

## Kvælstofindhold i drænvand – centrale begreber

Koncentrationen af kvælstof i dræn er meget afhængig af arealtype og sammensætningen af drænvandet. Her forklares begreber i relation til drænvandsundersøgelser og målte koncentrationer af kvælstof.

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Den Europæiske Union ved Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget i finansieringen af projektet.

- [Nitrat-kvælstof og total-kvælstof](#)
- [Nitrat: drikkevandsgrænse og koncentrationer i drænvand](#)
- [Kvælstofudvaskning eller kvælstofudledning?](#)
- [Naturgivent fjernelse af kvælstof](#)
- [Hvad er drænvand?](#)
- [Eksempler på undersøgelser af kvælstofkoncentrationer i drænvand](#)
- [Målte kvælstofkoncentrationer i forhold til modelberegnedede værdier](#)
- [Litteratur](#)

### Resume:

- Koncentrationen af total-kvælstof i drænvand ligger generelt i et interval fra tæt ved 0 mg pr. liter til over 20 mg pr. liter. Niveaulet er især bestemt af arealtypen.
- Nitrat-kvælstof udgør typisk 70-95 pct. af total-kvælstof i drænvand.
- Grænsen for nitrat i drikkevand på 50 mg nitrat pr. liter svarer til 11,4 mg nitrat-N pr. liter.
- Koncentrationen af kvælstof i drænvand afhænger blandt andet af afgrøden, plantedækket i efteråret, gødsning og jordtype. Koncentrationen afhænger også af, hvor meget nitrat, der fjernes i rodzonen ved denitrifikation, dvs. ved omdannelse til frit kvælstof. Endelig har det stor betydning, om der strømmer grundvand med et lavt kvælstofindhold til drænet.
- Meget lave kvælstofkoncentrationer (< 3 mg total-N pr. liter) i drænvand fra arealer med "almindelig dyrkning" skyldes sandsynligvis enten en meget betydelig denitrifikation i rodzonen eller en stor tilstrømning af grundvand til drænen.
- Drænvand fra højbundsjorde består næsten udelukkende af vand, der lige har forladt rodzonen. Koncentrationer er derfor meget påvirkede af landbrugspraksis, og ligger typisk på et forholdsvist højt niveau.
- Drænvand fra lavbundsjorde består af en blanding af grundvand og vand fra rodzonen. Kvælstofkoncentrationer er derfor typisk lavere end på højbundsjorde.
- Drænvandsmålinger kan ikke direkte relateres til det faglige grundlag for vandplanernes krav til reduktion af kvælstofudledningen. Det skyldes, at grundlaget for beregning af den aktuelle kvælstofudledning i vandplanerne bygger på koncentrationer af kvælstof i vandløb.
- Resultater fra drænvandsundersøgelserne indikerer dog, at placeringen af virkemidler ifølge vandplanerne ikke i alle tilfælde er hensigtsmæssig, og resultaterne kan fortælle en del om, hvad der har betydning for størrelsen af kvælstofkoncentrationer i drænvand.

## Nitrat-kvælstof og total-kvælstof

Kvælstof (N) indgår i mange kemiske forbindelser. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) er én af de mange kemiske forbindelser, og nitrat består af både kvælstof og ilt.

I drænvandsundersøgelserne måles både det totale kvælstofindhold (total-N) og nitrat-kvælstof (nitrat-N). Total-N indholdet dækker over en lang række kvælstofforbindelser (bl.a. ammonium, nitrat og organiske forbindelser), mens nitrat-N kun omfatter nitrat.

I langt de fleste tilfælde udgør nitrat-N den største andel af kvælstoffet i drænvand, typisk omkring 70-95 pct. Men fra drænvandsundersøgelserne i 2011-12 findes eksempler på alt fra 0 pct. nitrat-N til 100 pct. nitrat-N.

Hvis man skal vurdere udledningen af kvælstof til vandmiljøet, er det indholdet af total-N, der er det mest interessante. Det skyldes, at det er den samlede udledning af kvælstof, der påvirker miljøet, og ikke kun nitrat-N.

