

## Baggrundsnotat til Vandmiljøplan III - midtvejsevaluering

# Modellering af kvælstofudvaskning i fem overvågningsoplande med rodzonemodellen Daisy

Lisbeth Elbæk Pedersen  
Rikke Jensen  
Peter Mejlhede Andersen  
Ruth Grant  
*Danmarks Miljøundersøgelser  
Aarhus Universitet*

### Indhold

1. Formål .....	2
2. Landovervågningsprogrammet .....	2
3. Opsætning af modellen .....	2
4. Klimanormalisering af modelleringen .....	5
5. Opskalering til landsplan .....	6

December 2008

## 1. Formål

I forbindelse med midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan III er der foretaget modellering af kvælstofudvaskningen fra rodzonen i fem små landbrugsdominerede vandløbsoplande indenfor det såkaldte Landovervågningsprogram. Dette er et delprogram under det Nationale Overvågningsprogram (NOVANA). Modelleringen er gennemført med rodzonomodellen Daisy version 3.68 for hver mark i de tre lerjords- og to sandjordsoplande i perioden 2003-2007.

For at eliminere effekten af varierende klima er modelleringen gennemført ved et standard klima.

## 2. Landovervågningsprogrammet

Landovervågningsprogrammet blev startet op i 1990 og havde til formål at eftervise effekten af de tiltag der blev iværksat under Vandmiljøplan I. Programmet blev etableret i 5 små landbrugsdominerede oplande (hvert på 5-10 km<sup>2</sup>), fordelt med tre lerjordsoplande på Lolland, Fyn og Øst Jylland og to sandjordsoplande i Nord- og Sønderjylland. Oplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima og landbrugspraksis. Overvågningen består af årlige interviewundersøgelser om landbrugspraksis samt løbende målinger i samtlige dele af vandkredsløbet. Der måles næringsstofudvaskning fra rodzonen i 100 cm dybde ved 6-8 jordvandsstationer i hvert opland, næringsstofindhold i det øvre grundvand samt næringsstoftransport i vandløbene.

## 3. Opsætning af modellen

### 3.1 Opsætning og kalibrering af modellen på jordvandsstationerne

Modellen opsættes på hver jordvandsstation på baggrund af oplysninger om landbrugspraksis, jorddata, og klimadata. Oplysninger om landbrugspraksis (gødning, afgrøder og markoperationer) er indhentet fra de årlige interviewundersøgelser. Data for jordens tekstur og vandbevarende forhold stammer fra jordprofil undersøgelser, som blev gennemført ved hver station i 1990. Klimadata (døgnnedbør, temperatur og globalindstråling) for perioden 1990-2007 er indhentet fra DMI's klimagrid.

