



MÅLING AF NITRAT I RODZONE, DRÆN, VANDLØB OG GRUNDTVAND

MÅLING AF NITRAT I RODZONE, DRÆN, VANDLØB OG GRUNDTVAND

er udgivet af

Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
SEGES
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N
+45 8740 5000
seges.dk

FORFATTERE

Line Kolding Thostrup, SEGES
Rikke Krogshave Laursen, SEGES
Søren Kolind Hvid, SEGES
Leif Knudsen, SEGES
Birgitte Hansen, GEUS

BIDRAGSYDERE

Tak til følgende partnere, som deltager og bidrager til Innovationsfonds projektet rOpen: *Aarhus Universitet (AU), De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Københavns Universitet (KU), SkyTEM Surveys ApS, Orbicon A/S, Aarhus GeoSoftware ApS, Region Midtjylland, Region Syddanmark og Danske Regioner.*

Dette projekt er delvist finansieret af Innovationsfonden under fil nr. 6150-00006B.

FOTOS

Sebastian Piet Zacho, SEGES
Kristoffer Piil, SEGES
Frank Bondgaard, SEGES
Flemming Gertz, SEGES

GRAFISK DESIGN OG LAYOUT

Marianne Kalriis

TRYK

PrimaPrint

Maj 2020

SIDE INDHOLD

3	Forord
4	Nitrat
6	Nitratvariation i rodzonen
7	Målinger af nitrat i rodzonen
8	Nitratvariation i drænvand
9	Målinger af nitrat i drænvand
10	Nitratvariation i vandløb
11	Målinger af nitrat i vandløb
12	Nitratvariation i grundvand
13	Målinger af nitrat i grundvand
14	Mere viden
15	Kilder

FORORD

Måske synes du, der er rigeligt med tal og modelberegninger om nitratindholdet i drænvand og vandmiljøet. Tanken om at kunne gå ned til bl.a. dit eget drænudløb med en såkaldt nitratstrip og måle er interessant. Kan man det, og hvor sikkert er resultatet?

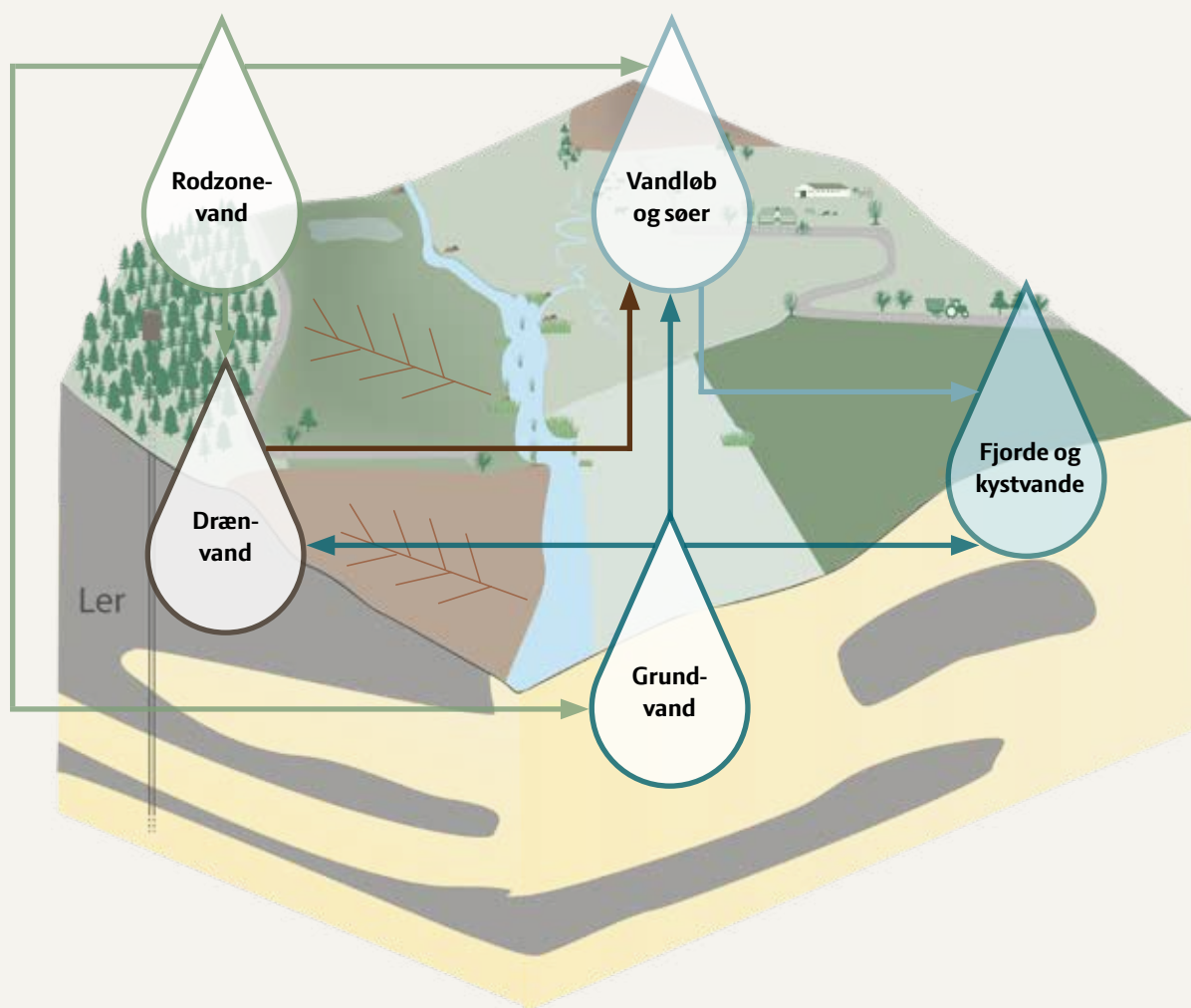
Fokus i denne folder er på målinger af nitratindhold i rodzonevand, drænvand, vandløb og grundvand. Vi belyser, hvilke muligheder der er for at måle nitratindholdet, og hvordan der sikres retvisende målinger. For at kunne lave gode målinger er det vigtigt at forstå, hvilke faktorer der har betydning for nitratkoncentrationen. Ikke mindst er det afgørende at have blik for årstidsvariationen for nitratindholdet, som specielt i rodzonevand og drænvand kan være relativ stor. Desuden er det vigtigt at kende afstrømningen, som er den vandmængde, der strømmer fra bl.a. drænene for at kunne bestemme kvælstofudledningen til vandmiljøet.