Når vi også måler nitrat-N-indholdet skyldes det dels, at nitrat udgør størstedelen af indholdet i drænvand og er den mest mobile kvælstofform i jord, og dels at man traditionelt har været mest interesseret i nitrat grundet betydningen i drikkevand, hvor høje koncentrationer kan være sundhedsskadelig.

[Til top](#)

## Nitrat: drikkevandsgrænse og koncentrationer i drænvand

Nitratindholdet i vand kan angives både som mg nitrat pr. liter og som mg nitrat-N pr. liter. Når man læser om nitratkoncentrationer i vand vil man støde på begge måder at angive det på.

I forbindelse med drikkevand og grundvand angives nitrat-indholdet oftest som mg nitrat pr. liter, og grænseværdien for drikkevand er 50 mg nitrat pr. liter.

I forbindelse med drænvandsundersøgelserne angives indholdet som mg nitrat-N pr. liter.

Hvis man skal omregne fra nitrat til nitrat-N skal man gange med 0,225, idet kvælstof (N) udgør 22,5 pct. af nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Dvs. at grænseværdien for drikkevand på 50 mg nitrat pr. l. svarer til 11,4 mg nitrat-N pr. l.

I mange tilfælde ligger indholdet af nitrat-N i drænvand under drikkevandsgrænsen på 11,4 mg nitrat-N pr. liter. Når man alligevel ønsker at reducere nitratudledningen, så skyldes det, at selv udledning af koncentrationer under drikkevandsgrænsen menes at kunne medvirke til forøget algevækst og i værste fald iltvind i fjordene.

Indholdet af nitrat i drikkevand ligger i øvrigt typisk langt under grænseværdien. Således har 80 pct. af analyserne fra vandværkernes kontrol af indvindingsboringer et nitrat-indhold på under 1 mg nitrat pr. liter (svarende til under 0,23 mg nitrat-N pr. liter) (Thorling et al. 2011).

[Til top](#)

## Kvælstofudvaskning eller kvælstofudledning?

Begrebet kvælstofudvaskning anvendes, når det handler om udvaskning fra rodzonen. Koncentrationen af kvælstof i det vand, der udvaskes fra rodzonen er meget afhængig af dyrkningsforhold, jordtype mv. Også omfanget af denitrifikation i rodzonen vil have en stor betydning for koncentrationen (se afsnittet 'Naturgivent fjernelse af kvælstof').

Kvælstofudledning *dækker* både over den udledning, der sker fra markerne (f.eks. gennem dræn) til nærliggende vandløb eller grøfter, og udledning til fjordene og de kystnære farvande.

I forbindelse med vandplanerne er det udledningen af kvælstof til fjordene og de kystnære farvande ('recipienterne') det handler om, og det er denne udledning, der skal reduceres med, i første omgang, 9.000 tons kvælstof.

Det vand, der udledes gennem dræn består i nogle tilfælde udelukkende af vand fra rodzonen. I andre tilfælde kan der være betydelig opblanding med grundvand, og koncentrationen af kvælstof i drænvand er meget afhængig af forholdet mellem rodzonevand og grundvand i drænet (se mere i afsnittet 'Hvad er drænvand?').

[Til top](#)

## Naturgivent fjernelse af kvælstof

Både i jorden og i vandløb og søer foregår naturlige processer, som reducerer kvælstofindholdet.

### Fjernelse af kvælstof mellem rodzone og de kystnære farvande

Den mængde kvælstof, der udvaskes fra rodzonen er væsentligt større end den mængde kvælstof, der rent faktisk udledes til fjordene. På landsplan er det beregnet, at kun i gennemsnit 32 pct. af det kvælstof, der udvaskes fra rodzonen, når ud til fjordene og de kystnære farvande.

Når ikke mere når ud i fjordene, skyldes det en naturgivent fjernelse af en del af kvælstofmængden under transporten. Denne retention, som den samlede kvælstoffjernelse benævnes, sker dels i undergrunden og dels under transporten gennem vandløb og søer på vej mod fjordene.

