

KVÆLSTOFREGULERING PÅ BASIS AF MÅLINGER AF N-MIN I EFTERÅRET

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



Miljø- og Fødevareministeriet
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne

LDP 2020



Se 'EU-kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne'

Det er undersøgt, om det er praktisk muligt at erstatte den generelle regulering af landbrugets kvælstofanvendelse med målinger af nitratindholdet i jorden om i efteråret.

Indhold:

- Resumé
- Baggrund
 - Variationen i N-min over dyrkningsåret
 - Regulering efter N-min i udlandet
 - Hvorfor regulere på basis af N-min
- Prøveudtagning og metode
 - Monitering af ejendomme
 - Prøveudtagning og analyse
 - Det er kun nødvendigt at måle nitrat i jordvandet
 - Betydning af jordens rumvægt for måling af N-min
- Resultater af moniteringen
 - Resultater for de enkelte ejendomme og år
 - Forskel mellem år

- Variation inden for samme ejendom
- Effekt af dyrkningsmæssige forhold
- Udvasning beregnet ud fra N-min
- Kvælstofregulering baseret på N-min
- Praktiske erfaringer og økonomi
 - Prøvetagningsstrategi
 - Logistik
 - Gravetilladelser
 - Markskader
 - Samlede omkostninger og økonomisk potentiale
- Konklusion
- Litteratur

RESUMÉ

Visse steder i udlandet kontrolleres landbruget på baggrund af måling af jordens nitratindhold om efteråret, der skal holdes under fastsatte grænseværdier. Rationalet er, at jordens indhold af nitrat i efteråret er et udtryk for den potentielle udvasning. For at undersøge om det er praktisk muligt at erstatte den generelle regulering af landbrugets kvælstof- og arealanvendelse med et lignende system, er nitrat indholdet i jorden på to ejendomme i oplandet til Norsminde Fjord monitoreret i efterårene 2013 og 2014. Undersøgelsen viser, at nitrat indholdet i jorden påvirkes af dyrkningen, herunder forfrugt, afgrøde og efterårssækket. Den viser dog også, at der både imellem marker, der er dyrket ens, og inden for samme mark er store forskelle i jordens nitrat indhold. Det kan derfor være vanskeligt at lave en mark og gødningsplanlægning, der sikrer at en given grænseværdi for nitrat i jorden kan overholdes. Det vil således være vanskeligt for landmanden at vide, om han kan opfylde reguleringens krav inden dyrkningssæsonens start.

Det koster ca. 300 kr. pr. ha at foretage monitoring af jordens nitratindhold, men det økonomiske potentiale kan ikke estimeres, da det helt afhænger af landmandens mulighed for at anvende billigere virkemidler end i dag. I en regulering efter nitratindhold kan virkemidler uden for dyrkningsfladen ikke håndteres, og deres effekt skal beregnes efter standard værdier.

[Til top](#)

BAGGRUND

I Danmark reguleres landbrugets kvælstof- og arealanvendelse ud fra et kompliceret regelsæt, der fastsætter maksimale kvælstofkvoter for hver bedrift, krav til efterafgrødedække i vinterhalvåret, begrænsninger på pløjedatoer med videre. Denne regulering begrænser landmandens i hans dyrkningspraksis og hans handlemuligheder i forhold til at tilpasse sig aktuelle forhold i marken. Visse steder i udlandet reguleres landbrugets kvælstofanvendelse i stedet ud fra måling af jordens indhold af mineralsk kvælstof (N-min) i efteråret, dog primært med henblik på beskyttelse af drikkevandet. Rationalet er, at N-min i efteråret er et udtryk for den potentielle udvasning fra jorden.

For at foretage en indledende vurdering af, om et lignende system i Danmark vil kunne give landmændene en større fleksibilitet og belønne det gode landmandskab i forhold til de eksisterende gødningsregler, er der i projektet "Optimering af forvaltningen af kvælstof og vand i landbruget – opgørelse af kvælstofudledningen på bedrifts eller markniveau" gennemført en monitorering af N-min indholdet om efteråret på to bedrifter i Østjylland. Resultaterne fra denne monitorering er beskrevet i denne planteavlsorientering, ligesom praktiske og tekniske forhold i forbindelse med et reguleringssystem baseret på efterårs N-min diskuteres.

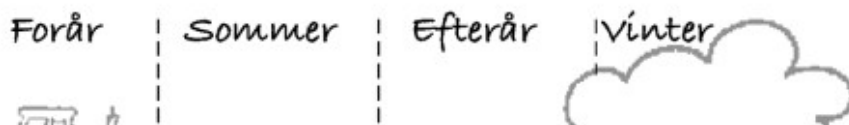
[Til top](#)

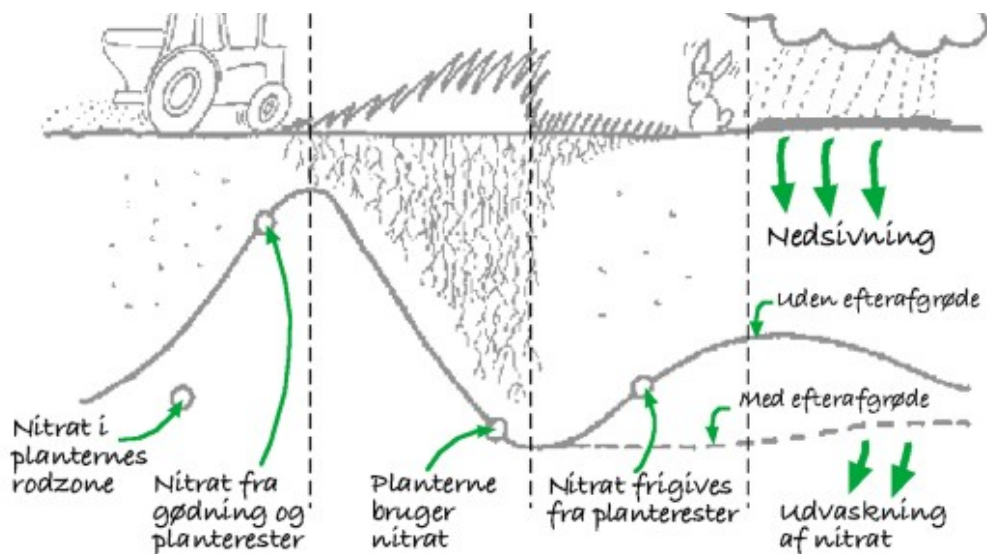
VARIATIONEN I N-MIN OVER DYRKNINGSÅRET

Nitratindholdet i jorden varierer hen over dyrkningsåret. Udviklingen i nitrat i jorden over dyrkningsåret er vist i figur 1. Ved vækstsæsonens begyndelse er indholdet af nitrat stort som følge af tilførsel af gødning. I vækstsæsonen tømmes jorden næsten helt for nitrat som følge af afgrødens kvælstofoptagelse, og nitratindholdet i jorden er derfor lavt ved høst. Efter høst vil der i jorden frigives kvælstof fra planterester og organisk stof. Denne frigivelse fortsætter efteråret igennem og fører til, at nitratindholdet igen stiger. Hvis jorden er bevokset med en efterafgrøde, vil efterafgrøden optage en stor del af kvælstoffet, og indholdet af nitrat i jorden vil forblive lavt. En større eller mindre del af det nitrat, som jorden indeholder om efteråret, kan – afhængig af nedbørsmængde og jordtype – udvaskes i vinterhalvåret, når afstrømningen fra jorden begynder. Indholdet af nitrat i jorden falder derfor i det sene efterår og tidlige vinter. Nitrat indholdet om efteråret vil derfor være højest i oktober eller november, hvor mineraliseringen af organisk materiale har været høj og udvaskningen ikke er begyndt endnu. Ideen i en regulering efter N-min eller jordnitrat er, at nitrattoppen i efteråret er et udtryk for den mængde nitrat, der er til rådighed for udvaskning i den følgende vinter. Jordens nitratindhold tages således som et udtryk for den potentielle udvaskning fra arealet.

