videre beskrevet hvordan disse modellene kan oppdateres og videreutvikles for å gi et best mulig grunnlag for å representere effekt av driftsendringer i jordbruket og jordbrukets gjennomføring av vannmiljøtiltak. Det er dessuten inkludert en beskrivelse av tilgangen til nasjonale inputdata og behovet for utvidelse og forbedring av slike databaser.

**LAND/COUNTRY:**

Norge

**GODKJENT /APPROVED**

JANNES STOLTE

**PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER**

MARIANNE BECHMANN

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Prosjektet gjennomføres på oppdrag fra Miljødirektoratet i samarbeid med NIVA (prosjektleder James Edvard Sample). Formålet er å oppdatere og forbedre beregningene av nitrogen og fosfortilførsler til norskekysten som blir gjort årlig med JOVAest/Teotilmodellen.

NIBIO har hatt ansvar for forslag til konsept for beregning av nitrogen- og fosfortilførsler fra jordbruket. I NIBIO har Marianne Bechmann og Sigrun Hjalmarsdottir Kværnø vurdert og beskrevet modellkonsept og datatilgang med innspill fra Robert Barneveld, Remegio Confesor og Csilla Farkas.

7. februar 2022

Marianne Bechmann

# Innhold

1	Innledning.....	6
2	Nåværende jordbruksmodell.....	7
2.1	Arealavrenning fra jordbruksareal: JOVAest.....	7
2.1.1	JOVAest nitrogen .....	7
2.1.2	JOVAest fosfor .....	9
2.2	Bakgrunnsavrenning .....	9
2.3	Punktutslipp .....	10
3	Alternativ modell for fosfor: Agricat2 .....	11
4	Utvikling av nytt modellkonsept.....	13
4.1	Jordbruksmodell for fosfor og suspendert stoff .....	13
4.2	Jordbruksmodell for nitrogen .....	14
5	Datakilder til bruk i modellene .....	15
5.1	Naturgitte forhold .....	15
5.1.1	Klima og topografi.....	15
5.1.2	Jordsmonn .....	15
5.2	Arealbruk og jordbruksdrift .....	16
5.2.1	Arealbruk .....	16
5.2.2	Vekst og avling .....	17
5.2.3	Gjødsling .....	17
5.2.4	Jordbrukstiltak (RMP, SMIL) .....	18
5.2.5	Punktkilder.....	19
5.3	Data til kalibrering og validering av modeller .....	19
5.3.1	Overvåkingsdata (JOVA) .....	19
6	Plan for modellutvikling.....	20
6.1	Arealavrenning av nitrogen.....	20
6.2	Arealavrenning av partikler.....	21
6.3	Arealavrenning av fosfor.....	21
6.4	Fraksjoner av nitrogen og fosfor .....	22
6.5	Arealavrenning av organisk materiale .....	22
6.6	Bakgrunnsavrenning av nitrogen og fosfor.....	22
6.7	Punktkilder for nitrogen og fosfor .....	22
6.8	Behov for forbedring av datakilder.....	23
7	Oppsummering.....	25
	Referanser .....	26



# 1 Innledning

NIVA-modellen TEOTIL (Ibrekk og Tjomsland, 1992) blir brukt til å beregne tilførsler av næringsstoffer, totalnitrogen og totalfosfor til ferskvanns- og kystsystemer i Norge. En viktig del av denne modellen er NIBIO-modellen JOVAest (Eggestad m.fl. 2001), som blir brukt til å generere jordbrukstilførsler i TEOTIL.

Dette forprosjektet har dokumentert alternativer for videreutvikling av TEOTIL2- og JOVAest-modellene og vurdert muligheten for å bruke alternative modeller (for eksempel NIBIO's Agricat) til deler av modell-konseptet. Målet med det nåværende forprosjektet er å legge grunnlag for et større prosjekt med fokus på modellutvikling der anbefalte endringer og ny utvikling skal gjennomføres. Denne rapporten beskriver konseptet for videreutvikling av JOVAest-delen for jordbrukets tilførsler. Temaer som skal undersøkes inkluderer:

- Alternativer for å forbedre representasjonen av jordbrukets vannmiljøtiltak i modellen
- Alternativer for å utvide modellen til å omfatte organiske og uorganiske næringsfraksjoner (nitrat, ammonium, fosfat og organisk nitrogen og fosfor) i tillegg til totalnitrogen og totalfosfor
- Muligheten for å utvide modellene til å omfatte tap av suspendert stoff og organisk materiale

Prosjektet startet i august 2021 og avsluttes i februar 2022. Det er ikke lagt opp til noe betydelig utviklingsarbeid i dette prosjektet. Hovedmålet er å gi en detaljert spesifisering/veikart for et oppfølgingsprosjekt som vil fokusere på modellutvikling og anvendelse.

Det vil bli gjort en gjennomgang av eksisterende modeller i andre land for å gjøre en vurdering av fordeler og ulemper ved ulike tilnærminger. Dagens kunnskapshull, tilgjengelighet av datakilder, mulige løsninger og videre utviklingsbehov vil også bli vurdert. Den nye modellen må være i stand til å (i) representere en rekke tiltak, inkludert kombinasjoner av tiltak, (ii) bruke tilgjengelige statistiske datakilder, inkludert de nyeste kartene over erosjonsrisiko, og (iii) simulere N, P, SS og OM.

## 2 Nåværende jordbruksmodell

I dagens versjon av TEOTIL brukes modellsystemet «JOVAest» til å beregne tilførsler av totalnitrogen og totalfosfor fra jordbruket til Norges kystområder og til å dokumentere trender over tid i utslipp fra jordbruket. Beregningene har blitt gjort for en oppdeling med 26 regioner. Beskrivelsen her er basert på rapporten om «Losses of nitrogen and phosphorus from Norwegian Agriculture to the OSPAR problem area» (Eggestad m.fl., 2001).

### 2.1 Arealavrenning fra jordbruksareal: JOVAest

JOVAest består av to empiriske modeller som er utviklet ved multivariat lineær regresjon vha. måledata fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) og forklaringsvariable fra en rekke andre datakilder (se punktliste under). Det er en modell for tap av totalnitrogen fra jordbruksareal (JOVAest nitrogen) og en modell for tap av totalfosfor fra jordbruksareal (JOVAest fosfor).

Datakildene som ble brukt til å utvikle modellen, var:

- Programmet for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) (målte tap i små nedbørfelt med tilhørende detaljert registrering av jordbruksdrift)
- Det norske meteorologiske institutt (DNMI) (nedbør og temperatur for ca 180 stasjoner, for perioden 1990-2000)
- Norsk institutt for luftforskning (NILU) (Nitrogen i nedbør og tørravsetninger)
- Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) (jordegenskaper og topografi)
- JORDFORSK Lab (LA) (database med kjemiske analyseresultater fra bøndernes jordprøveuttak i løpet av ca 13 år)
- Statistisk sentralbyrå (SSB) (Statistikk over avlinger, gjødsling, jordarbeiding)
- Statens landbruksforvaltning (SLF) (søknader om tilskudd til redusert jordarbeiding)
- Statkorn AS (kornavlinger)

Oppdraget var opprinnelig å beregne tapene i Nordsjø-området. Dataanalysen tok derfor for seg de mest aktuelle JOVA-nedbørfeltene innenfor dette området. De fleste av dem er dominert av kornproduksjon, men ett felt har nesten utelukkende gras-produksjon. Målingene av tapene i JOVA-feltene er basert på kontinuerlige vannførings-målinger og vannføringsproporsjonal blandprøvetaking. Brukerne leverer dagbok over hva som er gjort på arealene (skiftevis) og hvor store avlinger de har oppnådd. Selv om JOVA-feltene har mest jordbruksareal, er det også andre areal typer som bidrar til nitrogen- og fosfortapene som måles i bekken ved utløpet av feltene. Skog og boligarealer utgjør mellom 30 og 60 % av nedbørfeltene. De målte tapene i feltene er derfor korrigert for tapene fra slike arealer, vha. koeffisienter (se avsnitt for hver modell).

Nitrogen- og fosfortapene er ved hjelp av modellene beregnet for år 2000 for alle 26 regioner og deretter skalert for et gjennomsnittsvær for 10-årsperioden på 1990-tallet. Tapene for andre år er beregnet ved å ta utgangspunkt i tapene i år 2000 og legge til effektene av de endringene som har skjedd i jordbruket.