NITRAT

Nitrat er letopløseligt i vand, og det er årsagen til, at nitrat nemt kan transporteres med vandet fra rodzonen til dræn, vandløb, søer, fjorde, kystvande og grundvand (figur 1) og måles alle disse steder. Mange faktorer har betydning for størrelsen af nitratkoncentrationen, og den kan variere betydeligt over både tid og sted.

Nitratkoncentrationen i drænvand, grundvand og overfladevand påvirkes af, hvor meget nitrat der udvaskes fra rodzonen, og af hvor meget af det udvaskede nitrat der fjernes undervejs fra rodzone til kyst. Kvælstofretentionen kaldes også for kvælstofretention. Kvælstofretentionen angiver hvor stor en andel af det nitrat, der udvaskes fra rodzonen, der naturligt fjernes på vej fra rodzonen til grundvand, vandløb, fjord eller kystvand. Kvælstofretentionen påvirkes af mange faktorer, bl.a. om det er en iltrig eller iltfri zone, vandet siver igennem fra jordoverfladen til recipienten (se faktaboks side 5), og kan variere fra 0 til 100 %.



FIGUR 1 Vand i opland

LÆS MERE

om kvælstof i grundvandet:



LÆS MERE

om kvælstof i landbruget og vandmiljøet:

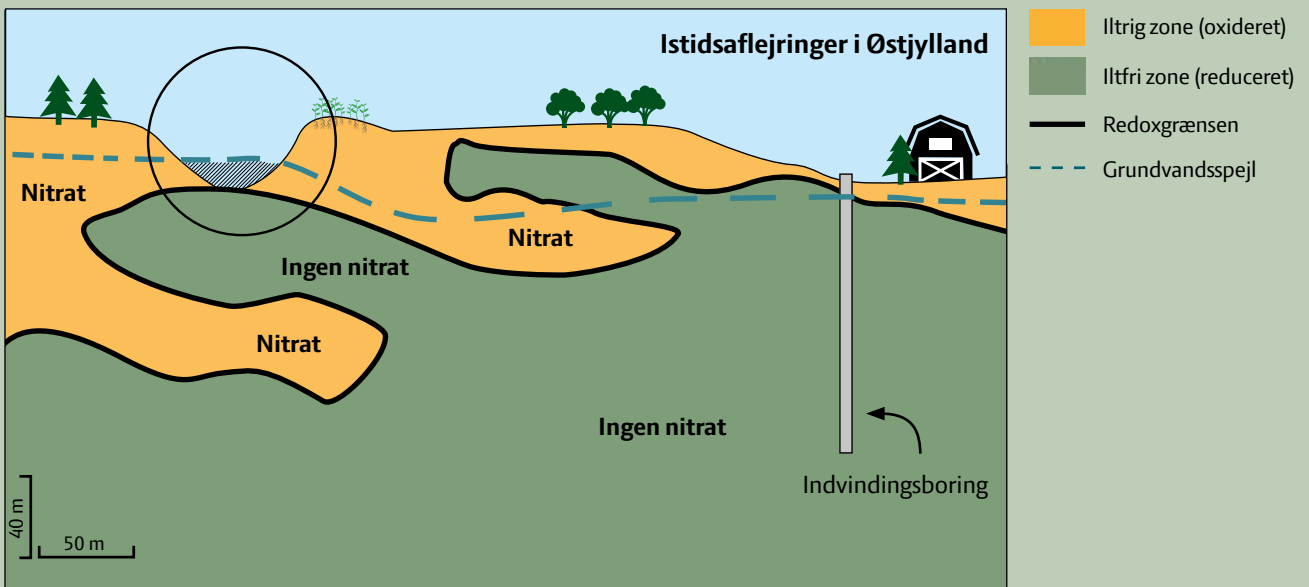
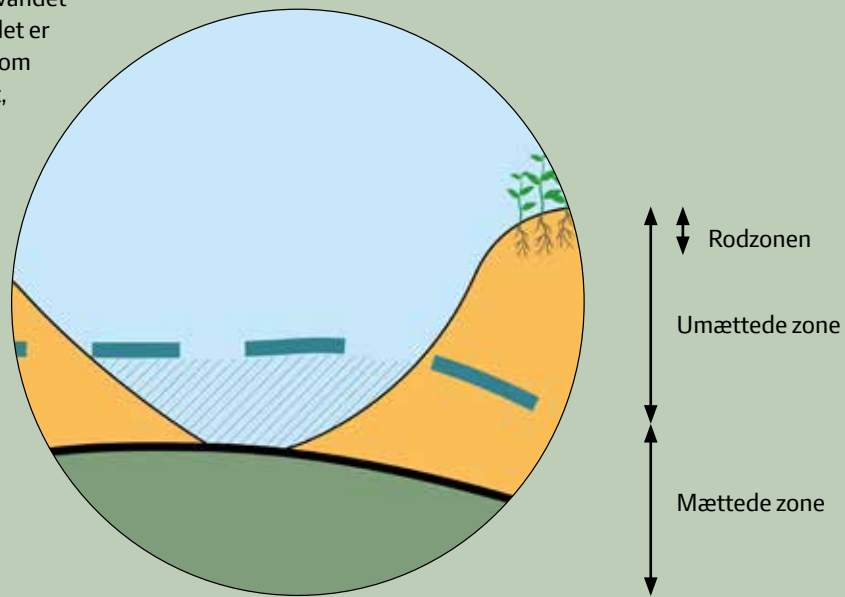


