



OPLANDSMODELLERING AF VAND OG KVÆLSTOF I UMÆTTET ZONE FOR OPLANDET TIL HØJVADS RENDE

Faglig rapport fra DMU nr. 758 2009

[Tom side]

OPLANDSMODELLERING AF VAND OG KVÆLSTOF I UMÆTTET ZONE FOR OPLANDET TIL HØJVADS RENDE

Faglig rapport fra DMU nr. 758 2009

Ruth Grant
Peter Mejlhede
Gitte Blicher-Mathiesen



Datablad

Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 758
Titel:	Oplandsmodellering af vand og kvælstof i umættet zone for oplandet til Højvads Rende
Forfattere:	Ruth Grant, Peter Mejlhede, Gitte Blicher-Mathiesen
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Aarhus Universitet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	December 2009
Redaktion afsluttet:	December 2009
Faglig kommentering:	Miljøcenter Nykøbing F
Finansiel støtte:	Det Nationale Overvågningsprogram
Bedes citeret:	Grant, R., Mejlhede, P. & Blicher-Mathiesen, G. 2009: Oplandsmodellering af vand og kvælstof i umættet zone for oplandet til Højvads Rende. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 74 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 758 http://www.dmu.dk/Pub/FR758.pdf .
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Højvads Rende oplandet er et af fem oplande, hvor der er foretaget modellering af vandtransporten og kvælstofudvaskningen fra rodzonen i oplandet. Hertil er anvendt rodzonemodellen Daisy. Dette er en én-dimensionel model. Den kan derfor ikke direkte anvendes på et opland, og det har været nødvendigt at udvikle en opskaleringsprocedure. Første trin var at sætte Daisy op på seks jordvandsstationer i oplandet. Næste trin bestod i at brede Daisy ud til oplandet ved hjælp af et sæt GIS-baserede kort. Der er indhentet jordtypekort og drænkort, og der er til hver jordtype blevet tilknyttet en af Daisy-opsætningerne fra jordvandsstationerne. Herefter er der lagt et markkort med 18 års landbrugsdata ned over jordkortet, og til slut er der lagt et 50*50 m gridnet ned over de sammenstemplede kort. Sidste trin var at gennemføre Daisy-modelleringen for hvert gridpunkt i oplandet. Der er foretaget meget få kalibreringer af modellen, og disse har været ensartede for alle stationerne i oplandet og ligeledes ensartede med kalibreringerne i de øvrige oplande. Dog har det været nødvendigt at kalibrere kornafgrøderne ind til en højere vækstrate i Højvads Rende end i de øvrige oplande. Til trods for den begrænsede brug af kalibrering har det været muligt at modellere en vandbalance, der for et større område er tilfredsstillende i forhold til målinger i vandløb. Endvidere er høstudbytte modelleret tilfredsstillende i forhold til oplyste udbytter ved jordvandsstationerne. Ved oplandsmodelleringen er det imidlertid fundet at udbyttet specielt af vinterhveden er noget undervurderet. Den modellerede kvælstofudvaskning ser fornuftig ud i forhold til målinger på jordvandsstationerne, og det er fundet, at ca. 50 % af kvælstofudvaskningen når ud i vandløbet.
Emneord:	Kvælstofudvaskning, oplandsmodellering, rodzonemodellen Daisy
Layout:	Anne-Dorthe Villumsen
Illustrationer:	Grafisk værksted, DMU Silkeborg
ISBN:	978-87-7073-146-1
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	74
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/Pub/FR758.pdf

Indhold

Konklusion 5

Sammenfatning 6

- Datagrundlag for oplandsmodelleringen 6
- Modelopsætning på jordvandsstationerne 6
- Oplandsmodelleringen 7
- Vurdering af oplandsmodelleringen 7

1 Indledning 9

2 Baggrund 10

- 2.1 Landovervågningsprogrammet 10
- 2.2 Krav til modelarbejde under Vandrammedirektivet 10
- 2.3 Denne rapport 11

3 Indgangsvinkel til modelleringsopgaven 12

- 3.1 Koordinering af opgaven 12
- 3.2 Henvisning til Daisy Standardiseringsprojektet 12

4 Landovervågningsoplandet Højvads Rende 13

- 4.1 Oplandets beliggenhed og topografi 14
- 4.2 Arealanvendelse og jordtype 14
- 4.3 Landbrugspraksis 14
- 4.4 Nedbørsforhold 15

5 Data fra landovervågningsprogrammet 16

- 5.1 Landbrugsdata 17
- 5.2 Profilanalyser 17
- 5.3 Jordvandsmålinger 17
- 5.4 Vandløbsmålinger 18
- 5.5 Klimadata 18

6 Modelleringsværktøj 19

- 6.1 Daisy modellen 19
- 6.2 Daisy Input 19
- 6.3 Managerfil 20
- 6.4 Jordfil 25
- 6.5 Klimafil 27
- 6.6 Daisy output 28
- 6.7 Modellens anvendelighed 28

7 Opsætning af Daisy på jordvandsstationerne 30

- 7.1 Opsætning af jordfil samt kalibrering af vandbalancen og afgrødeparametre 30
- 7.2 Vandbalancen 36
- 7.3 Kvælstofbalancen 37

8 Processen for oplandsmodelleringen 47

- 8.1 Arealanvendelse og markkort 47
- 8.2 Jordbunden i oplandet 48
- 8.3 Grundvandsspejlets beliggenhed 50

- 8.4 Daisy modelleringen af marker 51
- 8.5 Daisy modellering af ikke dyrkede arealer 52
- 8.6 Arealvægtning 53

9 Resultater fra oplandsmodelleringen for umættet zone 54

- 9.1 Modelleret vandbalance for den umættede zone 54
- 9.2 Modelleret N-balance for den umættede zone 57
- 9.3 Sammenligning af modellerede N-udbytter med oplyste N-udbytter 58
- 9.4 Diskussion 60
- 9.5 Perspektivering 61

10 Referencer 63

Bilag 1: Oversigt der viser LOOP afgrøder og hvilke Daisy afgrøder, der er anvendt ved simuleringerne 66

Bilag 2. Husdyrgødning i Daisy 67

Bilag 3. Faktorer for ammoniakfordampning anvendt i managerfilerne ved Opsætning af Daisy i Højvads Rende 71

Bilag 4 a. Teksturanalyse for jordhorisonterne i Højvads Rende 72

Bilag 4b. Retentionsanalyse og Daisy parametrene for jordhorisonterne i Højvads Rende 73

Bilag 4 c. Oversigt over jordparametre for lerede jorde, Jb 6 og Jb 7, i Jacobsen (1989) 74

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Konklusion

Højvads Rende oplandet er et af fem oplande, hvor der er foretaget modellering af vandtransporten og kvælstofudvaskningen fra rodzonen i oplandet. Hertil er anvendt rodzonemodellen Daisy, som er sat op på 6 jordvandsstationer i oplandet, hvorefter opsætningerne er anvendt på hele oplandet. Der er foretaget meget få kalibreringer af Daisy, og disse har så vidt muligt været ensartede for alle fem oplande. Til trods for den begrænsede brug af kalibrering har det været muligt at modellere en vandbalance, der for et større område er tilfredsstillende i forhold til målinger i vandløb. Endvidere er høstudbytterne modelleret tilfredsstillende i forhold til oplyste udbytter ved jordvandsstationerne. Ved oplandsmodelleringen er det imidlertid fundet, at udbyttet specielt af vinterhveden er noget undervurderet.

Den modellerede vand- og kvælstofbalance for rodzonen har efterfølgende været anvendt som input til den hydrologiske modellering i oplandet. Resultaterne herfra viser en rimelig god overensstemmelse mellem målte og simulerede værdier på oplandsskala, dog var vandafstrømningen til vandløbet lidt overestimeret og kvælstoftransporten lidt underestimeret.

Til oplandsmodellering i umættet zone i Højvads Rende er der specifikt behov for yderligere undersøgelser til belysning af udviklingen i jordens organiske puljer og denitrifikationen, og der er behov nærmere analyse af afgrødekalibreringen.

Sammenfatning

Under det nationale overvågningsprogram NOVANA er der siden 1990 gennemført detaljeret overvågning i fem små landbrugsoplande. Overvågningen i oplandene er tilrettelagt således, at det er muligt at opstille en dynamisk model for kvælstofudvaskningen fra rodzonen i oplandet. Formålet med modelopsætningen er at udvikle et redskab til beskrivelse af årsagssammenhænge for vand- og kvælstoftransport i oplandene, samt at frembringe et datasæt til gennemførelse af scenarieberegninger for ændret landbrugspraksis, klimaændringer mm. Denne rapport beskriver og dokumenterer opsætning af rodzonemodellen Daisy, i Højvads Rende oplandet på Lolland.

Det topografiske opland til Højvads Rende udgør 985 ha. Heraf er 65 % landbrug, 30 % skov, 1 % sø/mose og 4 % veje og bebyggelse. Jorden består overvejende af moræneler. Oplandet er et udpræget korndyrkningsområde. Der er kun få husdyr i oplandet. I 2003 blev der udbragt husdyrgødning svarende til 0,2 DE/ha. Mere end 70 % af landbrugsarealet er drænet.

Datagrundlag for oplandsmodelleringen

Overvågningen består af en årlig interviewundersøgelse vedr. landbrugsdriften på alle marker i oplandet, herunder information om afgrøder, så-, høst-, pløjetidspunkter, gødningstilførsel og høstudbytter. Endvidere gennemføres der måling på jordvandet i ca. 1 m's dybde ved seks jordvandsstationer og på vandløbsvandet ved udløb af oplandet. Herudover foretages pejling af grundvandsstanden ved jordvandsstationerne. Forud for overvågningens start i 1990 blev der gennemført en jordprofilbeskrivelse ved hver jordvandsstation samt ved enkelte øvrige punkter i oplandet.

Daisy modellen er en én-dimensionel model, der beskriver udvaskningen i et punkt. Til en modelkørsel skal der konstrueres tre input filer – en klimafil, en jordfil og en managerfil (fil med landbrugsdata). Der er anvendt én klimafil til hele oplandsmodelleringen, denne er baseret på griddata fra DMI. Managerfilerne er udarbejdet for hver enkelt mark i oplandet på baggrund af informationer fra interviewundersøgelsen. Til dette formål er udviklet et program, som omsætter interviewdata fra databasen for hele perioden 1990-2007 til Daisy-filer med den krævede struktur og syntaks.

Modelopsætning på jordvandsstationerne

Første trin i modelopsætningen for Højvads Rende oplandet er at sætte modellen op for jordvandsstationerne.

Der er opstillet en jordfil for hver jordvandsstation og Daisy er kørt med den tilhørende managerfil. En jordfil indeholder dels en beskrivelse af horisonterne i det øvre jordlag, dels en beskrivelse af de nedre randbetingel-

ser. DAISY-parametrene for jordhorisonterne er bestemt på baggrund af målinger af jordens tekstur og vandholdende evne fra jordprofilundersøgelsen og ved anvendelse af pedo-transferfunktionerne HYPRES og van-Genuchten. De målte volumenvægte i topjordene var ofte meget høje, hvorfor det har været nødvendigt at foretage tilpasninger. Der er ikke foretaget yderligere kalibrering af jordparametrene. De nedre randbetingelser er karakteriserede ved højtliggende grundvand. Dette er modelleret ved dræning, dvs. der er indlagt et vandstandsende lag (en aquitard) under rodzonen, og vandet er ledt bort gennem dræn. Grundvandsstandens placering og dynamik er kalibreret på plads i forhold til målinger af grundvandsspejlet og målt drænvandsafstrømning ved at justere på ledningsevnen i aquitarden, på drændybden og på drænafstanden.

Den modellerede kvælstofbalance ved jordvandsstationerne er analyseret ved sammenligning med målte N-koncentrationer i jordvandet samt oplyste udbytter. Med hensyn til afgrøderne er der søgt anvendt samme kalibrering for alle fem overvågningsoplande, og denne er begrænset til vinterafgrøder og vårbyg. For vinterafgrøderne var det nødvendigt med en tilpasning, idet DAISY ikke kunne håndtere sene såtidspunkter. For Højvads Rende viste det sig imidlertid, at det var nødvendigt at kalibrere vinterhveden til en højere vækstrate end i de øvrige fire oplande samt at undlade kalibrering af vårbyggen. Der er ikke foretaget nogen kalibrering af de organiske puljer i jorden.

Til modellering af ikke landbrugsarealer er der opstillet Daisy jordsøjler for humusjorde, vedvarende græs ved bebyggelse og skov. Ved disse opsætninger antages, at jordens organiske puljer er i nogenlunde ligevægt. For at opnå dette var det nødvendigt at sættes en del af det organiske materiale i en inert pulje i jordfilen; for skov udgjorde denne andel 99 %, for humusjord 85-90 % og for vedvarende græs 40 %.

Oplandsmodelleringen

Næste trin i modelleringen er at gennemføre en beregning for hele oplandet. Hertil er anvendt et sæt af geografisk relaterede kort. Med hensyn til jorden er der taget udgangspunkt i at hver jordvandsstation repræsenterer en specifik jordtype. På baggrund af jordtypekort fra DJF og jordartskort fra GEUS er jordvandsstationerne således bredt ud til hele oplandet. For landbrugspraksis findes et markkort for hele oplandet for hvert år, i alt 18 års markkort. Disse kort er stemplet sammen, og hver ny polygon repræsenterer en unik markstump med en tilhørende unik managerfil. Det nye markkort er yderligere stemplet sammen med kortet med jordvandsstationernes udbredelse. Hver ny polygon repræsenteres herved af en unik managerfil med en unik jordfil. Til slut er der lagt et 50x50 m² grid ned over oplandet. Daisy er kun modelleret for første gridpunkt i hver unik polygon for at spare på regnekraften, hvorefter der er gennemført en arealvægtning.

Vurdering af oplandsmodelleringen

Oplandsmodelleringen repræsenterer den samlede vand- og kvælstofbalance for oplandet. Resultatet heraf kan sammenlignes med målinger af vandløbstransporten, som ligeledes repræsenterer den integrerede

transport ud af oplandet. Resultaterne viser at dynamikken i vandafstrømningen fra rodzonen svarer fint til vandafstrømningen fra oplandet. Den gennemsnitlige årlige perkolation fra rodzonen blev opgjort til 192 mm, mens afstrømningen til Højvads Rende blev målt til 152 mm. Ved sammenligning til den nedstrøms liggende vandløbsstation Halsted Å blev der imidlertid målt en vandafstrømning på 217 mm. Herudfra blev det vurderet at vandbalancen så fornuftig ud.

Den modellerede kvælstofbalance for umættet zone i det topografiske opland til Højvads Rende viser, at der i gennemsnit for beregningsperioden blev tilført 110 kg N/ha pr. år, mens der blev fjernet 69 kg N/ha pr. år med afgrøderne, udvasket 28 kg N/ha og denitrificeret 25 kg N/ha pr. år. Endelig blev der modelleret en årlig nedgang i de organiske puljer på 9 kg N/ha.

Dynamikken i kvælstofudvaskningen fra rodzonen svarer godt til dynamikken i N-transporten til vandløbet. Den målte N-transport til vandløbet udgør ca. 50 % af rodzoneudvaskningen, hvilket skyldes, at der sker en omsætning af kvælstoffet i grundvandet, inden det når ud til vandløbet.

De modellerede høstudbytter for landbrugsarealet er i gennemsnit lidt lavere end de oplyste udbytter, henholdsvis 110 og 121 kg N/ha. Undervurderingen kan alene tilskrives kornafgrøderne, og specielt vinterhveden. Samme undervurdering blev ikke observeret ved jordvandsstationerne. Det er muligt, at der ved anvendelse af et bredere datamateriale for landbrugspraksis opstår forhold, som sammen med den tætte lerjord i Højvads Rende ikke kan håndteres i Daisy. Det skal i denne sammenhæng påpeges, at der er usikkerhed på både de modellerede og de oplyste udbytter.

Der er således behov for yderligere undersøgelser til belysning af afgrødekalkibreringen i Højvads Rende. Endvidere er der behov for nærmere at analysere udviklingen i jordens organiske puljer og denitrifikationen på tværs af de fem oplande.

1 Indledning

I landovervågningsprogrammet under NOVANA skal der i perioden 2004-2009 gennemføres modellering af vand- og kvælstofafstrømningen fra rodzonen (umættet zone) for 5 oplande. Højvads Rende på Lolland er et af disse oplande.

Oplandsmodelleringen i umættet zone er første del af opsætningen af en hydrologisk vand- og stoftransportmodel for oplandet. Anden del af arbejdet består i opstilling af en grundvandsmodel, som bærer vand og stof videre fra rodzonen til grundvand og vandløb. Herved kædes hele det hydrologiske kredsløb i oplandet sammen. Dette arbejde er udført af Alectia for Miljøcenter Nykøbing F og er rapporteret i en særskilt rapport (Alectia, 2009)

Oplandsmodelleringen i umættet zone gennemføres med rodzonemodellen Daisy. Udgangspunktet for modelleringen i Højvads Rende oplandet er opsætning af Daisy på 6 jordvandsstationer. Dette arbejde omfatter for hver station opsætning af en Daisy-jordsøjle samt udarbejdelse af en Daisy inputfil for landbrugspraksis for hele overvågningsperioden. Modelparametrene kalibreres ud fra målt grundvandsspejl, den målte nitratkoncentration i 100 cm under terræn samt landmændenes oplyste udbytter for de enkelte marker. Jordopsætningerne på jordvandsstationerne udbredes til hele oplandet, der udarbejdes Daisy inputfiler for landbrugspraksis for alle marker, og Daisy køres for hver enkelt mark. Modelresultaterne herfra valideres ved sammenligning med målt vandløbsafstrømning og kvælstoftransport fra oplandet. Opsætningerne på jordvandsstationerne i Højvads Rende er ensartet med opsætningerne i de øvrige 4 landovervågningsoplande.

Nærværende rapport dokumenterer opsætningerne af Daisy på de 6 jordvandsstationer i oplandet til Højvads Rende, samt beskriver metoden for oplandsmodelleringen og viser resultaterne heraf.

Den opstillede oplandsmodel for umættet zone har været anvendt til:

- Input til grundvandsmodellering i Højvads Rende
- Dokumentation af udviklingen i kvælstodudvaskning fra landbruget i forbindelse med midtvejsevalueringen af VMP III i 2008 (Waagepetersen et al., 2009)
- En foreløbig scenarieanalyse af effekten af klimaforandring i forbindelse med fokusafsnit ved rapporteringen af landovervågningsprogrammet for 2007 (Jensen et al., 2009)

2 Baggrund

2.1 Landovervågningsprogrammet

Landovervågningsprogrammet blev etableret i 1989/90 som en del af det daværende Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Formålet med landovervågningsprogrammet var at eftervise effekten af tiltag i landbruget på næringsstofafstrømningen fra landbrug. Landovervågningsprogrammet har således igennem hele perioden fra 1990 og frem til i dag været en vigtig datakilde i forbindelse med evaluering af de danske vandmiljøplaner. I 1991 blev Nitratdirektivet endvidere vedtaget, og i dag er landovervågningsprogrammet en forudsætning for Danmarks undtagelse fra Nitratdirektivet mht. husdyrtæthed på kvægbrug.

Landovervågningsprogrammet har fra starten været udformet med henblik på at kunne modellere kvælstofudvaskning fra rodzonen i oplandene, samt at opstille modeller / sammenhænge for hele vand- og stofkredsløbet i oplandene. Hidtil har der været anvendt empiriske sammenhænge og modeller hertil, og dette har vist sig velegnet til at eftervise effekten af gældende landbrugspraksis i forhold til nationale tiltag.

2.2 Krav til modelarbejde under Vandrammedirektivet

De fremtidige udfordringer i Vandrammedirektivet stiller imidlertid krav til at vi på et langt mere detaljeret plan kan vurdere effekten af tiltag inden for specifikke vandområder, hvorfor der er behov for at arbejde med langt mere detaljerede modeller. Allerede under NPO forskningsprogrammet i 1984-87 blev der arbejdet på at udvikle sådanne modelsystemer: Daisy modellen blev udviklet til at modellere kvælstofudvaskning fra rodzonen (Hansen et al., 1990), og det blev demonstreret, hvorledes hele vand- og stof kredsløbet kunne modelleres vha. af MIKE-SHE i oplande (Storm et al., 1990). Aktiviteterne i landovervågningsprogrammet blev udformet med henblik på at fortsætte arbejdet med oplandsmodellering. Det har imidlertid vist sig langt mere kompliceret end antaget i slutningen af 1980'erne. Men grunden blev lagt, og DMU, GEUS og miljøcentrene har i fællesskab under NOVANA-programmet taget udfordringen op.

Arbejdet falder i to dele:

- Opsætning af Daisy-modellen på jordvandsstationerne, og anvendelse af disse opsætninger til modellering af vand- og kvælstoftransport fra rodzonen (umættet zone) i hele oplandet
- Opsætning af en grundvandsmodel for oplandet, hvor vand- og kvælstoftransporten ud af rodzonen indgår som input til grundvandsmodellen (mættet zone)

De opstillede oplandsmodelsystemer i landovervågningsprogrammet kan anvendes til scenarieanalyser, herunder:

- Effekt af ændret landbrugspraksis på kvælstoftransporten til grundvand og vandløb
- Tidsforsinkelser for hvornår ændring i landbrugspraksis slår igennem i vandmiljøet
- Reduktionsforhold i vandkredsløbet under forskellige oplandsforhold
- Effekt af ændret klima

2.3 Denne rapport

Denne rapport beskriver arbejdet med oplandsmodellering i den umættede zone. Det specifikke mål med dette modelarbejde er:

- At dokumentere vandbalancen og kvælstofudvaskningen fra rodzonen samt udviklingen heri
- At frembringe et datasæt til scenarieanalyser af kvælstofudvaskningen fra rodzonen
- At frembringe et datasæt til input til modellering i mættet zone.

3 Indgangsvinkel til modelleringsopgaven

3.1 Koordinering af opgaven

Opsætningen af Daisy på jordvandsstationerne er foregået som et samarbejde mellem DMU, Miljøcentrene og Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet (LIFE). DMU har koordineret opgaven og udarbejdet skriftlige vejledninger for opsætningen af Daisy med henblik på at opsætningerne på alle jordvandsstationer blev nogenlunde ensartet. Undervejs i forløbet er der afholdt 3 workshops, hvor lektor Søren Hansen fra LIFE har undervist og vejledt omkring opsætningerne af Daisy.

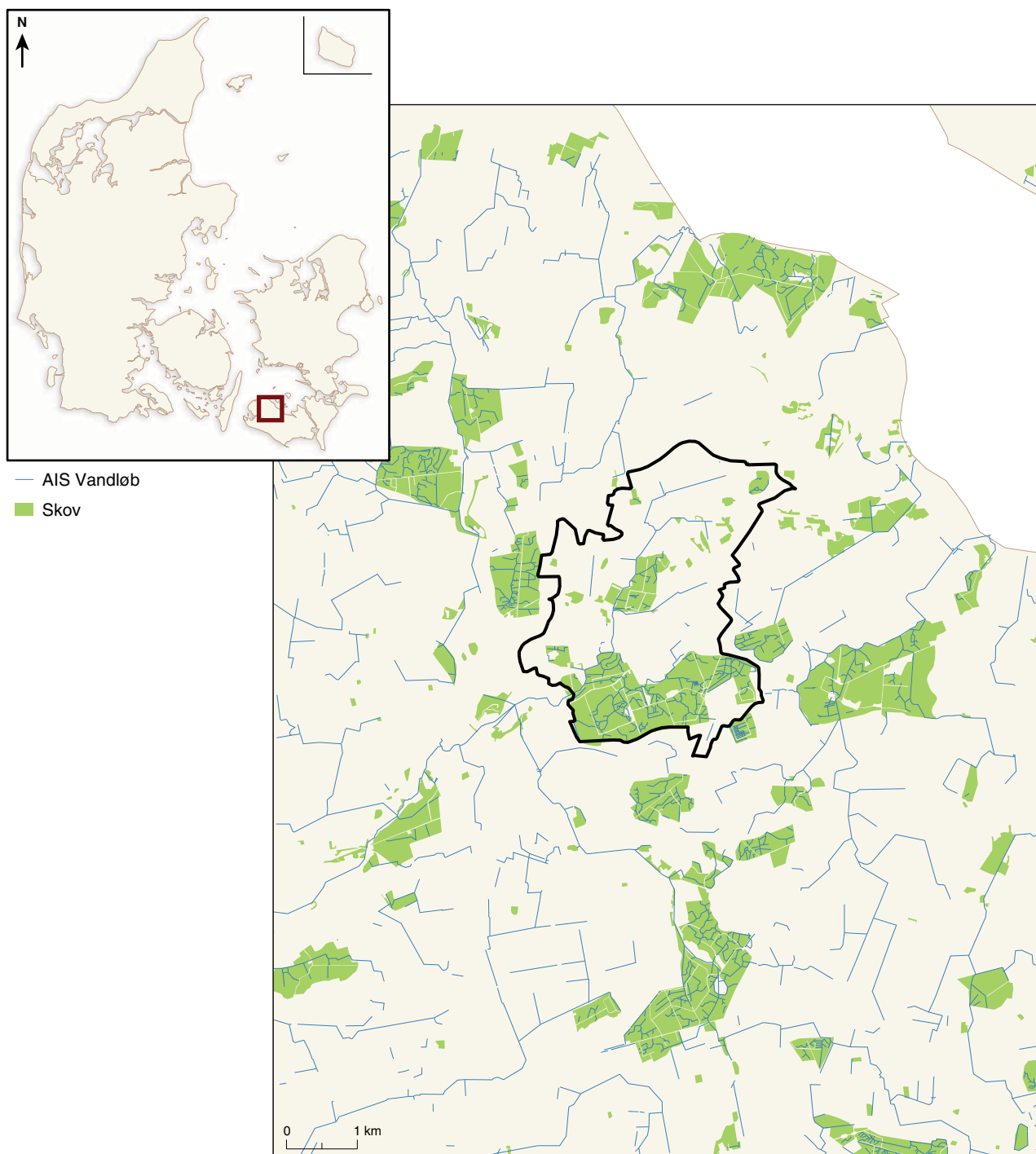
Arbejdet startede op i 2005, og opsætning af Daisy på jordvandsstationerne er sket på baggrund af data fra 1990-2003. Den efterfølgende anvendelse af Daisy-opsætningerne på hele oplandet er gennemført for perioden 1990-2007.

3.2 Henvisning til Daisy Standardiseringsprojektet

I 2004 blev resultatet af et såkaldt Daisy Standardiseringsprojekt publiceret (Styczen, et al, 2004). Heri er angivet en række anbefalinger og standardopsætninger, hvorfor den også kaldes DAISY- STÅBI. I vores modellering har vi trukket flere henvisninger til Daisy – ståbien og også anvendt opsætninger herfra, hvis det ikke var muligt at anvende målte værdier.

4 Landovervågningsoplandet Højvads Rende

I dette afsnit gives en introduktion til oplandet, mens der i kapitel 8 gives en mere udførlig beskrivelse af det kortmateriale der ligger til grund for oplandsmodelleringen.



Figur 4.1. Placering af oplandet til Højvads Rende.