Da den vandholdende evne er lavere i sandjord end på lerjord begynder afdræningen tidligere på sandjord end lerjord. Derfor vil nitratindholdet i efteråret typisk toppe tidligere på sandjord end på lerjord, og prøvetagningstidspunktet skal derfor afpasses efter det. Typisk skal grovsandet jord prøvetages i oktober, mens lerjord skal prøvetages i november.

Variationen i N-min over dyrkningsåret afspejles af variationen i jordens nitratindhold. Årsagen er, at ammonium indholdet kun varierer meget lidt, og det er derfor ofte nok at kende variationen i nitrat. Kun umiddelbart efter udkørsel af husdyrgødning, vil ammonium indholdet i jorden være hævet over baggrunds niveauet. Sammenhængen mellem N-min og nitrat diskuteres andetsteds i denne planteavlsorientering.





Figur 1. Udvikling i nitratindhold i jorden over dyrknings sæsonen. Se teksten for detaljer.

[Til top](#)

REGULERING EFTER N-MIN I UDLANDET

Målinger af jordens indhold af nitrat i efteråret anvendes til at kontrollere landbrugets kvælstofudvaskning i den tyske delstat Baden-Württemberg og i Belgien (N-min metoden).

I Baden-Württemberg anvendes nitrat målingerne primært til at overvåge nitratudvaskningen til grundvandet. Der er fastsat en overvågningsværdi og en toleranceværdi for nitrat mængden i jorden. Disse værdier fastsættes på baggrund af jordtypen og udvaskningsklassen på arealet. Typisk er overvågningsværdien 45 kg nitrat-kvælstof pr. ha på sandjord i jordlaget 0-90 cm, og 30-45 kg i hvert af jordlagene 0-30 og 30-90 cm på lerjord (Finck, 2014). På grund af usikkerheden på prøvetagningen sættes også en toleranceværdi, der typisk ligger i niveauet 45-70 kg nitrat-N pr. ha, igen afhængig af jordtypen og udvaskningsklassen på arealet. Hvis det målte nitratindhold overskrider toleranceværdien, gentages prøvetagningen. Hvis den anden måling også overskrider toleranceværdien udløser det sanktioner. Sanktionen består i, at der ikke udbetales støtte til de obligatoriske tiltag, som landmanden skal gennemføre for at reducere nitratudvaskningen, men der er ikke sanktioner i form af bøder og lignende. I forbindelse med kampagnen vurderes, om der er ydre forhold, der påvirker jordens nitratindhold ekstraordinært. Det drejer sig bl.a. om nedbørs- og temperaturforhold i forår, sommer og det tidlige efterår samt høstudbyttet.

I Flandern i Belgien anvendes nitrat målinger til at kontrollere at nitratdirektivets bestemmelser overholdes. Der er sat grænseværdier, der varierer efter jordtype, afgrøder mv. Grænseværdierne er typisk mellem 70-90 kg nitrat-kvælstof pr. ha og gælder på markniveau. Marker over 2 ha neddeles i flere marker. Prøverne udtages mellem d. 1. oktober og den 15. november. Prøvetagningen forestås af et autoriseret laboratorium efter udbud, og der føres omfattende kontrol med kvaliteten af prøveudtagningen. Der bruges ikke referencemålinger til

at "normalisere" N-min målinger, men ved afvigende værdier har ministeriet en praksis, hvor det vurderes, om årets vejrforhold kan være årsag. I Vallonien (den anden del af Belgien) anvendes et system, hvor grænseværdierne for de enkelte afgrøder justeres gennem sæsonen og fra år til år. Hvis prøven overskider grænseværdierne bliver landmanden pålagt sanktioner.

Sanktionerne øges jo mere grænseværdien er overskredet. Der er dog ikke tale om bøder, men om restriktioner på dyrkningen og krav om yderligere kontrol.

Både i Baden-Württemberg og Flandern anvendes N-min metoden til at kontrollere at nitratudvaskningen holdes på et acceptabelt niveau i forhold til beskyttelse af grundvandet. I Danmark sigter kvælstofreguleringen derimod primært på at begrænse udledningen af kvælstof til kystvandene, og derfor bliver N-min metoden en mere indirekte regulering, på grund af den betydelige kvælstofretention der sker mellem rodzonen og kystvandene.

[Til top](#)

HVORFOR REGULERE PÅ BASIS AF N-MIN

Den primære fordel ved en regulering på basis af efterårs N-min er, at reguleringen vil belønne godt landmandsskab og sætte landmanden fri af generelle regler, således at han kan tilrettelægge sin dyrkning efter egne ønsker. Han er således fri til at gøre hvad han finder mest fagligt korrekt, så længe han overholder grænseværdien for N-min om efteråret, og vil således ikke være bundet af kvælstofkvoter, efterafgrødekrav, pløjedatoer etc. Landmanden vil derfor også være frit stillet med hensyn til de virkemidler, han ønsker at anvende, for at overholde grænseværdien.

Formålet med monitoringen i projektet er at opnå praktisk erfaring med monitorering af N-min, samt erfaring med variationen i N-min inden for samme bedrift. Hvorvidt regulering efter N-min kan blive en reel fordel for landmanden afhænger helt af, hvordan reglerne udformes i praksis med hensyn til kontrolomfang, grænseværdier og sanktioner. Dette er ikke belyst i dette projekt.

[Til top](#)

PRØVEUDTAGNING OG METODE

MONITERING AF EJENDOMME

To ejendomme i oplandet til Norsminde Fjord er monitoreret i projektet.

Ejendom 1 er en svinebedrift, hvor der hvert år udbringes husdyrgødning. Dele af ejendommen har frem til 2012 været en kvægbedrift og derfor haft et grovfoder sædskifte med kløvergræs og majs, hvorefter der er dyrket korn og andre salgsafgrøder.

Ejendom 2 er en planteavlsbedrift, hvor der fortrinsvist tildeles handelsgødning, men der modtages dog også en del husdyrgødning. Tidligere har en større del af gødningsbehovet været dækket af modtaget husdyrgødning, end hvad der er tilfældet aktuelt.

På Ejendom 1 er der målt i to år (efterårene 2013 og 2014), mens der på ejendom 2 kun er monitoreret i et enkelt år (efteråret 2014). Prøverne er i 2013 udtaget i jordlaget 0-75 cm, mens de i 2014 er udtaget fra 0 – 100 cm. Tidligere undersøgelse i KVADRATNETTET har vist, at der er en god sammenhæng mellem N-min i 0-75 cm og 0-100 cm, idet $N\text{-min } 0\text{-}75 \times 1,3 = N\text{-min } 0\text{-}100$. Alle prøver fra 2013 er derfor multipliceret med 1,3 for at omsætte dem til nitrat-N i 0-100 cm dybde. Dette giver sammenlignelige N-min værdier på tværs af år.

To prøver er ikke medtaget i resultatopgørelsen, idet prøverne er taget på organogen jord (JB 11). Da der ikke er målt aktuel rumvægt på arealerne, kan jordens arealspecifikke nitratindhold ikke beregnes.

[Til top](#)

PRØVEUDTAGNING OG ANALYSE

N-min prøverne er udtaget med et jordspyd monteret på en Gator (let terrængående køretøj). Der er udtaget 16 stik pr. prøve og jorden fra alle disse stik blandes til en fællesprøve. Fællesprøven er analyseret for nitrat-N og ammonium-N efter den danske standardmetode for N-min analyser.