FAKTABOKS Oxideret/reduceret grundvand

Grundlæggende forståelse af redoxgrænsen:

Når vand siver fra jordoverfladen og ned gennem rodzonen, er det oftest den umættede zone, som vandet når først. Den umættede zone er kun delvis vandfyldt, og der er typisk ilt til stede. Derfor er der oftest ikke de store ændringer i nitratkoncentrationen i vandet mellem rodzonen og den umættede zone. Grundvandspejlet adskiller grænsen fra den umættede zone til den mættede zone, hvor grundvandet starter. Den øvre del af grundvandet er oftest også iltfyldt og betegnes som den oxiderede del af grundvandet, og derfor ses der heller ikke

de store ændringer i nitratkoncentrationen i det øvre grundvand. Når vandet siver dybere ned i grundvandet, når redoxgrænsen, hvor nitraten i vandet omsættes til frit kvælstof, som udledes til atmosfæren. Under redoxgrænsen er grundvandet iltfrit og indeholder ikke længere nitrat. Denne del af grundvandet betegnes som den reducerede del.



Variationer i redoxgrænsen: Beliggenheden og dybden af redoxgrænsen kan være meget varierende og kan som figuren viser befinde sig henholdsvis både over og under grundvandsspejlet.

KILDE: Modificeret efter figur fra Hansen og Thorling, 2008

NITRATVARIATION I RODZONEN

Koncentrationen af nitrat i rodzonen varierer hen over året afhængig af:

- Arealanvendelse
– herunder tilførsel af gødning
- Jordtype
- Nedbør

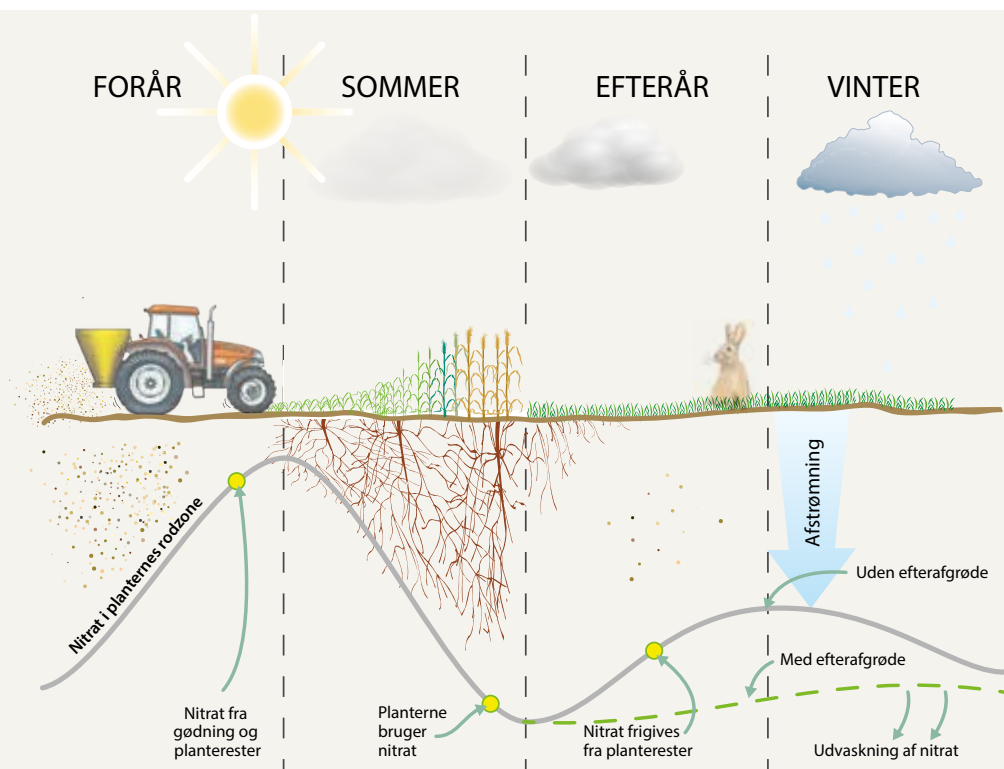
Indholdet af nitrat er generelt lavt i rodzonevand fra natur- og græsarealer, hvorimod nitratkoncentrationen på dyrkede arealer kan variere meget.