4.1 Oplandets beliggenhed og topografi

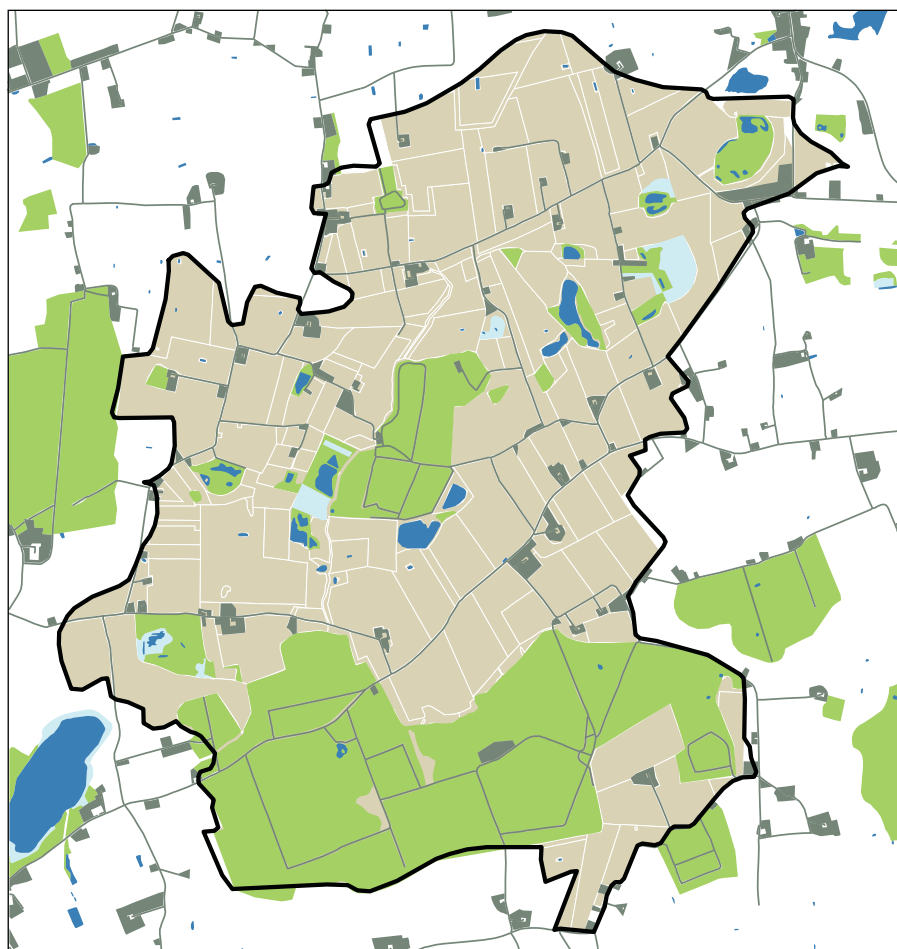
Oplandet til Højvads Rende ligger på Nord Lolland (figur 4.1). Det topografiske opland udgør 985 ha. Oplandet udgør et typisk moræne landskab, der gennemskæres af vandløbet Højvads Rende, som er rørlagt på den øverste strækning.

4.2 Arealanvendelse og jordtype

65 % af arealet er landbrug, 30 % er skov (fortrinsvis i den sydlige del af oplandet), 1 % er andet natur og 4 % er vej og bebyggelse (figur 4.2).

Den dominerende jordtype er klassificeret som sandblandet ler (59 %) efterfulgt af lerjord (11 %) (Jensen og Madsen, 1990). Mindre områder langs vandløbet og i den tidligere ådal er karakteriseret som humusjord (3 %). I henhold til indsamlede drænkort fra Hedeselskabet er knap 70 % af landbrugsarealet er drænet. I følge interview af landmændene findes der dog yderligere drænedede arealer. Store dele af skovarealet er grøftet.

- Veje
- Skov
- Vådområde
- Sø
- Bebyggelse
- Markkort



Figur 4.2. Arealanvendelse i oplandet til Højvads Rende.

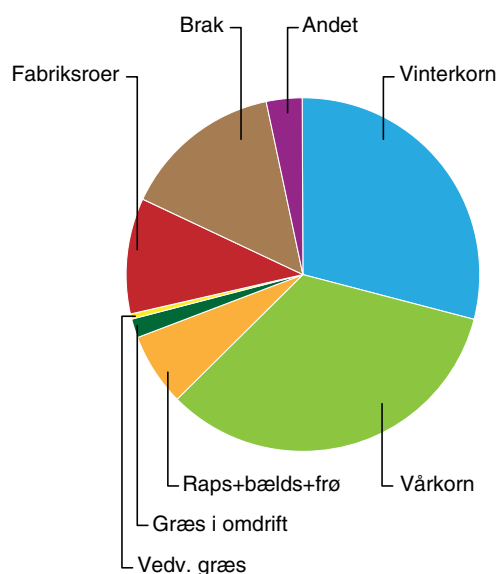
4.3 Landbrugspraksis

Landbruget er karakteriseret ved at være et udpræget korndyrkningsområde. Afgrødefordelingen i 2003 bestod af hvede (30 %), vårkorn

(33 %), fabriksroer (11 %), græs i omdrift og vedvarende græs (2 %), andre afgrøder (9 %) og brak (15 %) (figur 4.3).

Der er kun få husdyr i oplandet. I 2003 blev der udbragt husdyrgødning svarende til 0,2 DE/ha.

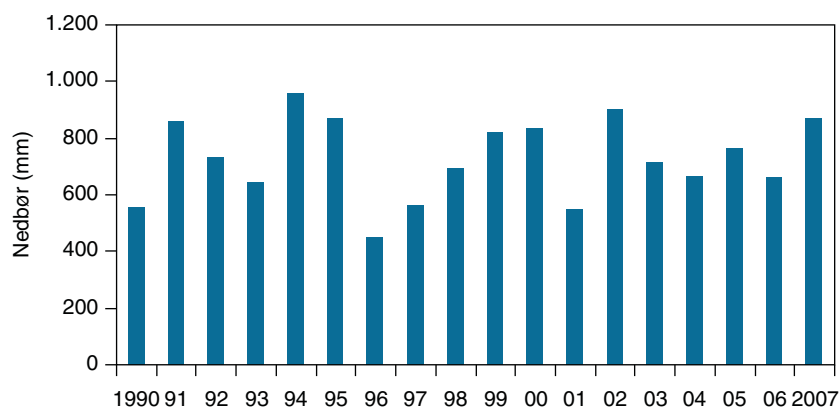
Figur 4.3. Afgrødefordelingen i Højvads Rende oplandet, 2003.



4.4 Nedbørsforhold

I overvågningsperioden (1990-2007) har den gennemsnitlige nedbør ligget på 741 mm (korrigeret til jordoverfladen). Der har dog været store årlige variationer som vist i figur 4.4.

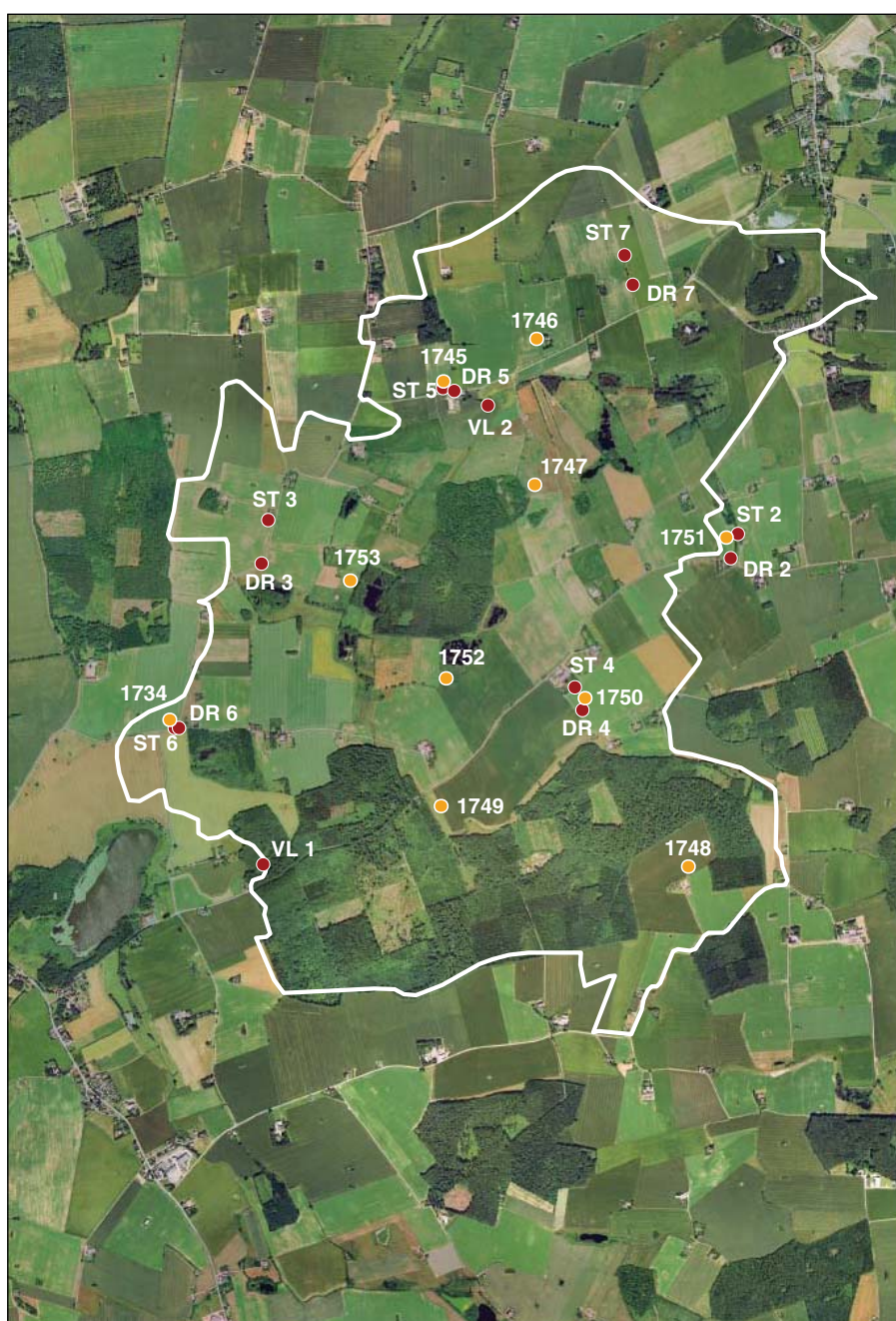
Figur 4.4. Korrigeret årlig nedbør (1990-2007) fra 10 km klimagrid i oplandet til Højvads Rende.



5 Data fra landovervågningsprogrammet

Som tidligere nævnt blev landovervågningsprogrammet etableret i 1989/90, og der forelå i 2007 en måleserie på 18 år. Overvågningen består af årlig interviewundersøgelse af landbrugspraksis samt målinger i samtlige dele af vandkredsløbet. Der måles løbende næringsstofkoncentrationer i jordvandet og i det øvre grundvand ved 6 jordvandsstationer (ST) samt næringsstoftransport i vandløbet (VL) (figur 5.1). Målinger i vandløbet integrerer de samlede afstrømningsbidrag fra oplandet til overfladevand. Desuden er jordens egenskaber på jordvandsstationerne undersøgt ved en jordprofilundersøgelse i 1990 (Jensen og Madsen, 1990).

Figur 5.1. Flyfoto af oplandet til Højvads Rende med målestationernes placering. VL er vandløbsstationer, ST er jordvandsstationer, DR drænstationer og numrene refererer til profilmålinger.



Resultater fra overvågningen rapporteres årligt som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og NAturen (NOVANA) (Grant et al., 2009).

5.1 Landbrugsdata

Interviewundersøgelsen omfatter indsamling af oplysninger fra landmændene om afgrøder, tidspunkter for såning, høst og pløjning, tidspunkter og mængder af gødningstildeling samt høstudbytter af hovedafgrøder, efterafgrøder og halm. Data er indberettet af amtet/miljøcenteret via IMARK indberetningsproceduren for perioden 1990-1998 og via et tilrettet Bedriftsløsningsprogram (DLBRIT') siden 1998. Data er lagret i AGRI databasen, som administreres af DMU.

Landmændene giver som nævnt oplysning om høstudbytter, og det beregnes hvor meget kvælstof der fjernes fra markerne i henhold til normal for næringsstofindhold i afgrøderne (Landsudvalget for kvæg, 1993, 1995, 2000; Dansk Kvæg, 2005, Grant, 2002).

I forbindelse med den årlige interviewundersøgelse udarbejder Miljøcentrene et digitalt, GIS baseret oplandskort (markkort) med oplysninger om de enkelte markers placering. Kortene opdateres i forhold til ændringer af skelgrænser, sammenlægninger og/eller opdelinger af marker. Endvidere fyldes kortene helt ud med oplysning om øvrig arealanvendelse baseret på miljøcentreres indberetning. Arealanvendelsen beskrives med AIS-koder fra AIS-kortlægningen (Nielsen et al, 2000) (figur 4.2). Til markkortene hører attributtabeler med oplysninger om de enkelte arealenheders (polygoners) ejendomsnummer, marknummer, arealtype (arealanvendelse) og areal. I AGRI databasen er data identificeret ved tilsvarende ejendomsnummer og marknummer, således at der kan skabes et link mellem kort og data.

Oplandskortene danner basis for oplandsmodelleringen.

5.2 Profilanalyser

I forbindelse med etablering af overvågningsprogrammet i 1989/90 blev der foretaget en profiludgravning ved jordvandsstationerne samt ved enkelte øvrige lokaliteter i oplandet (figur 5.1). Der blev gennemført en beskrivelse af jordhorisonterne samt udtaget jordprøver til bestemmelse af horisonternes tekstur (partikelstørrelsesfordeling), humusindhold og C/N forhold. Endvidere blev der for hver horisont udtaget ringprøver af jorden i naturlig lejrning til bestemmelse af jordens volumenvægt og vandbevarende egenskaber (retentionskurver – d.v.s. vandindhold ved pF værdier 1, 1,5, 2, 3 og 4,2). Profilmålingerne udgør baggrundsdata for opsætning af jordsøjlerne til Daisy modelleringen.

5.3 Jordvandsmålinger

I overvågningsprogrammet foretages kemisk analyse af jordvandsprøver med det formål at beregne udvaskning af kvælstof og fosfor fra rodzonen (Miljøstyrelsen, 1989).

Der er i 1989 etableret 6 jordvandsstationer i oplandet (figur 5.1). Hver jordvandstation er etableret med 10 tensiometerceller (sugeceller) placeret under rodzonen i ca. 100 cm dybde. Cellerne er fordelt i strenge i et V-formet mønster inden for et areal på ca. 100 m² (DMU, 2005).

Der udtages prøver ugentlig i afstrømningsperioden (september-juni), og i sommerperioden udtages prøverne månedlig såfremt der er vand i sugecellerne. Prøverne analyseres for næringsstofindhold (pH, nitrat, ammonium, total N, ortho P og total opløst P). Vandafstrømningen (perkolationen) fra rodzonen modelberegnes på døgnniveau. Kvælstofudvaskningen beregnes på baggrund af en afstrømningsvægtet interpolation af N-koncentrationerne og den modellerede perkolation. Grundvandsstanden ved jordvandsstationerne pejles ved hver prøvetagning. Jordvandsdata anvendes til kalibrering af Daisyopsætningen på jordvandsstationerne.

5.4 Vandløbsmålinger

Der foretages afstrømningsmåling og kemisk analyse på vandløbsvand med det formål at kunne beregne vandafstrømning fra oplandet, samt at beregne transporten af kvælstof og fosfor, der strømmer fra oplandet.

Der er etableret én hovedvandløbsstation, som repræsenterer den totale næringsstoftransport fra oplandet. Vandafstrømningen måles kontinuerligt. Der udtages punktprøver fra vandløbsstationen hver 14. dag samt puljede intensivprøver hver uge. Prøverne analyseres for næringsstofindhold (nitrat-/nitrit, ammonium, total N, ortho-P, total P). Vandføringer og kvælstoftransport beregnes af amt/miljøcenter pr. døgn.

5.5 Klimadata

Det er i NOVANA aftalt at der i hele overvågningsprogrammet skal anvendes klimadata fra DMI's gridnet. Der er således hentet data hjem for døgnedbør fra 10*10 km² grid 10472, og temperatur og global indstråling 20*20 km² grid 20139. Nedbørsdata korrigeres til jordoverfladen i henhold til Allerup, 1998.

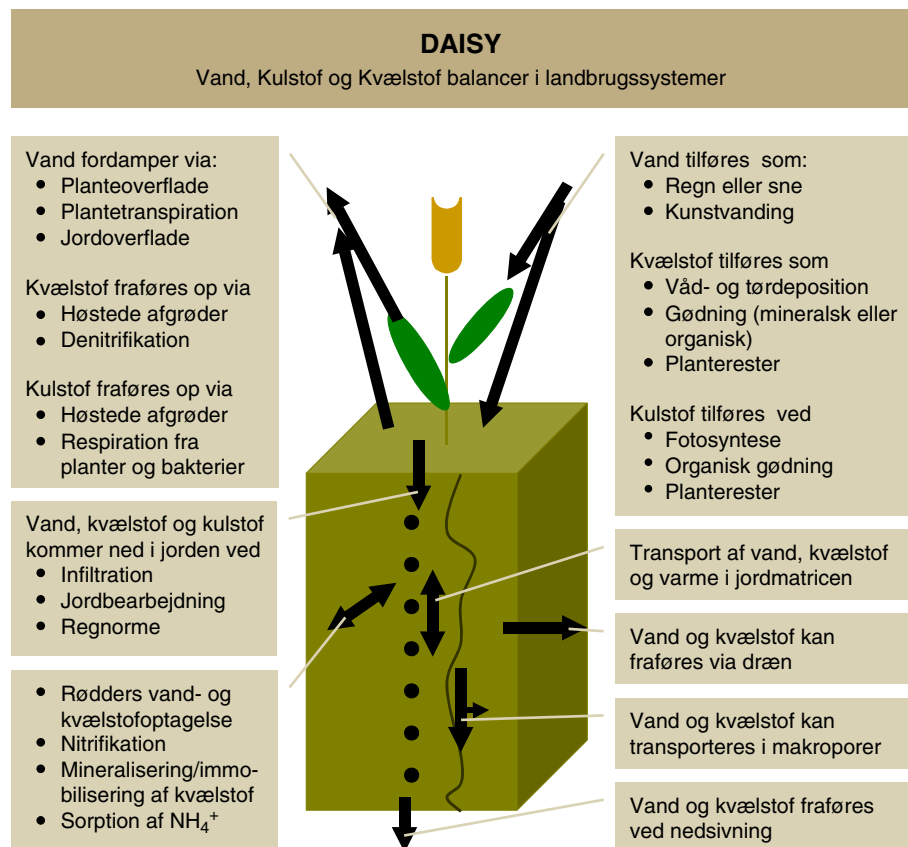
6 Modelleringsværktøj

6.1 Daisy modellen

Rodzonemodellen Daisy er en endimensionel dynamisk procesorienteret model (Hansen et al., 1991; Abrahamsen & Hansen, 2000). Modellen drives af vejrdata, og den kræver parametre for henholdsvis jord og vegetation, samt data om dyrkningspraksis, herunder sædskifte, gødskning, vanding og jordbehandling (Styczen et al., 2004).

Modellen beskriver transport af vand samt transport og omsætning af kvælstof og kulstof i atmosfære, plante og jord-systemet for den umættede zone (figur 6.1). Dokumentation af Daisy model og versioner findes på <http://www.dina/~daisy>. Daisy-modellen er under konstant udvikling hvorved der løbende udvikles nye versioner. Der er til oplandsmodelleringen anvendt version 3.68.

Figur 6.1. Diagram over Daisy-model.



6.2 Daisy Input

At Daisy er endimensionel betyder, at Daisy ikke som udgangspunkt kan simulere balancer for arealer. Daisy kan kun simulere punkter eller søjler som det ofte kaldes. Betegnelsen en "Daisy-søjle", dækker over alle de elementer der indgår i en Daisy simulering. Det vil sige landbrugspraksis, jordbundsforhold og klima i et punkt. Til hver kørsel af en DAI-

SY-søjle laves en setupfil som henter nødvendige data via nogle inputfiler (figur 6.2). De vigtigste inputfiler er managerfil, jordfil og klimafil som beskrives i de følgende afsnit. Foruden de nævnte inputfiler, skal der i setup filen ligeledes være reference til en lang række biblioteksfiler. Biblioteksfilerne indeholder definitioner på fx jordbearbejdning, forskellige gødningstyper og output filer.

6.3 Managerfil

En managerfil er en inputfil til Daisy, som definerer landbrugspraksis for den pågældende Daisy søjle. Managerfilen indeholder oplysninger om alle forhold, der vedrører landbrugspraksis, fx afgrøder, type og mængde af gødning samt tidspunkter for alle markoperationer i hele den periode, der skal modelleres. Data til managerfilen hentes fra Databasen AGRI, der indeholder data fra interviewundersøgelsen foretaget i oplandet (se kapitel 5.1). I managerfilen registreres markoperationer på timebasis.

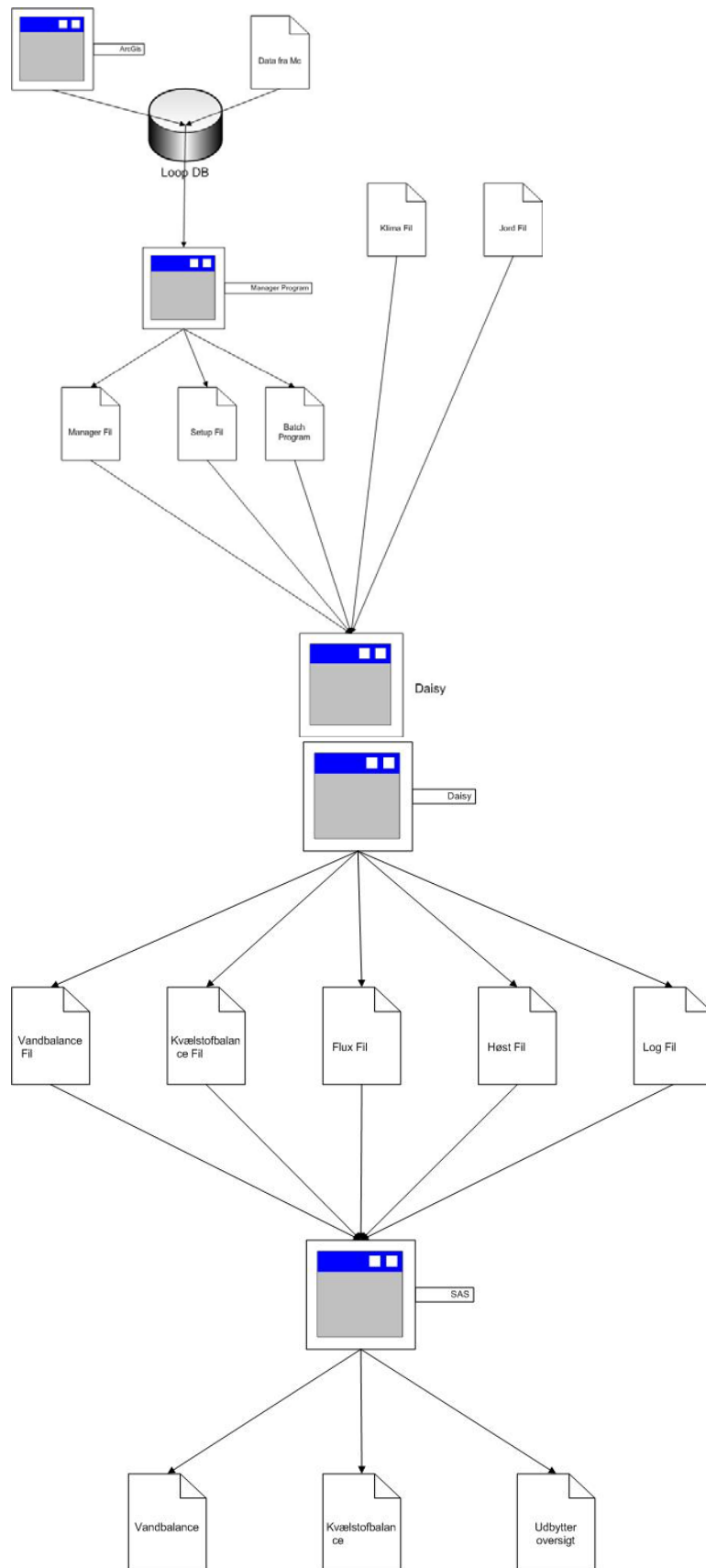
6.3.1 Managerprogram

DMU har udviklet et program, som automatisk trækker data ud fra databasen og lægger data over i en managerfil med den struktur, nomenklatur og syntax, som kræves i Daisy.

Programmet tjekker, om der er afgrøder hvert år. Hvis der mangler et enkelt år, indsættes en vårbyg med standardhændelser, herefter betegnet "Vårbyg standard".

Udvikling af programmet til automatisk opsætning af managerfiler har budt på en del problemstillinger, idet data fra AGRI databasen ikke umiddelbart har kunnet lægges ind i DAISY strukturen. Dette skyldes, at målsætning og krav i interviewundersøgelsen og i DAISY er forskellige (tabel 6.1).

Figur 6.2. Diagram der viser DAISY modelleringen og bearbejdning af resultater.



Tabel 6.1. Gennemgang af hvordan data fra interviewundersøgelsen anvendes i de årlige rapporter i NOVANA og i Daisymodelleringer.

LOOP interviewdata i rapportering	LOOP interviewdata i DAISY
Data fra interviewundersøgelsen anvendes til opgørelse af landbrugspraksis i det enkelte år for bedrifterne i oplandet. Der ønskes oplysning om så mange marker i oplandet som muligt for at få det bedste datamateriale til opgørelse af udviklingen i landbrugspraksis for oplandet.	Daisy arbejder på én mark igennem et helt sædskifte. Den til tider mangelfulde historik i interviewdata byder på særlige problemstillinger.
Nomenklatur for afgrøder og gødninger er defineret i indberetningsprogrammet DLBRIT', og følger den nomenklatur, som anvendes i landbrugets Bedriftsløsningsprogram	Nomenklatur for afgrøder og gødninger skal omdannes til DAISY nomenklaturen. Daisy har kun et begrænset antal afgrøder og gødninger, derfor må der foretages en række antagelser.
Fokus i interviewundersøgelsen er anvendelse af gødninger. Der er lagt mindre vægt på tidspunkter for såning, høst og pløjning.	Tidspunkter for såning, høst og pløjning i DAISY er afgørende for en korrekt modellering, dels i forhold til at tidspunkterne ikke konflikter, dels i forhold til den modellerede udvikling af afgrøderne. Tjek af kronologi og tilpasning af data er nødvendig.

I managerprogrammet er der foretaget en række valg mht. parametre, der indgår i managerfilen. Disse valg gennemgås i afsnit 6.3.2-6.3.7.