Hver prøve (16 stik) dækker maksimalt 5 ha. Større marker er neddelt i delmarker på maksimalt 5 ha. Det er i projektet undersøgt hvor store arealer, der kan dækkes med en enkelt prøve, og konklusionen er, at marker på op til 5 ha kan dækkes af en enkelt prøve, uden at usikkerheden på prøvetagningen overstiger 10 pct. (Trénel, 2015 og Østergaard et al., 2015). Accepteres en usikkerhed på op til 15 pct. kan markstørrelsen være op til 10 ha (Trénel, 2015, og Østergaard et al., 2015).

[Til top](#)

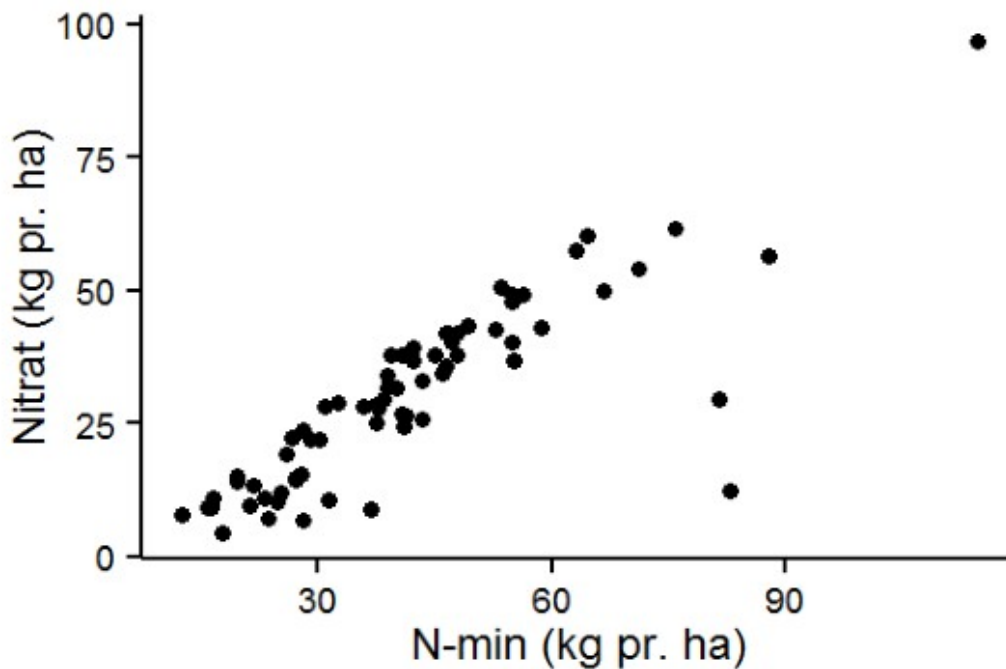
DET ER KUN NØDVENDIGT AT MÅLE NITRAT I JORDVANDET

N-min i Danmark defineres som summen af nitrat og ammonium i jordvandet. I udlandet anvendes alene jordens nitratindhold, fordi variationen i jordens ammonium normalt er lille. Som vist i figur 2 er der en god sammenhæng mellem N-min og nitrat i jordvandet, hvilket bekræfter antagelsen om, at variationen i N-min primært skyldes variationen i nitrat. I det følgende er resultaterne kun vist for nitrat-fraktionen af N-min.

I praksis har det tre fordele kun at analysere prøverne for nitrat.

- Det let at forurene prøverne med ammonium fra hænderne under prøvetagning
- Nitrat er mindre følsom for prøvehåndtering fra prøvetagning til analyse end ammonium
- Analyseomkostningerne bliver lidt lavere, da der kun skal gennemføres én analyse

Prøveudtagningen er langt den største omkostning ved N-min monitorering, og derfor er det begrænset hvad der spares ved kun at analysere for nitrat. Ulempen ved kun at analysere for nitrat er, at høje N-min tal der skyldes ammonium, overses. Disse findes dog typisk kun hvor der er kørt husdyrgødning ud kort før prøvetagning og på nogle græsarealer.



Figur 2. Sammenhæng mellem N-min (nitrat-N + ammonium-N). Der er generelt en god sammenhæng, men to prøver med høje N-min værdier er domineret af ammonium-N. n = 73. De to prøver på organogen jord er ikke medtaget i figuren.

[Til top](#)

BETYDNING AF JORDENS RUMVÆGT FOR MÅLING AF N-MIN

Når en jordprøve analyseres for N-min ekstraheres kvælstoffet fra jordprøven og koncentrationen i ekstraktionsvæsken måles. Ved omsætningen af disse koncentrationer til et arealspecifikt nitrat indhold i jorden (kg N pr. ha) anvendes jordens rumvægt (g pr. cm³). De gennemsnitlige rumvægte varierer ikke meget mellem jordtyper på mineraljord. I en undersøgelse i Kvadratnet for Nitratundersøgelser, fandt Heidmann et al. (2001) at de gennemsnitlige rumvægte for jordtyperne JB 1 – JB 7 varierede mindre end 5 pct. fra den gennemsnitlige rumvægt for alle jordtyperne. Derfor kan man med rimelighed anvende samme rumvægt på tværs af mineraljorder. Det sparer betydelige ekstra udgifter til rumvægtsbestemmelse på hvert prøvested.

Mens jordens rumvægt er relativt stabil på mineraljord, kan den variere betydeligt i organogene jorder. Da rumvægten på denne type jord er meget afhængig af humusindholdet, kan man ikke bestemme en standard rumvægt for jordtypen JB 11 (Knudsen et al., 2011).

Da der i monitoringen ikke er målt aktuelle rumvægte i monitoringen er der ved bearbejdning af de nærværende resultater anvendt standard rumvægte. De anvendte rumvægte ses i tabel 1. Nitrat indholdet i kg pr. ha i prøver på JB 11 kan kun bestemmes med meget stor usikkerhed

med mindre humusindholdet er bestemt. Standard rumvægte fra mineraljord vist i tabel 1 kan derfor ikke anvendes på humusjord.

Tabel 1. Standard rumvægte i fire dybdeintervaller.

Lagdybde	Rumvægt g pr. cm ³	
	JB 1 – JB 7	JB 11
0-25 cm	1,40	Ingen standard rumvægt
25-50 cm	1,40	Ingen standard rumvægt
50-75 cm	1,52	Ingen standard rumvægt
75-100 cm	1,52	Ingen standard rumvægt

[Til top](#)

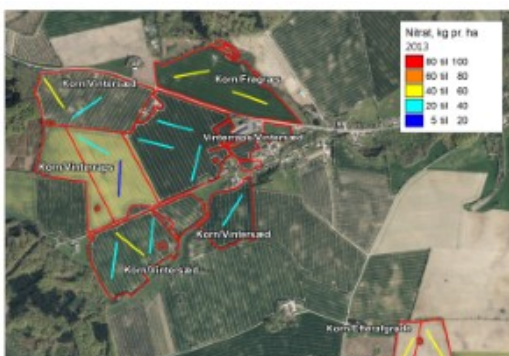
RESULTATER AF MONITERINGEN

RESULTATER FOR DE ENKELTE EJENDOMME OG ÅR

Som beskrevet ovenfor opgøres resultaterne kun for nitrat (kg nitrat pr. ha). Nitratindholdet i jorden på de enkelte ejendomme er vist på kortene i figur 3a og figur 3b og opgjort i tabel 2.

Tabel 2. Nitrat i jorden på to ejendomme i Norsmindefjord oplandet.