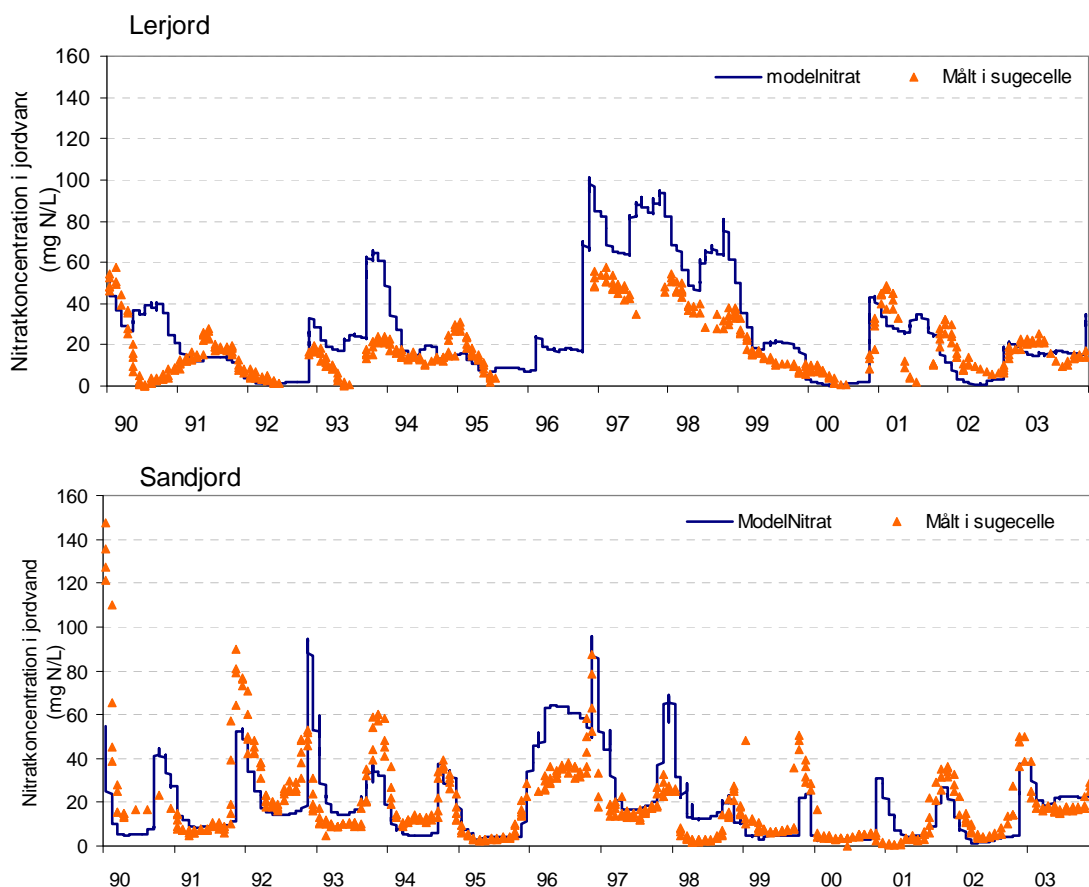
Bunden af rodzonen betegnes som den nedre rand, og denne fastlægges ud fra grundvandsniveauet. På lavtliggende arealer med højt grundvandsniveau modelleres den nedre rand med et vandstandsende lag og herover dræn, mens der for højtliggende arealer med dybere grundvandsniveau modelleres med fri afdræning. Desuden er der for nogle arealer med særlig højt grundvand anvendt den målte grundvandsstand fra pejlemålinger.

#### **Kalibreringen**

Vandbalancen i modellen er kalibreret i forhold til målinger af grundvandsstand og drænvandsafstrømning i de oplande hvor dræning forekommer. Kalibreringen er fortaget ved tilpasning af jordopsætningen og de nedre randbetingelser. Kvælstofbalancen er kalibreret i forhold til de udbytter som landmændene har oplyst for de enkelte marker samt i forhold til nitratkoncentrationen målt i 100 cm under terræn. Kalibreringen er begrænset til at efterårssåede afgrøder holdes længere i vækst om efteråret, samt at væksten af vinterhvede og vårbyg er skruet lidt ned. Der er som udgangspunkt anvendt de samme afgrødeopsætninger i alle oplandene. Det har dog i oplandene på Lolland og Fyn været nødvendigt at anvende en lidt højere vækstrate for

vinterhvede, da der ellers blev simuleret for lave udbytter. Figur 1 viser eksempler på resultatet af sådanne kalibreringer for henholdsvis en sand- og en lerjord.

På jorde med højt humusindhold (over ca. 3,0 %) har det været nødvendigt at sætte en del af humusindholdet ind i en inert pulje, idet der ellers ville forekomme en egentlig afbrænding af jordens humusindhold. Dette antages ikke at forekomme på jordene i landovervågningen, som har været afvandet og dyrket igennem flere årtier.

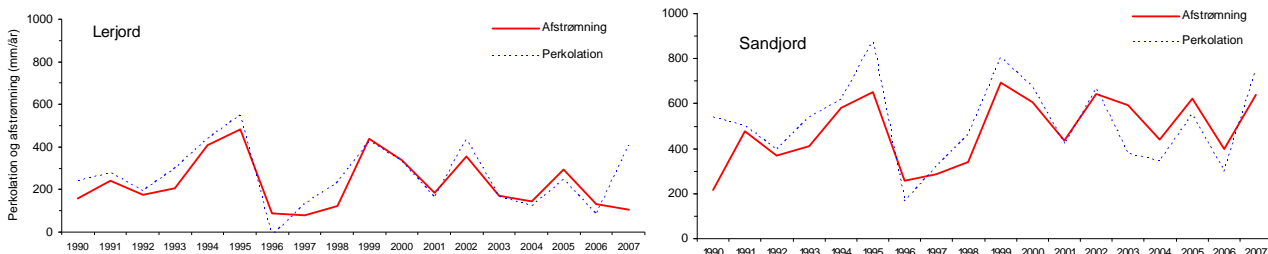


Figur 1: Eksempel på målt (i sugeceller) og simuleret nitratkoncentration (mg N/L) i en meters dybde på lerjord og sandjord.