#### 2.1.1 JOVAest nitrogen

Beregningene av årlige tap av totalnitrogen fra jordbruksarealer er gjort med en empirisk modell basert på målingene i 5 JOVA-felt (til og med år 2000).



Nitrogen-tap fra ikke-jordbruksareal til 10 % av tapene fra jordbruksarealet (pr arealenhet).

Datanalysen er basert på årlige tap. Siden tapene høst/vinter/vår henger sammen med hva som har skjedd på jordene sommeren før, er et år definert som perioden 1/5-30/4 (agrohydrologisk år).

Mer enn 100 variabler ble generert ut fra JOVA-dataene, basert på værobservasjoner, jordegenskaper og driftsdataene, og kombinasjoner av disse (samspillseffekter). Selve analysen ble utført ved multivariat regresjon («forward selection»). Denne metoden går ut på å først finne den mest signifikante variabelen, og deretter legge til den neste mest signifikante variabelen så lenge de er signifikante. Data-analysen ga følgende ligning:

$$\mathbf{N\text{-tap} = 0,01355 \times Q - 1,5 \times MOLD + 0,04522 \times N\_bal\_pos\_jarb - 0,004197 \times Q\_t3 + 0,003 \times jarb\_dager + 0,002493 \times temp\_sum\_t1 - 0,01385 \times ahost\_Q\_eng + 0,311}$$

der:

Ntap = Nitrogen tap (kg/daa),

Q = Avrenning for hele året (1/5-30/4) (mm),

Mold = Jordas moldinnhold (%),

N\_bal\_pos\_jarb = Nitrogen balanse på åker-arealer (korn): differansen mellom tilført nitrogen i gjødsel og nedbør og nitrogen bortført i avling (kg/daa),

Q\_t3 = Avrenning i perioden januar - april (mm),

jarb\_dager = Antall dager etter jordarbeiding (pløying eller harving) med døgnmiddeltemperatur over null og fram til 30 april,

temp\_sum\_t1 = Temperatursum (døgnmiddeltemperatur) i perioden mai-august,

ehost\_Q\_eng = Avrenning fra grassareal etter høsting av korn (avrenning × engareal ÷ dyrket areal) (mm)

Denne ligningen forklarte 85 % av variasjonen i N-tapene i de 5 JOVA-feltene. Modellen gir dårligere resultat for nedbørfelt med mye gras og den brukes derfor ikke for regioner med mer enn 20 % gras. I områder med mer enn 20 % eng er tapene fra eng beregnet separat. I en regresjonsanalyse av to engfelter i JOVA forklarte avrenningen 80 % av tapene. Tapene fra eng er derfor gjort ved å skalere tapene fra det ene engfeltet i JOVA via nedbør.

Tiltak/endringer som det er tatt hensyn til er vekstfordeling (åpen åker/gras) og tiltak i regionalt miljøprogram (jordarbeiding/fangvekst/grastiltak) (pers. medd. Hans Olav Eggestad). Tiltakene er behandlet på følgende måte:

**Fangvekster:** Effekten av fangvekster er basert på resultater fra norske og svenske rutforsøk.

Beregningene baserer seg på at fangvekstene reduserer nitrogentap med 35 % under forutsetning av at fangveksten er undersådd og ikke pløyd ned på høsten.

**Ingen jordarbeiding om høsten:** Effekten av «ingen jordarbeiding om høsten» (overvintring i stubb) er i beregningene sett opp mot høstpløying og effekten er basert på at det er effekt på både organisk materiale i eroderte partikler og redusert utvasking av nitrat på grunn av økt omsetning av organisk materiale i jorda etter pløying. Effekten på utvasking av nitrogen er satt til 15 % av totale tap basert på studier i Norge og Sverige.

**Areal med gras.** Fordelingen mellom gras og åpenåker på jordbruksarealer inngår i JOVAest modellen. En regresjon viste god sammenheng mellom nitrogen tap og de to faktorer avrenning om høsten og nitrogenbalanse. Etersom avlingstall ikke var tilgjengelige, ble det valgt en annen tilnærming. Ifølge Eggestad m.fl. (2001) ble nitrogenavrenning fra JOVAfeltet i Valdres (Volbu), der det bare er gras, oppskalert med nedbør for andre regioner. Avrenningen alene forklarte 85 % av variasjonen i nitrogentap.



### 2.1.2 JOVAest fosfor

Beregningene av årlige tap av totalfosfor fra jordbruksarealer er gjort med en empirisk modell basert på målingene i 5 JOVA-felt (til og med år 2000). Denne modellen forklarte 92 % av variasjonen i tapene i disse JOVA-feltene.

Modellen beregner tap av både partikkelbundet og løst fosfor, men ikke separat. Likningen er en funksjon av fosforstatus i jord (P-AL), årlig avrenning og årlig jordtap:

$$\mathbf{P\text{-tap} = 0,0057615 \times P\text{-AL} \times Q + 1,493 \times SS - 1,589228}$$

der

P-AL = fosforstatus i jord (mg/100 g), 13 år med data fra NIBIOs jorddatabank, gjennomsnitt for hver region,

Q = avrenning (mm) per år = JOVA-data

SS = jordtap (kg/daa/år), i sum for overflate- og grøfteavrenning.

Jordtapet (SS) beregnes vha. den universelle jordtapslikningen (USLE):

$$\mathbf{SS = R \times K \times SL \times C \times P}$$

der

R = nedbør- og avrenningsfaktor basert på JOVA-data. For regionene skaleres R-faktor for representativt JOVA-felt ift. nedbøren i regionen (data fra Meteorologisk institutt),

K = eroderbarhetsfaktor fra jordsmonndatabasen til NIBIO, med modifisert eroderbarhet på morenejord (K/10),

SL = terrengfaktor basert på kartlagt hellingsgradklasse fra jordsmonndatabasen til NIBIO og en skjønsmessig satt regional verdi for hellingslengde,

C = jordarbeidingsfaktor for ulike kombinasjoner av vekster og jordarbeiding = funksjon av erosjonsrisiko og vekst. Ved hjelp av C-faktorene er det skilt mellom lett-høstharving/stubb, høstpløying (begge i korn), eng/beite og potet/rotgrønnsaker (pers. medd. Hans Olav Eggestad). Arealomfang hentet fra Søknad om produksjonstilskudd og RMP.

P = tiltaksfaktor som gjelder andre tiltak enn jordarbeidingstiltak = 1 (dvs. ikke inkludert)

Tiltak/endringer som det er tatt hensyn til er vekstfordeling og tiltak i regionalt miljøprogram. Effekter av gjødsling/avling er ikke vurdert. Evt. positiv effekt av fangvekst er antatt å oppveies av utfrysing av fosfor fra fangvekst. Effekt av husdyrgjødsel er ikke inkludert i beregning av P-tap.

## 2.2 Bakgrunnsavrenning

Bakgrunnsavrenning er den avrenningen det ville ha vært dersom arealene ikke hadde vært dyrket, men hadde hatt naturlig vegetasjon.

I JOVAest forventes nitrogen avsatt med nedbør i perioden uten aktiv vekst å bli tapt direkte og er derfor inkludert i bakgrunnsavrenningen. Denne tilførselen ble beregnet basert på data fra NILU. I tillegg ble tørravsetning av nitrogen antatt å utgjøre omtrent 10 % av det som tilføres med nedbør. Nitrogentap fra bakgrunnsavrenning består dessuten av tap av organisk materiale og mineralisert nitrogen fra organisk materiale som til sammen er satt til 0,15 kg/daa i det sørlige Norge og er skalert med nedbør for andre regioner.

Tap av fosfor fra skog og utmark i Sør-Midt-Norge var vanligvis i området 4-8 g/daa. Basert på de samme forutsetningene om jord og skogtype som for nitrogen, ble de årlige tapene i JOVAest satt til 10

g fosfor/daa for regionen "ake2", og tapene fra de andre regionene beregnet ved å skalere dette tallet gjennom relativ årlig nedbør.

## 2.3 Punktutslipp

I JOVAest ble det blitt tatt som utgangspunkt at alle gjødsel- og silolagre etter en omfattende gjennomgang av alle lagerfasiliteter var tette. Det var likevel antatt at risiko for punktkilder fra melkerom, gjødsel- og silolager og risikoen var større jo flere husdyr der var. I beregningene ble det brukt en faktor for avrenning fra disse punktkilder på 0,1 % av fosfor produsert i husdyrgjødsel (Eggestad m.fl. 2001; Lundekvam, unpubl.). Beregning av tap fra jordbrukets punktkilder avhenger av at tilstanden på utslippspunkter kartlegges.