År	Ejendom	Gennemsnit Arealvægtet	Gennemsnit	Median	Standard afvigelse	Max	Min	Antal prøver
		Nitrat-N (kg pr. ha)						
2013	Ejendom 1	39	39	39	12	62	14	21
2014	Ejendom 1	32	31	29	18	97	8	40
2014	Ejendom 2	14	14	13	10	43	4	12





Figur 3. Nitrat indholdet i jorden på de enkelte marker i monitoringen. Figur 3 a viser monitoringen i 2013, mens figur 3b viser monitoringen i 2014. Marker på ejendom 1 er optegnet med rød og marker på ejendom 2 er optegnet med blå. Ejendom 1 er delt i to delejendomme, hvor den sydligste del indtil 2012 var en kvægbedrift, hvor jorden blev dyrket med et grovfodersædskifte.

Der er på ejendom 1 udtaget 21 og 40 prøver i henholdsvis 2013 og 2014. I gennemsnit ligger nitrat niveauet på ca. 40 kg N pr. ha i 2013 og ca. 30 kg pr. ha i 2014. På ejendom 2 er niveauet 14 kg nitrat-N pr. ha i 2014. De gennemsnitlige nitrat-N niveauer er de samme, både hvis der arbejdes med et simpelt gennemsnit og hvis gennemsnittet arealvægtes i forhold til de arealer, som prøverne repræsenterer.

[Til top](#)

FORSKEL MELLEM ÅR

Forskellen imellem de to år kan skyldes flere ting:

- Klimaforholdene har været forskellige
- Det er forskellige marker, der har været prøvetaget i de to år
- Der er forskel på afgrødesammensætningen i de to år
- Der er skiftet analyse laboratorium mellem de to år

Nedbør og afdræning i perioden 1. august til 1. december i 2013 og 2014 er vist i tabel 3. Afdræningen er simuleret med programmet "EvaCrop" (Olesen og Heidemann, 2002) for kontinuert vintersæd på JB 6 i beliggende i 8300 Odder. Både nedbør og afdræning er lidt højere i 2014, men forskellen er så lille, at nedbøren ikke har betydning for nitrat koncentrationerne i jorden. Forskellen mellem de to måleår kan således ikke henføres til forskelle i nedbør. Afdræningen begynder i 2014 først i starten af november, og man må således forvente, at prøvetagningen begge år er sket i den periode, hvor nitratindholdet i jorden har toppet.

Tabel 3. Nedbør og afdræning i perioden 1/8 – 1/12. Afdræning er simuleret med programmet EvaCrop for en mark med kontinuert vinterhvede på JB6 beliggende i 8300 Odder.

	2013	2014
Nedbør	244 mm	278 mm
Afdræning	0 mm	43 mm

Forskellen mellem de to år skyldes ikke, at der er inkluderet flere prøver i monitoringen i 2014 end i 2013. I alt er 11 marker på ejendom 1 prøvetaget både i 2013 og 2014, og kun én af de marker, der blev prøvetaget i 2013, var ikke med i 2014. Det gennemsnitlige nitrat indhold for de marker, der er prøvetaget begge år, er 39 kg nitrat-N pr. ha i 2013 og 29 kg nitrat-N pr. ha i 2014. Disse værdier er stort set de samme som for hele ejendom 1.

Effekten af skiftende afgrøder på markerne er behandlet senere i denne planteavlsorientering. På de fleste af de marker der indgår i monitoringen begge år, er afgrøderne forskellige i de to år. Der er dog ikke i 2013 en afgrødesammensætning på disse marker, der gør, at man vil forvente et højere nitrat indhold i jorden i 2013 end i 2014 (se figur 9). Forskellen i nitrat niveau mellem de to år, synes således heller ikke at skyldes forskelligt afgrødevalg mellem de to år.

Det er vanskeligt at afgøre, om skiftet af analyse laboratorium i mellem de to år har indflydelse på nitrat niveauet. For at undersøge om de to laboratorier når samme resultat, har begge laboratorier analyseret de samme to standardiserede prøver. Resultatet for laboratorium 2, der analyserede prøverne i 2014 er 60 - 62 pct. lavere end for laboratorium 1, der analyserede prøverne i 2013 (tabel 4). De samme to standard prøver er i flere af de forudgående år sendt til laboratorium 1 til analyse, og ud fra disse resultater er det tydeligt, at laboratorium 1 i den udførte test måler højere nitratinhold i prøverne, end de har gjort de tidligere år (data ikke vist). Derfor er det uklart, om der er en systematisk forskel på måleresultaterne fra de to laboratorier, eller om forskellen skyldes et dårligt prøve batch i forbindelsen med testen.

Tabel 4. Resultat for to analyselaboratorier ved analyse af to standard prøver. Gennemsnit af 5 analyser af hver prøve.

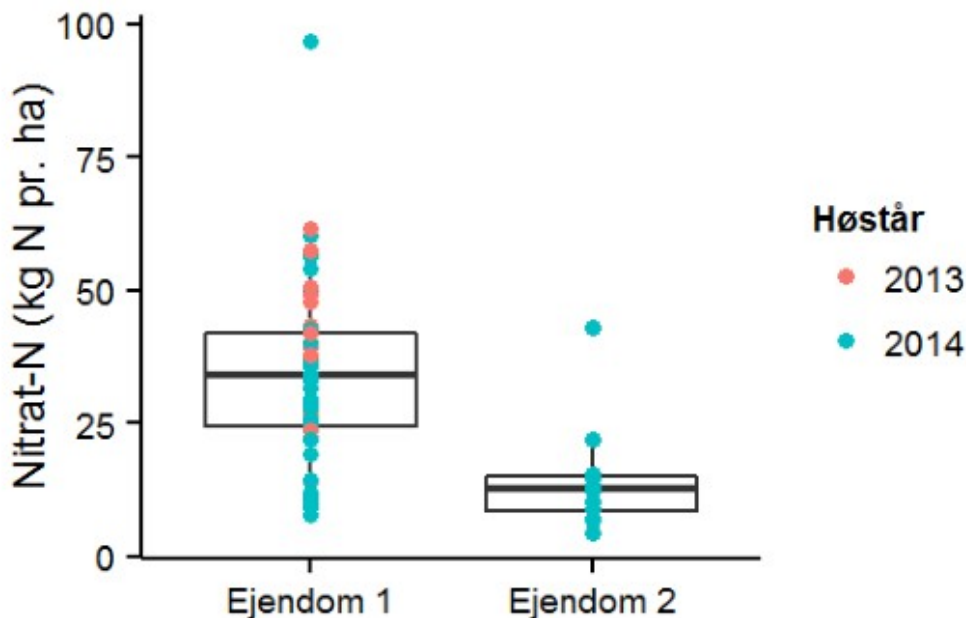
	Prøve 1		Prøve 2	
	Nitrat (ppm)	Standard afvigelse	Nitrat (ppm)	Standard afvigelse
Laboratorium 1	0,60	0,15	3,06	0,32
Laboratorium 2	0,37	0,05	1,93	0,10

[Til top](#)

VARIATION INDEN FOR SAMME EJENDOM

Der er betydelig variation i jordens nitratinhold inden for samme ejendom. Variationen inden for hver ejendom er vist i figur 3 og figur 4. Nitrat indholdet på ejendom 1 ligger i 2013 mellem 14 og 62 kg nitrat-N pr. ha. og i 2014 mellem 8 og 97 kg nitrat-N pr. ha (figur 4). På ejendom 2 er variationen mindre og værdierne spænder i 2014 fra 4 – 43 kg nitrat-N pr. ha (figur 4). Det er dog værd at bemærke, at 50 pct. af prøverne på ejendom 1 ligger inden for et spænd på 23 kg nitrat-N pr. ha i 2013 og 20 kg nitrat-N pr. ha i 2014. På ejendom 2 ligger nitratinholdet i jorden inden for et spænd på 7 kg nitrat-N pr. ha (figur 4). De fleste prøver viser således et nitrat-N

indhold tæt på median værdien for ejendommen, hvilket også fremgår af figur 4. Prøver med både høje og lave indhold af nitrat findes på begge ejendomme.