Nedenfor er vist et eksempel på et udsnit af en managerfil

```
(defection "LOOP1_St" activity
(wait (at 2004 9 20 0)) (plowing)
(wait (at 2005 9 21 2)) (sow "Vinterhvede sen" )
(wait (at 2005 4 17 1)) (fertilize ( mineral ( weight 108.24)
(NH4_fraction 0.5))) ;NS 25- 5 (amm.nitrat)
(wait (at 2005 5 7 1)) (fertilize ( slurry (weight 20.87) ;slagtesvin_gylle
(dry_matter_fraction 0.054)
(total_N_fraction 0.09)
(total_C_fraction 0.4)
(NH4_fraction 0.75)
(volatilization 0.2) )
(from 0) (to -1) );Korrektionsfaktor 1
(wait (at 2005 8 20 0)) (harvest "Vinterhvede sen"
(sorg 0.99)(leaf 0.7 ) (stem 0.7)(stub 10.0 [cm]))
(wait (at 2006 4 10 5)) (plowing)
(wait (at 2006 4 12 5)) (sow "Vaarbyg Helsaed" )
(wait (at 2006 4 12 7)) (sow "Kloevergraes" )
(wait (at 2003 3 21 1)) (fertilize ( mineral ( weight 140)
(NH4_fraction 0.5))) ;NS 24- 6
(wait (at 2006 7 26 1)) (harvest "Vaarbyg Helsaed"
(sorg 0.9)(leaf 0.9 ) (stem 0.9)(stub 5.0 [cm]))
(wait (at 2006 7 26 3)) (harvest "Kloevergraes"
(sorg 0.9)(leaf 0.9 ) (stem 0.9)(stub 5.0 [cm]))
```

6.3.2 Opvarmningsperiode

Det anbefales, at der inden den egentlige simuleringsperiode køres en 10 års opvarmningsperiode med et sædskifte svarende til det i simuleringsperioden (Styczen et al. 2004). Opvarmningsperioden skal sikre, at vand, ammonium- og nitratindhold har indstillet sig på den aktuelle dyrkningspraksis fra starten af simuleringsperioden. I oplandsmodelleringen er opvarmningsperioden defineret ved at anvende sædskiftet fra 1990 til 1994 og køre det to gange forud for modelleringsperioden. Det vil sige, at simuleringen starter i år 1980, men der analyseres kun på resultater fra perioden 1990 til 2007. De første 5 års sædskifte er valgt fordi gødningspraksis i disse år antages at svare til årene forud for 1990. Opvarmningsperioden er kørt med klima fra perioden 1991-2000

6.3.3 Definition af afgrøder

Det er til oplandsmodelleringen besluttet at anvende 12 forskellige Daisy afgrøder. Fortrinsvis fordi det er de 12 afgrøder, der er bedst dokumenteret i Daisy, og dels for at bevare overblikket over de afgrøder, der simuleres. De anvendte afgrøder er vårbyg, vinterbyg, vinterhvede, rug, vårraps, vinterraps, ærter, majs, foderroer, sukkerroer, kartofler og græs. Der forekommer dog også andre afgrøder i landovervågningsoplandene, og disse skal derfor henføres til en af de 12 afgrøder. De afgrøder, som ikke typisk hører under en af Daisy afgrøderne, defineres som en 'Vårbyg standard'. De indrapporterede oplysninger kan imidlertid have nogle hændelser (pløjning, såning og høst), som er i konflikt med en vårbyg. Derfor slettes hændelserne og erstattes med standardværdier for vårbyg (Styczen et al. 2004). Gødskningen på marken bibeholdes. I Bilag 1 er der en oversigt over, hvilke afgrøder der henføres til de 12 afgrøder. Overordnet er der anvendt følgende antagelser:

- For en hovedafgrøde som består af mere end én afgrøde, f.eks. vårbyg/ært, defineres kun én DAISY afgrøde (her vårbyg).
- Græs, kløvergræs, frøgræs, kløverfrø og brak modelleres alle som græs. Kløvergræs modelleres ved, at N-fikseringen defineres som en fiktiv handelsgødningstildeling på 70 kg N/ha fordelt i to portioner henholdsvis 1/5 og 1/7. Kløverfrø modelleres ligeledes som græs, hvor N-fikseringen defineres som en fiktiv handelsgødningstildeling på 200 kg N/ha fordelt i to portioner henholdsvis 1/5 og 1/7.
- Hvis hovedafgrøden er korn m. udlæg, defineres en efterafgrøde (nr. 2 afgrøde) som en græsafrøde, der sås sammen med kornet.
- Hvis hovedafgrøden er helsæd og grønkorn antages, at der altid er et udlæg, dvs. der defineres en græsafrøde, der sås sammen med kornet.

6.3.4 Høst

Ved høst af afgrøder skal det defineres, hvor stor en andel af afgrøden der fjernes. Det høstede opdeles i tre kategorier blad(leaf), stængel (stem) og kerne/rodfrugt (sorg). Desuden angives en stubhøjde (stub). Følgende definitioner er anvendt for de modellerede afgrøder.

- Korn, raps og ært: 99 % af kernen fjernes. Hvis halmen fjernes defineres det, at 70 % af stængel og blade fjernes. Der anvendes en stubhøjde på 10 cm
- Foderroer: 99 % af roden og 70 % af toppen fjernes

- Fabriksroer: her skelnes mellem top fjernet (99 % af roden og 70 % af toppen fjernes) og top nedmuldet (99 % af roden fjernes)
- Grønkorn og helsæd: 80 % af blade, stængler og kerne fjernes
- Silomajs: 95 % af kerne, stængler og blade fjernes.
- Frøgræs og kløverfrø: 99 % af kernes fjernes. Hvis halmen fjernes defineres det at 70 % af stængel og blade fjernes. Der anvendes en stubhøjde på 10 cm.
- Kløvergræs og græs: Der skelnes ikke mellem slet og afgræsning. Eventuelle høstdatoer i AGRI-databasen for slet anvendes ikke, derimod defineres, at Daisy skal høste, når græsset har nået en tørstofproduktion på 4000 kg/ha eller ved et fastsat udviklingstrin. Dette gælder både for efterafgrøde og hovedafgrøde. Efterafgrøden høstes dog kun hvis det i interviewdataene er oplyst at efterafgrøden anvendes. I så fald høstes afgrøden desuden altid den 1/11. Andelen af blade, stængel og frø som fjernes ved høst af en græsafrøde er sat til 60 %, og der anvendes en stubhøjde på 10 cm. For græs som hovedafgrøde og efterafgrøde, som ikke anvendes, sker der endvidere en afpudsning den 1/11, dvs. en høst uden at græs fjernes.

6.3.5 Handelsgødninger

Handelsgødningstildelinger fra interviewundersøgelsen defineres ved daisykoden 'mineral', herudover er der indføjet en information om gødningstypen. Mængden er givet i kg N/ha. Der skal også defineres en ammonium-andel for DLBRIT' data (i henhold til Håndbog for Plantedyrkning). Som beskrevet i kapitel 5.1 er landbrugsdata indberettet i to forskellige formater: For IMARK's data er handelsgødningens navn ikke altid givet, og der er en lang række forskellige typer. Her er det valgt at anvende en ammoniumandel på 0,5; dog hvis gødningen også findes i DLBRIT', anvendes ammoniumfraktionen herfra.

6.3.6 Husdyrgødninger

Husdyrgødningstildelinger defineres ved daisykoden 'slurry', som er grundkoden for organisk gødning. Herudover har vi i managerfilen indføjet en information om gødningstypen. I AGRI-databasen kender vi N-mængderne, mens DAISY kræver husdyrgødningen angivet i vådvægt (tons/ha). N-mængderne omregnes derfor ud fra formlen: $N \text{ mængde} / (\text{Tørstof fraktionen} * N \text{ fraktionen i tørstof} * 1000)$.

I managerfilen angives tørstofindholdet (dry_matter_fraction) samt fraktionen af total N (total_N_fraction), ammonium (NH₄_fraction) og kulstof (total_C_fraction) i tørstoffet. Endvidere angives ammoniakfordampningen i % af total N indholdet. I AGRI-databasen er husdyrgødningernes N-indhold beregnet ud fra de husdyrgødningsnormer, som har været gældende de enkelte år. Da normtallene for 1990-1998 efterfølgende er blevet genberegnet, ganges en korrektionsfaktor på for at opdatere N mængderne i databasen til de genberegneede normtal (Bilag 2). Korrektionsfaktoren er angivet som en overordnet faktor for gødnings-typen opdelt på kvæg og svin, hvis denne information foreligger, men uafhængig af staldtype og dyrekategori. Korrektionsfaktoren har vi skrevet ind i managerfilen som en kommentar (se eksempel i managerfil).

6.3.7 Ammoniakfordampning

Ammoniakfordampning i forbindelse med udbringning af husdyrgødning afhænger af en række faktorer og varierer fra 2-31 %. Værdien for den enkelte gødningstildeling er bestemt ved oprettelse af managerfilen i forhold til følgende faktorer:

- Gødningstypen (fast, flydende gødning)
- Afgrøden (vinterraps, vinterafgrøde, forårssået afgrøde, græs)
- Tidspunktet for udbringning.
- Betingelsen (før/efter såning, før/efter høst) - før såning antages, at gødningen nedpløjes, efter såning antages gødningen givet til voksende afgrøde)
- Udbringningsmetoden (bredspreddning, nedfældet, slæbeslanger).
- For udbinding anvendes de beregnede udbindingsmængder der ligger i databasen. Udbindingsmængden til efterafgrøder gives den 1/9, mens udbindingsmængden til hovedafgrøden deles i to portioner og gives henholdsvis 1/5 og 1/7. Fordampningen er antaget at svare fordampningen fra kvæggylle givet til græs med udbringningsmåden bredspreddning.

Koefficienterne for ammoniakfordampning for de enkelte afgrøder er angivet i bilag 3.

6.4 Jordfil

Jordfilen i Daisy indeholder parametre, der beskriver jordens tekstur og vandbevarende forhold. En jordfil indeholder en definition for hver horisont i profilbeskrivelsen. For hver af de identificerede horisonter skal der konstrueres en hydraulisk opsætning (*defhorizon*), som nedenstående eksempel viser. For hver jordprofil samles horisonterne til en sammenhængende beskrivelse i en kolonne (*defcolumn*-beskrivelse). I denne beskrives horisonternes vertikale udstrækning, og den nedre rand defineres. Der er for hver jordvandsstation lavet en kolonne ud fra beskrivelser i Jordprofilundersøgelsen i 1990 (Jensen og Madsen, 1990).

6.4.1 Jordhorisonter

Eksempel på en *defhorizon*- og *defcolumn*-beskrivelse.

```

(defhorizon "Ap L1St4" default
(dry_bulk_density 1.63 [g/cm^3])
(clay 0.139 [])
(silt 0.308 [])
(fine_sand 0.182 [])
(coarse_sand 0.35 [])
(humus 0.021 [])
;(SOM_fractions -1 -1 0.4)
(C_per_N 9.9 [g C/g N])
(hydraulic M_vG
(alpha 0.0594)
(n 1.153)
(K_sat 0.896)
(Theta_sat 0.362)
(Theta_res 0.0)
(l -2.61))
)
(defcolumn "L1St4_gv2" default
(Soil
(MaxRootingDepth 110 [cm])
(horizons
(-26 [cm] "Ap L1St4")
(-66 [cm] "B2t L1St4")
(-450 [cm] "2C1og L1St4")))
(OrganicMatter (init (input 2888 [kg C/ha/y])))

(Groundwater pipe
(L 12 [m])
(K_aquitard 5.0E-4)
(pipe_position -100)))
)

```

Data til opsætning af de enkelte horisoners teksturfordeling, humus- og C/N-indhold er fra den førnævnte jordprofilundersøgelse i 1990 (Bilag 4 a). Opsætning af jordens hydrauliske parameter er foretaget ved at fitte de målte pF værdier til van Genuchten parametrene n, alfa, theta s og theta r i et iterationsprogram. Den fysiske mening af disse parametre er:

- n (fortæller noget om porestørrelser)
- alpha (luftindtrængningsværdien)
- theta (vandindhold – mættet (s) og residual (r))

Desuden defineres jordens mættede hydrauliske ledningsevne (K_s) og l værdi ((poreturrositet – 'krogethedsfaktor') ud fra jordens tekstur og volumenvægt ifølge HYPRES (HYdraulic PROPERTIES of European SOils)(Wösten et al., 1999). Den umættede hydrauliske ledningsevne skal helst være omkring 10^{-8} - 10^{-9} m/s ved pF 2 og omkring 10^{-14} m/s ved pF 4,2 (S. Hansen, pers med). Oversigt over anvendte jordparametre i Daisy-modelleringen fremgår af Bilag 4 b.

Daisy modellen er kalibreret til jorde med humusindhold på ca. 2,0-3,0 %. Hvis den jord der skal modelleres har et højere humusindhold, vil der være behov for at kalibrere på jordens humuspuljer, hvor

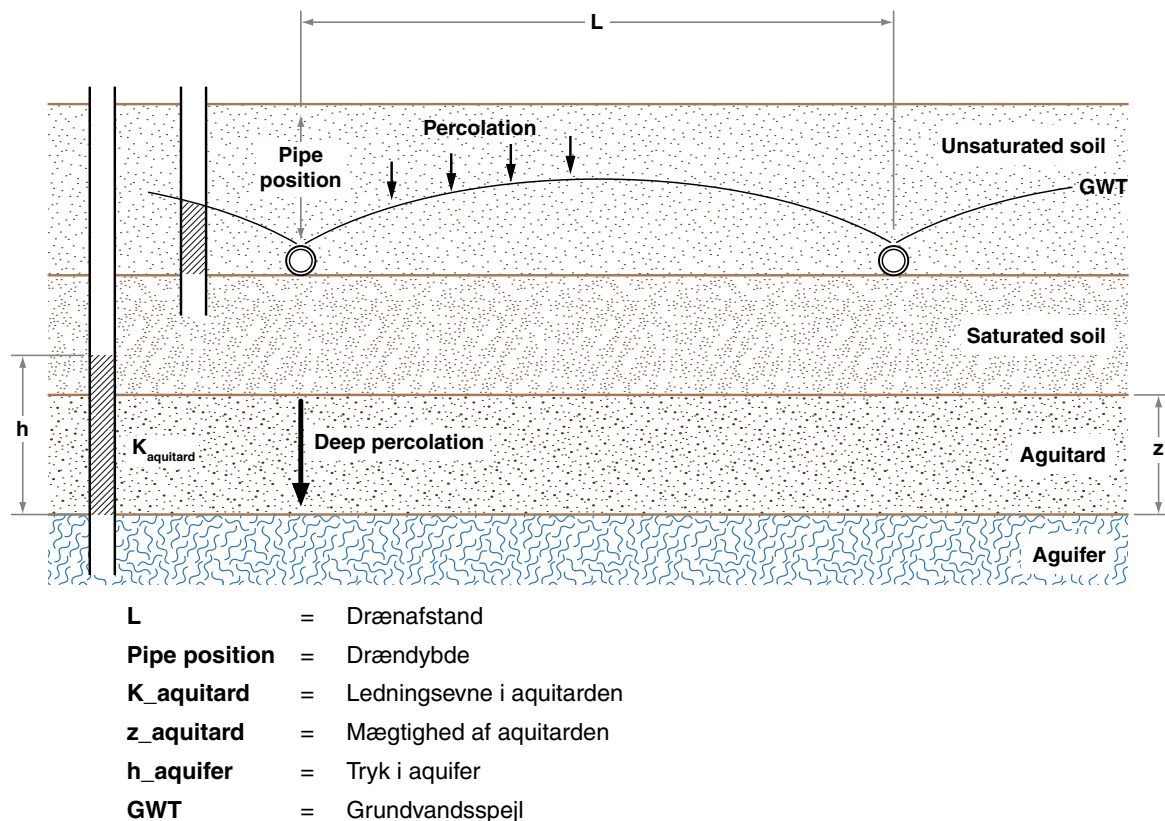
- SOM1 - hurtig omsættelig pulje
- SOM2 – langsom omsættelig pulje
- SOM3 – inert pulje

6.4.2 Nedre rand

Bunden af rodzonen betegnes den nedre rand. Denne fastlægges ud fra grundvandsniveauet. Den nedre rand er defineret i *defcolumn*. Der kan være tale om:

- Fri afdræning med dybt grundvandsspejl (defineres som Groundwater deep)
- Dræning, hvor grundvandsniveauet modelleres med et vandstandsende lag og herover dræn. Drænparametrene bestemmer grundvandsspejlets beliggenhed (defineres som Groundwater pipe – figur 6.3).
- Fasthold grundvandsspejl (defineres som Groundwater fixed).
- Grundvandsniveau bestemt gennem en inputfil med målt grundvandsstand (defineres ved Groundwater file "sti til filnavnet").

I modelleringen i Højvads Rende er alene anvendt dræning.



Figur 6.3. Oversigt over parametre der skal defineres ved opsætning af nedre rand med dræn.

6.5 Klimafil

Klimafilen i Daisy indeholder døgnværdier for nedbør, temperatur og globalindstråling for modelleringsperioden. Daisy foretager korrektion

af nedbøren for vind og opfugtningstab med lækategori B ifølge håndtal for DMI's anbefalinger (Allerup et al., 1998).

6.5.1 Deposition

Depositionsparametrene i Daisy angives i klimafilene. Depositionsparametrene er følgende:

- NH4WetDep: 0.9 ppm [10^{-6} kg m⁻² mm⁻¹]
- NH4DryDep: 2.2 kg N/year
- NO3WetDep: 0.6 ppm [10^{-6} kg m⁻² mm⁻¹]
- NO3DryDep: 1.1 kgN/year

Heraf fremgår, at depositionen er opdelt i en våd andel, som er den mængde ammonium og nitrat der tilføres jorden via nedbøren, samt en tør andel, som er afsætning af ammonium og nitrat med vinden.

6.6 Daisy output

Daisy kan generere mange forskellige typer af output (Resultater). Hvilke output filer, der ønskes udskrevet, defineres i Setup-filen. Til oplandsmodelleringen har vi defineret fire typer output:

Høst: Indeholder informationer om de simulerede udbytter for de enkelte år. Udbytterne angives både for kvælstof og tørstof og fordelt på henholdsvis stængel, blade, frø samt dødt organisk materiale.

Kvælstofbalance: Indeholder årlige værdier (agrohydrologisk år 1. april – 31. marts) for alle parametre, der har betydning for kvælstofbalancen, fx tilført gødningsmængde, omsætning af organisk stof og tab ved udvaskning fra rodzonen, denitrifikation og ammoniakfordampning. De enkelte poster er angivet både for Nitrat-N og Ammonium-N.

Vandbalancen: Indeholder årlige værdier (agrohydrologisk år 1.april – 31.marts) for alle parametre der har betydning for vandbalancen, fx nedbørsmængde, vandmængde tilført ved vanding, fordampning fra jord og vegetation, og perkolation.

Flux: Indeholder daglige værdier for transporten af vand og kvælstof ud af en 1 meters dybde.

6.7 Modellens anvendelighed

Den kvalitet, som inputdata til modellen har, afspejles i modelleringen. Præcise data er vigtige for en præcis modellering. På jordvandstationerne er jordforholdene målt, mens landbrugspraksis er baseret på oplyste mængder af landmændene. Desuden er ikke alle ejendomme/markere i oplandet med i interviewundersøgelsen. Datagrundlaget er derfor ikke egnet til en egentlig validering af Daisy-modellen, men er i højere grad anvendelig til at teste om en detaljeret rodzonemodellering som Daisy kan anvendes på et forholdsvis overordnet datagrundlag, som det der er indhentet i Landovervågningsprogrammet.

Modelleringen med Daisy kan give god information om fx data og modelresultater hænger sammen. Hvis data og modelresultater ikke hænger sammen, kan der være afvigende værdier i input data eller forhold fra almindelig landbrugspraksis, som Daisy-modellen endnu ikke er god til at håndtere, evt. fordi Daisy ikke er kalibreret til at kunne fungere under ekstreme jord- og klimaforhold.

7 Opsætning af Daisy på jordvandsstationerne

Som beskrevet i de foregående afsnit skal der til en Daisy modellering opsættes en klimafil, en afgrødefil (managerfil) og en jordfil (column) ud fra målte og oplyste værdier ved jordvandsstationerne. Jordparametrene og afgrødeparametrene skal herefter kalibreres på plads:

Første trin er at få vandbalancen på plads i forhold til målt grundvandsstand, målt drænvandsafstrømning og dynamik samt viden om fordamning generelt. Dette sker ved kalibrering af jordopsætningen, hvorunder der også foretages en første vurdering af de modellerede høstudbytter og denitrifikation. Næste trin er at få høstudbytterne på plads i forhold til oplyste udbytter. Dette sker ved kalibrering af parametrene i Daisy's afgrødemoduler. Endelig vurderes om de modellerede kvælstofkoncentrationer svarer til målte værdier. Da vand og kvælstof imidlertid hænger sammen, vil der være behov for at kalibreringsprocessen gennemføres som en iterativ proces.

Til opsætning af Daisy er anvendt overvågningsresultater fra perioden 1990-2003.

7.1 Opsætning af jordfil samt kalibrering af vandbalancen og afgrødeparametre

7.1.1 Jordparametre på jordvandsstationerne

Data til opsætning af jordens tekstur, humusindhold, C/N og volumenvægt fremgår af bilag 4a. Jordens porøsitet bestemmes ud fra volumenvægten og svarer til vandindholdet i jorden ved fuld vandmætning, dvs. ved pF 0 (bilag 4b). Som beskrevet i kapitel 6.4 er jordens mættede hydrauliske ledningsevne og l beregnet ud fra jordens tekstur og volumenvægt ifølge HYPRES. Jordens volumenvægt, og dermed porøsiteten, er således afgørende for beregningen af den mættede hydrauliske ledningsevne.

De målte volumenvægte for jordvandsstationerne i Højvads Rende er høje i forhold til målinger fra tilsvarende jordtyper generelt, fx i forhold til målinger rapporteret i Jacobsen (1989). Volumenvægten afhænger af prøvetagningstidspunktet. Hvis jorden er løs og fugtig, vil volumenvægten være lav og porøsiteten høj, mens det omvendte er tilfældet, hvis jorden har ligget hen i lang tid uden bearbejdning. I bilag 4b vises forskellen i målt volumetrisk vandindhold mellem pF 0 og pF 1 på jordvandsstationerne. Her ses at forskellen mellem målt pF 0 og målt pF 1 er meget lille og nogle gange negativ. Forskellene mellem pF 0 og pF 1 i Jacobsen (1989) ligger i gennemsnit omkring 5 volumen procent point for alle horisonter (Bilag 4c). I Daisyopsætningerne er pF 0 derfor korrigeret for alle horisonterne, således at pF 0 svarer til pF1 plus den gennemsnitlige volumen pct. defineret ud fra data fra de tilsvarende jordtyper i Jacobsen (1989). Volumenvægten er genberegnet efter den fremkomne porøsitet. Dette er gjort ud fra antagelsen om, at jorden består af mineral-

jord, organisk materiale og porer, hvor massefylden af mineraljord er $2,65 \text{ g/cm}^3$ og af organisk materiale $1,3 \text{ g/cm}^3$ (Aslyng, 1965). Herefter er den hydrauliske ledningsevne og λ genberegnet med HYPRES ved anvendelse af de korrigerede volumenvægte og den målte tekstur (afsnit 6.4.1).

Jordens hydrauliske parametre er beregnet ved at fitte de genberegne pF kurver til van Genuchten parametrene α , θ_s og θ_r og n . De nye beregnede porøsiteter (=vandindhold ved pF 0) giver generelt mindre stejle pF-kurver og dermed også en bedre dynamik og sammenhæng i vandbevægelsen igennem jorden. Ved meget stejle kurver vil der ved små forskelle i vandindhold være store spring i potentialet. Specielt bør α ikke være for lille ($< 0,01$, Søren Hansen, pers.medd.), idet en lille α -værdi udtrykker en stejl kurve.

For jordvandsstation 2 har det ikke været muligt at opnå tilstrækkelige høje α værdier for A horisonten ved kurvefitting, og denitrifikationen bliver urealistisk høj. For denne station er det valgt at anvende ståbi-parametre for retention og ledningsevne, mens målt tekstur og volumenvægt er anvendt (tabel 7.1)

Humusindholdet i A horisonten ved jordvandsstationerne ligger på 1.7-2.0 %. Disse humusindhold ligger tæt på Daisy ståbiens forudsætninger (2,0-2,7 %), hvorfor der ved jordvandsstationerne er anvendt ståbiopsætninger af SOM (Soil Organic Matter) puljerne.

Som udgangspunkt antager Daisy at kvælstof omsætningen i jorden er begrænset til den øverste A-horisont. Ved jordvandsstation 6 viste der sig imidlertid at være for lidt kvælstof i systemet, hvis kun den øverste A horisont blev medtaget i omsætningen af organisk stof. Da der yderligere er et i forholdsvis højt humusindhold i A2 horisonten ned til 85 cm dybde, er det sandsynligt, at denne horisont også deltager i omsætningen af organisk materiale. Efter en analyse viste det sig, at bedste resultat blev opnået ved at lade humusindholdet i både Ap og A2 ned til 40 cm dybde deltage i omsætningen.

Der er ikke foretaget yderligere kalibrering af jordparametrene.

Tabel 7.1. Bemærkninger til jordopsætninger på jordvandsstationer. Jordens aktive humuspulje er antaget at strække sig til pløjedybde (Ap horisonten), medmindre andet er anført nedenfor.

Station	Bemærkning
Station 2	Pløjelaget består af lerjord (jb 7). Ved anvendelse af de beregnede Daisy jordparametre bliver denitrifikationen urealistisk høj, hvorfor det er valgt at anvende en ståbijord for denne horisont
Station 3	Ingen målinger, der er anvendt samme jordopsætning som ved station 5.
Station 4	Ingen bemærkninger
Station 5	Ingen bemærkninger
Station 6	Jordens A horisont strækker sig til 85 cm dybde, den aktive humuspulje defineres til 40 cm dybde
Station 7	Ingen målinger, der er anvendt samme jordopsætning som ved station 5.

7.1.2 Humusjord

Der foreligger ikke jordvandsmålinger på humusjorde i Højvads Rende oplandet. Men der foreligger jordprofilbeskrivelse ved to lokaliteter (profil nr. 1752 og 1753), der beskrives som henholdsvis sandblandet ler over tørv og humusjord over tørv. De er her benævnt henholdsvis Humus1 og Humus2. Der er foretaget en Daisy jordopsætning med udgangspunkt i disse to profiler (tabel 7.2).

Jordene har et højt humusindhold, 12,5-22,2 % humus til 72 cm dybde ved profil 1752 (Humus1) og 41,5-42,7 % humus til 54 cm dybde ved profil 1753 (Humus2). Herunder er der kalk ved begge profiler.

Der er ikke analyseret for mineraljord i de humusholdige horisonter. Indholdet af mineraljord er hentet fra et nærtliggende jordprofil, og teksturdata herfra er normeret i forhold til et totalvolumen på 100 % til brug i Daisy-modellen. Den mættede hydrauliske ledningsevne er vurderet ud fra Letts et al. (2000) til at være 4 cm/time i det humusholdige pløjelag, til 0,4 cm/time i den humusholdige horisont under pløjelaget og til 0,04 cm/time i dybere humusholdige horisonter. Det viste sig imidlertid, at Daisy ikke kunne køre med den meget lave mættede hydrauliske ledningsevne i O3 horisonten, hvorfor der blev anvendt samme hydrauliske ledningsevne i O3- som O2-horisonten.

Humusindholdet i pløjelaget antages at deltage i kvælstofomsætningen, mens humusindholdet i de dybere jordlag antages at være stabilt. Volumenvægtene i de humusholdige horisonter varierer mellem 0,32 og 0,97 g/cm³, hvilket ser rimeligt ud for humusholdige jorder.

Jorden har været afvandet og dyrket igennem flere årtier, hvorfor det antages, at der ikke forekommer en egentlig afbrænding af jordens humusindhold. Derfor er det nødvendigt at sætte en del af humusindholdet ind i en inert pulje. Efter kalibrering er det fundet, at ved at placere henholdsvis 85-90 % af humusindholdet i den inerte pulje for de to humusjorde kan denitrifikationen holdes på et niveau omkring 50-60 kg N/ha. Der er ikke målinger af drænvand eller jordvandets indhold af nitrat fra området.

7.1.3 Skov

Der foreligger ingen beskrivelse af jorderne under skov. Skov blev derfor modelleret som løvskov og med jordopsætning og nedre rand som ved station 2, dog med placering af 99 % af humusindholdet den inerte pulje.

7.1.4 Sandjord

I oplandet til Højvads Rende findes sand på mindre arealer langs vandløbet. Der foreligger imidlertid ingen beskrivelser eller målinger på sandjord i oplandet, hvorfor denne jordtype er modelleret som en Daisy-ståbi for jbnr 2.

7.1.5 Vedvarende græs på bebyggede arealer

Der findes ikke målinger af jordvand på arealer ved bebyggelse. Til brug for modellering på denne arealanvendelsestype anvendes jordopsætningen på station 5, og der er konstrueret en tilhørende managerfil med

kontinuert græs, der tilføres 40 kg N/ha med handelsgødning den 1. maj. For at holde græsset i live i modelleringen slås dette løbende, når det har nået et vist udviklingstrin eller tørstofproduktion (se kapitel 6.3.4). Græsset fjernes ikke.