Afgrødevalg og dyrkningspraksis har betydning for, hvordan koncentrationen af nitrat i rodzonen varierer hen over året. Eksempelvis vil dyrkning af etårige afgrøder typisk medføre større variation i nitratkoncentrationen i rodzonevandet end flerårige afgrøder.

I figur 2 er det illustreret, hvordan nitrat udvaskes og optages af planter hen over året. Om foråret tilføres nitrat med gødning og fra planterester til markerne, hvormed indholdet af nitrat øges i rodzonevandet. Hen over vækstperioden optager planterne nitrat, og nitratindholdet i rodzonevandet falder. I sommerperioden sker der kun undtagelsesvis afstrømning af vand fra jorden og derfor ingen nitratudvaskning.

Efter høst stiger nitratkoncentrationen igen som følge af omsætning af afgrøderester. Ved såning af f.eks. efterafgrøder vil denne stigning i rodzonevandets nitratindhold kunne mindskes eller helt undgås.

Indholdet af nitrat i rodzonevandet vil typisk falde om efteråret og vinteren. Det skyldes, at jorden mættes med vand, så nitrat udvaskes fra rodzonen. Generelt er udvaskningen af nitrat fra rodzonen større på sandede jorde end på lerede jorde, da udbytterne er mindre og afstrømningen af vand større.



FIGUR 2 Nitratindhold i planternes rodzone hen over året

KILDE: Knudsen, 2017

MÅLINGER AF NITRAT I RODZONEN

På grund af den store variation af nitratinholdet i rodzonen hen over året er det vigtigt at måle nitrat over en længere periode for at få en realistisk estimering af udvaskningen. Nitratkoncentrationen er svær at måle i rodzonen, men kan f.eks. måles ved etablering af sugeceller under afgrødernes rodnet. Sugecellerne tager prøver af jordens porevand, som er vandet, der er sivet fra overfladen og ned gennem rodzonen. Disse prøver sendes ind til et laboratorium, hvormed nitratkoncentrationen måles. Etableringen af sugeceller stiller nogle bestemte krav til arealet, der måles på, og da vandafstrømning har stor betydning for nitratinholdet i rodzonen, er det blandt andet vigtigt, at der måles på relativt flade arealer således, at cirka samme vandmængde siver ned gennem rodzonen. For at beregne udvaskningen af nitrat fra arealet skal den afstrømmende mængde vand beregnes ud fra nedbør og fordampning.

Da vandafstrømning har stor betydning for nitratinholdet i rodzonen, er det blandt andet vigtigt, at der måles på relativt flade arealer.



Sugeceller under afgrødernes rodnet tager prøver af jordens porevand.



NITRATVARIATION I DRÆNVAND

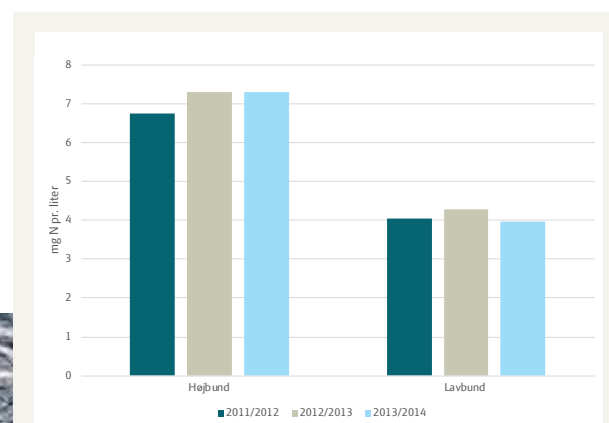
Koncentrationen af nitrat i drænvand afhænger af:

- Nitratkoncentrationen i vandet, der løber til drænene
- Vandtransporten i drænene
- Forholdet mellem tilstrømning af vand fra rodzonen og grundvandet
- Redoxforholdet omkring dræn og i det tilstrømmende grundvand

Hvis drænvand udelukkende består af iltet rodzonevand, er indholdet af nitrat stort set det samme som i vandet, der siver ud af rodzonen. Variationen i nitratindholdet i drænvandet er dermed underlagt de samme faktorer, som har betydning for variationen af nitrat i rodzonevandet. Typisk er der store sæsonmæssige variationer i nitratkoncentrationen i drænvand, der primært består af rodzonevand. I sommerperioden, uden afstrømning fra markerne, er koncentrationen af nitrat i drænvandet lav, mens nitratkoncentrationen er højere i vinterhalvåret som følge af udvaskning fra rodzonevandet.

Nitrat-kvælstofkoncentrationen i rodzonevandet og drænvandet er dog ikke altid den samme. Hvis der strømmer nitratfrit grundvand til drænet, vil dette have

en fortyndende effekt på nitratindholdet. I drænvand, der er stærkt påvirket af nitratfrit grundvand, varierer nitratkoncentrationen oftest ikke så meget. Andelen af reduceret grundvand i drænvand varierer meget fra lokalitet til lokalitet og er blandt andet afhængig af dybden til grundvandet, jordtypen og landskabstypen. Sandede jorde er sjældent dræned, men når grundvandet står højt, kan der også være behov for dræn på sandjord. På højbundsarealer vil der typisk strømme mindre reduceret grundvand til drænene end på lavbundsarealer. På nogle arealer, f.eks. lavbundsarealer, kan der ske en betydelig kvælstoffjernelse helt oppe i rodzonen. Derfor er nitrat-kvælstofkoncentrationen i drænvand i gennemsnit lavere på lavbundslande end på højbundslande. Se figur 3, hvor koncentration for højbund er målt til omkring 7 mg N pr. liter og for lavbund (ikke ådal) kun cirka 4 mg N pr. liter.