Figur 4. Nitrat-N på to ejendomme i oplandet til Norsminde Fjord. Den fede streg viser medianen for hver ejendom, og boksen viser 25 og 75 pct. kvartiler. Hver prik viser en prøve. For marker >5ha vises der en prøve for hver delmark.

[Til top](#)

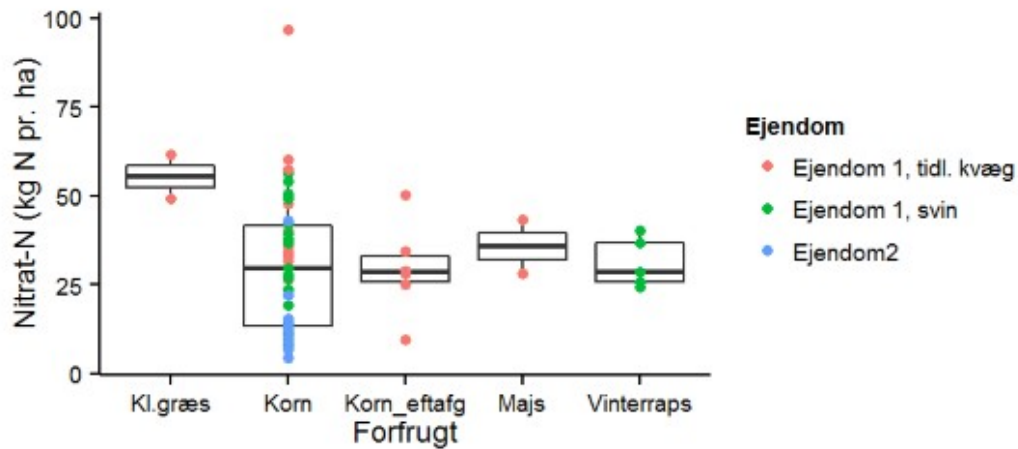
EFFEKT AF DYRKNINGSMÆSSIGE FORHOLD

Den observerede variationen i jordens nitrat-N indhold på ejendomsniveau kan skyldes de dyrkningsmæssige forhold på ejendommen. For eksempel afgrøden på arealet, efterårsbevoksningen (barjord, vintersæd eller efterafgrøde) og forfrugten. Ligeledes kan tildeling af husdyrgødning og jordtypen have indflydelse.

Effekt af forfrugt

I monitoringen indgår prøvesteder, hvor forfrugten er kløvergræs, korn, korn med efterafgrøde, majs, og vinterraps. Med forfrugt menes den afgrøde der er høstet på arealet i året før monitoringen. Nitratniveauet i jorden er højere når forfrugten er kløvergræs, end ved de andre forfrugter (figur 5). Dette er forventeligt, idet det er velkendt at ompløjning af kløvergræs medfører høj mineralisering i jorden. Nitratniveauet ved forfrugt majs ligger også lidt højere, hvilket kan skyldes at marken har indgået i et grovfodersædskifte med majs og kløvergræs (figur 5). Nitratindholdet i jorden er i 2013 generelt højere på den del af ejendom 1 der tidligere har været en kvægbedrift, men der findes både høje og lave værdier på begge dele af ejendommen.

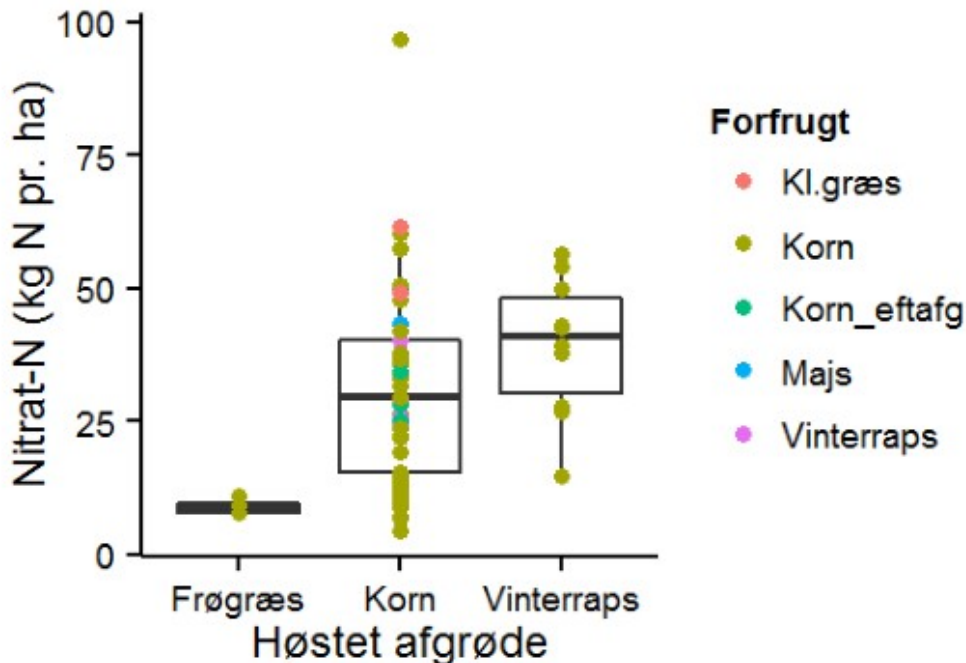
Det kan forventes, at nitratinholdet i jorden vil være højere på marker med vinterraps som forfrugt, på grund af rapsens store forfrugtsvirkning. Dette ses dog ikke i de monitorerede marker.



Figur 5. Nitrat-N fordelt på forfrugter. Prikkernes farve angiver på hvilken ejendom prøven er taget. Den fede streg viser medianen for hver ejendom. Boksen viser 25 og 75 pct. kvartiler. Hver prik viser en prøve. For marker >5ha vises der en prøve for hver delmark.

Effekt af afgrøde

I forhold til korn og vinterraps er nitratinholdet i jorden lavere efter frøgræs (figur 6). Frøgræsset er efter høst opløjet og der er sået vintersæd på arealet, så selv ved opløjning holder frøgræsset godt på kvælstoffet. Nitratindholdet er meget variabelt, hvor der har været sået korn (figur 6). Det mediane nitratinhold i jorden efter vinterraps er højere end efter korn (figur 6), hvilket formentlig kan tilskrives en høj eftervirkning af rapsen.



Figur 6. Nitrat-N fordelt på høstet afgrøde. Prikernes farve angiver forfrugten til den høstede afgrøde. Den fede streg viser gennemsnittet for hver ejendom. Boksen viser 25, 75 pct. kvartiler. Hver prik viser en prøve. For marker >5ha vises der en prøve for hver delmark.