Punktutslipp i år 2000 ble inkludert i regresjonen for arealavrenning. Det var derfor ikke inkludert endringer i utslipp fra punktkilder fra år 2000 og frem.

### 3 Alternativ modell for fosfor: Agricat2

Mens TEOTIL/JOVAest brukes til tilførselsberegninger på nasjonal skala, fins det i Norge også en annen forvaltningsorientert fosfortapsmodell som brukes mye i tiltaksanalyser og tilførselsberegninger på nedbørfeltsskala: Agricat 2 (Kværnø m.fl. 2014).

Agricat 2 er en empirisk modell utviklet ved Jordforsk/Bioforsk/NIBIO for å beregne fosfortap fra områder som hovedsakelig har kornproduksjon og lav husdyrtetthet og derfor har tap av partikkelbundet fosfor som dominerende prosess. Målsetningen med modellen er å beregne jord- og fosfortap fra dyrka mark på nedbørfeltnivå. For jordbruksarealene kan det også beregnes effekter av ulike tiltak og tiltakspakker. Dette kan eksempelvis være endret jordarbeiding, redusert fosforstatus, grasdekte vannveier, kantsoner mot vassdrag og fangdammer. Modellen er romlig fordelt slik at effekten av tiltak i ulike erosjonsrisikoklasser blir reflektert. For forvaltningen er det viktig at tiltak gjennomføres på de mest erosjonsutsatte arealene. Nærhet til vassdrag er også representert ved f.eks. tiltak som gras eller overvintring i stubb på vassdragsnære arealer.

Agricat 2 bruker erosjonsrisiko ved høstpløying, fordelt på overflate- og grøfteavrenning, som beregningsgrunnlag. Tall for erosjonsrisiko hentes vanligvis fra NIBIOs flateerosjonsrisikokart (Kværnø m.fl. 2020). Dvs. at prosesser som f.eks. erosjon i søkk/forsenkninger, såkalt drågerosjon, i prinsippet ikke er inkludert. Erosjonsrisikoen multipliseres med en samling empiriske formler som representerer aktuell vekst og jordarbeiding, retensjon i kantsoner og fangdammer, og fosforinnhold på partiklene:

$$P\text{-tap} = ((SS_{HO} \times JF_O \times (1\text{-retKS}) \times (1\text{-retFD})) + (SS_{HG} \times JF_G \times (1\text{-retFD}))) \times P_{jord} \times EF$$

der

P-tap = fosfortap, hovedsakelig partikkelbundet fosfor, i kg eller i g/daa,

$SS_{HO}$  = erosjonsrisiko ved høstpløying, overflateavrenning – fra flateerosjonskart,

$SS_{HG}$  = erosjonsrisiko ved høstpløying, grøfteavrenning – fra flateerosjonskart,

$JF_O$  = jordarbeidingsfaktor for ulike kombinasjoner av vekster og jordarbeiding = funksjon av  $SS_{HO}$  (basert på nordiske måledata),

$JF_G$  = jordarbeidingsfaktor for ulike kombinasjoner av vekster og jordarbeiding = funksjon av  $SS_{HG}$  (basert på nordiske måledata),

retKS = retensjon i grasdekt kantsone i åker = funksjon av bredde av kantsonen (basert på norske måledata),

retFD = retensjon i fangdam = funksjon av størrelse på fangdam/størrelse av fangdammens nedbørfelt (basert på norske måledata),

$P_{jord}$  = fosforinnhold i jord = funksjon av fosforstatus i jord, P-AL (basert på norske måledata),

EF = anrikningsfaktor for P i jord og avrenning = funksjon av SS (basert på Sharpley, 1980).

Datakildene som brukes i Agricat2 inkluderer:

- Erosjonsrisiko ved høstpløying: fra NIBIOs erosjonsrisikokart, som er basert på beregninger i den semi-prosessbaserte modellen PESERA, som er kalibrert på norske forsøksdata,
- P-AL: fra NIBIOs jorddatabank,
- Vekst: fra Landbruksdirektoratets Søknad om produksjonstilskudd eller annen regional arealstatistikk,

- Jordarbeiding, grasdekt kantsone i åker, grasdekt vannvei: fra Landbruksdirektoratets Søknad om regionale miljøtilskudd (eStil/RMP),
- Fangdam: inkluderes kun dersom oppdragsgiver kan levere nødvendig informasjon om plassering og fangdamegenskaper.

Informasjonen om P-AL, vekst og jordarbeiding hentes i enkelte prosjekt direkte fra oppdragsgiver og/eller gårdbrukere i de aktuelle nedbørfeltene det beregnes for. Det er ikke aktuelt på nasjonal skala.

Agricat2 kan i prinsippet brukes på ulik romlig skala, avhengig av detaljeringsgrad og kvalitet på tilgjengelige inputdata.

Ettersom Agricat 2 kun beregner tap av partikkelbundet fosfor, er det de siste årene jobbet med en tilleggsmodell til Agricat som beregner tap av løst fosfat fra nedbørfelt, og som kan brukes for områder med ulike produksjoner (Kværnø m.fl., unpubl.). Modellen består av en samling empiriske funksjoner som representerer ulike prosesser: tap av løst fosfat fra jordsmonnet, tap av løst fosfat pga. utfrysing fra plantemateriale og direkte tap av løst fosfat fra gjødsel. Input til modellen er bl.a. gjennomsnittlig årsnedbør eller årsavrenning, informasjon om jordsmonn og hellingsgrad, vekstfordeling, tall for fosforstatus i jord, husdyrtetthet og informasjon om spredemetoder for husdyrgjødsel. Denne modellen vil ikke bli beskrevet i større detalj her, da det i første omgang neppe er behov for en så kompleks modell for løst fosfat i TEOTIL.

## 4 Utvikling av nytt modellkonsept

Krav til et nytt modellkonsept for jordbrukets tilførsler i Teotil-modellen er at den skal:

- kunne estimere tap av nitrogen, fosfor, suspendert stoff og organisk materiale
- kunne brukes for omtrent alle jordbrukarealer
- inkludere avrenning fra alt jordbruksareal (diffus avrenning), bakgrunnsavrenning på jordbruksarealer og punktkilder
- kunne reflektere viktige endringer i jordbruksdrift og tiltaksgjennomføring
- dekke de viktigste prosessene og sammenhengene
- være basert på lett tilgjengelige inputdata som er nasjonalt tilgjengelige
- ikke være for krevende å parameterisere, kalibrere og validere
- ikke være for krevende å sette opp og kjøre på aktuell skala
- være regine-basert

### 4.1 Jordbruksmodell for fosfor og suspendert stoff

Modellen Agricat 2 i utstrakt bruk for beregning av jordbrukets tilførsler av suspendert stoff og fosfor på nedbørfelt- og vannområdebasis i Norge, og har for jordbruket blitt en «standardmodell» for tilførsels- og tiltaksberegninger. Det er ønskelig at Agricat 2 og jordbruksmodellen i TEOTIL harmoniseres, slik at det blir godt samsvar mellom resultatene som kommer ut av de to modellsystemene. Det er derfor aktuelt at JOVAest fosfor helt eller delvis erstattes med Agricat2, og at Agricat 2 som enkeltstående modell videreutvikles samtidig med TEOTIL. Fordele og ulemper ved de to modellene er diskutert i følgende avsnitt.

**Formler, input, output.** Beregning av jordtap i Agricat 2 er i prinsippet nesten den samme som allerede brukes i JOVAest fosfor, dvs. at erosjonsrisiko ved høstpløying multipliseres med en jordarbeidingsfaktor. Hovedforskjellene er at 1) Agricat 2 bruker som input det offisielle erosjonsrisikokartet, som per 2022 er basert på beregninger i PESERA-modellen, mens JOVAest fosfor har en egen beregning av erosjonsrisiko som ikke samsvarer med verken gammelt eller nytt erosjonsrisikokart, og 2) Agricat 2 skiller mellom erosjon på jordoverflata og jordtap gjennom grøftene, og tar dette med videre inn i fosfortapsberegningen. Agricat 2 beregner ulike effekter av tiltak på disse to «kildene», det gjør ikke JOVAest. Beregning av fosfortap i Agricat 2 er annerledes enn metoden som brukes i JOVAest fosfor. Som beskrevet over, beregnes fosfortap i Agricat 2 mer som en prosess (men fortsatt vha. empiriske likninger basert på beregnet jordtap og inputdata for P-AL og jordart), der fosfor er bundet til de eroderte partiklene, og modifiseres av en anrikningsfaktor. JOVAest fosfor er en regresjonslikning der jordtap og P-AL er input, og resultatet er summen av partikkelbundet og løst fosfat.