Det antages, at der er ligevægt i jordens humuspuljer ved denne arealanvendelse, og for at opnå dette sættes 40 % af det organiske materiale i den inerte humuspulje (SOM3 puljen)

7.1.6 Nedre rand

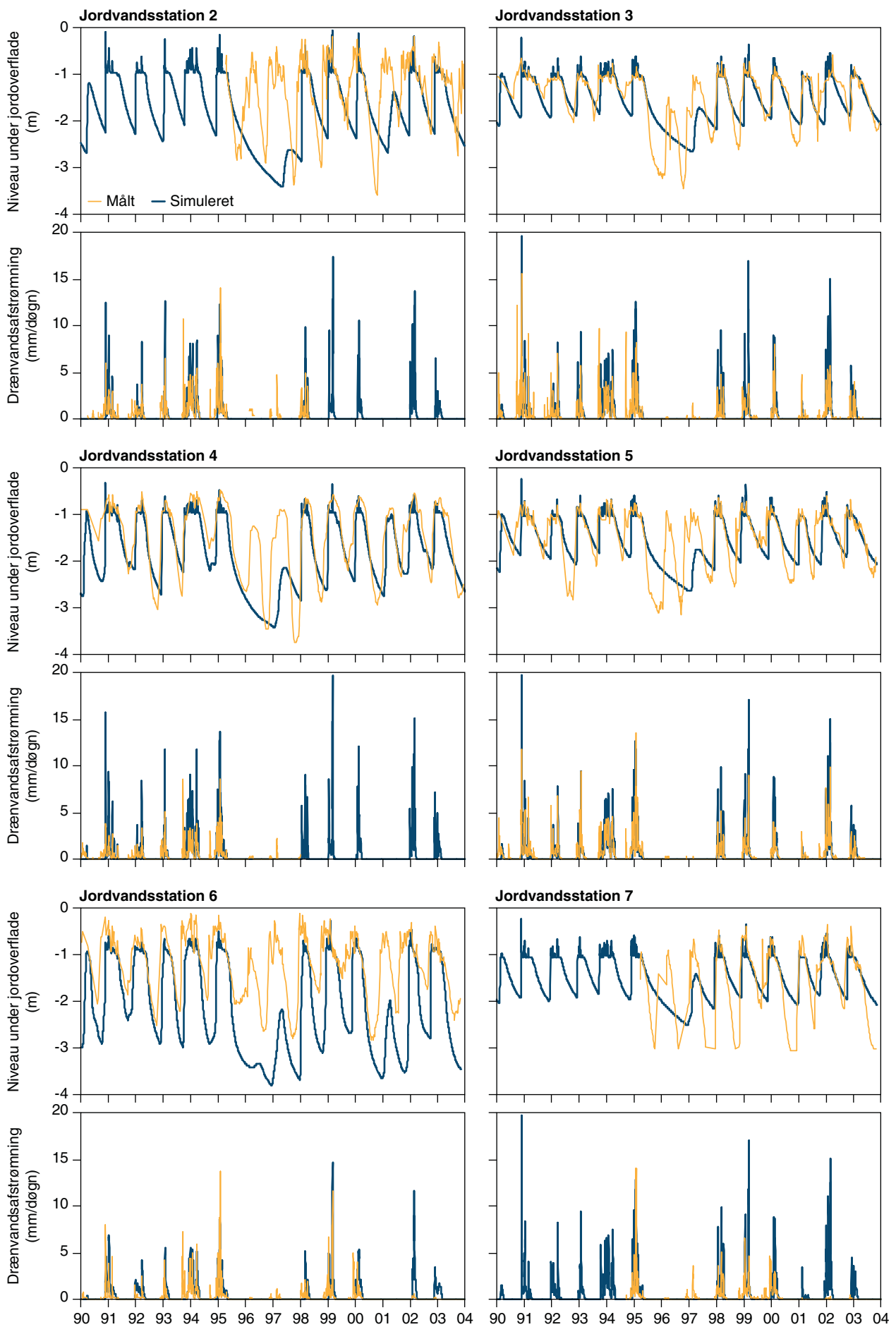
Markerne med de 6 jordvandsstationer er detaildrænet. Drænvandsafstrømningen er monitoreret for hele perioden for 3 stationer og for en kortere årrække for de øvrige stationer. Grundvandsspejlet er ligeledes målt ved jordvandsstationerne.

Daisy er sat op med dræning som nedre rand og kalibreret på plads i forhold til målinger af grundvandsstand og drænvandsafstrømning (tabel 7.2). En sammenligning af målte og modellerede værdier (figur 7.1) viser, at der generelt er god overensstemmelse mellem niveauer af grundvandsstand og i dynamikken i grundvandsstand og drænvandsafstrømning. Grundvandsspejlet varierer om vinteren ofte mellem 0,5 og 1 meter under terræn, mens det om sommeren falder til 2,5-3,5 meter under terræn. Det skal bemærkes, at grundvandsstanden i de meget tørre år, 1995/96 og 1996/97 falder ret markant. Målingerne viser, at grundvandsstanden i praksis hurtigt kommer op igen, mens dette ikke er tilfældet i DAISY modelleringen ved jordvandsstationerne.

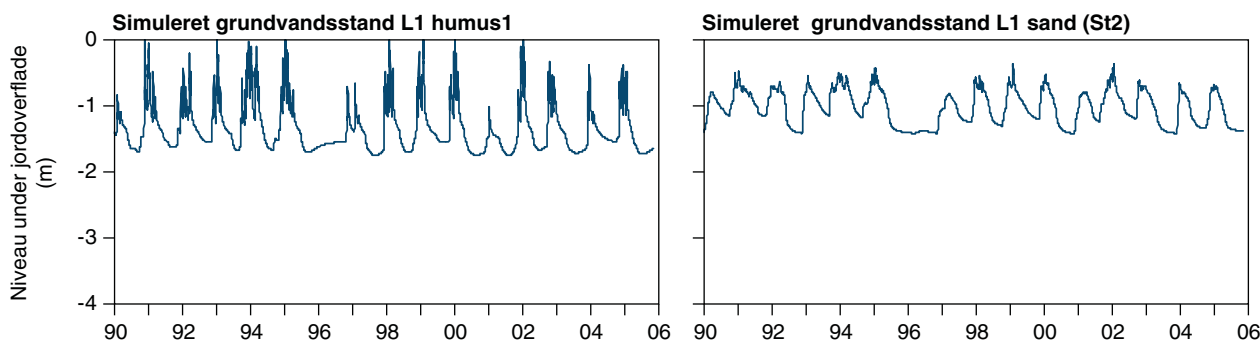
For humusjordene, sandjordene og lerjordene ved vandløbet er den nedre rand ligeledes fastlagt ved dræning, men med et opadgående grundvandstryk (defineret ved h-aquitard) (tabel 7.2). Herved bliver grundvandsstanden mere ensartet igennem måleperioden (figur 7.2).

Tabel 7.2. Parametre anvendt til fremstilling af grundvandsniveauer jordvandsstationerne.

Arealanvendelse	Jordvandsstation	Drændybde cm	Drænafstand, m	K aq cm/time	Z	h	Aquit (cm u.t)
Omdrift	St 2	-100	12	3,0E-4	2,0	2,0	-450
Omdrift	St 3	-110	12	2,0E-4	-	-	-450
Omdrift	St 4	-100	12	5,0E-4	-	-	-450
Omdrift	St 5	-110	12	2,0E-4	-	-	-450
Omdrift	St 6	-100	12	1,0E-4	-	-	-400
Omdrift	St 7	-110	12	2,0E-4	-	-	-250
Omdrift	Humus1	-85	12	8,0E-3	1,5	3,0	-300
Omdrift	Humus2	-85	12	8,0E-3	1,5	3,0	-300
Omdrift	Sand (Ståbi jbnr 2)	-85	24	5,0E-4	1,5	3,0	-300
Omdrift	Lerjord (St. 5) ved vandløb	-85	12	2,0E-4	1,5	3,0	-300
Skov	Som St 2						



Figur 7.1. Målt og modelleret grundvandsstand og daglig drænvandsafstrømning fra de 6 jordvandsstationer.



Figur 7.2. Modelleret grundvandsstand ved humusjord1 og ved sandjorden.

7.1.7 Kalibrering af afgrøder

I kalibreringen af afgrøder var det hensigten, at der så vidt muligt skulle anvendes samme kalibrering ved alle stationer og i alle 5 landovervågningsoplande. Dette har også vist sig muligt for de 4 oplande, men for Højvads Rende har været nødvendigt at anvende en kalibrering der gav højere udbytter. Nedenfor er vist den udbyttekalibrering, der er anvendt for Højvads Rende.

Vinterhvede

I det indledende arbejde med DAISY blev det klart, at når DAISY anvendes på aktuelle data for landbrugspraksis, kan der fremstå tilfælde, som ikke tidligere har været afprøvet i DAISY. For eksempel kunne DAISY ikke klare sene såtidspunkter af vinterafgrøder, hvilket ikke er ualmindeligt i praksis. Derfor blev der defineret en afgrødeopsætning, som holder afgrøden i 'initialiseringsfasen' i længere tid. Den parameter, der styrer dette, betegnes "SpLAlfac" (specifik bladarealfaktor), se eksempel nedenfor. Den nye definition er anvendt for DAISY afgrøderne vinterhvede, vinterbyg, vinterraps og græs. For vinterhvede medførte det imidlertid, at udbyttet blev overestimeret. Det har derfor været nødvendigt at kalibrere udbyttet for denne afgrøde ned. Jævnfør Ståbien er der kalibreret på parameteren "DSEff", som er effektivitet af assimilationsproduktion i procent i forhold til udviklingsstrin (udviklingsstrin i Daisy betegnes med en værdi mellem -1 og 2, hvor 1 er blomstring og 2 er fuldt modenhed). Tallene i parentes angiver parvise værdier for et udviklingsstrin og effektivitet i procent.

```
(defcrop "Vinterhvede sen" "Vinterhvede"
  (Canopy (SpLAlfac (0.0 100) (1.0 100)))
  ;Vinterhvede forberedt på sen såning
  (DSEff (0.0 1.0) (0.3 1.0) (1.0 0.76)(2.0 0.71)))
  ; kalibreret ned fra (1.0 0.86)(2.0 0.81)
```

Der er ikke foretaget udbytte kalibrering på øvrige afgrøder.

I de øvrige oplande er der foretaget kraftigere kalibrering af DSEff for vinterhveden, og desuden er væksten af vårbyg kalibreret ned (Ladekarl et al., 2009).

7.2 Vandbalancen

Nedbøren i oplandet for kalibreringsperioden er på 738 mm/år. Der vandes ikke ved jordvandsstationerne. Referencefordampningen er på 630 mm/år, mens den potentielle fordampning ligger på 685-691 mm/år. Den aktuelle fordampning varierer mellem 515 og 582 mm/år. Den aktuelle fordampning udgør herved 82-92 % af referencefordampningen. Den relativt høje fordampning må tilskrives jordtypen (jb6 og jb7) og et relativt højt grundvandsspejl, som i forening betyder, at planternes vandtilførsel er nær ved optimal. Den aktuelle fordampning fra landbrugsarealer på lerjord ligger ifølge Styczen et al. (2004) omkring 90 % af referencefordampningen på de jorde, hvor vandtilførslen er mest optimal.

Perkolationen (afstrømningen) fra jordvandsstationerne med omdriftsagrøder ligger mellem 159 og 225 mm/år.

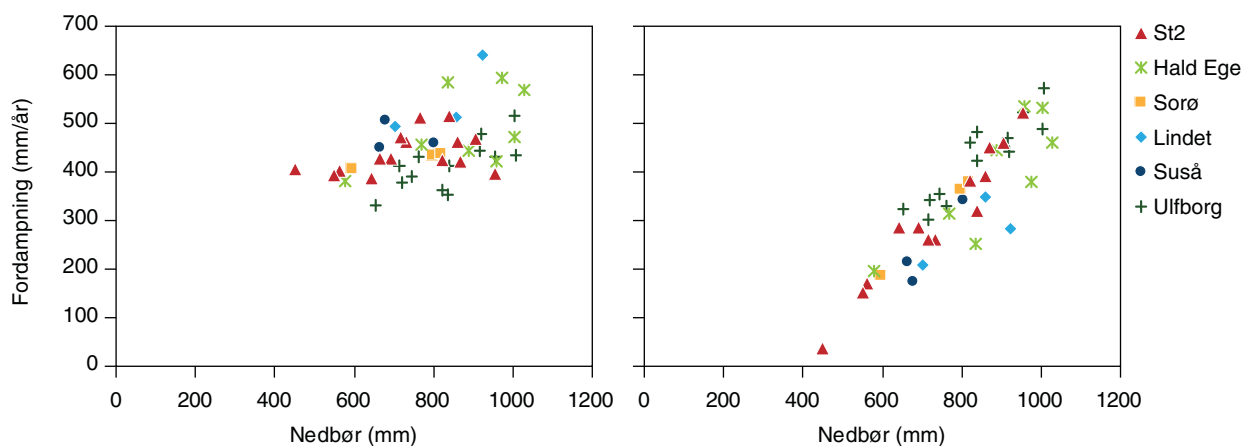
Tabel 7.3. Vandbalance for jordvandsstationer i Højvads Rende oplandet. Gennemsnit for perioden 1990/91-2002/03 opgjort på agrohydrologisk år

Arealanv.	Jordprofil fra ordvands-station	Nedbør mm/år	Vand- ding mm/år	Ref_Ep mm/år	Pot_Ep mm/år	Ea mm/år	Afstrømning mm/år
Omdrift	2	738	0	630	686	546	196
Omdrift	3	738	0	630	687	537	203
Omdrift	4	738	0	630	685	515	225
Omdrift	5	738	0	630	691	543	197
Omdrift	6	738	0	630	691	582	159
Omdrift	7	738		630	686	534	206
Løvskov	5	738	0	630	630	561	180
Græs på bebyggelse	5	738	0	630	724 ¹⁾	555	186
Humusjord 1		738	0	630	690	584	157
Humusjord 2		738	0	630	690	584	157
Sandjord	Ståbjord	738	0	630	687	547	194

1) den høje fordampning skyldes at afgrødeeffekten af græs er indregnet

Skov udgør ca. 30 % af oplandet til Højvads Rende, hvorfor vandafstrømningen herfra har stor betydning for den samlede afstrømning til vandløbet. Den aktuelle fordampning fra løvskov på 561 mm/år er i god overensstemmelse med fordampningen og perkolationen (afstrømningen) fra andre danske løvskove, figur 7.3. Fordampningen fra løvskov er nogenlunde lineær afhængig af nedbøren, men varierer dog afhængig af træernes alder og det aktuelle klima, som især har indflydelse på interceptionstabet i vækstsæsonen. Jordtypens betydning forventes at være minimal, da det ikke er påvist, at fordampning fra samme træart ved samme klima men på forskellig jordbund også har forskellig fordampning (Ladekarl, 2005). Vandafstrømningen fra skovarealet bliver herved lidt lavere end generelt fra landbrugsarealerne, nemlig 180 mm/år.

Vandbalancen for den dyrkede sandjord svarer balancen for dyrket lerjorde. For vedvarende græs og humusjorden er vandafstrømningen derimod lidt lavere end generelt for landbrugsjorden.



Figur 7.3. Fordampning og perkolation (afstrømning) fra danske løvskove sammenlignet med modellering af skov i LOOP1 (jordopsætning St 2). Hald Ege (Ladekarl et al., 2005a), Sorø, Bøg (Ladekarl et al., 2005b), Lindet og Ulfborg, bøg (Bastrup-Birk et al, 2003), Suså, løvskov (Holst og Kristensen, 1981).

7.3 Kvælstofbalancen

I dette afsnit er validiteten af kvælstofbalancen i de opstillede modeller beskrevet i forhold til målinger på jordvandsstationerne. Først gives en gennemgang af de enkelte stationer med hensyn til modellerede udbytter og kvælstofkoncentrationer (figur 7.4 a-f), hvorefter den overordnede kvælstofbalance gennemgås.

Vinterhvede er den dominerende afgrøde i Højvads Rende oplandet, hvorfor kalibrering af denne afgrøde har stor betydning for modelleringen. Det er valgt at anvende samme kalibrering på alle stationer i oplandet (afsnit 7.1.7), og desuden er det tilstræbt at ramme det gennemsnitlige udbytte snarere end de enkelte års udbytter. Herved undgås at der lægges for stor vægt på den enkelte landmands oplysning om udbytter, som kan være behæftet med en betydelig usikkerhed. Hvedeudbyttet vil således være overvurderet på nogle stationer og undervurderet på andre. Ingen af de øvrige afgrøder er kalibreret.

Til vurdering af data skal det bemærkes, at høståret 1992 var meget tørt med lave udbytter til følge. De agro-hydrologiske år 1995/96, 1996/97 og 2000/01 var endvidere meget tørre (figur 7.1), hvilket betyder, at vandindholdet i jorden har været lavt. N-koncentrationerne i disse tørre år bør derfor ikke tillægges stor betydning, idet de vil have minimal indflydelse på N-udvaskningen.

7.3.1 Hvor godt modelleres N indholdet i jordvandet og afgrødeudbytterne

Jordvandsstation 2

På station 2 er udbyttet af både vinterhvede og vårbyg i de fleste år overvurderet i Daisy. Det gennemsnitlige udbytte på stationen udgør 113 kg N/ha mod et oplyst udbytte på 104 kg N/ha. Dette medfører yderligere, at N-koncentrationerne og udvaskningen er underestimeret.

Jordvandsstation 3

På station 3 er udbytterne (vårbyg, vinterhvede og ærter) generelt undervurderet i Daisy i årene 1991-1996, mens der er tendens til at udbyt-

terne (vårbyg, vinterhvede og roer) er overvurderet i 1997-2003. N-koncentrationerne og udvaskningen er overvurderet i enkelte år i første del af perioden og efter de to tørre år 1995/95 og 1996/97. I sidste del af perioden er der god overensstemmelse mellem målinger og modellering.

Jordvandsstation 4

På station 4 er udbytterne generelt undervurderet, således svarer det gennemsnitlige Daisy udbytte til 116 kg N/ha, mens det oplyste udbytte svarer til 124 kg N/ha. De modellerede N koncentrationer og udvaskninger følger målingerne nogenlunde.

Jordvandsstation 5

På station 5 er udbytterne i flere år lidt undervurderet, men der forekommer også overvurderinger. Det gennemsnitlige Daisy udbytte er 121 kg N/ha mod et oplyst udbytte på 126 kg N/ha. De modellerede N-koncentrationer og udvaskninger svarer til målingerne, dog er koncentrationerne lidt overvurderet efter den tørre sommer i 1992 og de to tørre år 1995/96 og 1996/97.

Jordvandsstation 6

På station 6 er udbytterne generelt lidt overvurderet. Dette er en jord med humusindhold til stor dybde, og der er i Daisy et stort kvælstofindhold til rådighed for afgrøderne. Daisy beregner en frigivelse fra jorden på 27 kg N/ha. De modellerede N-koncentrationerne og udvaskninger følger målingerne meget fint.

Jordvandsstation 7

På station 7 svarer Daisy udbytterne til de oplyste udbytter. De modellerede N-koncentrationer og udvaskninger er lidt overvurderet efter de tørre år 1995/96, 1996/97 og 2000/01.

Der er ingen jordprofil beskrivelser ved station 3 og 7, her er anvendt jordopsætning for station 5. Modeldata viser, at station 5 jordopsætningen nogenlunde kan ramme udbytter og målinger på station 3 og 7.

Høstudbytterne generelt

For de 6 jordvandsstationer blev der som gennemsnit for hele perioden 1990-2003 modelleret et høstudbytte på 120 kg N/ha, mens de oplyste udbytter lå på gennemsnitlig 123 kg N/ha.

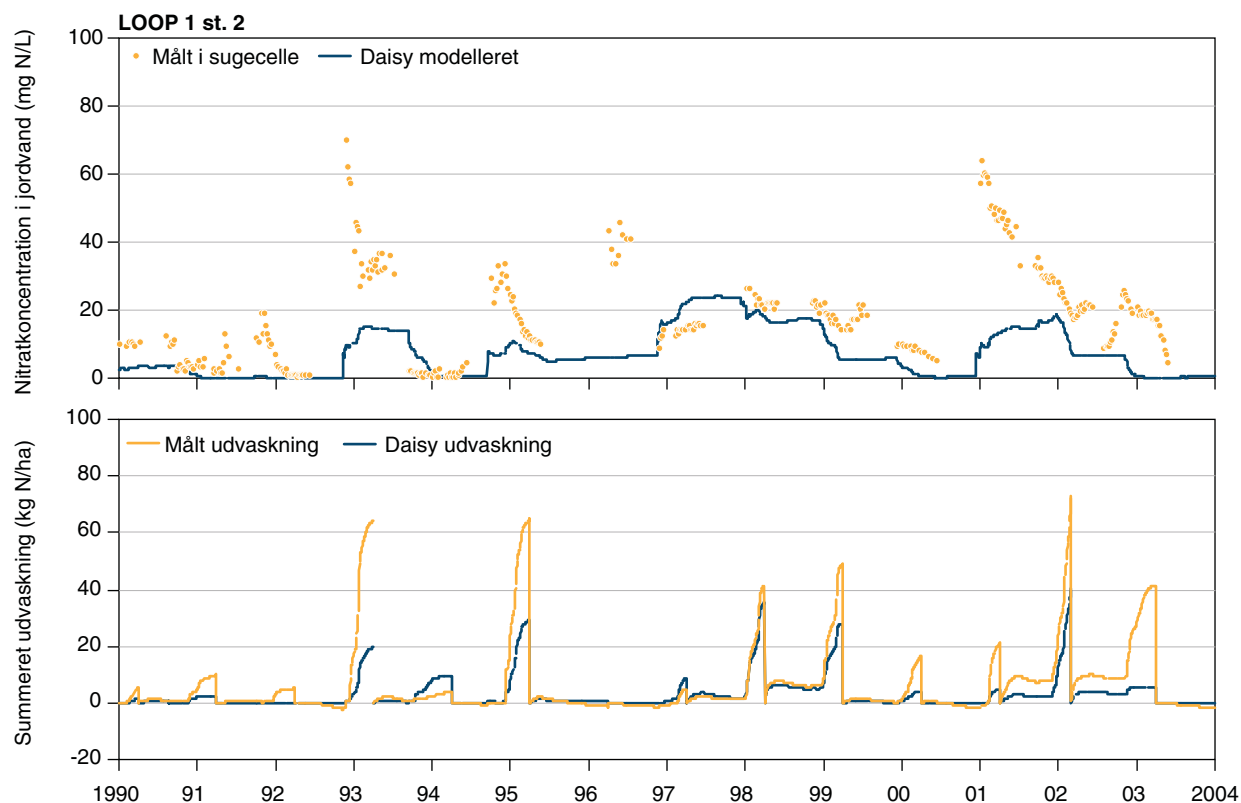
I figur 7.5 er der vist de årlige høstudbytter som gennemsnit for de 6 jordvandsstationer. Det ses, at der er rimelig overensstemmelse mellem modellerede og oplyste udbytter. I flere af de øvrige oplande er der tendens til, at Daisy undervurderer udbytterne i de tørre somre. Dette synes mindre udpræget for Højvads Rende i den tørre sommer 1992.

Kvælstofudvaskningen generelt

For de 6 jordvandsstationer blev der som gennemsnit for hele perioden 1990-2003 modelleret en kvælstofudvaskning på 32 kg N/ha/år, mens de målte udvaskninger var på gennemsnitlig 30 kg N/ha pr. år.

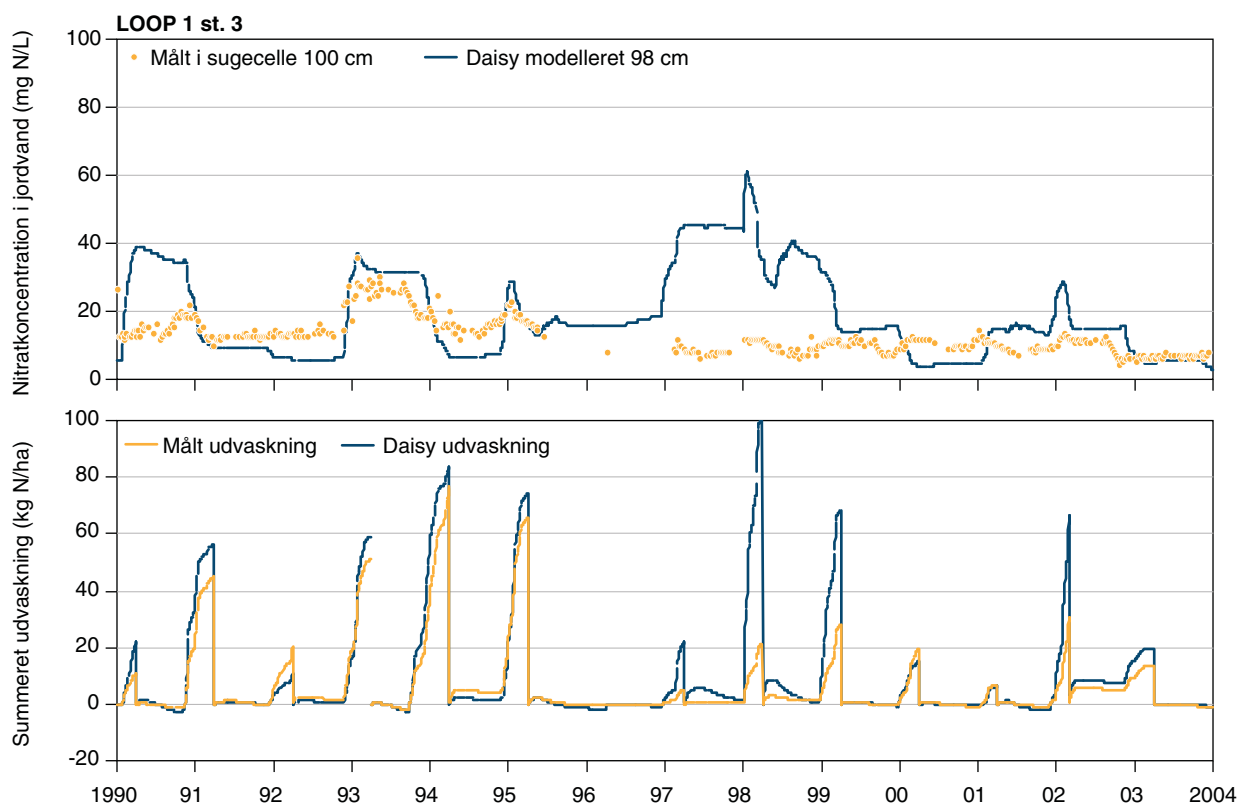
Det fremgår af figur 7.4 a-f, at der for de enkelte stationer kan være stor afvigelse mellem årlige målte og modellerede udvaskninger. Som gennemsnit for stationerne er der dog rimelig overensstemmelse (figur 7.5). Dog overvurderer Daisy udvaskningen ret betydeligt i årene efter de tør-

re perioder 1995/96, 1996/97 og 2000/01, hvor grundvandsstanden i Daisy ikke kom op på niveau med den faktiske grundvandsstand.