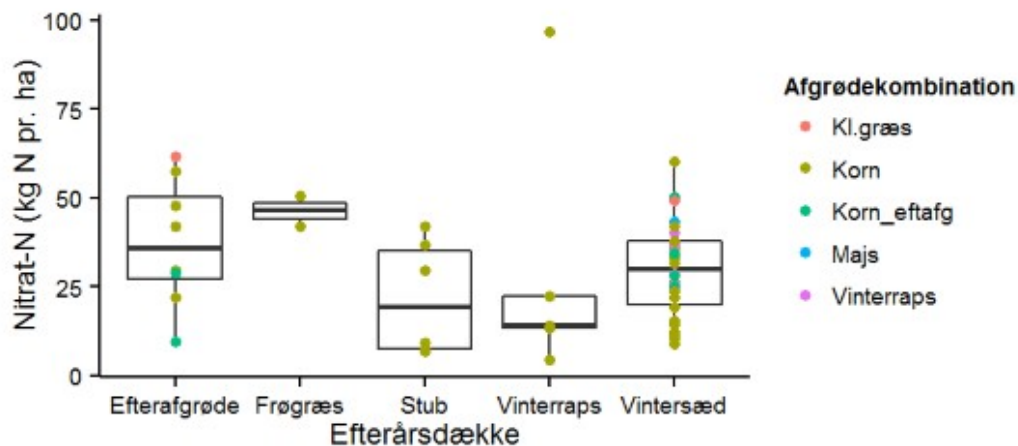
Til top

Effekt af efterårsbevoksning

Da den høstede afgrøde kan påvirke jordens nitratindhold, er kun arealer, hvor der har været korn, medtaget i sammenligning af efterårsbevoksninger.

Nitratindholdet i jorden med frøgræs og efterafgrøde som efterårsdække er ret højt forhold til de andre efterårsbevoksninger (figur 7). For frøgræs skyldes det formentlig, at frøgræsset var udlagt som efterårsudlæg kort før prøveudtagningen, hvorfor afgrøden endnu ikke var veletableret. For efterafgrøderne kan det ligeledes skyldes en uens eller dårlig etablering.

Vinterraps reducerer som forventet nitratindholdet i jorden til et lavt niveau (figur 7) på grund af rapsens store optag af kvælstof i efteråret. Nitratindholdet i jorden på stub- og vintersædsmarker er meget variabelt, og ikke væsentligt forskelligt fra hinanden.



Figur 7. Nitrat-N fordelt på efterårsdække. Kun marker, hvor afgrøden har været korn, er medtaget. Prikernes farve angiver forfrugten til den høstede afgrøde (korn). Den fede streg viser gennemsnittet for hver ejendom. Boksen viser 25 og 75 pct. kvartiler. Hver prik viser en prøve. For marker >5ha vises der en prøve for hver delmark.

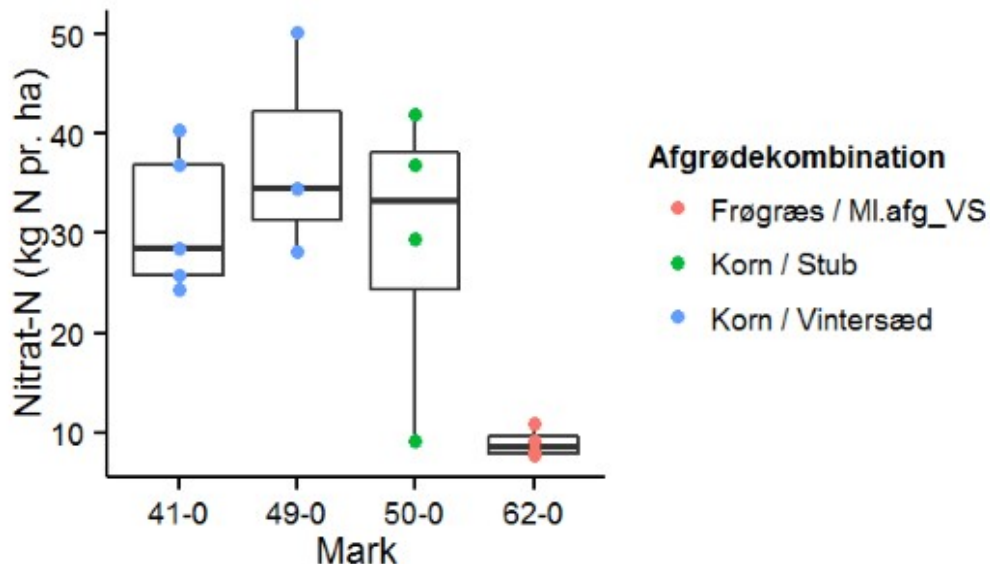
Effekt af jordtype

På de fleste af de prøvetagne marker er jordtypen, ifølge Aarhus Universitets nye jordtypekort, JB 6 og på enkelte marker JB 7. Det er derfor ikke muligt at sige noget om variationen i jordens nitratindhold afhængig af jordtypen. EM38 kortlægning af ejendom 1 viser dog, at variationen i jordtyper indenfor både ejendommen og enkeltmarker er betydelig. Derfor kan variation i jordtyper muligvis forklare noget af restvariationen i data.

Landmandens mulighed for at påvirke jordens nitratindhold

Ud fra resultaterne af N-min prøverne er det tydeligt, at afgrøde, efterafgrøde og forfrugt har indflydelse på jordens nitratinhold om efteråret. Det betyder også, at landmanden med sin dyrkningspraksis har indflydelse på nitratinholdet. Det er dog også tydeligt, at nitratinholdet kan variere betydeligt, selv på marker der tilsyneladende er dyrket ens. For eksempel er der stor variation mellem marker med korn efterfulgt af vintersæd og hvor forfrugten har været korn (se figur 7).

For at illustrere, hvor stor variationen i nitratinhold kan være selvom dyrkningspraksis er den samme, er der i figur 8 vist resultater for fire marker på ejendom 1, hvor der er taget tre til fire prøver i hver mark. I mark 41-0, 49-0 og 50-0 (korn/vintersæd og korn/stub), er forskellen mellem det laveste og højeste nitratinhold 16 – 33 kg pr. ha. I mark 62-0 (frøgræs/mellemafgrøde + vintersæd) er forskellen derimod kun 3 kg nitrat-N pr. ha. Landmanden kan således ikke være sikker på at få et lavt nitratinhold i jorden, blot ved at vælge bestemte afgrøder, og der er en betydelig variation i nitratinholdet, som umiddelbart ikke kan forklares.

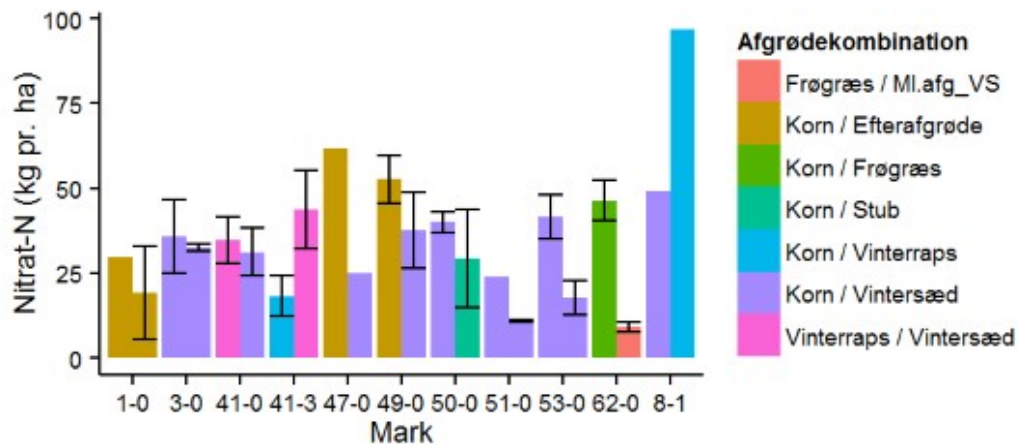


Figur 8. Variation i nitratinhold i fire marker, kg N pr. ha.