### 3.2 Oplandsmodellering og test mod vandløbsmålinger

Jordopsætningerne af Daisy på jordvandsstationerne anvendes på alle markerne i oplandene, idet de udbredes på baggrund af jordtypekort fra Danmarks Jordbrugsforskning og Jordartskort fra GEUS. På tilsvarende måde er der lavet en udbredelse af grundvandsforholdene i oplandet. Oplysninger om landbrugspraksis for hver enkelt mark i oplandene er hentet fra de årlige interviewundersøgelser. Klimainput er det samme som ved jordvandsstationerne. Der er nu gennemført en modelberegning for samtlige marker i oplandene. Denne såkaldte oplandsmodellering er kun foretaget på marker med landbrugsdrift, og kun på de marker, hvor der i perioden 1990-2007 findes markoplysninger for mindst 15 år. Resultater fra oplandsmodelleringen er herefter testet mod målinger i vandløbene som vist i figur 2 og 3.

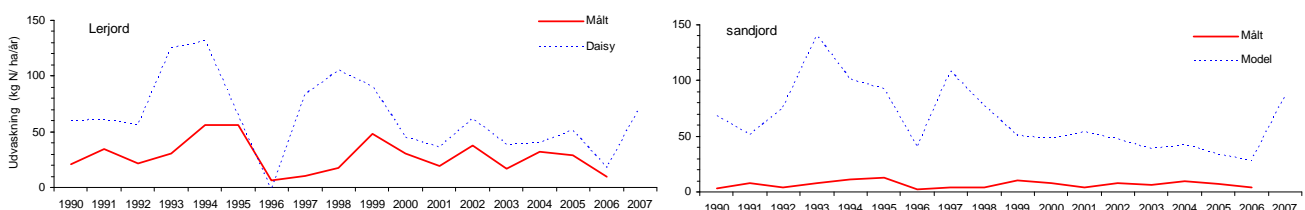
Den modelberegnete perkolation (nedsivning) fra landbrugsjordene og den målte vandløbsafstrømning har samme dynamik, både på lerjords- og sandjords oplande (figur 2). Perkolationen er lidt større end vandløbsafstrømningen i vandløbet. Dette skyldes at vandløbene også modtager vand fra skov, moser mm., som har større fordampning og dermed mindre perkolation end fra landbrugsarealerne.



Figur 2: Sammenligning af modelleret perkolation (nedsivning) fra rodzonen med afstrømningen til vandløbet for et lerjordsopland og et sandjordsopland.

I lerjordsoplandene har den modellerede og den målte kvælstofudvaskning (også kaldet N-koefficeinten) til vandløbet overvejende samme dynamik, figur 3. Den modellerede kvælstofudvaskning er dog større end N koefficienten til vandløbet. Dette skyldes først og fremmest at der forekommer en reduktion i vandets kvælstofindhold fra det forlader rodzonen til det når ud i vandløbet. Derudover har det også betydning, at der ikke er modelleret på skov, moser mm, som har en mindre udvaskning end fra landbrugsarealer.

I sandjordsoplandene er den målte N-koefficient til vandløbet lav, og der er en forsinkelse i dynamikken i forhold den modellerede udvaskning på nogle år (figur 3). Den modellerede kvælstofudvaskning fra rodzonen er betydelig større end den målte N-koefficient til vandløbet. Dette er forventeligt på grund af en lang transportvej fra vandet forlader rodzonen til det når ud til vandløbet på sandjorde. Dette giver basis for en betydelig reduktion i vandets kvælstofindhold. Et højt grundvandsspejl og et højt indhold af jern i det specifikke opland vist i tabel 3 har også betydning for kvælstofreduktionen.