Størstedelen af tilbageholdelsen af kvælstof sker i undergrunden, dvs. efter at kvælstoffet har forladt rodzonen, og før det når ud i vandløbene.

Men også i vandløb, og især i søer, kan der ske en betydelig retention eller fjernelse af kvælstof. Og jo flere søer eller søsystemer vandet passerer på vej mod fjordene, jo større vil retentionen af kvælstof typisk være.

Retentionen skyldes overordnet to processer. Den ene er denitrifikation, dvs. den biologiske proces, hvor naturligt forekommende bakterier omdanner nitrat-kvælstof til lattergas ( $N_2O$ ) og frit kvælstof ( $N_2$ ), som forsvinder ud i atmosfæren (der i øvrigt består af 78 pct.  $N_2$ ). Den anden er en kemisk reduktion af nitrat-kvælstoffet, som skyldes kemiske forbindelser i undergrunden, som reducerer nitrat-kvælstoffet. (Læs mere om denitrifikation og reduktion af nitrat i [denne artikel](#).)

For at nitrat kan reduceres i jorden til frit kvælstof kræves iltfrie forhold, hvilket kan være til stede, når jorden er vandmættet. Under grundvandspejlet findes typisk udbredte zoner uden ilt og med betydeligt indhold af nitrat-reducerende forbindelser. Dette giver anledning til, at der sker en væsentlig reduktion af nitratindholdet i grundvand.

### Fjernelse af kvælstof i rodzonen

Også helt oppe i rodzonen kan der være små iltfrie mikromiljøer, som giver mulighed for denitrifikation. Enten fordi der sker et stort iltforbrug under de mikrobielle processer eller fordi der sker en ophobning af vand. Typisk regner man med en denitrifikation i rodzonen på 5-10 kg N pr. ha på sandjord og 15-25 kg N pr. ha på lerjord (baseret på SimDen-modellen).

Nogle forhold kan imidlertid betyde, at denitrifikationen bliver væsentligt større end dette. I perioder med megen nedbør og under forhold der gør, at vandet står længe på marken, kan der ske en meget betydelig denitrifikation i rodzonen, som gør at det vand, der udvaskes fra rodzonen har et meget lavt indhold af kvælstof.

[Til top](#)

## Hvad er drænvand?

På højbundslande (figur 1, venstre) består drænvandet næsten udelukkende af vand fra rodzonen. Koncentrationen af kvælstof i drænvandet er derfor meget afhængig af landbrugspraksis på arealet.

Dræn på lavbundslande (figur 1, højre) vil ligge under eller tæt på grundvandspejlet en stor del af året, og drænvandet består derfor af en blanding af grundvand og rodzonevand. Da grundvand for det meste har et lavere indhold af kvælstof pga. nitrat-reducerende processer, betyder tilstrømningen af grundvand til drænet, at vandet fra rodzonen fortyndes. Drænvand fra lavbundslande har derfor typisk forholdsvis lave koncentrationer af kvælstof, og niveauet er mindre afhængigt af landbrugspraksis.

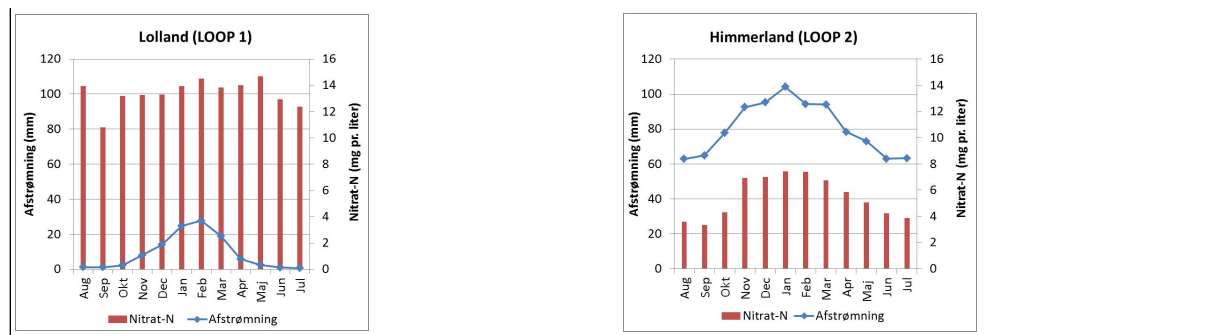
I praksis vil drænvand kunne bestå af en blanding af vand fra rodzonen og grundvand. Dette blandingsforhold vil være afgørende for koncentrationen af nitrat-N i drænvandet. Hvis der ikke er afstrømning af drænvand i sommerperioden, er andelen af grundvand i drænet generelt lav. Et tjek af afstrømningen om sommeren vil derfor give en idé om grundvandsandelen i drænvandet.