At det kan være vanskeligt at planlægge sig til lave nitrat værdier illustreres af udviklingen i de marker, der er prøvetaget begge år. I figur 9 er det gennemsnitlige nitratinhold i hver mark i de to år (venstre søjle er 2013, højre 2014) vist, samt hvilken afgrøde og efterårsdække der har været på marken. Husk at der er en generel forskel i nitratiniveauet mellem de to år således at nitratinholdet generelt er lavere i 2014 end i 2013. I mark 41-3, 47-0, 8-1 og 62-0 er afgrødeskiftet ledsaget af store ændringer i N-min. Men i mark 47-0 bliver nitratinholdet mod forventning højere ved et skifte fra korn/efterafgrøde til korn/vintersæd. Der er også afgrødeskift, der ikke inducere store ændringer som i mark 41-0, hvor man ville forvente et lavere nitratinhold, når der skiftes fra vinterraps/vintersæd til korn/vintersæd, fordi rapsens eftervirkning kunne forventes at være stor i år 1. I mark 53-0 falder N-min indholdet meget fra 2013 til 2014, uden at der synes at være en dyrkningsmæssig forklaring. Det forekommer ud fra

de indhentede data, således vanskeligt at lave mark- og gødningsplaner, der på pålidelig vis kan sikre landmanden, at han overholder bestemte grænseværdier, hvis sådanne indføres.

Som beskrevet er den uforklarede variation i data relativt stor på begge ejendomme, dog særligt på ejendom 1. Det kan muligvis skyldes, at jorden og afstrømningsmønstrene i markerne er meget heterogene på den kuperede moræne jord, hvor bedrifterne er placeret. Det er ikke undersøgt, om der er en lige så stor uforklaret variation i jordens nitratinhold på bedrifter på mere homogene jorder. Dette undersøges i GUDP projektet "Emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering". Hvis den uforklarede variation er mindre, vil risikoen for landmanden i en kontrol baseret på jordens nitratinhold være mindre, fordi det bliver lettere at lave en mark- og gødningsplan der kan sikre, at en grænseværdi overholdes.



Figur 9. Gennemsnitligt nitratinhold i marker på ejendom 1, som er monitoreret i både 2013 og 2014. Søjlerne viser gennemsnittet af alle prøvetagningslinjer i marken. Den venstre søjle viser resultatet i 2013, mens søjlen til højre viser resultatet i 2014. Fejllinjer viser ± 1 standard afvigelse. På marker, hvor der ikke er vist fejllinjer, er der kun udtaget en prøvetagningslinje i det pågældende år. Ml.afg_VS angiver, at efterårsbevoksningen har været frøgræs som mellemafgørde med efterfølgende vintersæd. Prøven er taget, mens der har været vintersæd i marken.

Konklusionen er, at landmanden ikke fuldt ud kan styre jordens nitratinhold gennem sin dyrkningspraksis. Landmanden kan ikke være sikker på at få et lavt nitratinhold i jorden, blot ved at vælge bestemte afgrøder. Da jordens nitratinhold om efteråret ikke kan forudsiges med stor præcision ud fra dyrkningspraksis, påtager landmanden sig en risiko for sanktioner, hvis han vælger at blive reguleret efter N-min metoden.

[Til top](#)

UDVASKNING BEREGNET UD FRA N-MIN

For at N-min metoden kan være relevant som reguleringsværktøj skal der være en rimelig sammenhæng mellem nitratinholdet i jorden og kvælstofudvaskning fra marken. I planteavlsorientering 269 (Mortensen og Østergaard, 2015) beskrives sammenhængen mellem

udvaskningen beregnet ud fra N-min prøver taget på forskellige tidspunkter, udvaskning beregnet med modellen N-LES₃ og kvælstofoverskuddet på arealet.

Sammenhængen mellem N-min og udvaskning undersøges desuden grundigt i GUDP projektet "Emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering".

[Til top](#)

KVÆLSTOFREGULERING BASERET PÅ N-MIN

Om og hvordan en kvælstofregulering efter N-min-metoden skal udformes, er en politisk beslutning. Denne beslutning afhænger også af, hvorvidt myndighederne vil fortsætte med og evt. stramme den nuværende kvælstofregulering (2015) i nogle områder eller om de nuværende kvælstofkvoter forhøjes.

Det er afgørende, at regulering efter N-min-metoden er en frivillig tilvalgs mulighed for bedrifterne. Særligt fordi der er knyttet en betydelig usikkerhed til metoden. Det er ligeledes afgørende, hvordan grænseværdierne fastsættes, om reguleringen fastsættes på mark- eller ejendomsniveau, en grænseværdi pr. år eller som et 3-årigt gennemsnit. Endelig er det også afgørende, hvordan eventuelle sanktioner fastsættes.

Resultatet af projektet viser, at der er betydelige omkostninger ved at gennemføre monitoring af N-min. Men i forhold til den potentielle økonomiske gevinst for nogle bedriftstyper kan en sådan regulering være relevant. Projektet har også vist, at der er en variation i N-min, der skyldes sædskifte, markens dyrkningshistorie og året. Resultaterne i projektet har også kvantificeret sikkerheden på N-min bestemmelsen. Resultaterne fra projektet kan derfor anvendes til at vurdere konsekvensen af, at fastsætte grænseværdier for N-min på markniveau, f.eks. med henblik på kun at sanktionere meget høje værdier, som gennemsnit af alle ejendommens marker samt i nogen grad til at vurdere forskelle mellem år. Man skal også notere sig, at regulering efter N-min metoden ikke umiddelbart tager hensyn til virkemidler uden for dyrkningsfladen, med mindre grænseværdien for N-min korrigeres herfor.

[Til top](#)

PRAKTISKE ERFARINGER OG ØKONOMI

Der er i projektet opsamlet værdifuld viden om den praktiske tilrettelæggelse og udførelse af N-min prøvetagning i større skala.

[Til top](#)

PRØVETAGNINGSTRATEGI

I praksis udtages de 16 stik til hver prøve på en transekt gennem marken (Se figur 3a og 3b.). Prøveudtagning i et fast grid henover marken vil give en mere nøjagtig bestemmelse af det gennemsnitlige N-min indhold i marken, (Trénel, 2015 og Østergaard et al., 2015). I praksis vil

prøveudtagning i et grid dog gøre, at der skal køres for meget i marken med øget prøvetagningstid til følge og øget risiko for markskade. Prøveudtagning på et transekt minimerer kørslen i marken og giver en rimelig dækning af markfladen, hvorfor denne teknik må anbefales.

[Til top](#)

LOGISTIK

Prøvetagning skal som nævnt tidligere ske inden kvælstoffet begynder at vaske ud. Det anbefales at tage prøverne omkring d. 15. oktober på sandjord og omkring d. 15. november på lerjord. (Se også planteavlsoverretning nr. 269 (Mortensen og Østergaard, 2015)). Der kan tages prøver i to uger på hver side af datoerne, hvilket giver fire uger til prøvetagningsarbejdet. Hvis regulering efter N-min bliver almindeligt, skal der således være mange entreprenører, der kan udtage prøverne i det givne tidsrum.

[Til top](#)

GRAVETILLADELSER

Prøvetagningen skal planlægges nøje og i rimelig tid, idet der skal ansøges om gravetilladelser hos Ledningsejerregisteret (LER) i de felter, hvor der skal tages prøver. Gravetilladelse skal søges, når der graves dybere end 40 cm's dybde (Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2014). Prisen for en forespørgsel i LER er pr. juni 2015 0,015 kr. pr. m² (Ledningsejerregisteret, 2015). Transektet er typisk ca. 200 m langt og der skal søges gravetilladelse ca. 5 – 10 m på hver side af transektet. Den direkte pris for en gravetilladelse er således 30-60 kr. pr. prøve, men dertil skal lægges timeforbruget til opmærkning af prøvetagningslinjerne i GIS, udførelse af forespørgslen i LER, og efterbehandling af de hjemtagne oplysninger. Det anslås, at det tager 6 – 8 timer for en rutineret tekniker at udfærdige, hjemtage og efterbehandle LER forespørgsler på en ejendom, hvor der udtages 40 prøver. Ved en timeløn på 495 kr. koster LER således 75 – 100 kr. pr. prøve.