Figur 3: Sammenligning af modelleret N-udvaskning fra rodzonen med målt N-koefficient til vandløbet for et lerjordsopland og et sandjordsopland.

### 3.3 Konklusion

Det vurderes at oplandsmodelleringen ser fornuftig ud i forhold til målinger i rodzonen og vandløbsmålinger, hvorfor de valgte modelopsætninger anvendes nedenfor til evalueringen af udviklingen i kvælstofudvaskning fra rodzonen.

## 4. Klimanormalisering af modelleringen

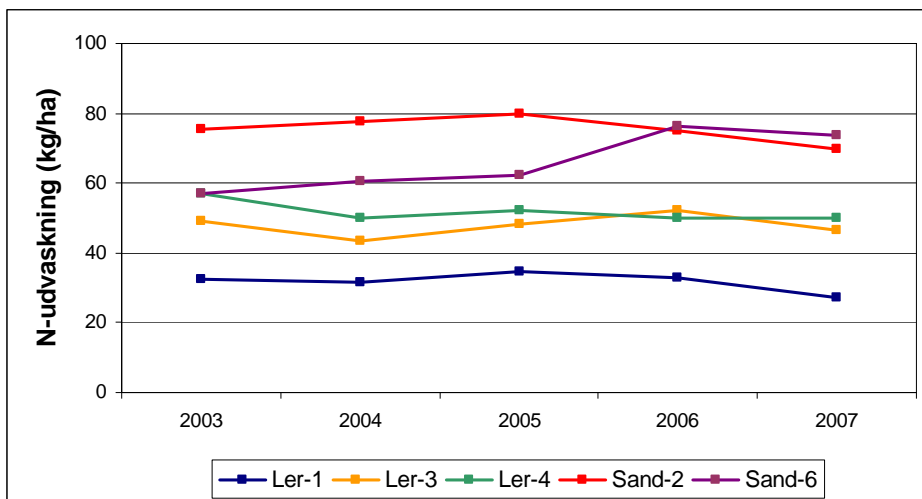
For at vurdere effekten af ændret landbrugspraksis på kvælstofudvaskningen er det nødvendigt at gennemføre modelberegningen ved et fastholdt klima. Ved midtvejsevalueringen af VMPIII er det valgt at anvende klimaperioden 1990-2005 som standardklima. Landbrugsdata modelleres for perioden 2003-2007 og der medtages en opvarmningsperiode 1992-2002. Alle landbrugsdata modelleres med alle års klima (betegnet klima permutering), som vist i tabel 1.

Tabel 1: Oversigt der viser hvordan klima år og landbrugsdata forskubbes i forhold til hinanden

Permut1		Permut2		Permut3		...	Permut15		Permut16	
Landbrug	Klima	Landbrug	Klima	Landbrug	Klima	...	Landbrug	Klima	Landbrug	Klima
1992	1990	1992	2005	1992	2004	...	1992	1992	1992	1991
1993	1991	1993	1990	1993	2005	...	1993	1993	1993	1992
1994	1992	1994	1991	1994	1990	...	1994	1994	1994	1993
1995	1993	1995	1992	1995	1991	...	1995	1995	1995	1994
1996	1994	1996	1993	1996	1992	...	1996	1996	1996	1995
1997	1995	1997	1994	1997	1993	...	1997	1997	1997	1996
1998	1996	1998	1995	1998	1994	...	1998	1998	1998	1997
1999	1997	1999	1996	1999	1995	...	1999	1999	1999	1998
2000	1998	2000	1997	2000	1996	...	2000	2000	2000	1999
2001	1999	2001	1998	2001	1997	...	2001	2001	2001	2000
2002	2000	2002	1999	2002	1998	...	2002	2002	2002	2001
2003	2001	2003	2000	2003	1999	...	2003	2003	2003	2002
2004	2002	2004	2001	2004	2000	...	2004	2004	2004	2003
2005	2003	2005	2002	2005	2001	...	2005	2005	2005	2004
2006	2004	2006	2003	2006	2002	...	2006	1990	2006	2005
2007	2005	2007	2004	2007	2003	...	2007	1991	2007	1990

Permuteringen er lavet ved at forskubbe datoerne i klimafilen. Værdierne for skuddagene er fastholdt i stedet for at tilføje en default værdi. Oplandet i Sønderjylland har som det eneste opland grundvandsfiler som input for den nedre rand. Grundvandsfilerne er blevet permuteret efter den samme metode som klimaet ved at forskubbe datoerne. Da dette opland har et meget højt grundvandsspejl, hvilket ikke er repræsentativt for sandjorde i Danmark, er der lavet en modellering hvor grundvandet er sænket 50 cm i forhold til det målte.