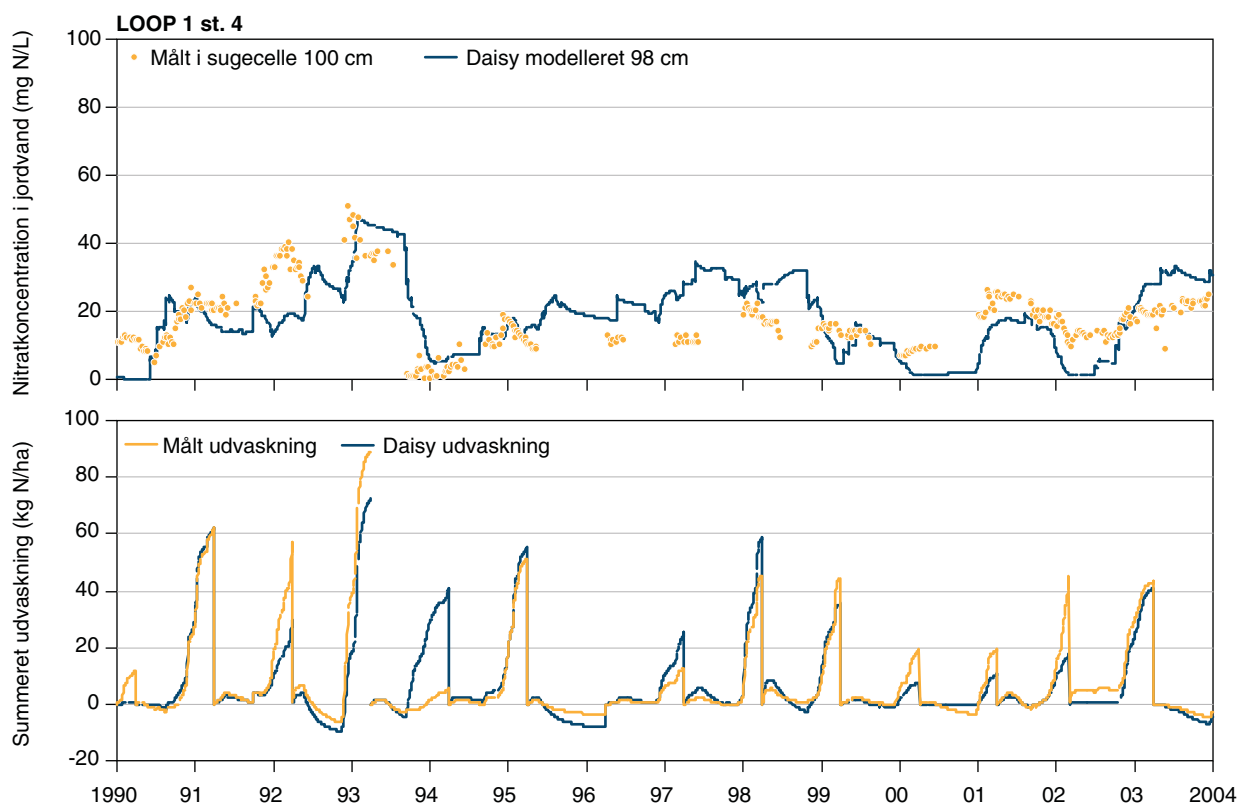
År	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	gns
Afgrøde	roer	vårbyg	hvede	roer	hvede	hvede	roer	vårbyg	vårbyg	roer	hvede	vårbyg	vårbyg	
Høstet oplyst	133	88	97	103	104	133	83	103	99	86	161	76	85	104
Høstet	136	99	80	113	116	150	59	136	112	99	143	94	126	113

Figur 7.4a. Målt og Daisy simuleret nitratkoncentration (mg N/L) (A), summeret udvaskning og (kg N/ha) (B) i 1 m's dybde samt Daisy simulerede og oplyste N-udbytter. Station 2.



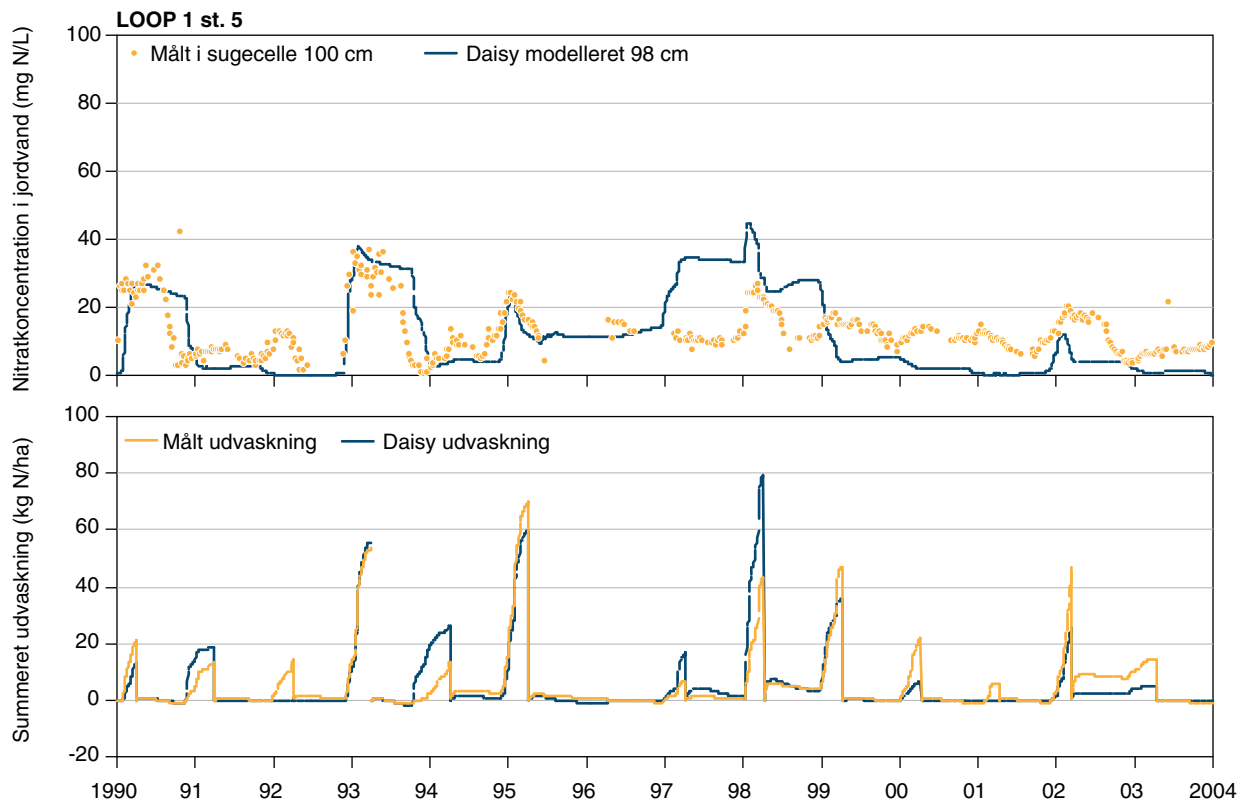
År	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	gns
Afgrøde	vårbyg	vårbyg	vårbyg	vårbyg	ært	vihvede	roer	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	vihvede	fab.roer	
Oplyst	106	99	69	107	171	159	101	86	143	118	106	152	124	119
Modelleret	115	118	47	64	114	112	79	96	148	125	91	182	116	108

Figur 7.4b Målt og Daisy simuleret nitratkoncentration (mg N/L) (A), summeret udvaskning og (kg N/ha) (B) i 1 m's dybde samt Daisy simulerede og oplyste N-udbytter. Station 3



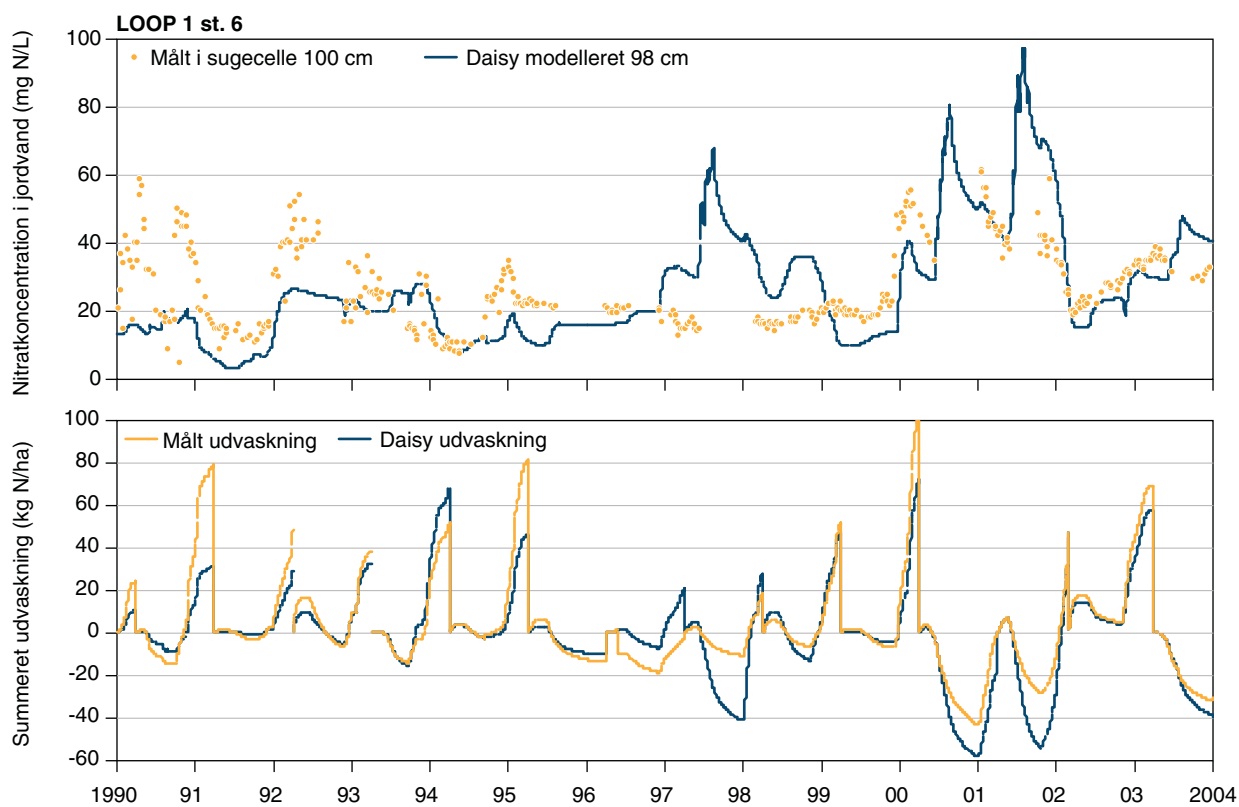
År	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	gns
Afgrøde	hvede	ært	hvede	roer	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	vårbyg	kløver	
Oplyst	161	198	171	129	100	166	109	126	151	149	130	132	18	134
Modelleret	159	196	129	137	87	115	94	120	149	120	81	111	8	116

Figur 7.4.c Målt og Daisy simuleret nitratkoncentration (mg N/L) (A), summeret udvaskning og (kg N/ha) (B) i 1 m's dybde samt Daisy simulerede og oplyste N-udbytter. Station 4.



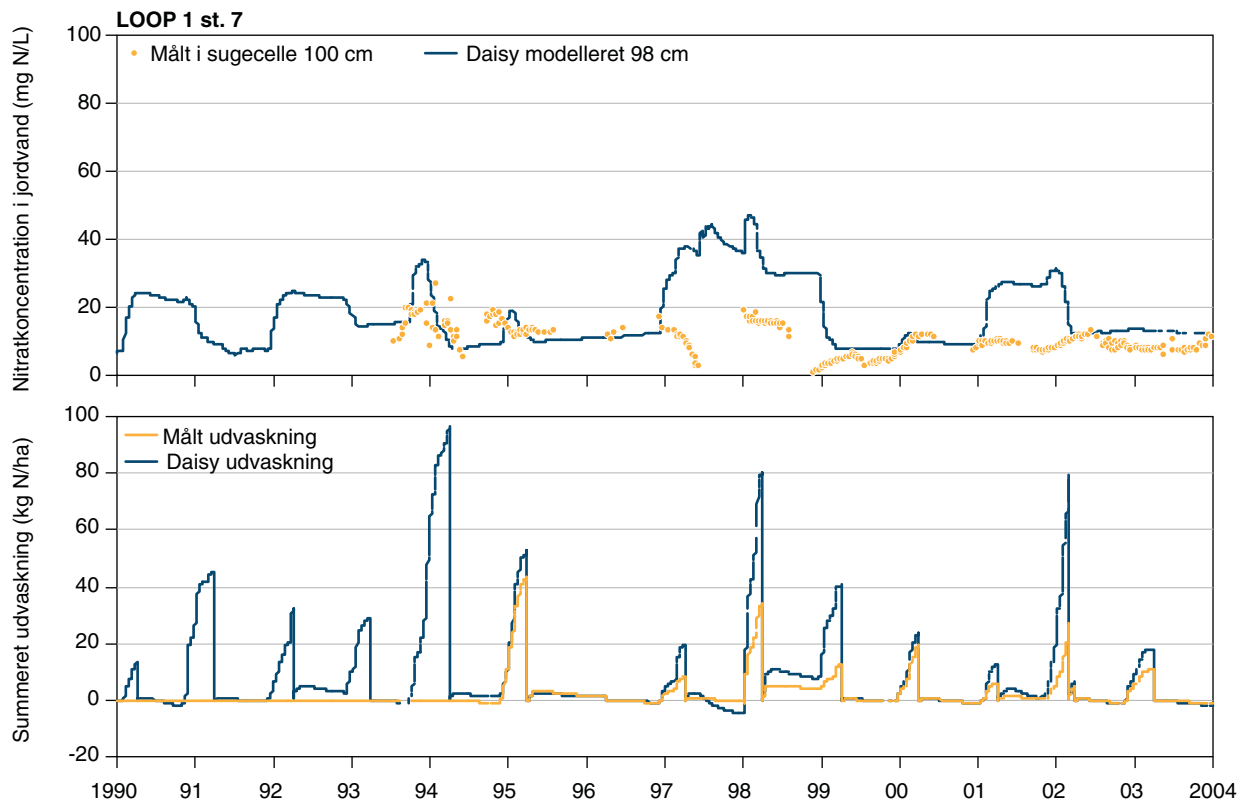
År	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	gns
Afgrøde	roer	hvede	hvede	roer	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	hvede	roer	
Oplyst	105	165	138	124	95	154	97	99	148	114	114	126	153	126
Modelleret	150	147	91	132	80	141	81	100	162	126	91	145	127	121

Figur 7.4d. Målt og Daisy simuleret nitratkoncentration (mg N/L) (A), summeret udvaskning og (kg N/ha) (B) i 1 m's dybde samt Daisy simulerede og oplyste N-udbytter. Station 5.



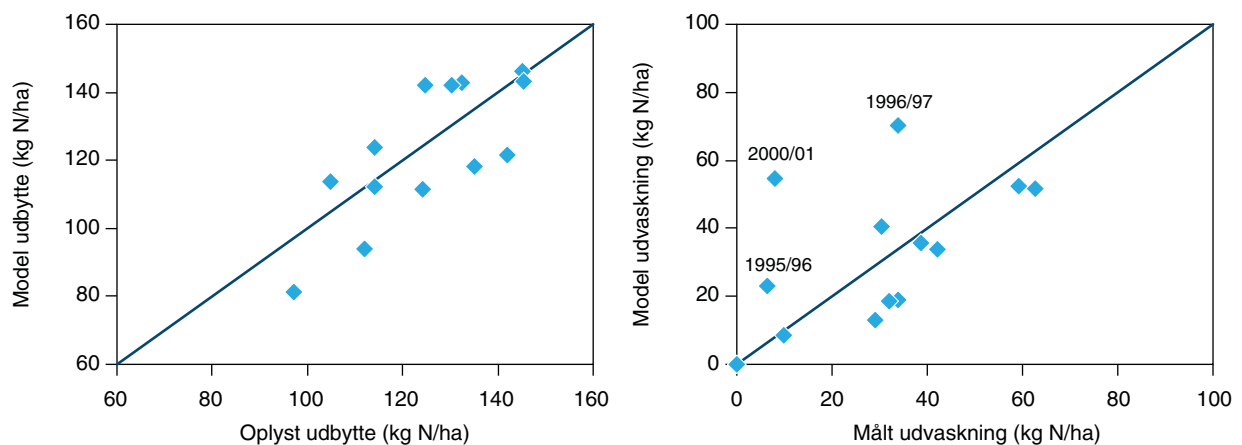
År	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	gns
Afgrøde	vihvede	vihvede	roer	vårbyg	vihvede	vårbyg	vårbyg	vihvede	vårbyg	ært	vihvede	vihvede	vihvede	
Oplyst	157	176	85	107	151	98	96	157	110	259,8	164	138	144	142
Modelleret	154	171	123	116	160	89	94	167	140	246	185	178	191	155

Figur 7.4e. Målt og Daisy simuleret nitratkoncentration (mg N/L) (A), summeret udvaskning og (kg N/ha) (B) i 1 m's dybde samt Daisy simulerede og oplyste N-udbytter. Station 6.



År	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	gns
Afgrøde	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	hvede	roer	vårbyg	vårbyg	vårbyg	roer	
Oplyst	105	159	84	82	158	92	109	185	89	80	92	91	129	112
Modelleret	134	169	110	70	136	86	76	166	103	134	89	111	115	115

Figur 7.4f. Målt og Daisy simuleret nitratkoncentration (mg N/L) (A), sommeret udvaskning og (kg N/ha) (B) i 1 m's dybde samt Daisy simulerede og oplyste N-udbytter. Station 7



Figur 7.5. Årlige målte og modellerede høstudbytter (til venstre) og kvælstofudvaskninger (til højre) som gennemsnit for de seks jordvandsstationer.

7.3.2 Kvælstofbalancen i modelopsætningerne

Landbrugsjorden

Som nævnt ovenfor er der en overvurdering af kvælstofudvaskningerne efter tørre år. Herudover ses ingen entydig sammenhæng i afvigelser mellem simulerede og målte N-koncentrationer.

Alle jordvandsstationer ligger på jord med et højt grundvandspejl. Kombinationen af en tæt jord og et højt grundvandspejl medfører en forholdsvis høj denitrifikation, i gennemsnit 19 kg N/ha for stationerne med omdriftsafgrøder.

Der tilføres kun husdyrgødning i enkelte år til jordvandsstationerne, hvorfor input af organisk materiale er meget lavt. Dette har ført til en nedgang i jorden organiske N indhold på gennemsnitlig 11 kg N/ha pr. år.

Tabel 7.4. Gennemsnitlig modelleret N-balance (kg N/ha) for hver af de 4 jordvandsstationer samt løvskov, for perioden 1990-2003.

Jordvandsstation	Omdriftsareal						Gns	Græs bebyg.	Skov	Dyrket Humus1	Dyrket Humus2
	St 2	St 3	St 4	St5	St6	St7			*	*	
Handelsgødning	124	125	129	135	148	124	131	40	0	148	148
Husdyrgødning	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0
Deposition	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
N-fixering	0	17	19	0	22	0	10	0	0	22	22
Såsåed	4	4	3	3	4	4	4	0	0	4	4
Total N-input	142	161	171	153	188	142	160	55	15	188	188
NH4 fordampning	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
N-udvaskning	14	43	36	24	38	41	33	43	5	17	1
Denitrifikation	24	15	33	14	16	14	19	14	5	52	54
N2O (nitrifikation)	3	4	3	3	4	3	3	5	1	4	5
Høstet modelleret	113	108	116	121	155	107	120	-	-	148	154
Oplyst N-udbytte	104	119	134	126	140	112	123	-	-	-	
Total N-output	154	171	189	162	215	165	176	62	11	222	214
Ændring i organisk N i jorden	-6	-11	-19	-3	-3	-26	-11	-4	4	-38	-27
Ændring i uorganisk N i jorden+afgr	-6	1	1	1	1	-1	-1	-4	0	0	2

* landbrugspraksis som for station 6

Skov

Under eksisterende skov (ældre skov) er kvælstofudvaskningen meget lav, i gennemsnit 0-5 kg/ha/år (Callesen et al., 1996; Gundersen et al., 2009). Resultater fra Ionbalanceprojektet (Hansen, 2003) viser, at der kan være store årlige udsving, ligesom der er store forskelle afhængig af atmosfærisk deposition og jordbund.

Den modellerede udvaskning fra løvtæer i Højvads Rende er opgjort til gennemsnitligt 5 kg N/ha pr. år, hvilket er rimeligt i forhold til, hvad man generelt ville forvente et finde i gammel skov.

Dyrket humusjord

Ved vurderingen af den valgte opsætning for dyrket humusjord er der anvendt landbrugspraksis fra station 6. Kun ved at sætte den inerte pulje til 85-90 % er det lykkedes at reducere denitrifikationen til ca. 50-55 kg N/ha/år, hvilket stadig er relativt højt. Grundvandsspejlet er kalibreret til at ligge mellem 1 og 3 meter under terræn. På grund af den høje denitrifikation og et relativt højt høstudbytte er udvaskningen fra den dyrkede humusjord forholdsvis lav (1-17 kg N/ha), selvom der samtidig er en frigivelse af jordens organiske N-indhold på 27-38 kg N/ha.

Græs på bebyggelse

Modelleret udvaskning fra gødede græsarealer ved udgør ca. 43 kg N/ha.

8 Processen for oplandsmodelleringen

Til oplandsmodelleringen skal der samles et sæt af oplandskort vedrørende:

- Arealanvendelse
- Markkort (i kort for hvert år)
- Jordbeskrivelse
- Dræning

Dette kortmateriale stemples sammen, og der lægges et gridnet ned over det nye kort. Daisy er som nævnt i kapitel 6 en søjlemodel, men ved at køre Daisy for hvert enkelt gridpunkt bliver det muligt at udbrede modelleringen til hele oplandet.

Oplandsmodelleringen foretages for perioden 1990-2007. I dette kapitel gennemgås del-elementerne hver for sig, mens resultaterne af modelleringen præsenteres i næste kapitel.

8.1 Arealanvendelse og markkort

Som nævnt i kapitel 5 udarbejder Miljøcentrene i forbindelse med hvert års interviewundersøgelse et GIS-baseret markkort med markernes placering i oplandet. Således foreligger der til oplandsmodelleringen et markkort for hvert år fra 1990 til 2007, dvs. 18 års markkort. Markkortene indeholder en attributtabel med oplandsnr., ejendomsnr. og marknr. Samme oplysninger findes i AGRI databasen for de indberettede interviewdata.

MC Nykøbing har foretaget en grundig gennemgang af markkortene sammenholdt med data fra AGRI databasen. Der er dog stadig enkelte marker, som ikke kan tilknyttes nogen markoplysninger.

Der er herefter dannet et grundkort med indstempling af markgrænser for hvert år, således at hver resulterende polygon repræsenterer den mindste enhed af en mark, der deler et ubrudt tidsforløb i perioden 1990-2007. En tidsmæssig sammenhængende beskrivelse for marken kaldes her historik, dvs. at information om markens areal og landbrugspraksis kan findes for hvert år i hele perioden. Disse markstumper har fået tildelt en unik identifikation. Det er valgt, at marker med mere end 15 års historik skal medtages i Daisy modelleringen, mens marker med færre års historik er frasorteret i resultatkortet. Samtidig blev markstumperne afgrænset til den topografiske oplandsgrænse, så kun markstumper inden for oplandsgrænsen indgår i analysen.

Idet vi har valgt, at der må mangle 3 års data i markhistorikken, er det nødvendigt at anlægge nogle antagelser om dyrkningspraksis i de manglende år. Vi har valgt for disse år at sætte en 'Vårbyg standard' ind. Det vil sige, vi antager, at der dyrkes vårbyg med standard så- og høsttidspunkter og standardgødskning i henhold til Styczen et al. (2004).

Markerne dækker ikke hele oplandet, derfor er markkortene 'fyldt ud' med den øvrige arealanvendelse (anført ved AIS-koder). Dette øvrige areal håndteres særskilt i oplandsmodelleringen (beskrives senere i dette kapitel).

8.2 Jordbunden i oplandet

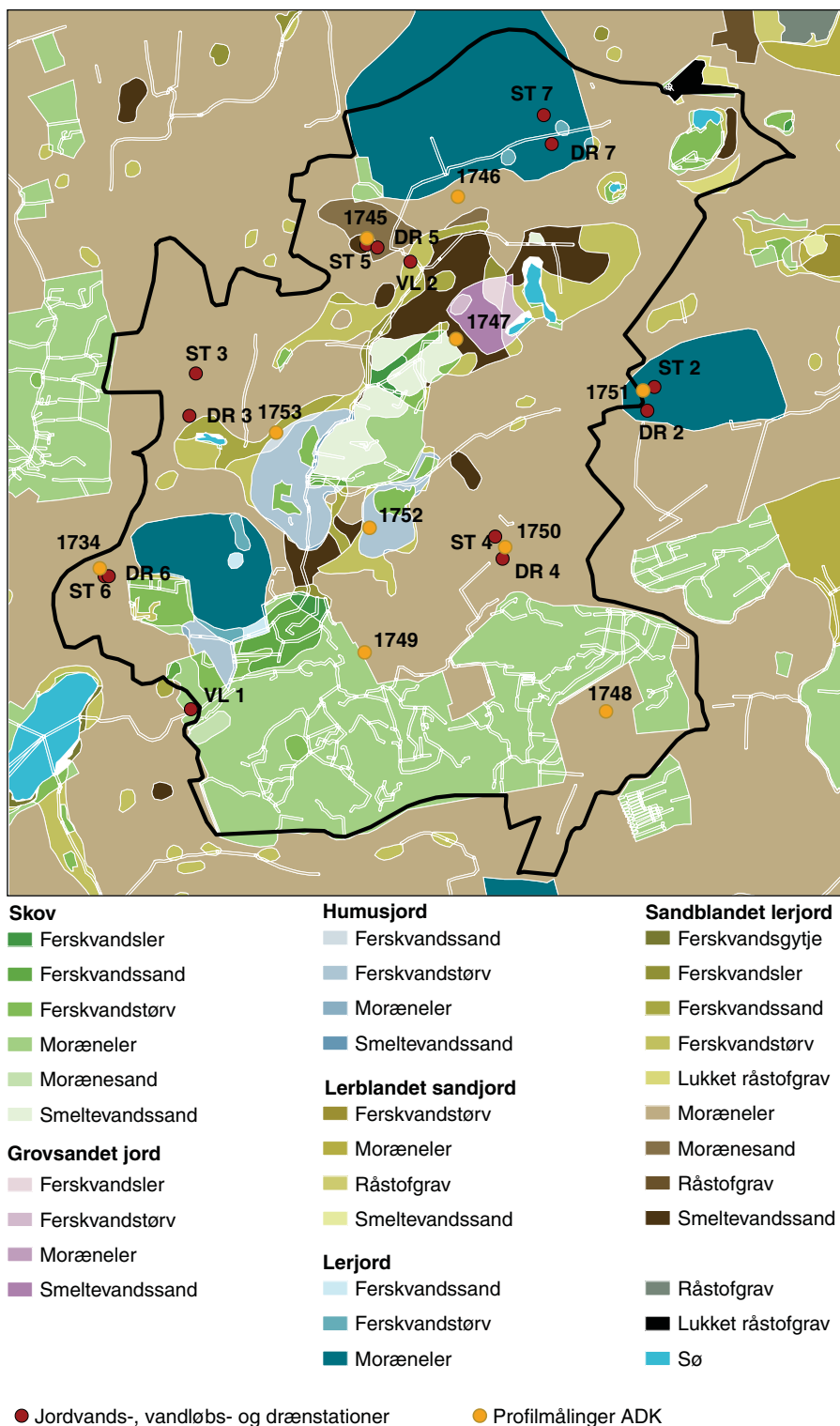
I kapitel 7 er det beskrevet, hvorledes vi har sat Daisy jordfiler op på baggrund af jordprofilbeskrivelser ved 6 jordvandsstationer og ved yderligere 2 lokaliteter. Som udgangspunkt antages det, at hver jordprofil afspejler én jordtype/jordartsklasse, og at de fundne informationer derfor kan ekstraheres ud på de arealer i oplandet, der har samme jordtype/jordartsklasse.