**Kilder/prosesser.** Jord- og fosfortap som beregnes i JOVAest, er kalibrert mot måledata fra JOVA-feltene, og dekker derfor alle prosessene i disse nedbørfeltene: flate- og rilleerosjon, jordtap gjennom grøftene, drågerosjon, punkterosjon, sedimentasjon, erosjon i bekkeløpet, konnektivitet, m.m. Fordelen med det, er at nivået på jord- og fosfortap blir «riktig» for de spesifikke nedbørfeltene, og kanskje, men ikke nødvendigvis, for alle andre områder. Ulempen med denne tilnærmingen er at det er høy risiko for at den empiriske sammenhengen ikke er representativ for alle områder, og at evt. tiltak det beregnes effekter av, får feilaktig virkning også på jord- og fosfortap som er forårsaket av prosesser som tiltakene ikke har eller har en annen effekt på. I Agricat 2 er det mer tilrettelagt for at

prosesser behandles separat, både i tilførselsberegning og beregning av tiltakseffekter. Samtidig er det en viktig begrensning ved Agricat 2 at den ikke tar høyde for konnektivitet i landskapet. Beregningene gjøres for hver enkelt kartfigur i jordsmonnkartet, og jord- og fosfortap for hver kartfigur summeres deretter opp til aktuell skala (nedbørfelt), uavhengig av nærhet til vassdrag og andre faktorer som holder partikler og fosfor tilbake (f.eks. retensjon i naturlige kantsoner, sedimentasjon pga. topografiske forhold og endringer i arealbruk/vekst o.l.). Det er gjort slik fordi man ikke vet hvor stor del av tapene som faktisk når fram til vassdraget. Det er altså antatt at også areal som ikke ligger nær vassdrag bidrar, gjennom grøftesystemer, nedløpskummer o.l.

**Tiltakseffekter.** Effekt av jordarbeidingstiltak beregnes i prinsippet etter samme metode i Agricat 2 og JOVAest, men med ulike funksjoner og/eller koeffisienter. Jordarbeidingsfaktorene i Agricat 2 er basert på målinger i flere nordiske land, og er basert på et større og nyere datamateriale enn jordarbeidingsfaktorene i JOVAest. Renseeffekt av grasdekte kantsoner og fangdammer er i dag ikke med i JOVAest. I Agricat 2 ligger det funksjoner for begge tiltakene. Renseeffekt av grasdekt vannvei og grasstripe i åker er ikke inkludert i verken JOVAest eller Agricat 2. Det konkluderes derfor med at vi bygger på de enkle, empiriske modellene vi allerede har, men med muligheter for å oppdatere forbedre funksjonene i disse modellene gjennom å bruke prosessbaserte modeller spesifikt til dette.

## 4.2 Jordbruksmodell for nitrogen

For nitrogen forventes en modell som tilsvarer JOVAest for nitrogen å dekke behovene som er skissert. En slik modell er basert på regresjon mellom variable for jord, klima, jordbruksdrift og tiltaksgjennomføring på den ene siden, og nitrogentap målt for lange tidsserier i JOVAest på den andre. I årlige beregninger inngår letttilgjengelige kilder til informasjon. Modellen trenger oppdatering slik at den reflekterer betydningen av været frem til i dag samt at en lengere tidsserie vil gi et sterkere grunnlag for regresjonen. Dessuten er det behov for en oppdatering av kunnskapsstatus på sammenhenger mellom jordbruksdrift, tiltak og nitrogentap. Videreutviklingen er nærmere beskrevet i kapittel 6: Plan for modellutvikling.

## 5 Datakilder til bruk i modellene

I dette kapitlet beskrives datakilder som er lett tilgjengelige og som per i dag brukes til å modellere tap av partikler, fosfor, nitrogen og organisk materiale fra jordbruksområder. Disse datakildene vil danne inputdatagrunnlag også for de nye/oppdaterte modellene.

### 5.1 Naturgitte forhold

#### 5.1.1 Klima og topografi

##### **Klima/vær**

**Kilde:** Meteorologisk Institutt

**Skala:** punkt (klimastasjoner), grid 1x1 km

Klimadata er tilgjengelige på to formater: punkt- og rasterformat. Værdata i punktformat er tidsserier til de enkelte værstasjonene rundt om i landet. Dataene lagres og tilbys av ulike aktører i Norge, som for eksempel NIBIOs Landbruksmeteorologisk Tjeneste og Senorge.no (både modellerte og observerte verdier). NIBIO har også brukt værdata i rasterformat med en bakkeoppløsning på 1 km. Kartene består av rasterceller med en tidsserie med døgnverdier for totalnedbør og gjennomsnittlig temperatur, interpolert mellom alle tilgjengelige værstasjoner i landet. Tidsserier i time-oppløsning er tilgjengelige for enkelte værstasjoner. Tilgjengelige data dekker behovet i forhold til modellering på Regine-nedbørfeltskala.

##### **Topografi**

**Kilde:** DTM10 m.fl. (Digital terrengmodell, Kartverket)

**Skala:** flere

Topografi/terrengform påvirker strømningsveiene til vann, partikler og næringsstoffer, og påvirker også lokalklimaet. Data for topografi omfatter høyde over havet, som foreligger som **digitale høydemodeller (DTM) fra Kartverket**. DTMene fins med romlige oppløsninger helt ned til 1 m. Dataene er basert på flybåren lasermåling og kan anses som nøyaktige og pålitelige. I modellene brukes avledede verdier for f.eks. hellingsgrad, hellingslengde og hellingsform for å karakterisere terreng på en hydrologisk relevant måte. Hellingsgrad og hellingslengde avledet fra DTM er brukt i beregning av erosjonsrisiko i PESERA-modellen, som gir input til Agricat 2. Topografiske data vil bli nødvendige ved inkludering av bl.a. faktoren «konnektivitet» i Agricat 2.

#### 5.1.2 Jordsmonn

##### **Løsmasser**

**Kilde:** Løsmassekart (kart, NGU)

**Skala:** kartpolygoner på noen få til flere dekar

Informasjon om løsmasser/geologiske avsetninger kan være et hjelpemiddel til å estimere jordegenskaper der det mangler jordsmonnkart (se under). Det brukes også til å beregne dekning av marine leiravsetninger i nedbørfelt, som danner grunnlag for beregning av bakgrunnsavrenning med leirvassdragsmetoden (Solheim m.fl. 2008).



## Jordsmonn

**Kilde:** jordsmonnkart og jordsmonndatabase (kart og database, NIBIO)

**Skala:** kartpolygoner på noen få til flere dekar

Informasjon om jordas egenskaper, så som kornfordeling og moldinnhold, trengs for å beregne tap av både jord, nitrogen, fosfor og organisk materiale. **NIBIOs jordsmonnkart** dekker en stor del av jordbruksarealene i Øst-Norge og deler av Trøndelag, mens dekingen er mindre god i andre landsdeler. Til sammen har drøyt 50% av jordbruksarealet i Norge jordsmonnkart. De fleste steder dekker jordsmonnkartet kun fulldyrka og overflatedyrka jord, og ikke innmarksbeite. Jordsmonnkart kan lastes ned på kilden.nibio.no. I jordsmonnkartet og NIBIOs interne jorddatabase ligger informasjon om jordtyper (klassifikasjon i World reference base for soil resources (WRB) og norsk klassifikasjonssystem) og egenskaper ved disse, så som inndeling i sjikt, sjiktbetegnelser, kornfordeling og jordartsklasse, innhold av organisk materiale, om jordtypen er bakkeplanert eller ikke, dybde til fast fjell, naturlig dreneringsgrad, m.fl. Bedre deking med jordsmonnkart ville gi større sikkerhet i modellresultatene.