FIGUR 3 Nitratkoncentrationen i drænvand er i gennemsnit lavere på lavbundslande end på højbundslande. Koncentrationer er for højbund målt til omkring 7 mg N pr. liter og for lavbund (ikke ådal) kun cirka 4 mg N pr. liter. Gennemsnittet er baseret på henholdsvis 201, 391 og 294 målinger i 2011/12, 2012/13 og 2013/14.

KILDE: Data fra drænvandsundersøgelsen, 2014

MÅLINGER AF NITRAT I DRÆNVAND

Som ovenstående forklarer, er nitratkvælstofkoncentrationen i drænvand typisk ikke konstant over året, hvilket betyder, at det er nødvendigt med flere målinger på forskellige tidspunkter for at få et repræsentativt udtryk for variationen i nitratkoncentrationen. Hvor mange målinger der skal til for at bestemme en årsmiddelkoncentration af nitrat, afhænger af variationen og antal dræn, der måles på. Gennemsnittet af tre målinger udtaget i november, januar og marts vil normalt være et godt udtryk for den gennemsnitlige nitratkvælstofkoncentration i det afstrømmende drænvand på højbund, hvor drænene ikke løber om sommeren.

Der findes simple måder at måle nitratkoncentrationen i drænvand på, hvor den mest sikre er at tage en vandprøve af dit drænvand og sende den til analyse for nitratindhold hos et godkendt laboratorie. Flere virksomheder tilbyder at analysere private drænvandsprøver efter aftale. At teste sit drænvand med nitratstrips er også en simpel metode til at måle nitratkoncentrationen i drænvand på. Anvendt rigtigt kan nitratstrips give en god måling, men mange forhold kan samtidig også give en stor usikkerhed i metoden.

Screening af drænvand for indhold af nitrat kan give værdifuld information, f.eks. i forbindelse med

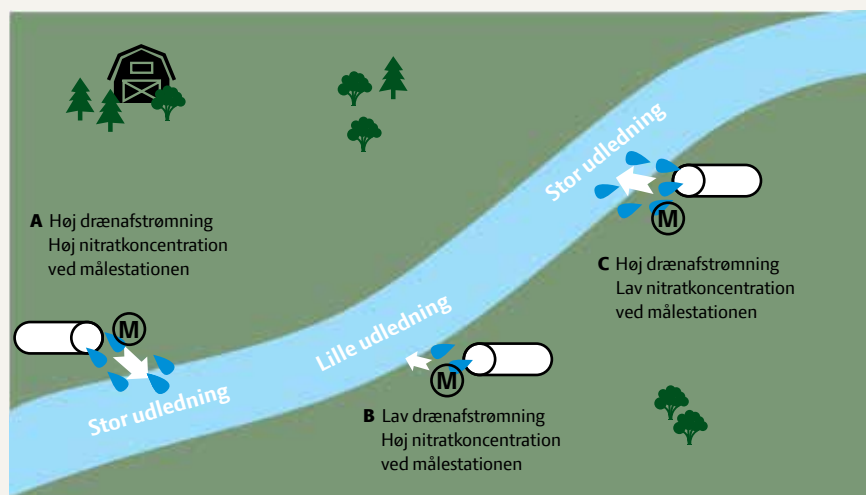
placering af drænvirkemidler såsom minivådområder. Jo mere nitrat, der er i vandet, jo større effekt vil et minivådområde alt andet lige have. I områder, der er kortlagt som potentielt egnede til minivådområder, stilles der krav om en gennemsnitlig nitratkoncentration på over 4 mg/l i drænvandet.

Nitratkoncentrationer siger i sig selv ikke noget om, hvor meget kvælstof der udledes fra dræn til vandmiljøet, da den totale mængde afhænger af, hvor meget vand der strømmer igennem drænet. Mens tre målinger af koncentrationen i afstrømningsperioden i de fleste tilfælde er tilstrækkelige, skal der ske langt flere målinger af afstrømningen af vand for at bestemme den samlede afstrømning. Det bedste er at anvende kontinuerte målinger af afstrømning og nitratkoncentration.

Figur 4 viser, at kvælstofudledningen fra dræn til et vandløb er afhængig af koncentrationen og mængder af vand, der strømmer gennem drænet. I drænmåling A og drænmåling C måles der en høj vandføring, men på grund af en højere koncentration i dræn A medfører dette en større udledning i forhold til dræn C. I drænmåling B måles der en meget høj nitratkoncentration sammenlignet med de to andre drænmålinger, men på grund af en lille drænafstrømning er selve kvælstofudledningen lav.



Anvendt rigtigt kan nitratstrips give en god måling.



FIGUR 4 Kvælstofudledningen fra dræn til et vandløb er afhængig af størrelsen på koncentration og mængder af vand, der strømmer gennem drænet. En målt høj nitratkoncentration er ikke nødvendigvis lig med en tilsvarende høj udledning, og som i drænmåling B betyder den lave drænafstrømning, at selve udledningen er lav på trods af en meget høj koncentration. Modsat vil en høj drænafstrømning heller ikke betyde en stor udledning, hvis koncentrationen måles meget lav, hvilket ses for drænmåling C. En stor kvælstofudledning ses derimod i drænmåling A, hvor både drænafstrømningen og nitratkoncentrationen måles høj.