Der er i vurderingen anvendt følgende 2 GIS-jordtemaer, som er stemplet sammen:

- Jordtypekort fra Danmarks Jordbrugsforskning (DJF) (1:50.000)
- Jordartskort fra GEUS (1:25.000)

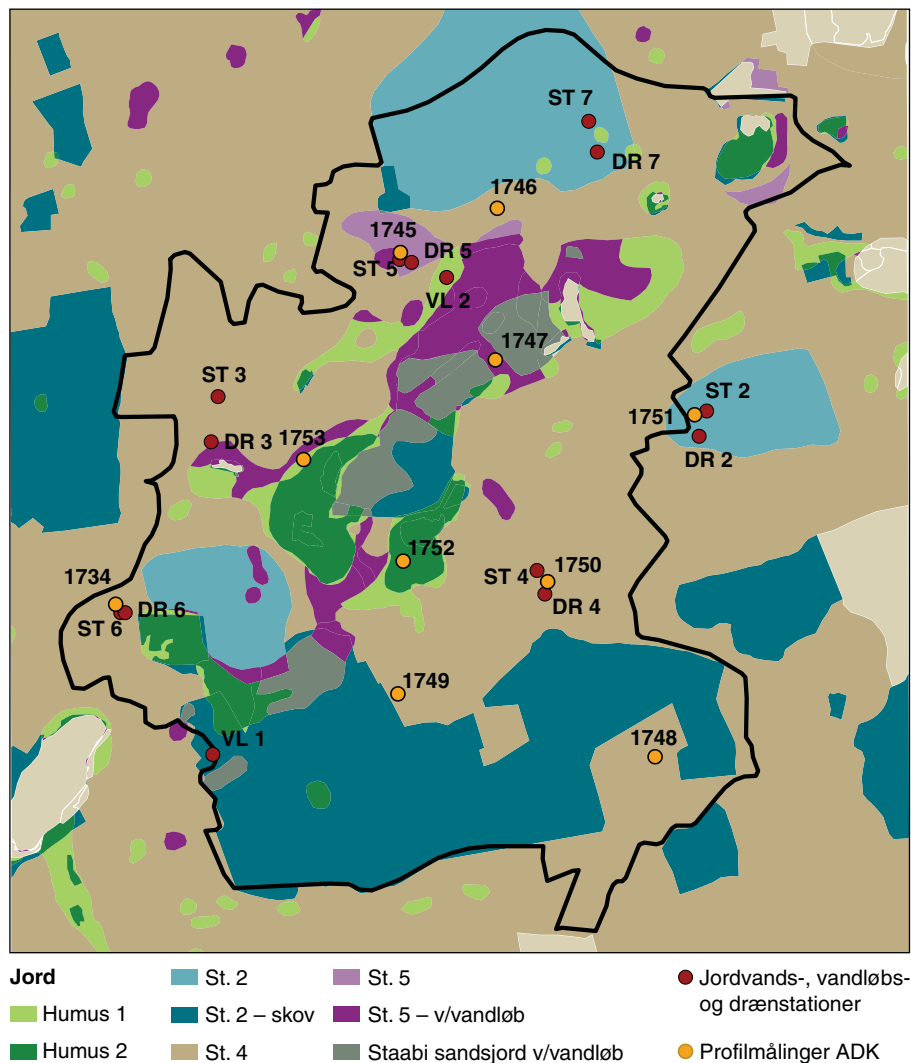
Jordtypekortet repræsenterer topjorden og jordartskortet underjorden.

Figur 8.1. Sammenstempling af jordtypekort (DJF) og jordartskort (GEUS) for Højvads Rende.



Kombinationen af kortene gav i alt 37 klasser. 4 klasser blev tilknyttet naboklassen, fordi de viste sig at være dannet på baggrund af ubetydelige overlap grundet de to jordtemaers tekniske forskelligheder (figur 8.1). En lang række af de nye klasser havde ikke nogen direkte relation til en eksisterende jordvandsstation. Disse klasser fik efter en vurdering tilknyttet den stations-identifikation, som man skønnede dækkede klassen bedst. Enkelte fik tilknyttet en ny jordprofilbeskrivelse (Humus1, Humus2, St5 ved vandløb og Staabi sandjord ved vandløb) (figur 8.2).

Jordtype	Areal	%
Humus1	457.747,4	4,7
Humus2	548.213,6	5,6
St 2	1.028.851,7	10,5
St 2 – skov	2.014.035,2	20,5
St 4	4.577.594,1	46,7
St 5	124.643,8	1,3
St 5 – v/vandløb	623.259,1	6,4
Staabi sandjord v/vandløb	434.913,4	4,4



Figur 8.2. Udbredelse af jordvandsstationer til Højvads Rende oplandet.

8.3 Grundvandsspejlets beliggenhed

Information om dræning og afvanding af arealerne i Højvads Rende oplandet blev indsamlet fra følgende kilder:

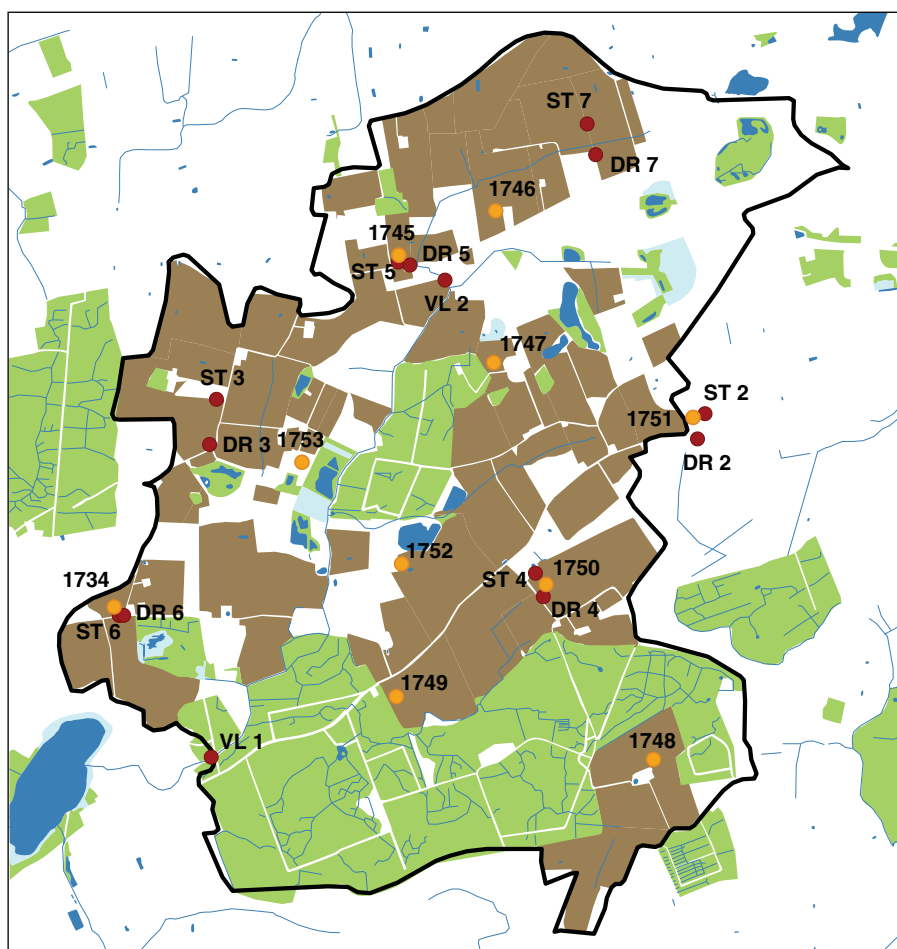
- AIS-vandløbstema (2000).
- Hedeselskabets oplandskort, inklusiv drænedede arealer (1990).
- Høje Målebordblade fra geodætisk institut (ca. 1870)

De tre temaer blev stemplet sammen (figur 8.3). Det fremgår, at skovområderne er grøftet. I henhold til indsamlede drænkort fra Hedeselskabet er ca. 457 ha detaildrænet, svarende til ca. 70 % af landbrugsarealet. I følge interview af landmændene forekommer der dog yderligere dræning. Det blev derfor besluttet at modellere samtlige skov- og landbrugsarealer med dræning.

Langs vandløbet forekommer lavtliggende arealer med humusjorde, sandjorde og lerjorde; disse blev alle modelleret med dræning og trykvand.

Det modellerede grundvandsspejl på den høje jord varierer herved om vinteren ofte mellem 0,5 og 1 meter under terræn, mens det om sommeren falder til 2,5-3,5 meter under terræn. På humusjord og de lavtliggende mineraljorder varierer grundvandsstanden mellem 0,2 og 1 m's dybde om vinteren og 1,0-2,0 m's dybde om sommeren (figur 7.1 og 7.2).

- Jordvands-, vandløbs- og drænstationer
- Profilmålinger ADK
- AIS Vandløb
- Veje
- Skov
- Vådområde
- Sø
- Drænet areal



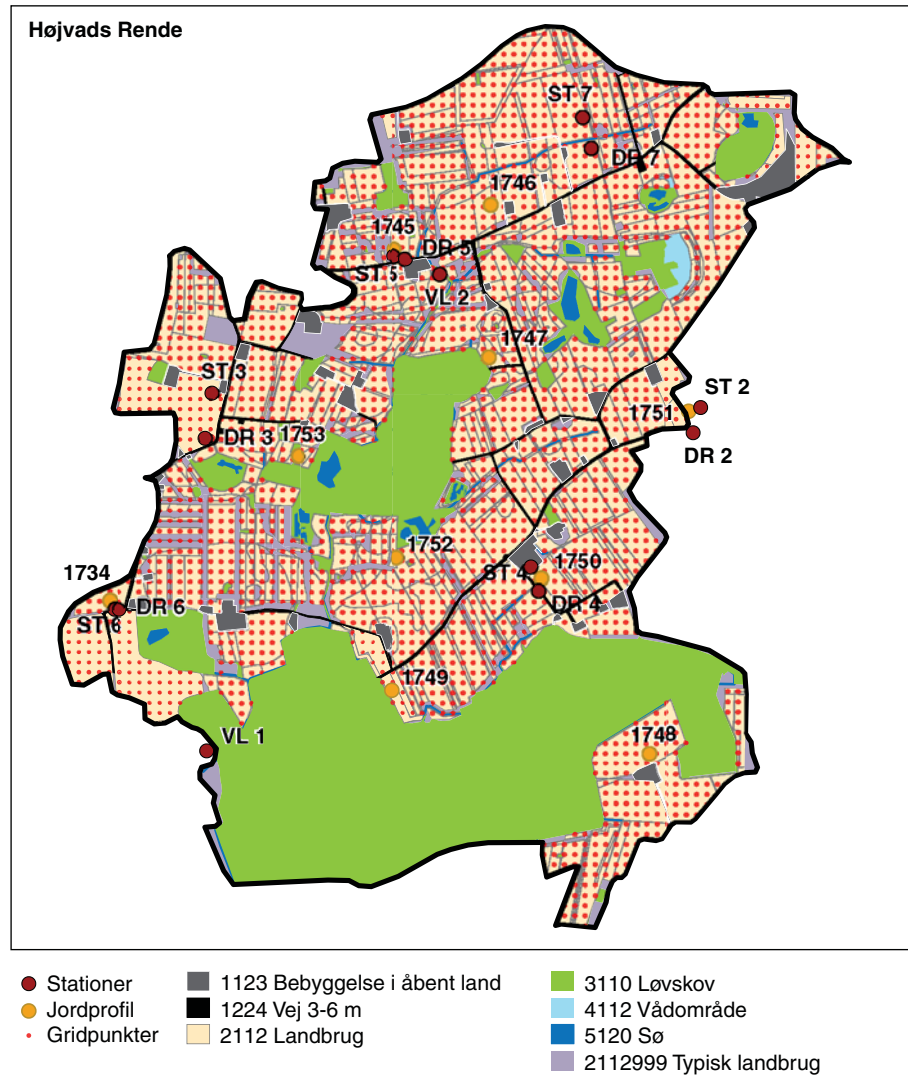
Figur 8.3. Dræning i henhold til Hedeselskabet og grøftning fra vandløbstemaet I Højvads Rende oplandet.

8.4 Daisy modelleringen af marker

Der blev nu foretaget en sammenstempling af markkortene med udbredelsen af jordvandsstationerne, således at markstumperne blev yderligere opdelt (figur 8.4).

I forbindelse med oplandsmodelleringen i LOOP 2 Oddebæk (Blicher-Mathiesen et al., 2010) blev der udviklet en metode til udbredelse af Daisysøjlerne til hele oplandet. Dette sker ved at lægge et fast 50x50 m² punktgrid ned over det sammenstemplede kort (figur 8.4). Herved vil der være markstumper, som har mere end 1 gridpunkt. Daisy modelleringen gennemføres kun for det første punkt i markstumpen. I det efterfølgende analysearbejde opskaleres modelresultatet i denne søjle til hele markstumpens areal. Herved minimeres de tidskrævende modelkørsler mest muligt.

Figur 8.4. 50x50 m² grid lagt ned over Højvads Rende oplandet (typisk landbrug henviser til markstumper, som ikke bliver ramt af et grid, eller til marker, hvor der ikke kunne skabes et link til AGRI databasen).



Der vil være smalle markstumper, som ikke bliver ramt af et gridpunkt, og endvidere er der enkelte marker, hvor det ikke har været muligt at skabe et link til AGRI databasen. Disse marker/markstumper bliver ikke modelleret. I stedet tillægges de en Daisy søjle fra et typisk naboareal, dette arbejde sker manuelt efter Daisy kørslerne.

8.5 Daisy modellering af ikke dyrkede arealer

Udover det dyrkede areal i Højvads Rende forekommer der skov, sø/mose og bebygget areal. Der foretages en særskilt modellering af disse arealer med kun én jordtype.

Løvskov modelleres i henhold til Daisy opsætning på jordvandsstation 2 og dræning, om beskrevet i kapitel 7.1.

Sø/mose modelleres med en humusjord2, dræning og trykvand.

Bebygget areal: her antages at 5 % af arealet er befæstet og 95 % åbent areal. Det åbne areal modelleres som vedvarende græs med en gødningstilførsel på 40 kg N/år, her anvendes jordvandsstation 5 og dræning. For det befæstede areal antages at nedbør under 2 mm pr. døgn fordamper, mens nedbør, der overstiger 2 mm på døgnbasis, strømmer

af og bidrager til perkolation. Det antages, at der ikke sker kvælstofafstrømning fra bebyggede arealer.

8.6 Arealvægtning

Til slut tillægges alle gridpunkterne en Dasiy søjle – både for markerne med arealoplysning, for marker med et standardsædskifte og for de øvrige arealer, og der foreligger nu et komplet datainput til en grundvandsmodellering.

Ved at gennemføre en arealvægtning af alle søjlerne kan der endvidere udarbejdes en analyse af modelleringen for oplandet. Resultaterne heraf er vist i næste kapitel.

9 Resultater fra oplandsmodelleringen for umættet zone

9.1 Modelleret vandbalance for den umættede zone

Vandbalancen for Daisy modelleringen i umættet zone til Højvads Rende oplandet er vist i tabel 9.1. Den gennemsnitlige årlige nedbør for oplandet udgør 741 mm for beregningsperioden 1990/91-2006/07. Heri indgår de meget tørre år 1995/96 og 1996/97 og 2000/01 med henholdsvis 451, 362 og 551 mm pr. år. Året 1992/93 dækker over en meget en tør sommer og et forholdsvis vådt efterår/vinter, således at nedbøren i det agrohydrologiske 1992/93 alligevel nåede op på 646 mm. Den aktuelle fordampning udgør gennemsnitligt 552 mm/år, hvilket er ca. 80 mm mindre end referencefordampningen, opgjort med Makink og godt ca. 120 mm mindre end potential fordampning, hvor afgrødekoefficienterne indgår (Plauborg et al., 2002). Den gennemsnitlige årlige modelberegne- de perkolation ud af rodzonen for hele oplandet er opgjort til 192 mm/år.

Den gennemsnitlige afstrømning til vandløbet baseret på det topografiske opland på 9,85 km² er opgjort til 152 mm pr. år. Den gennemsnitlige perkolation fra rodzonen er således ca. 40 mm større end vandløbsafstrømningen for Højvads Rende.

I små vandløbsoplande som Højvads Rende er grundvandsoplandet ofte mindre end det topografiske opland. Det skyldes, at en del af det dannede grundvand strømmer af til et mere regionalt grundvandsmagasin. Således vil en del af det dannede grundvand strømme af til vandløbssystemet længere nedstrøms end målestationen, Højvads Rende.

Vi har derfor foretaget en sammenligning til en nedstrømsliggende station, Halsted Å, Borge Bro. Oplandsarealet er her 30 km², og den gennemsnitlige årlige afstrømning for perioden 1990/91-2006/07 udgør 217 mm pr. år. Den modellerede perkolation fra rodzonen i Højvads Rende er således ca. 25 mm mindre end den målte vandafstrømning til Halsted Å.

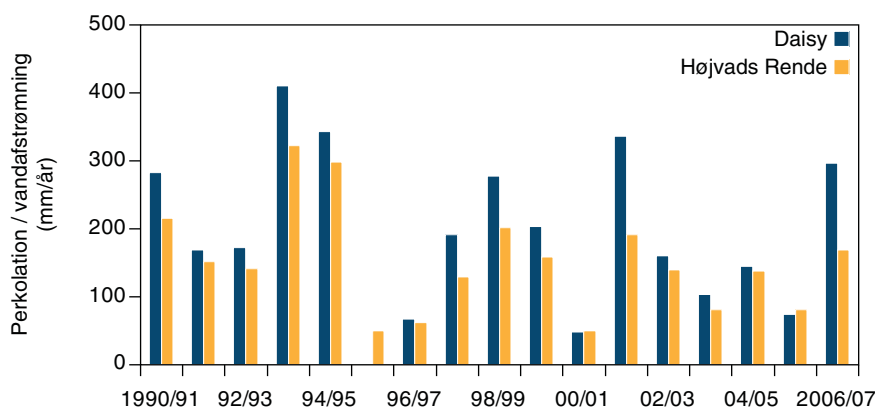
Ca. 30 % af oplandet til Højvads Rende er skov, hvorfra der er lidt mindre perkolation end fra landbrugsarealer. For landbrugsarealet alene er perkolationen opgjort til gennemsnitlig 197 mm, hvilket nærmer sig vandløbsafstrømningen til Halsted Å.

Tabel 9.1. Daisy modelleret vandbalance for den umættede zone samt vandløbstransporten i Højvads Rende oplandet for hvert af årene i perioden 1990/91-2006/07, samt som gennemsnit for perioden. Til sammenligning er vist vandløbsafstrømningen til et større nedstrøms liggende vandløb, Halsted Å.

År	Nedbør	Vanding	Ref. fordampn.	Pot. fordampn.	Aktuel fordampn.	Perkolations	Højvads Rende	Halsted Å 620011
1990/91	863	1	583	622	577	283	216	390
1991/92	735	0	567	607	558	168	152	280
1992/93	646	0	688	734	508	173	141	225
1993/94	959	0	595	635	510	410	323	582
1994/95	871	0	659	704	537	343	299	508
1995/96	451	0	668	713	523	-8	50	97
1996/97	564	1	622	663	457	66	63	96
1997/98	693	2	676	721	519	191	129	124
1998/99	823	2	574	613	535	277	201	207
1999/00	842	0	675	720	638	204	158	184
2000/01	551	0	616	658	507	49	50	95
2001/02	908	0	639	684	589	335	192	230
2002/03	718	0	648	692	587	160	140	159
2003/04	666	0	671	715	535	104	80	99
2004/05	770	1	641	686	628	145	138	144
2005/06	665	0	667	712	568	74	82	114
2006/07	870	0	681	728	602	296	169	-
gns	741	1	639	683	552	192	152	217

En sammenligning af de årlige Daisy simulerede perkolationer fra rodzonen og målt vandafstrømning for det topografiske opland til Højvads Rende viser, at årsvariationen i den beregnede perkolations følger variationen i vandløbsafstrømning. Den beregnede perkolations er imidlertid lig med eller mindre end vandløbsafstrømningen i de tørre år (1995/96, 1996/97, 2000/01 og 2005/06) og større end målt vandløbsafstrømning i de mere våde år (figur 9.1). Det er således i de våde år, at der sker afstrømning til det regionale grundvandsmagasin.

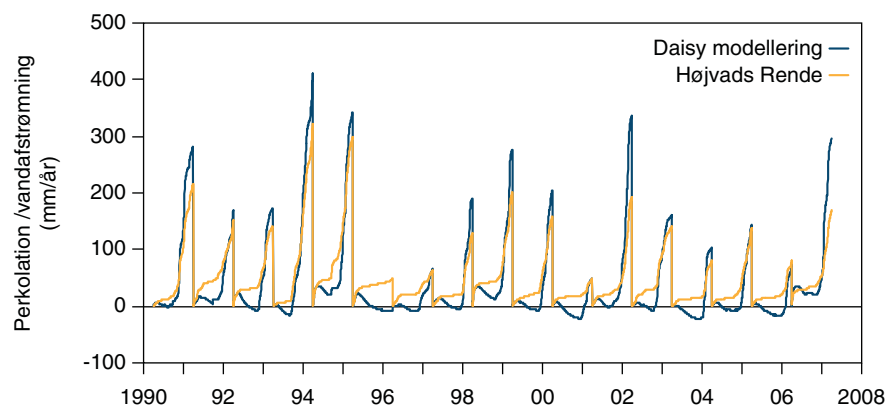
Figur 9.1. Sammenligning af årlig modelleret perkolations fra rodzonen med målt vandløbsafstrømning for det topografiske opland til Højvads Rende for perioden 1990/91-2006/07.



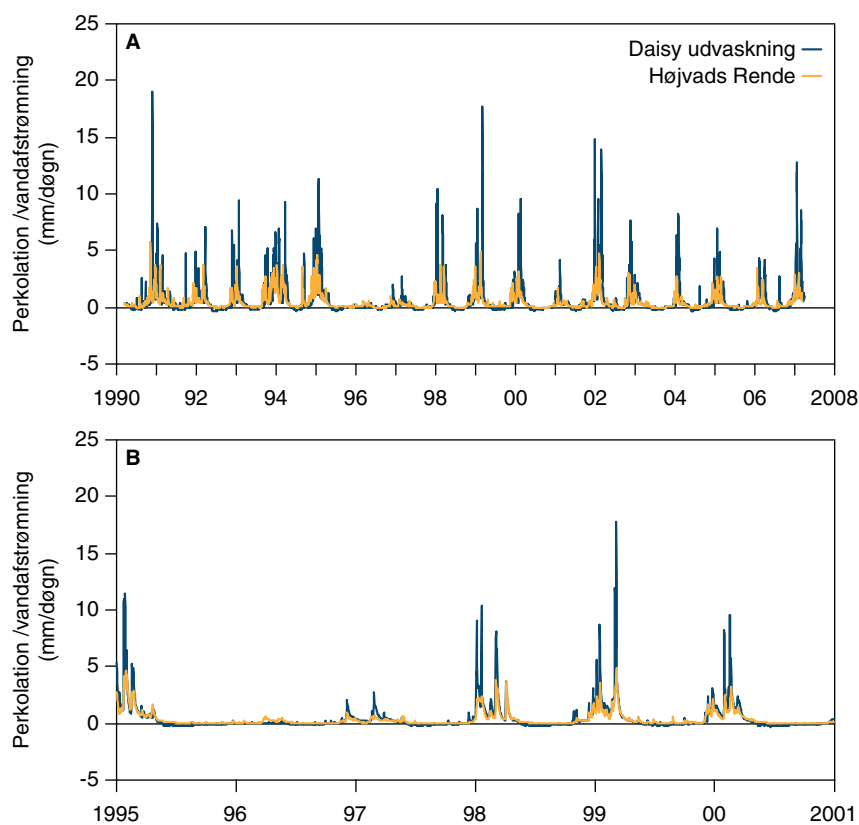
Dynamikken i den modelberegnete perkolations og den målte vandløbsafstrømning indenfor et år er i god overensstemmelse, figur 9.2 og 9.3. Sammenligningen viser, at afstrømningen ud af rodzonen simuleret med Daisy er lavere om sommeren og højere om vinteren end målt vandløbsafstrømning. Om sommeren er perkolations fra rodzonen ofte negativ, idet der på disse lerede jorde sker en kapillær transport af vand opad i jordprofilen. I disse perioder tørrer vandløbet omtrent ud. Om vinteren derimod ses høje toppe i modelleret perkolations, som må tilskrives makroporestrømning og drænvandstransport. Disse toppe er sammenfal-

dende med toppe i vandløbsafstrømningen, men toppene i vandløbsafstrømningen er lavere og mere udfladet. Dette strømningmønster viser, at vandløbet stort set fødes af det hurtigt afstrømmende, overfladenære vand.

Figur 9.2. Årlig kumuleret Daisy simuleret perkolation samt målt afstrømning for det topografiske opland, Højvads Rende



Figur 9.3. Daglig Daisy simuleret perkolation fra rodzonen samt målt vandafstrømning for det topografiske opland, Højvads Rende



9.2 Modelleret N-balance for den umættede zone

Ved oplandmodelleringen blev Daisy kørt med en 'Vårbyg standard' i de tilfælde, hvor der manglede dyrkningsoplysninger for en mark i 1-3 år, eller hvis der var tale om en afgrøde, der ikke kunne henføres til en af de specifikke Daisy afgrøder. Det viste sig, at Daisy således blev kørt med en 'Vårbyg standard' på 1 % af arealet med landbrugsafgrøder, samt at det modellerede kvælstofudbytte for 'Vårbyg standard' var 116 kg N/ha mod et gennemsnit for hele landbrugsarealet på 117 kg N/ha.

Den modellerede kvælstofbalance for umættet zone i det topografiske opland til Højvads Rende viser, at der i gennemsnit for beregningsperioden er tilført 110 kg N/ha pr. år, mens der er udvasket 28 kg N/ha og denitrificeret 25 kg N/ha pr. år. Ammoniakfordampningen er lav, ca. 1 kg N/ha pr. år. Endelig er der modelleret en årlig nedgang i de organiske puljer på 9 kg N/ha (tabel 9.2).

Tabel 9.2. Daisy-modelleret kvælstofbalance for den umættede zone i oplandet til Højvads Rende vist for hvert af de agro-hydrologiske år 1990/91-2006/07, samt som gennemsnit for perioden

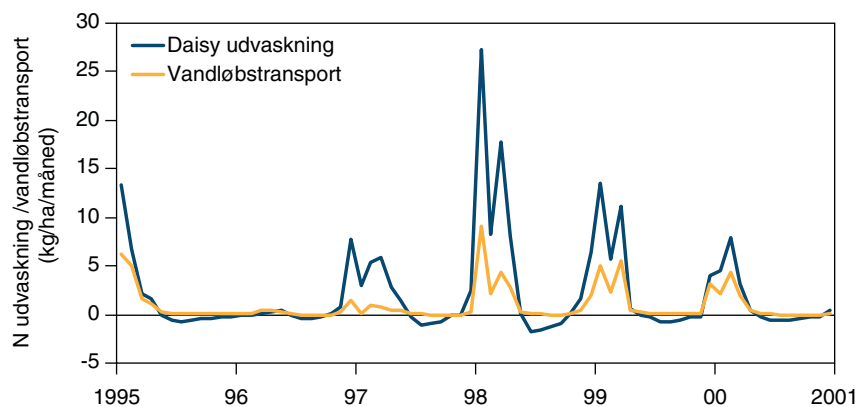
Agro_aar	Høstaar	Handelsg	Husdyrg	N-fix	N-dep	N	NH3-	N-	N-	Delta	Delta	Delta	N-rest	
						tilført	fordamp	Denitr.	udvaskn	høst	OrgN	UorgN	CropN	
1990/91	1990	87	39	1	16	144	3	42	44	85	9	-21	-10	-6
1991/92	1991	77	21	6	14	119	2	33	19	83	-7	-11	1	0
1992/93	1992	109	26	0	13	148	2	22	40	59	-17	47	-3	0
1993/94	1993	42	17	2	18	79	1	33	61	61	-8	-66	-3	0
1994/95	1994	93	21	5	17	135	1	36	35	56	-19	19	9	0
1995/96	1995	63	15	0	10	89	1	10	-2	65	4	13	-4	0
1996/97	1996	96	18	0	12	126	1	19	22	50	-7	44	2	0
1997/98	1997	82	13	1	14	111	1	20	59	68	-12	-19	-4	0
1998/99	1998	57	8	0	16	80	1	19	42	76	-3	-64	0	10
1999/00	1999	75	16	7	16	114	1	23	18	71	-11	17	5	-8
2000/01	2000	52	25	0	12	89	2	18	8	65	-14	8	7	-2
2001/02	2001	110	14	0	17	141	1	45	41	73	-11	-33	-6	34
2002/03	2002	72	14	6	14	106	1	20	14	76	-8	43	-5	-34
2003/04	2003	61	10	1	13	86	1	13	13	71	-13	-8	3	7
2004/05	3004	64	18	0	15	97	2	21	18	83	-5	-20	0	0
2005/06	2005	61	16	0	13	91	2	11	10	66	-5	13	4	-8
2006/07	2006	75	17	2	17	111	2	40	37	59	-28	-24	13	16
Gns		75	18	2	15	110	1	25	28	69	-9	-4	1	1

Sammenlignes den modelberegnete udvaskning med den målte N-transport i vandløbet (figur 9.4) ses, at dynamikken indenfor et år følges pænt ad.