## Erosjonsrisiko

**Kilde:** jordsmonnkart og jordsmonndatabase (kart og database, NIBIO)

**Skala:** kartpolygoner på noen få til flere dekar

Erosjonsrisiko er en variabel som brukes i beregning av tap av partikkelbundet fosfor fra jordbruksareal. Både JOVAest og Agricat 2 bruker erosjonsrisiko som input i beregningene av fosfortap. Erosjonsrisiko kan også brukes til å beregne tap av organisk materiale og partikkelbundet nitrogen. Informasjon om erosjonsrisiko ved høstpløying er tilgjengelig for arealer som er jordsmonnkartlagt, dvs. for ca. 50% av *jordbruksarealet* i Norge, med best deking på Østlandet og delvis Trøndelag. Klasseverdier for erosjonsrisiko ligger i **NIBIOs jordsmonnkart** som kan lastes ned fra kilden.nibio.no. Bakgrunnsdata for erosjonsrisikoklassene, f.eks. kontinuerlige verdier for erosjonsrisiko i kg/daa/år, fins i NIBIOs interne jorddatabase. I 2021 ble det publisert et nytt erosjonsrisikokart der erosjonsrisiko beregnes i modellen PESERA, mens i det gamle erosjonsrisikokartet ble jordtapslikningen brukt (norsk versjon av USLE). Det nye kartet representerer flate- og rilleerosjon og jordtap gjennom drengrofter. Et eget kart viser områder med potensiell risiko for erosjon i søkk/forsenkninger (dråg), men drågerosjon er ikke tallfestet i dette kartet. Som over er det ønskelig med bedre deking av jordsmonnkart.

## 5.2 Arealbruk og jordbruksdrift

### 5.2.1 Arealbruk

**Kilde:** Arealressurskart AR5 eller AR50 (kart, NIBIO)

**Skala:** kartpolygoner på noen få til flere dekar

Det samlede jordbruksarealet i de aktuelle nedbørfeltene/ regionene utgjør arealgrunnlaget for beregning av alle elementer. **Arealressurskart fra NIBIO** inneholder bl.a. ulike klasser for arealtyper som gjør det mulig å skille ut, lokalisere og beregne areal av overflatedyrka jord, fulldyrka jord og innmarksbeite. Kartet oppdateres med jevne mellomrom.

## 5.2.2 Vekst og avling

### Vekstfordeling

**Kilde:** Søknad om produksjonstilskudd (databaser, Landbruksdirektoratet)

**Skala:** eiendom (knr/gnr/bnr)

Hvilke vekster som dyrkes på jordbruksarealene, påvirker tap av jord og næringsstoffer. Derfor trenger modellene informasjon om hvilke vekster som dyrkes hvor. Slike data er tilgjengelig fra **Landbruksdirektoratets register over søknad om produksjonstilskudd**. Her foreligger areal av vekster for såkalte driftsenheter, dvs. landbrukseiendommer som har søkt om produksjonstilskudd for arealene de driver. Det kan være areal på egen eiendom, men også leid areal tilhørende andre eiendommer. For bruk i modeller knyttes dataene enten til kommunenummeret eller til den enkelte eiendom gjennom å koble til eiendomskart (DEK/matrikkeldata). Jordleie utgjør en kilde til usikkerhet, som delvis kan løses gjennom å koble produksjonstilskuddsdataene opp mot **Landbruksdirektoratets jordleietabell**.

### Avlingsnivå

**Kilde:** Statistisk sentralbyrå

**Skala:** Fylke

Statistisk sentralbyrå gjennomfører årlige undersøkelser avlingsnivå jordbruket og presenterer resultatene på fylkesnivå. Informasjon om avling av ulike vekster må forbedres dersom en skal kunne redusere usikkerheten i beregninger av nitrogenbalansen.

## 5.2.3 Gjødsling

### Gjødsling med nitrogen og fosfor

**Kilde:** Statistisk sentralbyrå

**Skala:** Presenteres per arealtype og fylke

Statistisk sentralbyrå har gjennomført utvalgsbaserte undersøkelser for å kartlegge bruk av mineral- og husdyrgjødsel med ujevne mellomrom. Gjødsling med husdyrgjødsel alene kan evt. estimeres basert på antall husdyr registrert i Registerdata fra søknad om produksjonstilskudd (Landbruksdirektoratet), men dette vil ikke dekke behov for dokumentasjon av bruk av mineralgjødsling. Felleskjøpet har salgsstatistikk på gjødslingsmiddel som kan gi en indikasjon på gjødselforbruket, men det kan i tillegg være noe import og statistikken viser ikke andelen som brukes i jordbruket.

Det er behov for en årlig gjødslingsundersøkelse som omfatter både mineralgjødsling og husdyrgjødseltilførsler i ulike deler av landet. Statistisk sentralbyrå har for 2018 gjennomført en utvalgsbasert undersøkelse for å kartlegge bruk av mineral- og husdyrgjødsel. Forrige undersøkelse om lagring og bruk av gjødslingsressurser ble gjennomført i 2013. Det ble den gang anbefalt at det blir gjennomført tilsvarende undersøkelser med 5 års mellomrom. Landbruksdirektoratet, Landbruks- og matdepartementet og Miljødirektoratet har meldt behov for en hyppigere kunnskapsoppdatering som grunnlag for å sette inn tiltak for å ivareta forpliktelser i Kyotoprotokollen, Gøteborgprotokollen, nitratdirektivet, vanddirektivet, samt arbeidet med ny husdyrgjødselsforskrift. Statistisk sentralbyrå og Miljødirektoratet har meldt behov for oppdatert datagrunnlag for utslippsregnskapet til luft og for utvikling av regionale næringsstoffbalanser for jordbruket.

## Jordas fosforstatus

**Kilde:** Jorddatabanken (database, NIBIO)

**Skala:** eiendom (fykonr/gnr/bnr)

Ved beregning av fosfortap (både partikkelbundet fosfor og løst fosfat) trengs det tall for fosformengden i jorda. Informasjon om jordas fosforstatus (P-AL) finnes i gårdbrukernes jordanalysetall. Gårdbrukerne er pliktige (for å motta produksjonstilskudd) til å ta ut jordprøver og analysere jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor minimum hvert 8. år. Disse data er tilgjengelige i **jorddatabanken hos NIBIO** frem til 2016. Etter 2016 har det ikke vært mulig å hente inn slike data fra laboratoriene, men det pågår en prosess som forhåpentlig vil gjøre data tilgjengelige. For bruk i modeller knyttes dataene til den enkelte eiendom (kommunenr/gårdsnr/bruksnr), evt. gjennom å koble til eiendomskart (DEK/matrikkeldata). De fleste steder er det en betydelig andel av jordbrukseiendommene som det ikke foreligger P-AL-data for. I dagens modeller løses det ved å enten bruke gjennomsnitt av alle tilgjengelige data på alt areal innenfor aktuelt nedbørfelt/kommune, eller ved å bruke de tilgjengelige dataene på de eiendommene der de er registrert, og bruke gjennomsnitt av alle tilgjengelige data på resten av arealene innenfor aktuelt nedbørfelt/kommune.

### 5.2.4 Jordbrukstiltak (RMP, SMIL)

#### Jordarbeidingstiltak

**Kilde:** eStil/RMP (kart, Landbruksdirektoratet)

**Skala:** kartpolygoner på noen få til flere dekar

Jordarbeiding påvirker tap av både partikler, fosfor, nitrogen og organisk materiale. Informasjon om jordarbeidingstiltak har siden 2013 foreligget som **årlige kart gjennom eStil-systemet til Landbruksdirektoratet**. Her har gårdbrukerne selv tegnet inn arealene de har søkt midler til gjennom Regionalt miljøprogram. Jordarbeidingstiltak ligger i kartene inne som «ingen jordarbeiding om høsten», «direktesådd høstkorn og høstoljevekster» og «ingen jordarbeiding på flomutsatt areal».

#### Fangvekst

**Kilde:** eStil/RMP (kart, Landbruksdirektoratet)

**Skala:** kartpolygoner på noen få til flere dekar

Fangvekst fanger opp partikler og næringsstoffer, men kan også avgi næringsstoffer til avrenning ved utfrysing fra plantematerialet. Fangvekster har synergier med karbonbinding og bedre jordkvalitet. Informasjon finnes i årlig oppdaterte **kart gjennom eStil-systemet til Landbruksdirektoratet**. Her har gårdbrukerne selv tegnet inn arealene de har søkt midler til gjennom Regionalt miljøprogram.