Den årlige udvaskning for hvert opland beregnes som et arealvægtet gennemsnit af de 16 forskellige kørsler. Resultater af denne beregning er vist i figur 4 for de 5 oplande.



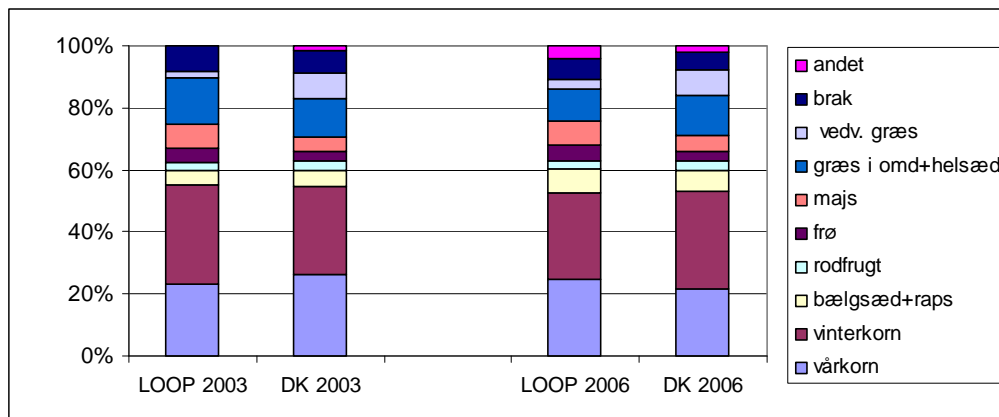
Figur 4. Modelberegnet N-udvaskning ved et gennemsnitsklima for 1990-2005 for tre lerjordsoplande og 2 sandjordsoplande i Landovervågningen. Beregningen er opgjort på kalenderår.

## 5. Opskalering til landsplan

### 5.1 Oplandenes repræsentativitet

De to sandjordsoplande er fortrinsvis klassificeret som grovsandsjorde, mens de tre lerjordsoplande fortrinsvis er sandblandede lerjorde. Jordtypefordelingen på landsplan er givet ved 24 % grovsandede jorde (JB 1-2), 38 % lerblandede sandjorde (JB 3-4), og 38 % lerjorde (JB 5-7). Sandjordsoplandene i Landovervågningen repræsenterer JB 1-2 arealet i Danmark, og lerjordsoplandene repræsenterer JB 5-8 arealet. Det antages at et gennemsnit af sand- og lerjordsoplandene repræsenterer JB 3-4 arealet. For at få et repræsentativt landsdækkende datamateriale m.h.t. jordtyper skal sandjordsoplandene vægtes med ca. 40 % og lerjordsoplandene med ca. 60 %. Denne vægtning er foretaget i de følgende sammenstillinger. Det kan dog give en mindre skævvridning idet der ikke er en lineær sammenhæng mellem jordtype og kvælstofudvaskning.

Ved den nævnte vægtning af oplandene ses at afgrødefordelingen i oplandene er meget tæt på afgrødefordelingen på landsplan (figur 5). Dog er der en lille forskydning mellem vårkorn og vinterkorn, men summen af disse to afgrøder er ens for oplandene og på landsplan. Endvidere er der lidt mere majs og en smule mindre vedvarende græs i oplandene end på landsplan. Forskellen vurderes at være af minimal betydning for udvaskningen.