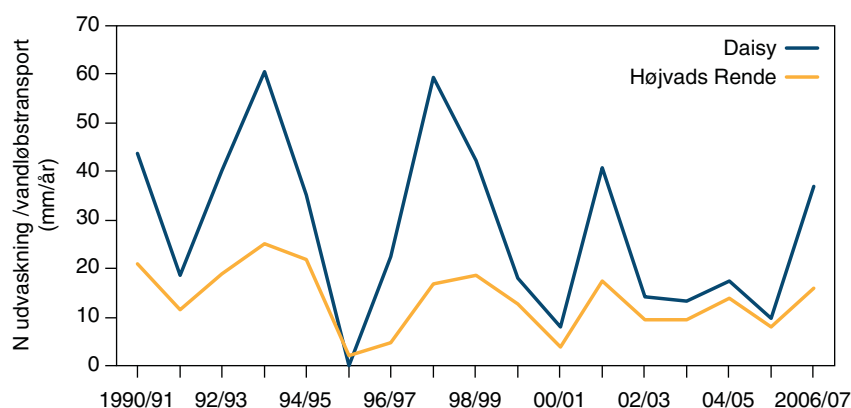
Udvaskningen fra rodzonen er større end den målte kvælstoftransport i vandløbet, figur 9.4 og 9.5. På vandets vej gennem jorden og ud mod vandløbet vil der specielt i lerjord og i det reducerede grundvand foregå en vis reduktion af kvælstoffet i vandet. Det er derfor naturligt, at transporten i vandløbet er lavere end udvaskningen fra rodzonen.

Den modellerede gennemsnitlige udvaskning fra rodzonen i perioden 1990/01-2006/07 er opgjort til 28 kg N/ha, mens den målte kvælstoftransport i vandløbet er 14 kg N/ha i samme periode. Det vil sige, at ca. 50 % af det udvaskede kvælstof når ud til vandløbet.

Figur 9.4. Sammenligning af målt kvælstoftransport i vandløbet og Daisy-simuleret udvaskning pr. måned 1995-2001.



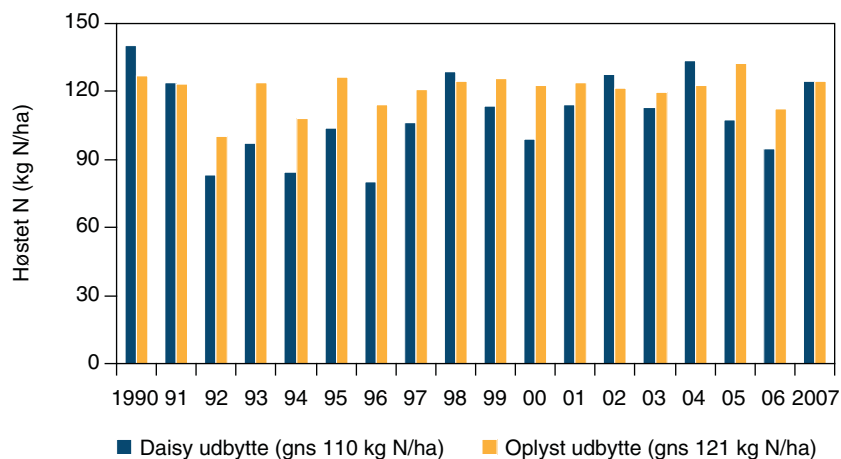
Figur 9.5. Sammenligning af modelleret N-udvaskning fra rodzonen med målt N-transport fra det topografiske opland til Højvads Rende for agrohydrologiske år, 1990/91-2006/07.



9.3 Sammenligning af modellerede N-udbytter med oplyste N-udbytter

I dette afsnit vurderes høstudbytterne for de arealer, hvor der er både oplyste og modellerede udbytter (figur 9.6). Gennemsnitligt set undervurderer Daisy udbyttet. Det arealvægtede simulere høstudbytte var således på 110 kg N/ha, mens det oplyste var på 121 kg N/ha. Det er specielt i årene fra 1992-1995 at undervurderingen forekommer.

Figur 9.6. Sammenligning af modelleret og oplyst høstet N for det topografiske opland til Højvads Rende i årene 1990-2007.



I det følgende er der foretaget en vurdering af de enkelte afgrøder (figur 9.7)

Fabriksroer

Det gennemsnitlige simulerede og oplyste høstudbytte er meget tæt på hinanden, hhv. 112 og 116 kg N/ha. Der er også rimelig god overensstemmelse i de enkelte år.

Kløvergræs

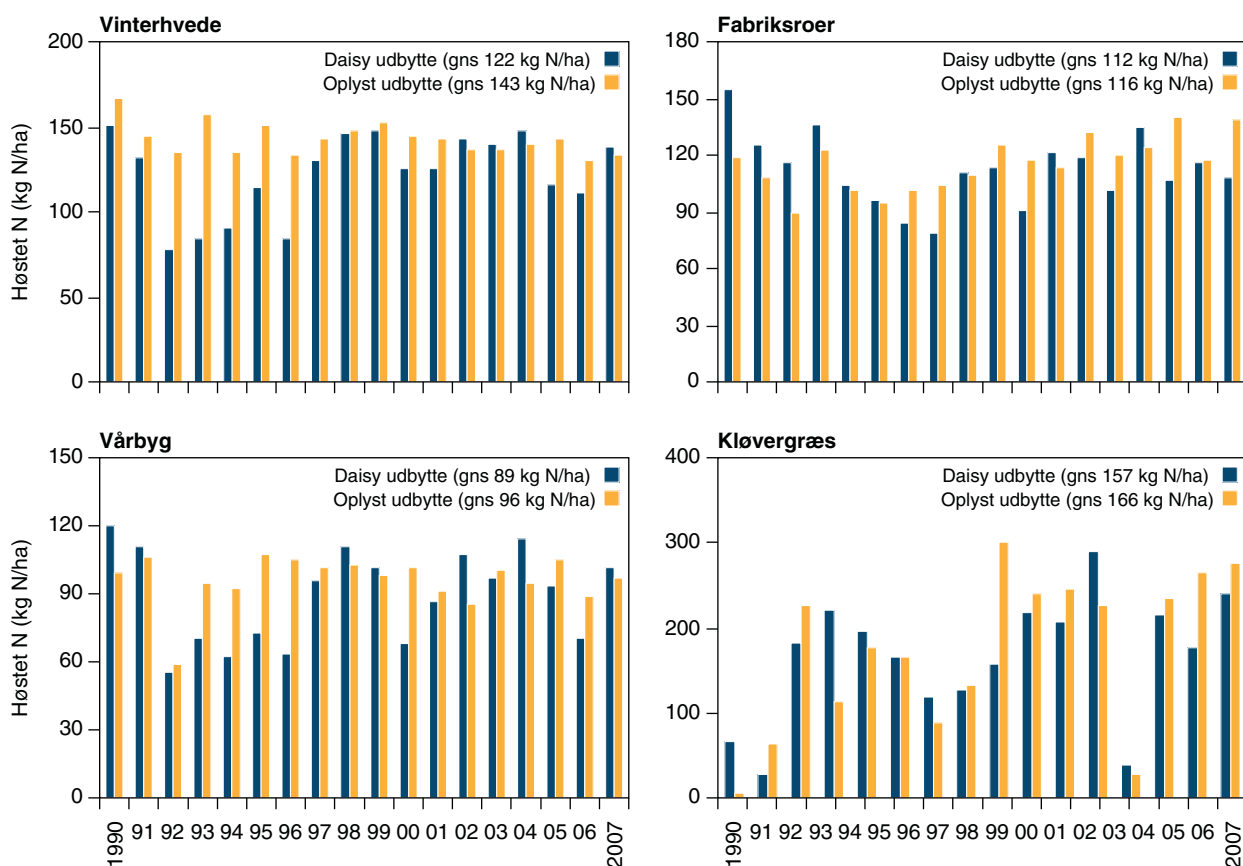
Kløvergræs udgør kun et mindre areal i Højvads Rende. Der er nogen afvigelse mellem simulerede og oplyste udbytter i de enkelte år, men overordnet set følger de simulerede høstudbytter variationen i de oplyste udbytter hen over måleperioden. I gennemsnit blev der simuleret et høstudbytte på 157 kg N/ha mod et oplyst udbytte på 166 kg N/ha.

Vårbyg

For vårbyg er det modelberegnete udbytte lidt lavere end det oplyste, hhv. 89 og 96 kg N/ha. Det er specielt for årene 1993-1996 at modellen undervurderer udbytterne.

Vinterhvede

Det simulerede udbytte er betydeligt lavere end det oplyste, hhv. 122 og 143 kg N/ha. Det er specielt årene for 1992-1996, at modellen har undervurderet udbytterne. Af tabel 9.3 fremgår, at undervurderingen alene forekommer på lerjordene, mens der er god overensstemmelse mellem modellerede og oplyste udbytter på humusjorderne og sandjorden.



Figur 9.7. Sammenligning af modellerede og oplyste udbytter for hyppigt forekommende afgrøder i Højvads Rende oplandet.

Tabel 9.3 Gennemsnitlige høstede N-udbytter for vinterhvede for perioderne 1992-1996 og 1997-2007 på forskellige jordtyper.

Jordtype	Grundvand	1992-1996		1997-2007	
		Daisy Kg N/ha	Oplyst Kg N/ha	Daisy Kg N/ha	Oplyst Kg N/ha
St2 (lerjord)	høj jord, dræning	91	152	136	142
St4 (lerjord)	høj jord, dræning	87	143	131	140
St5 (lerjord)	høj jord, dræning	90	136	139	136
Humus1	ved vandløb	132	133	153	140
Humus2	ved vandløb	158	146	149	148
Sand	ved vandløb	116	117	155	121

Sammenfattende

Det fremgår, at Daisy generelt undervurderer udbytterne, idet der som gennemsnit for alle afgrøder og alle år blev modelleret et høstet N-udbytte på 110 kg N/ha mod et oplyst udbytte på 121 kg N/ha. Det ses, at specielt kornafgrøderne er undervurderet i perioden 1992-96, og at undervurderingen alene forekommer på lerjordene. Fabriksroer og kløvergræs er derimod modelleret tilfredsstillende.

Undervurderingen af høstudbytterne ved oplandsmodelleringen er betydelig større, end hvad der er fundet ved analysen af jordvandsstationerne. Her blev der modelleret høstet N-udbytte på 120 kg N/ha mod et oplyst udbytte på 123 kg N/ha. En del af forklaringen kan være, at der for vinterhveden i oplandsdataene forekommer så sene såtidspunkter, at afgrøden ikke kommer godt nok i gang i modelleringen. Ved opsætning på jordvandsstationerne blev dette søgt imødegået ved at kalibrere vinterhveden, således at den holdes i initialiseringsfasen i længere tid, men det betød samtidig, at væksten skulle kalibreres ned (se kap. 7.1.7). Den anvendte kalibrering har vist sig at være for kraftig ved anvendelse på materialet for hele oplandet til Højvads Rende.

9.4 Diskussion

Ved oplandsmodelleringen for umættet zone i Højvads Rende er den modellerede vandbalance søgt verificeret ved sammenligning med målte vandløbsmålinger. I små oplande som Højvads Rende, der ligger øverst i vandløbssystemet, vil der imidlertid ske afstrømning til de dybere grundvandsmagasiner, som afvander til vandløbet længere nede i vandløbssystemet. Den modellerede perkolation fra rodzonen er da også ca. 40 mm større end vandløbsafstrømningen til Højvads Rende, men samtidig ca. 25 mm mindre end afstrømningen til den nedstrøms liggende vandløbsstation, Halsted Å. Ud fra denne betragtning blev det antaget, at den modellerede perkolation så fornuftig ud.

Den modellerede perkolation er efterfølgende blevet anvendt som input til den hydrologiske modellering for Højvads Rende oplandet (Alectia, 2009). Den hydrologiske model blev sat op for et større område netop for at minimere påvirkningen af randbetingelserne. Modellen blev fundet at give acceptabel overensstemmelse mellem målte og observerede værdier, dog overestimerede modellen vandafstrømningen til Højvads Rende med ca. 12 %.

Den modellerede kvælstofudvaskning for umættet zone er vurderet i forhold til målte udvaskninger ved jordvandsstationerne; disse blev op-

gjort til henholdsvis 32 og 30 kg N/ha pr. år for 6 stationer over perioden 1990-2003. Den modellerede kvælstofudvaskning er efterfølgende blevet anvendt som input til stoftransportmodellen i den hydrologiske model. Modellen beskriver, at ca. 45 % af nitraten omsættes i den mættede zone. Det svarer til, hvad der blev fundet ved modelleringen i umættet zone, hvor det er beregnet, at ca. 50 % af den Daisy modellerede udvaskning når ud til vandløbet. I den hydrologiske modellering blev den samlede estimerede kvælstoftransport til Højvads Rende dog underestimeret med ca. 18 % for perioden 1991-2001 (Alectia, 2009).

Der er behov for at se nærmere på kvælstofbalancen for modelleringen i umættet zone. Et væsentligt punkt er omsætningen af den organiske pulje. I denne undersøgelse er der beregnet en nedbrydning af den organiske pulje svarende til 9 kg N/ha pr. år. Til sammenligning kan nævnes, at Heidmann et al. (2001) i en undersøgelse på kvadratnetspunkterne for perioden 1986/87-1997/98 fandt, at udviklingen i jordens organiske N indhold var afhængig af jordtypen. Der blev fundet en signifikant stigning i N-indholdet for JB1-2 (100-118 kg N/ha pr. år) og et signifikant fald på JB 6-7 (61-115 kg N/ha pr. år). For JB3-5 var der ingen signifikant udvikling. Set i forhold hertil er den modellerede nedgang i jordens organiske N indhold i Højvads Rende forholdsvis lav.

Den modellerede denitrifikation på gennemsnitligt 25 kg N/ha pr. år er højere end den tilsvarende denitrifikation beregnet med SimDen (i størrelsesordenen 12-14 kg N/ha år). SimDen tager imidlertid ikke højde for variationer i grundvandsspejl og jordfugtighed, hvilket kan være af meget stor betydning. Således fandt Vinther (1992) på en enkelt regnvejrsdag en denitrifikation på 0,25 kg N/ha. Den høje grundvandsstand i Højvads Rende oplandet vil bidrage til en høj modelberegnet denitrifikation.

Endelig er det modellerede høstede N udbytte på 110 kg N/ha pr. år lavere end det oplyste på 121 kg N/ha pr. år. Det er fundet, at denne undervurdering alene må tilskrives kornafgrøderne, og specielt vinterhveden. Ovenfor blev det konkluderet, at der er behov for at kalibrere kornafgrøderne i Højvads Rende til en højere vækstrate end for de øvrige oplande. En medvirkende årsag kunne også være, at der er for lidt kvælstof i omsætning i systemet, således at nedgangen i den organiske pulje eventuelt har været større, end Daisy modelleringen viste. Der er således behov for yderligere undersøgelser til belysning af udviklingen i jordens organiske puljer og denitrifikationen, og der er behovet nærmere analyse af afgrødekalibrering.

9.5 Perspektivering

Oplandsmodelleringen for umættet zone i Højvads Rende har vist, at den modellerede vandbalance nogenlunde svarer til målinger af vandløbsafstrømningen. Modelleringen er herved med til at verificere de antagelser, der lægges til grund for perkulationsberegninger på dræned lerjorde.

Oplandsmodelleringen i Højvads Rende såvel som i de øvrige landovervågningsoplande har endvidere vist, at der er behov for at arbejde videre med de organiske puljer, denitrifikation og afgrødekalibrering på tværs

af oplandene. Det er specielt vigtigt, at de organiske puljer er verificeret i forhold til at kunne anvende modelopsætningen til scenarieberegning af virkemidler så som efterafgrøder og organisk jordbrug. Derimod vil modelopsætningen umiddelbart kunne bruges til scenarieberegning af virkemidler såsom nedsat gødskning og udtagning af landbrugsjord.

Modelopsætningen er geografisk distribueret, og scenarieberegninger over virkemidlers placering i et opland vil kunne anvendes til at pege på, om der er specifikke arealer i et opland, hvor det vil være mest hensigtsmæssigt at placere virkemidlerne. Erfaringer fra de fem landovervågningsoplande kan evt. bruges på større skala.

Modelopsætningen vil endvidere være et nyttigt redskab i forhold til at kunne gennemføre beregninger af effekten af klimaforandringer. Et sideløbende modelarbejde (Jensen et al. 2009) har imidlertid vist, at der behov for at afgrødeparametrene i Daisy tilpasses til et klima, der er varmere og har et højere CO₂ indhold end i dag.

10 Referencer

Abrahamsen, P. & Hansen, S. (2000): Daisy: An Open Soil-Crop: Atmosphere System Model. *Environmental Modelling and Software*, 15: 313-330.

Alectia (2009): Oplandsmodel for landovervågningsopland 1. Opsamling og delrapporter - Geologisk model, Opstilling og kalibrering af model, Beregningsmodel af nitratomsætning i oplandet. Miljøcenter Nykøbing Falster, Miljøministeriet.

Allerup, P., Madsen, H. & Vejen, F. (1998): Standardværdier (1961-1990) af nedbørskorrektioner. DMI Teknisk rapport 98-10.

Aslyng, H. C. (1968): Klima, jord og vandbalance i jordbruget. Kulturteknik I. DSR Forlag, Den Kgl. Veterinær-og Landbohøjskole.

Bastrup-Birk, A., Gundersen, P. & Hansen, K. (2003): Nedsivning til grundvand under skov. I (Raulund-Rasmussen og Hansen, eds.): Grundvand fra skove – muligheder og problemer. Skov og Landskab. Skovbrugsserien nr. 34.

Blicher-Mathiesen, G. et al. (2009): Oplandsmodellering af vand og kvælstof i umættet zone for oplandet til Odder Bæk (under udarbejdelse).

Callesen, I., Thomsen, A., Raulund-Rasmussen, K. & Østergaard, H.S. (1996): Nitratkoncentrationen i jordvand under danske skove. *Dansk Skovforenings Tidsskrift* 81, 73-94.

Dansk Kvæg (2005): Fodermiddeltabellen 2005. Dansk kvæg og Danmarks JordbrugsForskning. Rapport nr ???

DMU (2005): Teknisk anvisning. Prøvetagning fra jord- og drænvandsstationer i Landovervågningsoplandene, Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi, April 2005.

Grant, R. (2002): Kornudbytter og høstet kvælstof – udvikling i perioden 1985-2000. Internt notat, Danmarks Miljøundersøgelser, november 2002, 6s. www.dmu.dk – publikationer – øvrige publikationer.

Grant, R., Pedersen, L.E., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2009: Landovervågningsoplande 2007. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 126 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 709. <http://www.dmu.dk/Pub/FR709>

Gundersen, P, Sevel, L., Christiansen, J.R., Vesterdal, L. Hansen, K. & Bastrup-Birk, A. (2009): Do indicators of nitrogen retention and leaching differ between coniferous and broadleaved forests in Denmark? *Forest Ecology and Management* 258: 1137-1146.

Hansen, K.(2003): Næringsstofkredsløb I skove – Ionbalanceprojektet. Hansen, K. (Ed.) *Forest & Landscape Research* No. 33.

Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. & Svendsen, H. (1990): DAISY-Soil Plant Atmosphere System Model. NPo Forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A10.

Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. & Svendsen, H. (1991): Simulating nitrogen dynamics and biomass production in winter wheat using the Danish simulation model DAISY. *Fertilizer Research* 27, 245-259.

Hansen, E.M. & Djurhuus, J. (1997): Nitrogen leaching as influenced by soil tillage and catch crops. *Soil & Tillage Res.* 41, 203-219.

Hansen, E.M. & Djurhuus, J. (1997): Yield and N uptake as affected by soil tillage and catch crops. *Soil & Tillage Res.* 42, 241-252.

Heidmann, J. Nielsen, Olesen, S.E., Christensen, B.T. og Østergaard, H. S. (2001): Ændringer i indhold af kulstof og kvælstof i dyrket jord: Resultater fra Kvadratnettet 1987-1998. DJF rapport Markbrug, nr. 54, 2001.

Holst, K.Aa. & Kristensen, K.J. (1981): Fordampning fra løvskov. Suså Undersøgelsen. Rapport SUSÅ-H 2/3. Dansk komite for Hydrologi.

Jacobsen, O.H. (1989): Umættet hydraulisk ledningsevne i nogle danske jorde. Metode og jordtypekarakterisering. Beretning nr. S 2030 fra Statens Planteavlsvforsøg, 60 s.

Jensen, N. H. & Madsen, H.B. 1990: Jordprofilundersøgelser i Vandmiljøplanens Landovervågningsoplande. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for Areal og Kortlægning. 9 s. plus bilag.

Jensen, R., Andersen, P.M., Grant, R. & Andersen, H.E. 2009: Tema: Klimaforandringerne påvirkning af kvælstoftab fra dyrkede arealer. I Grant, R., Pedersen, L.E., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2009: Landovervågningsoplande 2007. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 126 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 709. <http://www.dmu.dk/Pub/FR709>

Ladekarl, U.L., Jensen, R., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Mejlhede, P., Olsen, B.Ø. (2009): Oplandsmodellering af vand og kvælstof i umættet zone for oplandet til Horndrup Bæk. Danmarks

Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 76 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 717. <http://www.dmu.dk/Pub/FR717>

Ladekarl, U.L. (2005): Skovrejsning og grundvandsdannelse. *Vand og Jord* 4, december 2005, 128-131.

Ladekarl, U.L., Rasmussen, K.R., Christensen, S., Jensen, K.H. & Hansen, B. (2005a): Groundwater recharge and evapotranspiration for two natural ecosystems covered with oak and heather. *Journal of Hydrology*, 300, 76-99.

Ladekarl, U.L., Beier, C. & Dellwik, E. (2005b): Fordampning fra landbrug og skov. *Vand og Jord* 2, maj 2005, 44-47.

- Landsudvalget for kvæg (1993): Fodermiddeltabel 1993. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 28.
- Landsudvalget for kvæg (1995): Fodermiddeltabel 1995. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 52.
- Landsudvalget for kvæg (2000): Fodermiddeltabel 2000. Landskontoret for Kvæg og Danmarks JordbrugsForskning, Rapport nr. 91.
- Letts, M.G, Roulet, N.T., Comer, N.T., Skarupa, M.R. & Verseghe, D.L. (2000): Parametrization of Peatland Hydraulic Properties for the Canadian Land Surface Scheme. *Atmosphere-Ocean* 38 (1), 141-160
- Nielsen, K., Stjernholm, M., Müller-Wohlfeil, D.-I., Madsen, I.-L., Kjeldgaard, A., Groom, G., Hansen, H.S., Rolev, A.M., Hermansen, B., Skov-Petersen, H., Johannsen, V.K., Hvidbjerg, M., Jensen, J.E., Bacher, V. & Larsen, H. (2000): Areal Information Systemet – AIS. Danmarks Miljøundersøgelser, 110 s.
- Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiesen, G. & Kern-Hansen, C. (2002): Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF rapport nr. 70, markbrug, 45 s.
- Storm, B., Styczen, M. & Clausen, T. (1990): Regional model for næringsstoftransport og –omsætning. NPo Forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B15.
- Styczen, M., Hansen, S., Jensen, L.S., Svendsen, H., Abrahamsen, P., Børgesen, C.D., Thirup, C & Østergaard, H.S. (2004): Standardopstillinger til Daisy-modellen. Vejledning og baggrund. DHI Institut for Vand og Miljø. 60 s.
- Vinther, F.P. (1992): Measured and simulated denitrification activity in a cropped sandy and loamy soil. *Biology and Fertility of Soils* 14, 43-48.
- Vinther, F.P og Hansen S. (2004): SIMDEN – en simpel model til beregning denitrifikation af N₂O emission og denitrifikation. DJF-rapport Markbrug nr 104.
- Waagepetersen J., Grant, R., Børgesen, C.D. og Iversen, T.M. (2008): Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. I: Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. Hoved- og baggrundsnotater (eds Børgesen, C.D., Waagepetersen, J., Iversen, T.M., Grant, R., Jacobsen, B. og Elmholt; S.) DJF rapport Markbrug 142. 233s.
- Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A. & Le Bas, C. (1999): Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma* 90, 169-185.

Bilag 1: Oversigt der viser LOOP afgrøder og hvilke Daisy afgrøder, der er anvendt ved simuleringerne

Daisy afgrøde	LOOP afgrøde henført til Daisy afgrøde
Vårbyg	Vårbyg/ært Vårbyg Grønkorn helsæd Vårbyg ært helsæd Vårbyg havre Vårbyg havre ært Vårbyg helsæd Vårbyg kløverudlæg Vårbyg udlæg Vårbyg ært udlæg Vårhvede kløverudlæg Ært Grønkorn helsæd Havre Havre Kløverudlæg
Vinterbyg	Vinterbyg udlæg
Vinterhvede	Vinterhvede udlæg Vinterhvede grønkorn udlæg Vinterhvede Kløverudlæg
Rug	Rug Kløverudlæg
Vårraps	
Vinterraps	
ærter	
majs	
foderroer	
sukkerroer	
kartofler	
græs	Brak, Helsæd Kløverfrø Kløvergræs
Vårbyg standard	Frugt, Urter og lign Juletræer og pyntegrønt

Bilag 2. Husdyrgødning i Daisy

I Daisy skal husdyrgødningstildelingerne angives i manager-filen som tons våd vægt pr. ha. De normtal, som DAISY er født med, gælder for år 2000. I landovervågningsprogrammet er N-mængden i husdyrgødningstildelingerne det grundlæggende tal, og der er igennem overvågningsperioden anvendt de til enhver tid gældende normer, dvs. normerne varierer igennem perioden. Og endelig er normtallene for årene 1990-1997 korrigeret tilbage i tid, hvorfor der er behov for at korrigere de anvendte normtal.

På grund af ovennævnte forhold er vi i LOOP nødt til at foretage en omregning fra kg N i gødningen til tons vådvægt og i managerfilen definere de normtal, der faktisk er anvendt. De parametre, der skal defineres, er angivet nedenfor, normtallene for kvæg og svin findes i vedlagte normtabel. Eksempel på en manager-opsætning er vist senere.

Daisy managerfil	hentes fra vedlagte normtabel for de respektive år
dry_matter_fraction	DM (tørstofindholdet)
total_N_fraction	totN_frac (N indholdet i tørstoffet)*totN_frac_korr ¹⁾
NH4_fraction	NH4_frac (NH4 andelen i forhold til total N)
total_C_fraction	totC_frac (C indholdet i tørstoffet)

¹⁾ totN_frac er det normtal, der blev anvendt i LOOP. Det er dette normtal, der skal anvendes til beregning af vådvægten. I Daisy managerfilen skal imidlertid anvendes det korrigerede normtal = totN_frac*totN_frac_korr.

Beregning af vådvægt

Vådvægten findes ud fra det angivne N-indhold i gødningen det aktuelle år og de tilhørende normtal:

$$\text{tons våd vægt/ha} = (\text{kg N/ha i gødningstildelingen}) / (\text{totNfrac} * \text{DM} * 1000)$$

Eksempel

I 1997 var normen for svinegylle DM= 6,7 % (0,067) og totNfrac= 8.2 %(0,082)

70 kg N/ha i svinegylle svarer derfor til $70 / (0,082 * 0,067 * 1000) = 12,7$ tons gylle/ha.