#### Grasdekte kantsoner

**Kilde:** eStil/RMP (kart, Landbruksdirektoratet)

**Skala:** kartlinjer på noen få til flere meters lengde

Grasdekte kantsoner har først og fremst en renseseffekt på partikler og partikkelbundet fosfor og organisk bundet nitrogen, samt organisk materiale. Informasjon om grasdekte kantsoner har siden 2013 foreligget som årlig oppdaterte **kart gjennom eStil-systemet til Landbruksdirektoratet**. Her har gårdbrukerne selv tegnet inn arealene de har søkt midler til gjennom Regionalt miljøprogram.

#### Grasdekte vannveier

**Kilde:** eStil/RMP (kart, Landbruksdirektoratet)

**Skala:** kartlinjer på noen få til flere meters lengde

Grasdekte vannveier har først og fremst en renseeffekt på partikler og partikkelbundet fosfor og organisk bundet nitrogen, samt organisk materiale ved å fange opp partikler erodert på det tilførende arealet til dråget. Grasdekt vannvei reduserer dessuten erosjon i selve dråget. Informasjon om grasdekte vannveier har siden 2013 foreligget som årlig oppdaterte **kart gjennom eStil-systemet til Landbruksdirektoratet**. Her har gårdbrukerne selv tegnet inn arealene de har søkt midler til gjennom Regionalt miljøprogram.

#### **Fangdammer**

**Kilde:** SMIL (Landbruksdirektoratet)

**Skala:** punkt/små nedbørfelt

Fangdammer renser avrenningen for partikler og partikkelbundet fosfor og nitrogen, samt organisk materiale. Informasjon om fangdammer er til dels tilgjengelig gjennom **Landbruksdirektoratets register knyttet til SMIL-ordningen**. Informasjonen foreligger ikke på en lett tilgjengelig form som lar seg bruke inn i de aktuelle modellene. Fangdammer har ikke vært inkludert i JOVAest, mens i Agricat 2 har man inkludert fangdammer dersom oppdragsgivere på prosjekter har kunnet levere nødvendig informasjon om fangdammer (koordinater for fangdam, størrelse på fangdam og størrelse på nedbørfeltet som drenerer til fangdammen).

### 5.2.5 Punktkilder

**Kilde:** ingen

**Skala:** punkt

Punktkilder i jordbruket er gjødselkjellere, gjødsellager, silo, rundballer, melkerom, fjørfehus, veksthus m.m. Disse kildene kan bidra med tap av fosfor og nitrogen. Informasjon om disse punktkildene er ikke tilgjengelig på nasjonalt nivå.

## 5.3 Data til kalibrering og validering av modeller

### 5.3.1 Overvåkingsdata (JOVA)

**Kilde:** Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) (NIBIO)

**Skala:** Nedbørfelt 300 til 30000 daa

JOVA-programmet overvåker landbruksdominerte nedbørfelt i Norge (35-95% dyrka mark). Nedbørfeltene representerer de viktigste jordbruksområdene i landet med hensyn til klima, jordsmonn og driftspraksis. Formålet med overvåkingen er å dokumentere miljøeffekter av landbruksdrift gjennom innsamling og bearbeiding av data fra overvåkingsfelt og andre relevante kilder. Siden begynnelsen av 1990-tallet har det blitt samlet inn data for driftspraksis og vannkvalitet i disse nedbørfeltene. Disse dataene ble brukt i utviklingen av JOVAest/TEOTIL. Siden den gang har det kommet til mange flere år med data. Dataene gir summen av tilførsler fra alle kilder i nedbørfeltene, så de gir ikke eksakte tall for tilførsler fra jordbruksarealene alene.

## 6 Plan for modellutvikling

I kapittel 3 anbefalte vi å bygge videre på eksisterende empiriske modeller, med mulig oppdatering av funksjoner gjennom å bruke prosessbaserte modeller spesifikt til dette. Etablering av en prosessbasert modell for hele landet kan være ønskelig, men er krevende med hensyn til tid og ressurser.

Modellkonseptet vil bli basert på en oppdatering og videreutvikling av JOVAest for nitrogen og en videreutvikling av Agricat 2 for fosfor. I tillegg er det ønsket at tap av partikler og organisk materiale skal være output fra modellen. Tap av partikler er en output fra Agricat 2. Tap av organisk materiale kan beregnes med utgangspunkt i tap av partikler.

Modellene bør revideres etter som vi får ny kunnskap og bedre datagrunnlag, f.eks. hvert femte år. Det må derfor legges inn en automatikk i at tilførsler beregnes på nytt for foregående år etter oppdatering av modellene.

### 6.1 Arealavrenning av nitrogen

Nitrogenmodellen vil bli utviklet etter tilsvarende metode som den nåværende JOVAest. Den vil bli basert på en oppdatering og videreutvikling av JOVAest (Eggestad m.fl. 2001). Det vil bli utviklet en ny empirisk formel for sammenhenger mellom jord, vær og jordbruksdrift for hele tidsserien (1992-2020) med data om nedbørfelt i Program for jord- og vannovervåking i jordbruket (JOVA). Samspillet mellom faktorene vil også bli inkludert i den empiriske formelen for å estimere nivået på nitrogentap for regioner i hele landet. Modellen vil referere til en klimaperiode (f.eks. 1990-2020). Beregningene vil være basert på jordmonnkart, klimadata og lett tilgjengelige data om jordbruksdrift som er tilgjengelige på nasjonalt nivå og med en kartbasert oppløsning. Basert på den empiriske formelen vil det bli utviklet en metodikk for beregning av nitrogentap fra jordbruksareal. Data for endringer i jordbruksdrift og tiltaksgjennomføring vil inngå i de årlige nitrogenberegningene.

Det er behov for en oppdatert kunnskapssammenstilling med vekt på konkrete undersøkelser og forsøksresultater vedrørende effekt av endringer i jordbruksdrift og effekt av gjennomføring av tiltak i jordbruket på nitrogentap fra jordbruket. Modellutviklingen for nitrogen vil særlig ha fokus på å inkludere gjødsling og nitrogenbalanse i modellen.

**Endringer i gjødsling** er ikke med i den nåværende JOVAest. Variasjoner i gjødsling kan ha betydning for nitrogenavrenningen. Det er ønskelig at nitrogengjødsling inkluderes i en fremtidig modell. For å kunne inkludere gjødsling må det være tilgang til informasjon om samlet gjødsling med nitrogen til ulike produksjoner. Det er også behov for data om gjødsling i forbindelse med beregning av klimagassutslipp. En mulighet er å gjennomføre gjødselundersøkelser hyppigere enn det som til nå har vært tilfellet. Ifølge FracLEACH utgjør nitrogenavrenningen 22 % av tilført nitrogen (Bechmann m.fl. 2012). Dette tallet er et gjennomsnitt som er basert på data fra overvåking i JOVA-felt over 30 år. I FracLEACH er det ikke tatt høyde for utnyttelsen av nitrogenet. Det har betydning hvor store **avlinger** det tas med en gitt mengde nitrogen. Derfor har avlingen betydning og tilgang til data om avling vil også være nødvendig. Det betyr at effekten av forbedringer i sortsutvalg, endringer i fordeling av korn/gras, presisjongjødsling, delt gjødsling og avlingssvikt pga. værforholdene vil bli reflektert i nitrogentap fra jordbruket. Effekten av gjødslingstiltak (blant annet presisjongjødsling og delt gjødsling) vil bli reflektert i bedre utnyttelse av nitrogen, det vil si lavere nitrogenbalanse (tilført minus bortført nitrogen). Variasjonen i gjødsling i JOVA-felt dekker kun en del av den variasjonen i gjødsling som kan forventes i norsk jordbruk, derfor kan det være behov for å ta utgangspunkt i avlingsforsøk i tillegg til regresjonslikningen for JOVA-felt.

**Fangdammer** er et mindre aktuelt tiltak for nitrogen fordi det meste av nitrogen tapes som nitrat. Andre typer renseløsninger (f.eks. våtmarker) kan være aktuelle for nitrogen og modellen må kunne utvikles etter hvert som slike tiltak blir en del av aktuell jordbruksdrift.

## 6.2 Arealavrenning av partikler

Det foreslås at beregning av jordtap fra jordbruksarealene vil bli gjort med samme metode som i dag brukes i modellen Agricat 2 (Kværnø m.fl. 2014), der erosjonsrisiko ved høstpløying (fra nytt erosjonsrisikokart) multipliseres med en jordarbeidingsfaktor. Ettersom Agricat 2 er en modell som brukes mye i oppdrag fra vannforvaltningen, vil det være hensiktsmessig at Agricat 2 og den nye jordbruksmodellen i TEOTIL er basert på samme datagrunnlag og de samme funksjonene. I Agricat 2 har man oftest gjort en ganske detaljert arealfordeling av vekster og jordarbeiding, på fykonr/gnr/bnr-nivå. Dette er antakelig verken nødvendig eller hensiktsmessig i en nasjonal modell som TEOTIL, men det er en vurdering som må gjøres når det er bestemt hva som blir beregningsenhetene i modellen (nedbørfelt, kommuner eller større regioner).