### Dræn på højbundslande

Drænet ligger generelt over grundvandspejlet. Når nedbørsmængderne overstiger planternes forbrug, stiger vandspejlet og drænet begynder at løbe. Drænvandet vil bestå næsten udelukkende af vand, der lige har forladt rodzonen. Som det ses på figuren er der om sommeren normalt ingen afstrømning fra drænet. I gennemsnit afstrømmer årligt 108 mm gennem drænet i figuren.

### Dræn på lavbundslande

Drænet ligger under grundvandspejlet en stor del af året. Drænvandet vil derfor overvejende bestå af grundvand med et reduceret indhold af nitrat. Som det fremgår af figuren er der gennem hele året en stor afstrømning gennem drænet. Størst afstrømning er der om vinteren, men også afstrømningen om sommeren er stor. Der afstrømmer årligt i gennemsnit 964 mm gennem drænet i figuren.



**Figur 1.** Koncentrationer og typiske afstrømningsmønstre over året for hhv. et dræn på højbundsjord (til venstre) og et dræn på lavbundsjord (til højre). Gennemsnit af målinger i perioden 2000/01 til 2010/11, baseret på datasæt stillet til rådighed af Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.

[Til top](#)

## Eksempler på undersøgelser af kvælstofkoncentrationer i drænvand

Institut for Bioscience, Aarhus Universitet (tidligere DMU) har gennem en årrække udført systematiske drænvandsmålinger i de såkaldte Landovervågningsoplande (LOOP). Drænvandsmålingerne er udført i tre oplande (LOOP 1, LOOP 2 og LOOP 4) siden 1989 og finder stadig sted. Læs mere i [nyeste overvågningsrapport](#) (Grant et al. 2011).

I 1971 påbegyndte det daværende Statens Planteavlfsforsøg drænvandsundersøgelser på 15 morænejorde. Antallet har varieret gennem tiden, men på fire af stederne er der lavet målinger frem til 2005, opdelt på perioderne 1971-1994 og 1998-2005. De fire steder er placeret ved hhv. Åbenrå, Lunding, Næstved og Silstrup (læs mere om undersøgelserne i [Planteavlsorientering nr.07-578](#)). I forbindelse med de nuværende drænvandsundersøgelser i sæsonen 2011/12 er der igen taget prøver på de tre førstnævnte steder.

I tabel 1 er vist nogle af de nyeste resultater fra de tidligere drænvandsundersøgelser.

**Tabel 1.** Koncentrationer af nitrat-N og total-N i tidligere drænvandsundersøgelser.

Lokalitet	Måleserie	Oplandstype	Periode	Nitrat-N (mg/l)	Total-N (mg/l)
LOOP 1 (Lolland)	Landovervågningen <sup>1</sup>	Lerjord	2000/01-2010/11	14,4	15,3
LOOP 2 (Himmerland)	Landovervågningen <sup>1</sup>	Sandjord	2000/01-2010/11	5,9	6,8
LOOP 4 (Fyn)	Landovervågningen <sup>1</sup>	Lerjord	2000/01-2010/11	12,0	12,9
Åbenrå	Statens Planteavlfsforsøg <sup>2</sup>	Lerjord (JB8)	1998-2005	3,8	4,7
Lunding (Haderslev)	Statens planteavlfsforsøg <sup>2</sup>	Lerjord (JB6)	1998-2005	18,0	19,8
Næstved	Statens Planteavlfsforsøg <sup>2</sup>	Lerjord (JB6)	1998-2005	11,7	12,7
Silstrup	Statens planteavlfsforsøg <sup>2</sup>	Lerjord (JB6)	1998-2005	8,5	9,4