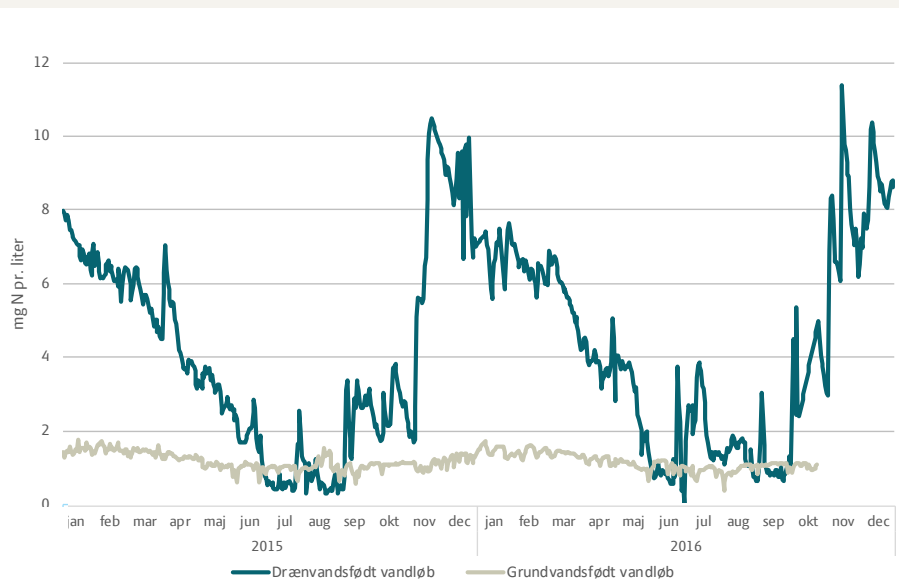
NITRATVARIATION I VANDLØB

Koncentrationen af nitrat i vandløb afhænger af:

- Størrelsen af bidraget fra drænvand og grundvand
- Andre bidrag

Variationen i nitratinholdet i vandløb kan være meget påvirket af, hvor stor en andel af vandløbsvandet der stammer fra dræn eller fra grundvand. I figur 5 ses, hvor stor variation i nitratkoncentration, der kan være mellem vandløb, der får forskellige tilførsler af drænvand og grundvand. Det grundvandsfødte vandløb har en relativt konstant lav koncentration af nitrat året rundt, hvilket skyldes, at det tilstrømmende grundvand primært er reduceret grundvand uden nitrat. Derimod kan nitratkoncentrationen i vandløb med relativt større tilførsel af vand fra dræn have en stor sæsonmæssig variation. Nitratinholdet er typisk højest, når drænene begynder at løbe sidst på efteråret, hvilket tydeligt ses i figur 5 med peaks i efteråret. Peaks af nitrat ses dog også om sommeren, for eksempel ved kraftig nedbør.

Det er ikke alt nitrat i vandløb, der stammer fra landbruget. Det kan også komme fra industri, byer, beboelser på landet og arealer, der ikke anvendes til landbrug. Nitratkoncentrationen i vandløb vil derfor også variere som følge af størrelsen af andre bidrag.



FIGUR 5 Nitratinhold i to forskellige vandløb. Et vandløb fra Sydvestsjælland med relativ stor tilførsel af vand fra dræn (blå) og ét grundvandsfødt vandløb fra Midtjylland (sandfarvet). I vandløbet med stor drænvandstilførsel varierer nitratkoncentrationen relativt meget hen over året, og den er typisk højest, når drænene begynder at løbe i efteråret. Modsat er nitratkoncentrationen i det grundvandsfødte vandløb relativt lav og konstant året rundt.

KILDE: Data fra van't Veen *et al.*, 2018

MÅLINGER AF NITRAT I VANDLØB

Mange forhold påvirker nitratkoncentrationen i vandløb, hvorfor det oftest er nødvendigt at måle koncentrationen flere gange over længere tid på samme lokalitet for at få et repræsentativt billede af koncentrationen. F.eks. er det vist, at i vandløb, der får tilført meget drænvand med meget varierende nitratindhold, skal der tages rigtig mange prøver om året for at opnå en realistisk middelkoncentration af nitrat. I grundvandsfødte vandløb er prøvetagningen oftest ikke så intensiv, da niveauet af nitrat er nogenlunde stabilt året rundt.

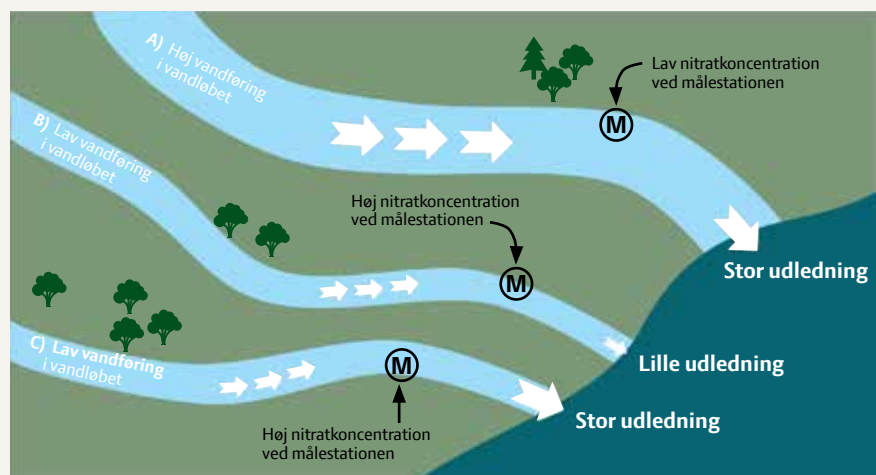
Nitratindholdet i vandløb kan måles på mange forskellige måder, hvoraf de mest simple målemetoder er nitratstrips og vandprøver. Igen er den mest sikre metode at tage en vandprøve i vandløbsvandet og indsende den til analyse for nitratindhold i et godkendt laboratorie.