I prosjektet må det prøves ut ulike tilnæringer for å beregne realistiske nivåer for jordtap på nedbørfeltskala. Per i dag dekker erosjonsrisikokartet (flateerosjonskartet) kun prosessene flate- og rilleerosjon og jordtap gjennom grøftene. Forhåpentligvis vil det i løpet av 2022 foreligge et bedre grunnlag for å bestemme også nivået på **drågerosjon**. Dette må i så fall inkluderes i den oppdaterte modellen. Det er behov for å utvikle en metode for å klassifisere arealer etter **konnektivitet**, basert på f.eks. topografiske data og arealbrukskart. Strukturell konnektivitet er en terrengegenskap som representerer en sannsynlighet for at partikler beveges fra kilde til resipient. Konnektivitetsindekser kan være enkle (avstand til bekk, eller innenfor/utenfor en vis avstand), og mer komplekse (kombinerer tilførende areal med avstand til bekk, eventuelt i sammenheng med andre terrengegenskaper (ruhet), infrastruktur og arealbruk). Ulike tilnæringer bør testes. Det må også vurderes om effekt av **naturlige kantsoner** kan inkluderes gjennom å koble inn kartanalyser av avstand fra dyrka mark til vassdrag. Dette har nylig vært gjort for gamle Vestfold fylke (Krzeminska m.fl. 2022), og er i utgangspunktet en forholdsvis krevende sak.

Agricat 2 inkluderer et knippe jordbrukstiltak, og tar også høyde for samspillseffekter ved gjennomføring av flere tiltak samtidig. Det vil bli gjort en gjennomgang av de ulike tiltakene modellen inkluderer for å se om funksjonene kan forbedres og for å se om nye tiltak kan inkluderes:

**Jordarbeidingstiltak:** Jordarbeidingsfaktorene i Agricat 2 er basert på målinger i flere nordiske land. Det foreslås å ta en litteraturgjennomgang for å se om funksjonene i Agricat 2 kan oppdateres. En annen mulighet er å kjøre prosessbaserte modeller og forbedre funksjonene basert på slike modellresultater.

**Grasdekte kantsoner og fangdammer:** I Agricat 2 ligger det funksjoner for begge tiltakene. Utfordringen med disse tiltakene er at de ikke virker på alt areal i et nedbørfelt, og det er vanskelig å identifisere hvilke arealer som blir påvirket. For fangdammer er det i tillegg utfordrende å få tak i tilstrekkelig informasjon om selve fangdammene. Prosjektet må se på hvordan en enklest mulig kan inkludere disse tiltakene basert på den informasjonen som er tilgjengelig.

**Andre tiltak:** Grasdekt vannvei, grasstripe i åker, m.fl. er ikke inkludert i Agricat 2. Det må vurderes om dette kan inkluderes i ny modell. For alle disse tiltakene kan det være aktuelt å beregne scenarier for alle områder, og utvikle koeffisienter/funksjoner basert på disse scenariene. Koeffisientene kan da brukes i de årlige beregningene (tilsvarende slik det gjøres i dag for andre tiltak i JOVAest) i stedet for å kjøre detaljerte beregninger hvert år. Alternativt kan prosessbaserte modeller brukes for å utvikle funksjoner for tiltakseffektene.

## 6.3 Arealavrenning av fosfor

Det foreslås at beregning av fosfortap fra jordbruksarealene vil bli gjort med samme metode som i dag brukes i modellen Agricat 2 (Kværnø m.fl. 2014). Agricat 2 beregner kun tap av partikkelbundet fosfor.

Tiltakene som gjelder for partikler, gjelder også for partikkelbundet fosfor, så dette er dekket opp i avsnitt 6.2. I tillegg er redusert gjødsling et viktig tiltak som det må beregnes effekt av, gjennom



reduksjon av **jordas fosforstatus** (P-AL). Denne tiltakseffekten lar seg derfor enkelt beregne dersom det jevnlig foreligger oppdaterte tall for P-AL i databasen. Redusert P-AL virker på tap av både partikkelbundet fosfor og løst fosfat, og det må tas med i betraktning ved beregning av tap av løst fosfat.

## 6.4 Fraksjoner av nitrogen og fosfor

I JOVA-programmet er det tilgjengelig data for totalnitrogen, nitrat-N, totalfosfor og løst fosfat-P. For nitrogen er nitrat den dominerende formen i jordbruksavrenning og utgjør i gjennomsnitt over år mellom 71 og 85 % av totalnitrogen fra jordbruksdominerte nedbørfelt (unntatt et felt med organisk jord hvor nitratandelen er 0,33) (Bechmann m.fl. 2021). Ammonium utgjør en relativt ubetydelig andel i jordbruksavrenning og er ikke målt i JOVA-feltene. Basert på resultater fra JOVA kan organisk nitrogen og ammonium anslås som differansen mellom totalnitrogen og nitrat-N. Dermed kan fraksjoner av nitrogen inkluderes i modellkonseptet vha. koeffisienter for nitrat basert på målinger i JOVA-felt som representerer ulike driftssystemer. På tilsvarende måte kan tap av løst fosfat-P og partikkelbundet P baseres på hhv. målte data og forskjellen mellom totalfosfor og løst fosfat-P (Brod m.fl. 2017).

## 6.5 Arealavrenning av organisk materiale

Det antas at organisk materiale (total organisk karbon) hovedsakelig tapes fra jordbruksarealene i partikkelbundet form, ved erosjon på overflata og gjennom grøftene. Det foreslås å koble beregning av tap av organisk materiale til jordtapsberegningene (basert på erosjonsrisikokart) og se bort fra tap av løst organisk materiale fra jordbruksarealer. Representative verdier for organisk materiale i jord vil kunne hentes fra NIBIOs jordsmonnkart og/eller fra NIBIOs jorddatabase. Det er behov for å gjøre et litteraturstudium for å vurdere hvordan sammenhengen mellom jordtap og tap av organisk materiale kan representeres. Det kan f.eks. være aktuelt å bruke en anrikningsfaktor, tilsvarende hvordan fosfortap beregnes i Agricat 2. Det er også aktuelt å gjøre analyser av JOVA-data for å vurdere om man kan inkludere tap av organisk materiale knyttet til spredning av husdyrgjødsel. Organisk materiale i avrenning fra JOVA-felt kan estimeres som forskjellen mellom SS og gløderest.

## 6.6 Bakgrunnsavrenning av nitrogen og fosfor

Bakgrunnsavrenning av nitrogen er tidligere funnet å utgjøre 10 % av nitrogentapet som skjer fra jordbruksarealer. Det bør gjøres en revurdering av dette tallet. Det bør dessuten vurderes hvordan endringer i nedbør og evt. endringer i deposisjon vil påvirke nitrogentapet fra bakgrunnsavrenning. Det kan være aktuelt å inkludere i modellen en rutine som inkluderer slike endringer i de årlige beregninger av bakgrunnsavrenning.

Bakgrunnsavrenning av fosfor vil bli beregnet med leirvassdragsmetoden (Solheim m.fl., 2008). En utfordring som vil bli vanskelig å løse, er å skille ut erosjonsprosesser som er delvis naturlige, men også påvirkes av jordbruksdrift. Viktigste i så måte er kanskje erosjon i bekke- og elveløp («kanterosjon»), som stedvis kan bidra med betydelige mengder partikler og næringsstoffer i vassdragene. Dessverre fins det tilnærmet ingen brukbare data for å tallfeste denne prosessen for norske vassdrag. Det vil være store forskjeller mellom vassdragene hvor viktig denne prosessen er. Sannsynligvis vil den derfor ikke kunne inkluderes i modellen. Prosessen vanskeliggjør også bruken av nedbørfeltdata til utvikling/kalibrering av modeller, ettersom det ikke er kjent hvor mye det bidrar til i JOVA-felt. Mht. denne prosessen er «kvalifisert gjetning» eneste mulige tilnærming.