På en af projektejendommene viste LER forespørgslen, at der løb et 10 kv højspændingskabel i én af markerne. Det illustrerer, at det er meget vigtigt at gennemføre forespørgslen korrekt. Skal N-min bruges i større stil er det muligt, at hele håndteringen af LER kan rationaliseres og billiggøres.

[Til top](#)

MARKSKADER

Projektoplandet er karakteriseret ved at være meget kuperet, og med leret overjord. Det gav i 2013 problemer med fastkørsler under prøvetagningen, med deraf følgende afgrødeskade. I figur 10a ses en afgrødeskade efter at Gatoren er kørt fast, og i figur 10b et billede af afgrødeskade efter fritrækning i marken. De direkte omkostninger til afgrødeskader har dog

været begrænsede og var i 2013 ca. 2.000 kr. Når beløbet bliver så lavt skyldes det, at Gatoren har en relativt lille trædeflade. Omkostningen til opgørelsen af markskaden er væsentligt dyrere, på grund af det store tidsforbrug til opmåling af skadens omfang. I 2013 anvendtes ca. en dags arbejde for at fastlægge størrelsen af markskaden. Ved en timeløn på 895 kr. andrager det 7.160 kr. I alt har markskaderne således kostet ca. 9.000 kr.

Det er vigtigt at bemærke, at markskader ved prøveudtagninger er en undtagelse. Ved prøveudtagningen i 2014 skete der ingen markskade. Risikoen for markskade afhænger både af jordtypen, terrænet og klimaet, og må anses for størst i et vådt efterår, i et kuperet lerjords terræn og mindst på sandjord i tørre år.



Figur 10a og figur 10b. Billeder af markskader i 2013. Billedet til venstre (10a) viser skade efter fastkørsel med Gatoren. Billedet til højre viser en skade efter fritrækning med traktor (10b). Markskaderne ser voldsomme ud, men det påvirkede areal er lille, og omkostningerne er begrænset til ca. 2000 kr. for alle markskader, der blev lavet i hele prøveudtagningssæsonen. Foto: Sune Petersen, AgroTech.

[Til top](#)

SAMLEDE OMKOSTNINGER OG ØKONOMISK POTENTIALE

De samlede omkostninger for udtagning og analyse af 1 N-min prøve er opgjort i Tabel 5. En prøve koster ca. 1.400 kr. Hvis prøven i gennemsnit dækker 5 ha, vil prisen være under 300 kr.

pr. ha. En ejendom på 300 ha kan således prøvetages for 90.000 kr.

Kontrollen for N-min kan evt. gennemføres som en stikprøvekontrol med en frekvens på f.eks. hvert 3. år. Ved udtagning hvert tredje år vil omkostningen i gennemsnit være 100 kr. pr. ha pr. år.

Tablet 5. Udgifter pr. N-min prøve og pr. ha prøvetaget areal. Opgørelsen er baseret på de faktiske omkostninger i projektet ved prøvetagningen i 2014.

Udgiftspost	Pris
Udtagning af prøve	1250 kr.
Gravetilladelse	100 kr.
Laboratorieanalyse	65 kr.
I alt	1415 kr.
Pr. ha (ved 5 ha)	283 kr.

Det økonomiske potentiale i at blive reguleret efter N-min metoden afhænger helt af muligheden for at anvende billigere virkemidler end i dag. Hvis grænseværdierne sættes, så der opnås en udvaskning på det nuværende niveau, vil landmanden skulle introducere andre virkemidler på hans bedrift, hvis han vælger at gødske mere end i dag. Da man på den enkelte bedrift ikke præcist kan vide, hvor meget nitratindholdet i jorden vil stige ved gødskning efter afgrødernes behov, kan der ikke sættes tal på potentialet i metoden. Da landmanden ikke fuldt ud kan styre jordens nitratindhold gennem valg af dyrkningspraksis, vil landmanden påtage sig en risiko for sanktioner, der også kan have indflydelse på det økonomiske potentiale ved at blive reguleret efter N-min metoden.

[Til top](#)

KONKLUSION

Landbrugets kvælstof- og arealanvendelse kontrolleres flere steder i udlandet ved at måle nitratindholdet i jorden om efteråret. To års prøveudtagninger på to ejendomme i Danmark viser, at det er praktisk muligt at udtage prøverne, men også at der er betydelig usikkerhed forbundet med at kontrollere nitratindholdet i jorden.

Prøvetagningerne har vist, at jordens nitratindhold om efteråret påvirkes af dyrkningspraksis, herunder især forfrugt, afgrøde og efterårsplantedække. Men det er også vist, at der selv inden for samme mark er stor forskel på nitratindholdet i jorden, og det kan derfor være vanskeligt for landmand og rådgiver at planlægge dyrkningen, så landmanden kan være sikker på at overholde en fastsat grænseværdi. Det bliver undersøgt i et andet projekt, om den uforklarede variation er mindre på bedrifter, der er mere homogene med hensyn til jordtyper og geologi.

Det koster ca. 300 kr. pr. ha at udtage prøver og analysere for nitrat. Indtjeningspotentialet ved regulering efter nitrat målinger vil være meget individuelt og afhænger af gevinsten ved frit at kunne vælge virkemidler på den enkelte bedrift.

[Til top](#)

LITTERATUR

Finck, M., 2014, [SchALVO Nitratbericht 2013](#), Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz - Baden-Württemberg.

Heideman, T., Nielsen, J., Olesen, S. E., Christensen, B. T., Østergaard, H. S., 2001, Ændringer i indhold af kulstof og kvælstof i dyrket jord: Resultater fra Kvadratnettet 1987-1998. DJF Markbrug Nr. 54, Danmarks JordbrugsForskning, Foulum.

Knudsen, L., Kristensen, K., Heckrath, G., Kjærgaard, C., 2011, Udtagning af jordbundsprøver, opbevaring og forberedelse til analyse. I Rubæk, G. H. og Sørensen, P. (Red.) Jordanalyser – kvalitet og anvendelse. DCA rapport nr. 2, Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Ledningsejerregistret, 2015. Webservice, URL: <http://ler.dk>, tilgået 12/6 2015.

Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2014. [Bekendtgørelse om registrering af ledningsejere](#), j.nr. 2012-2662, BEK nr. 1385 af 16/12/2014.

Mortensen, R.M. og Østergaard, H.S., 2015, [Grænseværdier for N-min](#), Planteavlsorientering nr. 269.

Olesen, J.E. og Heidmann, T., 2002, [EVACROP – Et program til beregning af aktuel fordampning og afstrømning fra rodzonen](#). Forskningscenter Foulum, Foulum, Tjele.

Schultz, E., og Knudsen, L., 2015, [Betydning af undergødskning beregnes til 2 mia. kr.](#), Planteavlsorientering – 237. 2/1-2015.

Trénel, P., 2015, [Optimeret NO₃- bestemmelsesstrategi](#). Notat fra AgroTech, 12/06-2015

Østergaard, H.S., og Mortensen, R.M., 2015, [Hvor meget ændrer jordens N-min indhold sig i løbet af prøvetagningsperioden?](#), Planteavlsorientering nr. 270.

Østergaard, H.S., Trénel, P. og Piil, K., 2015. [Usikkerheden på bestemmelse af nitratindhold i marken](#), Planteavlsorientering nr. 271.