<sup>1</sup> Koncentrationer er angivet som afstrømningsvægtede gennemsnit for perioden på baggrund af datasæt stillet til rådighed af Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

<sup>2</sup> Koncentrationer er angivet som afstrømningsvægtede gennemsnit for perioden på baggrund af datasæt stillet til rådighed af Institut for Agrokologi, Aarhus Universitet

I drænvandsundersøgelserne udført i vinterhalvåret 2011-2012 varierer koncentrationer af total-N fra et meget lavt niveau tæt ved 0 mg pr. liter og op til et niveau på 20-25 mg pr. liter.

[Til top](#)

## Målte kvælstofkoncentrationer i forhold til modelberegnete værdier

Deltagere i drænvandsundersøgelserne 2011/12 har mulighed for at få en udskrift, hvor analyseresultaterne af prøverne er vist. I udskriften er også vist resultatet af en modelberegning lavet på baggrund nogle af de oplysninger, vi har om det afvandede areal (afgrødekombination, jordtype, tildeling af husdyrgødning, kløvergræs i sædskiftet og nedbør).

Hvis den målte nitrat-N-koncentration er *væsentligt* lavere end den modelberegnete, er det sandsynligvis et udtryk for et af følgende forhold:

1. Der sker en stor tilstrømning af grundvand til drænet.
2. Der er sket en betydelig fjernelse (denitrifikation) i rodzonen. Dette kan især være tilfældet på jorder, som er vandmættede en stor del af afstrømningsperioden.

Derudover kan der være forskelle, som skyldes, at vi i modelberegningen har lavet nogle tilnærmelser, fordi vi ikke kender alle oplysninger om arealet, eller at den anvendte model ikke i tilstrækkelig grad kan forudsige udvaskning og koncentrationer i alle situationer.

Den anvendte model (N-LES 3) beregner udvaskningen af kvælstof fra rodzonen. Som sammenligningsgrundlag for målinger i drænvand kan modellen derfor kun bruges, når drænvandet udelukkende består af vand udvasket fra rodzonen.

I vandplanerne er der opstillet krav om en reduktion af udledningen af kvælstof til fjordene og de kystnære farvande. Det faglige grundlag for disse krav er *ikke* baseret på modelberegninger af udvaskningen, og der er derfor ikke nogen sammenhæng mellem ovennævnte modelberegninger og vandplanernes reduktionskrav.

Udgangspunktet for vandplanernes reduktionskrav er den aktuelle udledning som beregnes via målinger i vandløb. Det er derfor svært at lave en direkte sammenligning med drænvandsmålinger. Meget lave koncentrationer i drænvand kan dog indikere at placeringen af virkemidler ifølge vandplanerne ikke i alle tilfælde er hensigtsmæssig.

[Til top](#)

## Litteratur:

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. og Thorling, L. (2011): Landovervågningsoplande 2010. NOVANA. Danmarks

Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. <http://www2.dmu.dk/pub/sr3.pdf>

Thorling, L., Hansen, B., Langtofte, C., Brüsch, W., Møller, R.R., Mielby, S., Højbjerg, A.L. (2011): Grundvandsovervågning 2011. GEUS.

Hansen, E.M., Kristensen, K. og Jørgensen, U. (2006): Drænvandsundersøgelser fra fire marker i perioden 1971-2005. Planteavl/orientering nr. 07-578.

[http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Sider/Udvaskning\\_af\\_naeringsstoffer\\_gennem\\_dra.aspx](http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Sider/Udvaskning_af_naeringsstoffer_gennem_dra.aspx)

[Til top](#)