## 6.7 Punktkilder for nitrogen og fosfor

Tilførsler fra punktkilder vil bli beregnet på samme måte som beskrevet i kapittel 2.6 med en standard koeffisient for tap fra punktkilder. Det er behov for en gjennomgang av utslipp lokalt både fra silo- og



gjødsellager, men også fra veksthus og vaskevann fra fjørfehus. Dersom det blir ny kunnskap tilgjengelig om punktkilder vil modellen kunne videreutvikles på dette punktet.

## 6.8 Behov for forbedring av datakilder

En forutsetning for videreutvikling av modellene slik vi har skissert, er at en del av datakildene (se kapittel 5) som skal brukes som input forbedres mht. kvalitet og/eller tilgjengelighet. Dette gjelder i første rekke:

- **Jordsmonns- og erosjonsrisikokart:** Det må tilrettelegges for at TEOTIL kan oppdateres jevnlig, etter hvert som dekningsgraden av jordsmonnskart og erosjonsrisikokart blir bedre. Men dette tar tid, og det er derfor nødvendig å utvikle metoder for å bestemme jordsmonndata og erosjonsrisiko på areal uten jordsmonnskart, f.eks. basert på NIBIOs arealressurskart, NGUs løsmassekart og topografiske data.
- **Drågerosjonskart:** Det er prosjekter på gang i NIBIO med fokus på kvantifisering av drågerosjon og metode for å beregne erosjonsrisiko også der det ikke er jordsmonnskartlagt. Disse prosjektene skal avsluttes i løpet av 2022, og det forventes at resultatene kan brukes inn i utviklingen av TEOTIL.
- **Jordas fosforstatus (P-AL):** Som nevnt i kapittel 5, er slike data tilgjengelige i jorddatabanken hos NIBIO frem til 2016, og det pågår nå en prosess som forhåpentlig vil gjøre også data fra etter 2016 tilgjengelige. Det er i tillegg behov for bedre romlig dekningsgrad av P-AL og jevnlig oppdatering av P-AL-tall for å kunne beregne endringer i P-AL over tid og dermed effekt av endringer i fosforgjødsling.
- **Fangdammer:** Det er ønskelig med bedre tilgjengelighet av konkrete data for hvor fangdammer er anlagt, størrelsen på fangdammene og hvilket areal som drenerer til fangdammene. Uten slike data blir det ikke mulig å estimere effekter av fangdammer som anlegges.
- **Vekstfordeling:** På liten skala er det usikkerheter knyttet til vekstfordeling pga. at registeret for søknad om produksjonstilskudd ikke inneholder informasjon om vekster på areal det ikke er søkt produksjonstilskudd til. Jordleie gjør det også komplisert å knytte riktig vekst til riktig sted, selv om man kobler inn register over jordleie. Disse feilkildene er av mindre betydning når beregninger gjøres på stor skala, f.eks. for større nedbørfelt med mye jordbruksareal, eller for hele kommuner eller fylker. På mindre skala blir usikkerheten i beregningene betydelig større. Dersom TEOTIL skal kjøres for små nedbørfelt, må det vurderes hvordan disse dataene skal håndteres for at usikkerheten skal bli minst mulig. Mest sannsynlig vil det da være behov for kartfestet informasjon om hvilke vekster som dyrkes hvor, på liknende måte som hvordan tiltak er lagt inn på kart i eStil. Uten et slikt datagrunnlag er det mer realistisk at vekstfordeling beregnes for større enheter (kommuner, større nedbørfelt) og dermed blir lik i alle nedbørfelt som ligger innenfor samme enhet.
- **Avling:** Informasjon om avling av ulike vekster må forbedres dersom en skal kunne redusere usikkerheten i beregninger av nitrogenbalansen.
- **Gjødsling:** Det er behov for en årlig gjødselundersøkelse som omfatter både mineralgjødsel og husdyrgjødseltilførsler i ulike deler av landet. Statistisk sentralbyrå har for 2018 gjennomført en utvalgsbasert undersøkelse for å kartlegge bruk av mineral- og husdyrgjødsel. Forrige undersøkelse om lagring og bruk av gjødselressurser ble gjennomført i 2013. Det ble den gang anbefalt at det blir gjennomført tilsvarende undersøkelser med 5 års mellomrom. Landbruksdirektoratet, Landbruks- og matdepartementet og Miljødirektoratet har meldt behov for en hyppigere kunnskapsoppdatering som grunnlag for å sette inn tiltak for å ivareta forpliktelser i Kyotoprotokollen, Gøteborgprotokollen, nitratdirektivet, vanddirektivet, samt arbeidet med ny husdyrgjødsel forskrift. Statistisk sentralbyrå og Miljødirektoratet har meldt behov for oppdatert

datagrunnlag for utslippsregnskapet til luft og for utvikling av regionale næringsstoffbalanser for jordbruket. Et alternativ til årlig gjødselundersøkelse kan være at bruk av husdyrgjødsel estimeres basert på antall husdyr registrert i Registerdata fra søknad om produksjonstilskudd (Landbruksdirektoratet), men dette vil ikke dekke behov for dokumentasjon av bruk av mineralgjødsel. Felleskjøpet har salgsstatistikk på gjødselvarer som kan gi en indikasjon på gjødselforbruket, men det kan i tillegg være noe import og statistikken er grov og viser ikke andelen som brukes i jordbruket.

- **Punktkilder:** Informasjon om punktkilder i jordbruket er ikke tilgjengelig på nasjonalt nivå. Dersom dette skal inkluderes i modellen, er det nødvendig at slik informasjon blir samlet inn med jevne mellomrom.

## 7 Oppsummering

Rapporten beskriver eksisterende modeller for nasjonale beregninger av jordbrukets tilførsler av nitrogen og fosfor til små jordbruksbekker. Det er også beskrevet hvordan jordtap, tap av organisk materiale og fraksjoner av nitrogen og fosfor kan inkluderes i en nasjonal modell.

Det er videre beskrevet hvordan disse modellene kan oppdateres og videreutvikles for å gi et best mulig grunnlag for å representere effekt av driftsendringer i jordbruket og jordbrukets gjennomføring av vannmiljøtiltak.

Det er dessuten inkludert en beskrivelse av tilgangen til nasjonale inputdata og behovet for utvidelse og forbedring av slike databaser.

# Referanser

- Bechmann, M., Greipsland, I., Riley, H. and Eggestad, H.O. 2012. Nitrogen losses from agricultural areas. A fraction of applied fertilizer and manure (FracLEACH). Bioforsk report 7(50).
- Bechmann M, Stenrød M, Kværnø, S.H., Eggestad H.O. 2021. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt - Sammendragsrapport fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992–2019. NIBIO Rapport 7(135).
- Brod, E., Bechmann, M., Øgaard, A.F. 2017. Løst fosfat i jordbruksavrenning – forskjell mellom driftssystemer. Vann 01/2017. 47-56.
- Eggestad, H.O., Vagstad, N., Bechmann, M. 2001. Losses of Nitrogen and Phosphorus from Norwegian Agriculture to the OSPAR problem area. Jordforsk rapport 99/01. 30s.
- Ibrekk, H.O., Tjomsland, T., 1992. TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. Oslo.
- Krzeminska, D., Kværnø, S., Larsen, O., 2022. Beregning av effekter av kantsoner langs vassdrag i gamle Vestfold fylke. Metodeutvikling basert på Agricat 2-modellen. NIBIO-rapport 8(4), 38 s. ISBN 978-82-17-02995-3.
- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Grønsten, H.A. og Bechmann, M., 2014. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Dokumentasjon av modellen Agricat 2. Bioforsk rapport nr. 9(108).
- Kværnø, S.H., Barneveld, R., Heggem, E.S.F., Stratmann, M., Søvde, N.E., 2020. Beskrivelse av erosjonsrisikokart - metoder, forutsetninger og bruk. NIBIO POP 6 (37), 12 s. ISBN 978-82-17-02649-5.
- Solheim, A.L., Berge, D., Tjomsland, T., Kroglund, F., Tryland, I., Schartau, A.K., Hesthagen, T., Borch, H., Skarbøvik, E., Eggestad, H.O., Engebretsen, A., 2008. Forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametre i innsjøer og elver, inkludert leirvassdrag og kriterier for egnethet for brukerinteresser. Norsk institutt for vannforskning, rapport 5708-2008. 79 s.
- Sharpley, A., 1980. The Enrichment of Soil Phosphorus in Runoff Sediments. *Journal of Environmental Quality* 9(3): 521-526.



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.