Som før nævnt er nitratkoncentrationer i sig selv ikke nok til at fortælle om, hvor meget nitrat der udledes til vandmiljøet, da selve transporten af nitrat også afhænger af størrelsen på vandføringen. I vandløb med relativt meget drænvand kan øjeblikmålinger af nitrat-

koncentration og vandmængder heller ikke give et realistisk billede af nitratudledningen i vandløb, da variationen kan være stor (pulse af nitrat). Derfor skal beregningen af nitratudledningen fra vandløb baseres på kontinuerede målinger af både vandføring og koncentration.

Figur 6 er en illustration af udledningen som produkt af vandføring og nitratkoncentration i vandløb. I figur 6 tages der udgangspunkt i tre vandløb A, B og C med to forskellige vandmængder til transporten af kvælstof gennem vandløb og ud i fjorde eller kystvande.

I vandløb A måles en lav nitratkoncentration, hvorimod der i vandløb B måles en høj nitratkoncentration. På trods af den lave nitratkoncentration målt i vandløb A løber der så store mængder vand igennem vandløbet, at det i sidste ende betyder en stor kvælstofudledning til fjord eller kystvand. Hvorimod den høje nitratkoncentration målt i vandløb B viser sig som en mindre udledning på grund af den lille vandføring. I vandløb C med samme lave vandføring som vandløb B er koncentrationen af nitrat så høj, at udledningen udregnes til at være ligeså høj som vandløb A på trods af de noget mindre vandmængder.



FIGUR 6 Nitratudledningen fra vandløb til vandmiljøet er afhængig af både nitratkoncentration og vandmængder. På grund af de store mængder vand, der løber igennem vandløb A, er selve udledningen også høj, selvom der måles en lav nitratkoncentration. Vandløb B og C har samme lave gennemstrømmende vandmængde, men forskellig udledning på grund af forskellige nitratkoncentrationer. I det fiktive eksempel tages der udgangspunkt i oplande på 20.000 ha pr. vandløb. Afstrømningen er angivet i mm/år, hvilket svarer til l/m²/år. Dette omregnes til l/s ved at gange oplandsarealet på og ændre tidsenheden.

NITRATVARIATION I GRUNDVAND

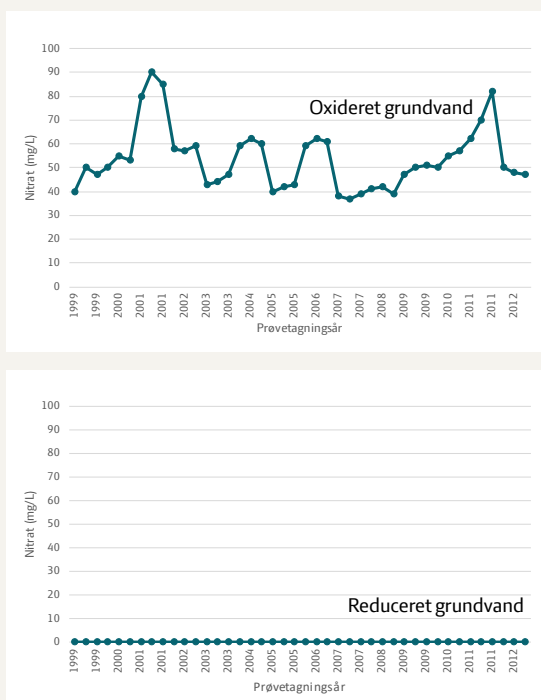
Koncentrationen af nitrat i grundvand afhænger af:

- Kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealer
- Nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordampning = nettonedbør)
- Nitratomsætningen ved redoxprocesser i de geologiske lag
- Vandets strømningsveje i de geologiske lag

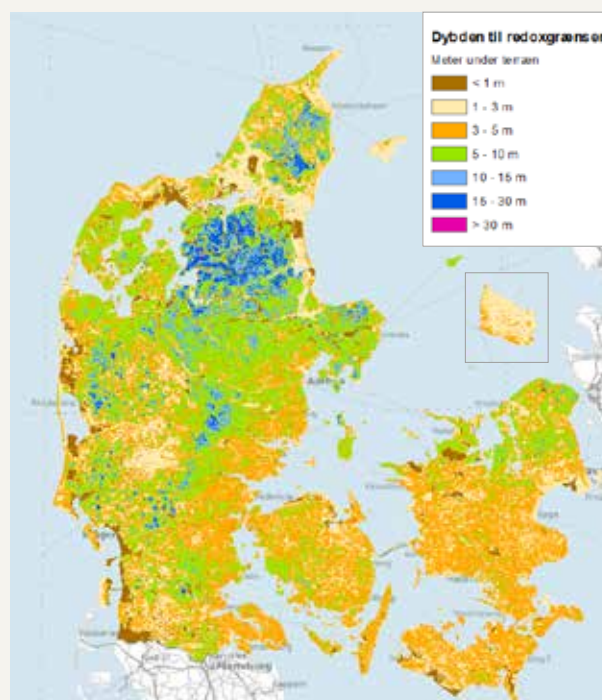
Indholdet af nitrat i rodzonen er afgørende for nitratkoncentrationen i det øvre oxideret grundvand og kan variere betydeligt som vist i figur 7. Der er ofte ilt tilstede i det øverste grundvand, men når det øvre grundvand siver længere ned, passerer redoxgrænsen, som forklaret i faktaboks 1 er grænsen mellem iltfrig (oxideret) og iltfri (reduceret) zone. Undergrunden i Danmark er af meget kompleks sammensætning, og som også vist i faktaboks 1 er redoxgrænsens beliggenhed forskellig fra område til område.