Figur 5. Sammenligning af afgrødefordelingen i landovervågningsoplandene og på landsplan for henholdsvis 2003 og 2006

Den totale tilførsel af kvælstof er beregnet som kvælstof tilført med handelsgødning, husdyrgødning og N fiksering. Endvidere er der, for at eliminere effekten af klimavariationer, tillagt det gødningsforbrug landmændene skulle trække fra pga. den årlige kvælstof-prognose (tabel 2). Det fremgår at den totale tilførsel af N til oplandene i perioden for 2003-2006 har ligget på omtrent samme niveau som for hele landet. 2007 er ikke medtaget, idet en udvaskningsberegning for dette dyrkningsår også ville kræve landbrugsdata for første halvdel af 2008, og disse foreligger på tidspunktet for VM P III midtvejsevalueringen..

Tabel 2. Sammenligning af totalinput (kg N/ha) af kvælstof i landovervågningsoplandene og for hele landet

	Landovervågningen				Hele landet			
	han-N+fix	husN	N-progn	total input	han-N+fix	husN	N-progn	total input
2003	87.7	83.5	-2.2	173.4	84.4	84.0	-2.2	170.6
2004	86.2	83.5	0.0	169.7	85.7	83.1	-0.7	169.5
2005	77.5	89.9	-3.1	170.6	86.4	81.7	-1.8	170.0
2006	74.8	92.5	-8.4	175.7	81.9	79.8	-9.1	170.8

Det konkluderes at opskalering ud fra jordtyperne giver et rimeligt billede af landbrugspraksis på landsplan

## 5.2 Modelberegnet kvælstofudvaskning

Daisy er en dynamisk model der tilstræber at beskrive de faktiske forhold bedst muligt. Dette medfører at effekten af ét års dyrkningspraksis på kvælstofudvaskningen vil overlappende med næste års dyrkning og gødskning. Denne problemstilling håndteres ved at opgøre udvaskningen og de øvrige tabsposter på kalenderår, hvorefter der midles over to på hinanden følgende år. Det vil sige at udvaskningen efter dyrkning i ét år opgøres som gennemsnittet af udvaskningen for året og det følgende år. Den modellerede udvaskning er efterfølgende korrigeret for effekten af det gødningsforbrug som landmændene skulle trække fra på grund af den årlige prognose, idet det antages at ca. 33% af denne gødningsmængde udvaskes. Herved fremkommer den modelberegne kvælstofbalance som vist i tabel 3.

Tabel 3. *Modelleret kvælstofbalance (kg N/ha) for landovervågningsoplandene, 2003/04-2006/07*

Dyrknings- år	udv- år	Gdn+fix	dep	total input	høst	Model N-udv	Effekt af N-progn	Korr. N-udv	denitr	NH <sub>3</sub> - fordamp	delta
2003	2003/04	173.4	16.5	189.9	118.2	53,0	0,7	53,7	27.4	6.7	-15.8
2004	2004/05	169.7	16.6	186.3	118.5	53,4	0	53,4	27.5	6.7	-20.4
2005	2005/06	170.6	16.6	187.1	116.6	54,4	1,0	55,4	27.5	7.2	-20.5
2006	2006/07	175.7	16.6	192.2	109.7	54,4	2,8	57,2	26.9	7.4	-7.1

Det ses at den korrigerede udvaskning i oplandene har svinget mellem ca. 54 og 57 kg N/ha i perioden 2003/04-2006/07. Til opgørelse af udvaskningen for 2007/08 forefindes interviewdata endnu ikke for 2008.

Ved opskalering til landsplan fremkommer en kvælstofudvaskning fra landbrugsarealet, der varierer mellem ca. 148.000 og 157.000 tons N pr år for perioden 2003/4-2006/07, og der ses ingen entydig trend (tabel 4).

Tabel 4. *Opskalering af modelberegnet kvælstofudvaskning i landovervågningsoplandene til landsplan. Opskaleringen er sket ud fra jordtypefordelingen*

Dyrknings- År	udv- år	Landbrugs- Areal 1000 ha	Udvaskning Kg N/ha	Udvaskning Opskaleret til landsplan Tons N
2003	2003/04	2761	53,7	148.321
2004	2004/05	2767	53,4	147.888
2005	2005/06	2777	55,4	153.945
2006	2006/07	2746	57,2	156.944
2007	2007/08	2730	*	

\*udvaskningsberegning er ikke foretaget for 2007, idet det kræver interviewdata for første halvdel af 2008.