Normtal for husdyrgødning for kvæg og svin anvendt i opsætning af Daisy for årene 1990-2003

aar	DaisyTekst	DM	TotN_frac	TotN_frac_korr	NH4_frac	TotC_frac
1990	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	1	0,716	0,4
1991	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	0,94	0,716	0,4
1992	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	0,89	0,716	0,4
1993	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	0,83	0,716	0,4
1994	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	0,78	0,716	0,4
1995	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	0,72	0,716	0,4
1996	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	0,71	0,716	0,4
1997	slagtesvin_gylle	0,059	0,1	0,7	0,708	0,4
1998	slagtesvin_gylle	0,067	0,082	1	0,708	0,4
1999	slagtesvin_gylle	0,067	0,082	1	0,708	0,4
2000	slagtesvin_gylle	0,054	0,09	1	0,75	0,4
2001	slagtesvin_gylle	0,054	0,09	1	0,75	0,4
2002	slagtesvin_gylle	0,054	0,09	1	0,75	0,4
2003	slagtesvin_gylle	0,054	0,09	1	0,75	0,4
1990	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,14	0,649	0,4
1991	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,13	0,649	0,4
1992	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,12	0,649	0,4
1993	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,11	0,649	0,4
1994	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,11	0,649	0,4
1995	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,02	0,649	0,4
1996	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,02	0,649	0,4
1997	kvaeg_gylle	0,113	0,051	1,02	0,6	0,4
1998	kvaeg_gylle	0,095	0,058	1	0,6	0,4
1999	kvaeg_gylle	0,095	0,058	1	0,6	0,4
2000	kvaeg_gylle	0,103	0,053	1	0,6	0,4
2001	kvaeg_gylle	0,103	0,053	1	0,6	0,4
2002	kvaeg_gylle	0,103	0,053	1	0,6	0,4
2003	kvaeg_gylle	0,103	0,053	1	0,6	0,4
1990	slagtesvin_staldgoedning	0,182	0,042	0,97	0,35	0,4
1991	slagtesvin_staldgoedning	0,182	0,042	0,91	0,35	0,4
1992	slagtesvin_staldgoedning	0,182	0,042	0,73	0,35	0,4
1993	slagtesvin_staldgoedning	0,182	0,042	0,69	0,35	0,4
1994	slagtesvin_staldgoedning	0,182	0,042	0,65	0,35	0,4
1995	slagtesvin_staldgoedning	0,182	0,042	0,61	0,35	0,4
1996	slagtesvin_staldgoedning	0,182	0,042	0,6	0,35	0,4
1997	slagtesvin_staldgoedning	0,23	0,029	0,6	0,349	0,4
1998	slagtesvin_staldgoedning	0,23	0,029	1	0,349	0,4
1999	slagtesvin_staldgoedning	0,23	0,029	1	0,349	0,4
2000	slagtesvin_staldgoedning	0,23	0,039	1	0,349	0,4
2001	slagtesvin_staldgoedning	0,23	0,039	1	0,349	0,4
2002	slagtesvin_staldgoedning	0,23	0,039	1	0,349	0,4
2003	slagtesvin_staldgoedning	0,23	0,039	1	0,349	0,4
1990	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,14	0,251	0,4
1991	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,13	0,251	0,4
1992	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,12	0,251	0,4
1993	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,11	0,251	0,4
1994	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,11	0,251	0,4
1995	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,02	0,251	0,4
1996	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,02	0,251	0,4
1997	kvaeg_staldgoedning	0,174	0,026	1,02	0,25	0,4

1998	kvaeg_staldgoedning	0,2	0,025	1	0,25	0,4
1999	kvaeg_staldgoedning	0,2	0,025	1	0,25	0,4
2000	kvaeg_staldgoedning	0,196	0,027	1	0,251	0,4
2001	kvaeg_staldgoedning	0,196	0,027	1	0,251	0,4
2002	kvaeg_staldgoedning	0,196	0,027	1	0,251	0,4
2003	kvaeg_staldgoedning	0,196	0,027	1	0,251	0,4
1990	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,97	0,92	0,4
1991	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,91	0,92	0,4
1992	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,86	0,92	0,4
1993	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,8	0,92	0,4
1994	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,75	0,92	0,4
1995	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,67	0,92	0,4
1996	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,67	0,92	0,4
1997	slagtesvin_ajle	0,015	0,292	0,6	0,92	0,4
1998	slagtesvin_ajle	0,019	0,23	1	0,92	0,4
1999	slagtesvin_ajle	0,019	0,23	1	0,92	0,4
2000	slagtesvin_ajle	0,02	0,18	1	0,899	0,4
2001	slagtesvin_ajle	0,02	0,18	1	0,899	0,4
2002	slagtesvin_ajle	0,02	0,18	1	0,899	0,4
2003	slagtesvin_ajle	0,02	0,18	1	0,899	0,4
1990	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,17	0,92	0,4
1991	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,16	0,92	0,4
1992	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,15	0,92	0,4
1993	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,14	0,92	0,4
1994	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,13	0,92	0,4
1995	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,09	0,92	0,4
1996	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,09	0,92	0,4
1997	kvaeg_ajle	0,035	0,168	1,09	0,92	0,4
1998	kvaeg_ajle	0,034	0,165	1	0,92	0,4
1999	kvaeg_ajle	0,034	0,165	1	0,92	0,4
2000	kvaeg_ajle	0,033	0,162	1	0,9	0,4
2001	kvaeg_ajle	0,033	0,162	1	0,9	0,4
2002	kvaeg_ajle	0,033	0,162	1	0,9	0,4
2003	kvaeg_ajle	0,033	0,162	1	0,9	0,4
1990	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,82	0,3	0,4
1991	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,78	0,3	0,4
1992	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,73	0,3	0,4
1993	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,69	0,3	0,4
1994	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,65	0,3	0,4
1995	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,61	0,3	0,4
1996	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,6	0,3	0,4
1997	slagtesvin_dybstroelse	0,293	0,032	0,6	0,3	0,4
1998	slagtesvin_dybstroelse	0,33	0,029	1	0,3	0,4
1999	slagtesvin_dybstroelse	0,33	0,029	1	0,3	0,4
2000	slagtesvin_dybstroelse	0,33	0,035	1	0,25	0,4
2001	slagtesvin_dybstroelse	0,33	0,035	1	0,25	0,4
2002	slagtesvin_dybstroelse	0,33	0,035	1	0,25	0,4
2003	slagtesvin_dybstroelse	0,33	0,035	1	0,25	0,4
1990	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,05	0,25	0,4
1991	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,04	0,25	0,4
1992	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,04	0,25	0,4
1993	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,03	0,25	0,4
1994	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,02	0,25	0,4
1995	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,01	0,25	0,4
1996	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,01	0,25	0,4

1997	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1,01	0,25	0,4
1998	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1	0,25	0,4
1999	kvaeg_dybstroelse	0,27	0,029	1	0,25	0,4
2000	kvaeg_dybstroelse	0,289	0,025	1	0,267	0,4
2001	kvaeg_dybstroelse	0,289	0,025	1	0,267	0,4
2002	kvaeg_dybstroelse	0,289	0,025	1	0,267	0,4
2003	kvaeg_dybstroelse	0,289	0,025	1	0,267	0,4

Bilag 3. Faktorer for ammoniakfordampning anvendt i managerfilerne ved Opsætning af Daisy i Højvads Rende

Data fra Mikkelesen (person. komm.2005.)

Afgørde	Måned	Betingelse	Ajle og gylle			Fast gødning	Reference Mette Hjorts regneark, hvor de angivne værdier kan findes
			Nedfæl.	Slæbesl.	Bredspred.		
Emissionskoefficient							
----- pct. af N ab lager-----							
Vinterraps	aug-marts	før såning	2	9	10	5	vinter-forår, gns. nedbragt < eller > end 12 timer
	aug-marts	efter såning	2	20	21	11	vinter-forår, ikke nedbragt
	april-maj	før høst*	2	6.5	31	16	forår-sommer, +afgrøde, ikke nedbragt
	juni-juli	før høst*	2	6.5	31	16	forår-sommer, +afgrøde, ikke nedbragt
Vinterkorn	aug-marts	før såning	2	9	10	5	vinter-forår, gns. nedbragt < eller > end 12 timer
	aug-marts	efter såning	2	20	21	11	vinter-forår, ikke nedbragt
	april-maj	før høst*	2	20	21	11	vinter-forår, ikke nedbragt (dette afviger fraraps, idet hv. ikke er i så kraftig vækst som raps)
	juni-juli	før høst*	2	6.5	31	16	forår-sommer, +afgrøde, ikke nedbragt
Forårssået afgr	aug-marts	ingen	2	9	10	5	vinter-forår, gns. nedbragt < eller > end 12 timer
	apr-maj	før såning	2	9	10	5	vinter-forår, gns. nedbragt < eller > end 12 timer
	apr-maj	efter såning	2	20	21	11	vinter-forår, ikke nedbragt
	juni-juli	før høst*	2	6.5	31	16	forår-sommer, +afgrøde, ikke nedbragt
Græs sået i tidligere planår	sept-okt		2	4.5	31	16	gns. forår-sommer og sensommer, ikke nedbragt, + afgrøde, ikke nedbragt
	nov-apr		2	20	21	11	vinter-forår, ikke nedbragt
	maj-aug		2	6.5	31	16	forår-sommer
Græs sået i planår	aug-apr	før såning	2	9	10	5	vinter-forår, gns. nedbragt < eller > end 12 timer
	aug-apr	efter såning	2	20	21	11	vinter-forår, ikke nedbragt
	maj-juli		2	6.5	31	16	forår-sommer
	aug-okt, forlænget periode		2	4.5	31	16	gns. forår-sommer og sensommer, ikke nedbragt, + afgrøde, ikke nedbragt
Efterafgrøde	maj-juli		2	6.5	31	16	forår-sommer
	aug-okt, forlænget periode		2	4.5	31	16	gns. forår-sommer og sensommer, ikke nedbragt, + afgrøde, ikke nedbragt

Bilag 4 a. Teksturanalyse for jordhorisonterne i Højvads Rende

Stnr	Horisont	Dybde (cm)	JBnr	BD	BD	ler	silt	finsand	Grovsand	humus	kalk	C/N
				Målt (g/cm3)	Korr (g/cm3)	<2 µ %	2-50 µ %	50-200 µ %	200-2000 µ %	%	%	
102	Ap	0-28	7	1.51	1.529	19.3	33.9	24	20.8	2		0
	B2tg	28-66	8	1.53	1.486	32.8	35.6	25.9	4.8	0.8		8.1
	2Clcor	66-90	6	1.71	1.588	13.4	19.9	40.9	22.1	0.2	3.5	5.3
	3C2cor	90-	5	1.7	1.771	13.9	20.8	25.8	21.8	0.2	17.5	9.8
103	Ingen målinger, anvendt op-sætning fra station 5											
104	Ap	0-26	5	1.7	1.628	13.9	30.8	19.2	35	2.1		9.9
	B2t	26-66	7	1.74	1.603	19.8	26.3	24.2	29.3	0.4		7.6
	2Clog	66-	5	1.87	1.738	10.9	20.1	28.4	40.5	0.1		4.5
105	Ap	0-32	6	1.62	1.505	10.8	19.5	32.5	35	1.7		9.3
	A12	32-45	6	1.71	1.641	9.6	16.8	42.6	29.2	1.8		24
	B2v	45-70	6	1.77	1.582	12.1	12.4	36.4	38.1	1		23.5
	2Clor	70-120	7	1.96	1.755	17.7	33.6	21.4	27.2	0.2		6.2
	2C2roc	120-	6	1.77	1.61	13	21.1	33.9	23	0.1	9	3.9
106	Ap	0-28	6	1.53	1.53	13.7	23.9	31.7	28.9	1.9		9.9
	A12	28-85	6	1.6	1.489	14.1	29.7	27.4	27.3	1.4		9.1
	C1orc	85-	5	1.7	1.719	12.9	16.9	26.2	19.6	0.1	24.3	-
107	Ingen målinger, anvendt op-sætning fra station 5											
Humus1 1752	Apc	0-27		0.97		11.4	18.5	29.7	15.7	12.5	4.4	8.5
	Oa	27-42		0.74		0.0	0.0	0.0	0.0	21.2		11.3
	C1cr	42-62		1.38		24	36	14	3	2.8	21.3	11.3
	Lq	62-72		0.56		11.0	19.2	25.5	23.2	21.2		14.4
	Lc	74-		0.95		13.7	24.0	31.8	0.0	1.6	43.2	6.2
Humus2 1753	Oap	0-30		0.45		7.6	12.4	19.9	13.5	41.5		9.5
	O1a	30-54		0.32		0.0	0.0	0.0	0.0	42.7		11.5
	Lc	54-		1.36		12	39.8	22.2	25	2	23	11.5

* Korrektion: Værdi lagt til pF1 for at få en beregnet pF0

Bilag 4b. Retentionsanalyse og Daisy parametrene for jordhorisonterne i Højvads Rende

Stnr			Theta-						Theta-	Porøsi-	Målt						Ledningsevne,K			
	alfa	n	Ksat cm/time	n	Ksat cm/time	sat %	res %	l	Målt =pF0	Beregnet pF 0	pF 1 %	pF 1.5 %	pF 2 %	pF 3 %	pF 4.2 %	Korrek- tion*	v-pF2.0	v. pF4.2		
102	0.076	1.099	1.134	1.099	1.134	40.6	0	-3.198		41.7	36.8	35.2	33.3	29.2	13	4.9	5.3*10-10	4.2*10-14		
	0.054	1.107	0.595	1.107	0.595	42.4	0	-3.742	41.8	43.7	38.9	37.6	35.3	30	18.9	4.8	6.4*10-10	7.3*10-14		
	0.026	1.291	0.97	1.291	0.97	38.2	0	-0.727	35.5	40	34.7	32.8	28.6	14.4	6.2	5.3	1.1*10-8	8.8*10-14		
	0.061	1.078	0.556	1.078	0.556	30.7	0	-1.603	28.8	33.1	28.3	27.9	26.6	23.6	13	4.8	1.7*10-10	6.9*10-15		
103																				
104	0.059	1.153	0.896	1.153	0.896	36.2	0	-2.612	34.5	37.9	33	30.6	27	22.6	10.2	4.9	1.3*10-9	9.4*10-14		
	0.033	1.142	1.5	1.142	1.5	37.7	0	-2.456	34.1	39.4	34.6	33.3	31	25.8	13.4	4.8	5.2*10-9	3.3*10-13		
	0.046	1.268	1.299	1.268	1.299	32.7	0	-1.185	30.2	34.4	29.1	28.3	26.6	23	10	5.3	1.6*10-9	4.4*10-13		
105	0.064	1.217	2.401	1.217	2.401	42.3	0	-2.027	37.8	42.7	37.8	34.3	27.3	19.6	7.1	4.9	4.7*10-9	2.1*10-14		
	0.051	1.242	0.873	1.242	0.873	36.8	0	-2.05	34.3	37.5	32.7	31	24.4	14.1	7.2	4.8	3.3*10-9	1.6*10-13		
	0.081	1.211	1.293	1.211	1.293	39.8	0	-2.123	32.5	40	34.7	31.9	25.1	18.4	8	5.3	1.7*10-9	7.9*10-14		
	0.05	1.097	0.412	1.097	0.412	30.7	0	-1.731	25.9	33.7	28.9	28.3	26.1	20.9	16	4.8	2.9*10-10	1.2*10-14		
	0.032	1.138	0.644	1.138	0.644	37.9	0	0.102	33.5	39.2	34.4	33.5	32.1	24.8	10.3	4.8	1.4*10-9	1.7*10-14		
106	0.073	1.211	1.786	1.211	1.786	40.8	0	-2.511	41.1	41.7	36.8	32.2	25.8	18.9	7.1	4.9	3.3*10-9	2.3*10-13		
	0.066	1.218	1.244	1.218	1.244	43.3	0	-2.233	38.7	43.4	38.6	34.5	28.3	18.4	8.3	4.8	2.6*10-9	1.4*10-13		
	0.012	1.185	0.465	1.185	0.465	31.8	0	-0.195	28.9	35.1	29.8	29.1	3.7	24.4	9.1	5.3	1.1*10-8	1.6*10-13		
107																				
Humus1 1752	0.015	1.154	4	1.154	4	59.2	0	-0.5			57.3	54.1	50.7	43	22.9		3.3*10-9	2.4*10-13		
	0.091	1.096	0.4	1.096	0.4	71.2	0	-0.5			66.3	63.6	56.5	47.2	34.8		6.9*10-11	1.5*10-15		
	0.067	1.106	0.875	1.106	0.875	51.1	0	-0.5	47		46.9	44.3	42.8	38.3	19.3		3.2*10-10	6.4*10-15		
	0.025	1.187	0.04	1.187	0.04	80.1	0	-0.5			76.4	73.1	63.8	49.5	21.6		2.4*10-10	3.2*10-15		
	0.009	1.257	0.4	1.257	0.4	67.2	0	-0.5			63.5	61.9	59.2	48.9	10.9		2.7*10-9	3.8*10-14		
Humus2 1753	0.037	1.137	4	1.137	4	78.1	0	-0.5			74.1	70.5	63.8	49.2	31.3		7.4*10-9	1.3*10-13		
	0.02	1.191	0.4	1.191	0.4	80.8	0	-0.5			78.1	72.6	64.7	51.3	22.2		3.8*10-9	1.0*10-12		
	0.01	1.211	1.682	1.211	1.682	72.7	0	-0.5	48.2		49	47.4	45.9	38.1	13.7		6.1*10-8	1.6*10-13		

* Korrektion: Værdi lagt til pF1 for at få en beregnet pF0

Bilag 4 c. Oversigt over jordparametre for lerede jorde, Jb 6 og Jb 7, i Jacobsen (1989)

Stnr	Horisont	Dybde (cm)	BD (g/cm ³)	Korigeret BD	Vægtprocent					Kalk	målt porøsitet	Anvendt pF 0	Målt pF		Forskel pF0, målt pF1
					ler <2 µm	silt 2-50 µm	finsand 50-200 µm	grovsand > 200 µm	humus				pF 1	pF1	
Roskilde jb6	-10	1.443	10.5	30.0	41.2	15.9	2.4	44.9	39.3	5.6					
	-30	1.554	10.5	28.4	41.6	17.6	1.9	41.1	35.5	5.6					
	-50	1.559	23.7	24.4	34.8	16.5	0.5	40.7	31.1	9.6					
	-70	1.61	26.6	23.5	41.6	7.8	0.6	40.3	32.9	7.4					
	-90	1.608	26.1	22.4	42.3	6.6	0.4	2.4	40.4	33.5	6.9				
Tystofte jb6	-10	1.596	14.4	29.43	44.174	10	1	39.6	34.5	5.1					
	-30	1.628	15.3	29.42	43.177	11.1	1	38.6	33.1	5.5					
	-50	1.62	22.7	28.32	41.684	7.8	0.6	40	33.3	6.7					
	-70	1.679	13.7	24.14	41.063	3.4	0.2	17.6	37.7	31.5	6.2				
	-90	1.827	12.8	23.3	37.5	6.9	0.6	19.5	32.2	27.9	4.3				
Årslev jb6	-10	1.51	10.4	28.97	42.728	15.7	2.3	42.5	37	5.5					
	-30	1.628	11.9	26.97	42.033	17.4	1.7	38.5	33.9	4.6					
	-50	1.591	20.4	23.69	44.507	11.2	0.3	40.9	35.2	5.7					
	-70	1.664	19.5	25.85	45.651	8.8	0.2	38.2	33.1	5.1					
	-90	1.616	18.6	27.17	42.533	11.6	0.2	40	33.8	6.2					
Rønhave jb6	-10	1.431	14.2	34.07	41.233	8.4	2.1	45.9	39.5	6.4					
	-30	1.607	14.3	35.78	41.419	6.7	1.8	39.5	34.8	4.7					
	-50	1.548	19.5	33.84	40.158	6	0.5	42.2	34.4	7.8					
	-79	1.678	17.5	30.43	44.77	7	0.3	37.7	31.5	6.2					
	-90	1.68	17.5	33.8	43.198	5.2	0.3	37.9	31.6	6.3					
Askov jb6	-10	1.525	10.7	23.53	39.767	23.4	2.6	40.3	38.2	2.1					
	-30	1.577	11.9	22.51	39.686	24.2	1.6	39.1	35.5	3.6					
	-50	1.434	24.4	21.41	42.293	11.3	0.6	44.4	39.1	5.3					
	-70	1.531	22.6	21.05	38.549	17.3	0.5	42.7	36.7	6					
	-90	1.568	24.2	23.52	40.377	11.1	0.5	41.6	36.6	5					
Kalø jb7	-10	1.695	17.5	25.15	33.947	22.1	1.4	35.9	32.5	3.4					
	-30	1.656	19.4	24.25	33.347	21.7	1.3	37.5	33.2	4.3					
	-50	1.62	26.6	22.21	30.693	21.9	0.5	39.7	35.7	4					
	-70	1.599	36.7	21.32	24.277	15.6	0.4	1.8	41.1	39	2.1				
	-90	1.638	24	24.94	18.063	9.2	0	23.8	39.7	37.8	1.9				
Ø. Ulslev jb7	-10	1.67	15.3	26.09	34.107	21.1	2.3	36.4	34.3	2.1					
	-30	1.581	16.3	26.94	32.756	22.2	1.9	40.3	35.7	4.6					
	-50	1.611	15.5	23.17	36.233	24.5	0.4	39.7	31.9	7.8					
	-79	1.641	13.4	22.26	37.144	26.7	0.4	38.7	31.9	6.8					
	-90	1.774	11.4	17.8	30.995	25.7	0	14.2	34	28.5	5.5				
Højer jb7	-10	1.243	18.1	42.07	36.63	0.4	0.2	52.7	43.1	9.6					
	-30	1.336	12.2	49.61	34.286	0.2	1.9	1.8	49.4	43.4	6				
	-50	1.258	7.7	30.65	59.551	0	0.4	1.8	52.5	48.2	4.3				
	-70	1.487	6.6	21.74	70.263	0	0.3	1.1	44	40.8	3.2				
	-90	1.496	5.6	16.81	76.193	0.1	0.3	1	43.3	41.1	2.2				

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet. På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.

DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø. Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 4630 1200
Fax: 4630 1114

Administration
Afdeling for Arktisk Miljø
Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Afdeling for Marin Økologi (hovedadresse)
Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afdeling for Systemanalyse (hovedadresse)

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsovej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 8920 1400
Fax: 8920 1414

Afdeling for Ferskvandsøkologi
Afdeling for Marin Økologi
Afdeling for Terrestrisk Økologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 8920 1700
Fax: 8920 1514

Afdeling for Systemanalyse
Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

- Nr./No. 2009**
- 744 Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants. Inventories until year 2007. By Nielsen, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. & Hjelgaard, K. 216 pp.
- 742 Vildtbestande og jagttider i Danmark: Det biologiske grundlag for jagttidsrevisionen 2010. Af Noer, H., Asferg, T., Clausen, P., Olesen, C.R., Bregnballe, T., Laursen, K., Kahlert, J., Teilmann, J., Christensen, T.K. & Haugaard, L. 288 s.
- 741 Biodiversity at the Ecosystem Level – Patterns and Processes. Proceedings of the 2nd DanBIF conference, 26-27 April 2009. By Balslev, H. & Skov, F. (eds.). 44 pp.
- 739 Emission Inventory for Fugitive Emissions in Denmark. By Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K. & Nielsen, M. 47 pp.
- 738 Økologisk risikovurdering af genmodificerede planter i 2008. Rapport over behandlede forsøgsudsætninger og markedsføringssager. Af Kjellsson, G., Damgaard, C., Strandberg, M., Simonsen, V. & Krogh, P.H. 48 s.
- 737 Environmental monitoring at the former lead-zinc mine in Maarmorilik, Northwest Greenland, in 2008. By Schiedek, D., Asmund, G., Johansen, P., Rigét, F., Johansen, K., Strand J., & Mølvig, S. 70. pp.
- 736 Naturtilstand på terrestriske naturarealer – besigtigelser af § 3-arealer. Af Fredshavn, J.R., Nygaard, B. & Ejrnæs, R. 46 s.
- 735 Naturtilstand i habitatområderne. Habitatdirektivets lysåbne naturtyper. Af Fredshavn, J.R. & Ejrnæs, R. 76 s.
- 734 Undervandsplanter som indikatorer for vandkvalitet i søer. Af Søndergaard, M., Johansson, L.S., Jørgensen, T.B. & Lauridsen, T.L. 48 s.
- 732 Lokal kvælstofdeposition og kvælstofindhold i lav. Af Andersen, H.V., Nielsen, K.E., Degn, H.J., Geels, C., Løfstrøm, P., Damgaard, C. & Christensen, J.H. 46 s.
- 731 Anvendelse af en feltbaseret metode til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet i danske vandløb. Af Skriver, J., Hansen, F.G., Jensen, P.B., Larsen, L.K. & Larsen, S.E. 42 s.
- 730 Metodeafprøvning af passive diffusionsopsamlere til koncentrationsbestemmelse af ammoniak. Af Andersen, H.V., Løfstrøm, P., Moseholm, L., Ellerman, T. & Nielsen, K.E. 31 s.
- 729 Biologiske beskyttelsesområder i Nationalparkområdet, Nord- og Østgrønland. Af Aastrup, P. & Boertmann, D. 90 s.
- 728 Danske plantesamfund i moser og enge – vegetation, økologi, sårbarhed og beskyttelse. Af Nygaard, B., Ejrnæs, R., Baattrup-Pedersen, A. & Fredshavn, J.R. 144 s.
- 727 Overdrev, enge og moser. Håndbog i naturtypernes karakteristik og udvikling samt forvaltningen af deres biodiversitet. Af Ejrnæs, R., Nygaard, B. & Fredshavn, J.R. 76 s.
- 726 Klimatilpasning og den sociale faktor. 2009. Af Petersen, L.K., Jensen, A. & Nielsen, S.S. 52 s.
- 724 Denmark 's National Inventory Report 2009. Emission Inventories 1990-2007 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. By Nielsen, O.-K., Lyck, E., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Gyldenkærne, S., Winther, M., Nielsen, M., Fauser, P., Thomsen, M., Plejdrup, M.S., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K., Vesterdal, L., Møller, I.S. & Baunbæk, L. 826 pp.
- 723 Guidelines to environmental impact assessment of seismic activities in Greenland waters. By Boertmann, D., Tougaard, J., Johansen, K. & Mosbech, A. 38 pp.
- 722 Grønne kommuner. Indikatorer til belysning af kommunernes indsats på natur- og miljøområdet. Af Levin, G., Münier, B., Fuglsang, M. & Frederiksen, P. 177 s.
- 721 Seabirds and marine mammals in Northeast Greenland. Aerial surveys in spring and summer 2008. By Boertmann, D., Olsen, K. & Nielsen, R.D. 50 pp.
- 720 The eastern Baffin Bay. A preliminary strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities in the KANUMAS West area. By Boertmann, D., Mosbech, A., Schiedek, D. & Johansen, K. (eds). 238 pp.

[Tom side]

OPLANDSMODELLERING AF VAND OG KVÆLSTOF I UMÆTTET ZONE FOR OPLANDET TIL HØJVADS RENDE

Højvads Rende oplandet er et af fem oplande, hvor der er foretaget modellering af vandtransporten og kvælstofudvaskningen fra rodzonen i oplandet. Hertil er anvendt rodzonemodellen Daisy. Dette er en én-dimensionel model. Den kan derfor ikke direkte anvendes på et opland, og det har været nødvendigt at udvikle en opskaleringsprocedure. Første trin var at sætte Daisy op på seks jordvandsstationer i oplandet. Næste trin bestod i at brede Daisy ud til oplandet ved hjælp af et sæt GIS-baserede kort. Der er indhentet jordtypekort og drænkort, og der er til hver jordtype blevet tilknyttet en af Daisy-opsætningerne fra jordvandsstationerne. Herefter er der lagt et markkort med 18 års landbrugsdata ned over jordkortet, og til slut er der lagt et 50*50 m gridnet ned over de sammenstemte kort. Sidste trin var at gennemføre Daisy-modelleringen for hvert gridpunkt i oplandet. Der er foretaget meget få kalibreringer af modellen, og disse har været ensartede for alle stationerne i oplandet og ligeledes ensartede med kalibreringerne i de øvrige oplande. Dog har det været nødvendigt at kalibrere kornafgrøderne ind til en højere vækstrate i Højvads Rende end i de øvrige oplande. Til trods for den begrænsede brug af kalibrering har det været muligt at modellere en vandbalance, der for et større område er tilfredsstillende i forhold til målinger i vandløb. Endvidere er høstudbyttet modelleret tilfredsstillende i forhold til oplyste udbytter ved jordvandsstationerne. Ved oplandsmodelleringen er det imidlertid fundet at udbyttet specielt af vinterhveden er noget undervurderet. Den modellerede kvælstofudvaskning ser fornuftig ud i forhold til målinger på jordvandsstationerne, og det er fundet, at ca. 50 % af kvælstofudvaskningen når ud i vandløbet.