Derfor kan nitratindholdet i grundvandet være meget varierende, afhængig af hvor dybt grænsen mellem iltfyldt og iltfri forhold ligger. Generelt er der dybere til redoxgrænsen i Vestdanmark end i Østdanmark, se danmarkskortet over dybden til redoxgrænsen i figur 8.

Visse steder er kompleksiteten så stor, at der på samme lokalitet kan være flere skift mellem oxiderede og reducerede forhold i dybden. Dette ses også i faktaboksen s. 5, hvor der ved samme lokalitet både kan være nitratfyldt og nitratfrit grundvand. Som det fremgår af eksemplet i figur 7, befinder det reducerede grundvand sig under iltfrie forhold; og nitrat er derfor fuldstændig fjernet fra vandet. Jo ældre grundvandet er, jo større sandsynlighed er der for, at vandet har passeret reducerende forhold. Dog kan grundvand af ældre dato sagtens indeholde nitrat, hvis vandet er i den iltede grundvandszone.



FIGUR 7 Målt nitratkoncentration i oxideret grundvand og reduceret grundvand fra 1999 til 2012. Her ses hvor variabel koncentrationen kan være, når der er ilt tilstede i grundvandet, mens nitrat er reduceret i grundvand uden tilstedeværelsen af ilt.
KILDE: Inspireret af figur fra Geoviden nr. 4, 2014.



FIGUR 8 Danmarkskort over dybden til redoxgrænsen, 100 meter grid.

KILDE: Koch et al., 2019.
<https://data.geus.dk/MetaVis/Klik.jsp?id=2209&lang=da>

MÅLINGER AF NITRAT I GRUNDTVAND

Måling af nitrat i grundvand sker primært fra boringer med drikkevandsformat og fra nationale overvågningsboringer, hvor vandprøver bliver analyseret af godkendte laboratorier. Nitrat i drikkevandet må ikke overskride grænseværdien på 50 mg nitrat pr. liter. I egen markboring kan du få en indikation af nitratkoncentrationen i grundvandet ved brug af samme målemetode som for dræn og vandløb, nitratstrips. En fuldstændig analyse kan opnås ved at udtage en vandprøve, som indsendes til laboratorietest. Der kan dog være stor forskel på indholdet af nitrat, afhængigt af om boringen henter iltet grundvand eller reduceret grundvand op.



MERE VIDEN

Er du blevet nysgerrig efter at vide mere om nitratstrips, så kontakt:

Sebastian Piet Zacho, SEGES

Tlf: 8740 5563

E-mail: seza@seges.dk

Du kan gratis downloade Nitrate App fra Google Play (appen virker kun på Android-telefoner). Appen hjælper dig med at aflæse Hach Nitratstripsmålingerne, og du har mulighed for at gemme dine målinger.

Læs mere om, hvordan du bruger appen sammen med strips via QR-koden nedenfor:



Har du andre spørgsmål til måling af nitrat i rodzone, dræn, vandløb og grundvand, så kontakt:

Rikke Krogshave Laursen, SEGES

Tlf: 8740 5120

E-mail: rila@seges.dk

KILDER

Koch J., Stisen S., Refsgaard J. C., Ernstsen V., Jakobsen P. R., Højberg A.L. 2019. Nyt nationalt redoxkort i høj opløsning. Vand & Jord, 26 årgang, nr. 1.
<https://data.geus.dk/MetaVis/Klik.jsp?id=2209&lang=da>

Drænvandsundersøgelsen, 2014.
https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Plantekongres/Sider/pl_plk_2015_res_23_1_kristoffer_piil.pdf?download=true

Geocenter Danmark, 2014. Nitrat. Geoviden. Geologi og Geografi nr. 04.
<https://www.geocenter.dk/xpdf/geoviden-4-2014.pdf>

Hansen, B. & Thorling, L., 2008. Use of geochemistry in groundwater vulnerability mapping in Denmark. Geol. Surv. Denmark Greenland Bull. 15 44-8.
<http://gk.geus.info/xpdf/rosa-artikel-2008.pdf>

Knudsen, L., 2017. Fakta om kvælstof i landbruget og vandmiljøet.
<http://www.e-pages.dk/videncentretforlandbrug/444/>

Van't Veen, S. G. W., Tornbjerg, H., Windolf, J., Kjeldgaard, A., Ovesen, N. B., Poulsen, J. R. & Kronvang, B. 2018. Hvordan måles kvælstof i vandløb? Vand & Jord, 25. årgang, december 2018, nr. 4. 169-173.

