



Baggrundsnotat til Vandmiljøplan II – slutevaluering

Genberegning af modellen N-LES

Kristian Kristensen
Uffe Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning

Ruth Grant
Danmarks Miljøundersøgelser

Indhold

1 Indledning	2
2 Datagrundlag	2
3 Valg af modeltype og forklarende parametre	2
4 Resultater: model N-LES ₃	3
5 Modelverifikation.....	7
6 Referencer	12

December 2003

1 Indledning

Modellen N-LES₃ er tredje version af en empirisk model til beregning af kvælstofudvaskningen (Simmelsgaard et al., 2000). I modellen prædikteres udvaskningen på baggrund af hændelser i udvaskningsåret samt den del af sædskiftet, som beskrives af forfrugt og de forudgående 5 års kvælstoftilførsel. Modellen er udviklet på grundlag af måledata fra både Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser. I det følgende vises resultaterne af den genberegne model N-LES₃. Genberegningen er foretaget på grundlag af bl.a. den nyeste viden vedrørende beregning af vandbalancer.

2 Datagrundlag

De data, som blev benyttet i NLES₁, er suppleret med flere måledata fra Overvågningsoplandene dvs. data fra årene 1999/00 og 2000/01 samt med nye data fra måleserier på drænvand. Derudover er der inddraget data fra en række forsøg ved DJF, som ikke tidligere har været benyttet. Det totale antal observationer, som indgår i beregning af modellens parametre er 1299 (ved beregning af N-LES₁ og N-LES₂ indgik henholdsvis 598 og 596 observationer).

Udvaskningen i de nye data er i gennemsnit lidt mindre end de, der er benyttet tidligere ligesom spredningen er lidt mindre. Således var gennemsnit og spredning på de registrerede udvaskninger, der blev benyttet i N-LES₂ henholdsvis 74 kg N ha⁻¹ og 62 kg N ha⁻¹, mens gennemsnit og spredning på de nu benyttede udvaskninger er henholdsvis 64 kg N ha⁻¹ og 57 kg N ha⁻¹. Mindste og størst registrerede udvaskning er uændret 0 og 446 kg N ha⁻¹.

Beregning af afstrømning og dermed udvaskning er ændret i forhold til tidligere, idet der er anvendt opdaterede nedbørskorrektioner og fordampning beregnet med Makkink-formlen samt afgrødekoeficienter (K_c), der kan overstige 1 (Plauborg et al., 2002).

Beregning af den mængde kvælstof, der er fikseret af hovedafgrøde og evt. efterafgrøde er for DMU's data beregnet efter "Bedriftsløsningens Grønt Regnskab modul", mens de for DJF's data er beregnet efter Høgh-Jensen et al. (2003). Sidstnævnte kræver oplysning om høstet bælglplantetørstof, hvilket oftest er målt i DJF's forsøg, men ikke i DMU's data fra overvågningsoplandene (Loop). Sammenligning af de to metoder har vist, at ved typiske kløverprocenter findes samme fikseringsniveau, mens ved atypiske kløverprocenter opnås den mest præcise bestemmelse med Høgh-Jensen et al. (2003).

3 Valg af modeltype og forklarende parametre

Som udgangspunkt for genberegningen af N-LES er benyttet den samme basale struktur, som tidligere er benyttet (Simmelsgaard et al., 2000). Det vil sige, at modellen består af dels en sum af additive parametre, dels nogle multiplikative parametre. Modellen er dog modificeret på en række punkter på baggrund af ny viden og diskussioner med brugere af modellen:

- Effekten af afgrøde er ændret fra en multiplikativ til en additiv effekt. Samtidig er forfrugten medtaget som en additiv effekt for derved at beskrive den varierende kvælstofmængde, som disse efterlader i jorden. Desuden er afgrøder og forfrugter grupperet i færre grupper for at reducere antal parametre
- Der er indført en 'teknologieffekt', der beskriver en signifikant udvikling i udvaskningen over tid, som modellen ikke kan forklare ud fra ændringer i sædskifte og gødskning m.m.
- Alle additive effekter, der direkte eller indirekte beskriver tilført eller fraført kvælstof er nu summeret, inden de opløftes til en potens. Herved bliver effekten af en bestemt kvælstofkilde afhængig af, hvor meget der tilføres/fracføres af de andre kilder. Eksempelvis vil effekten af et kg forårsudbragt plantetilgængelig N være større, hvis N-niveauet er 200 kg N, end hvis N-niveauet er 150 kg N. Hvis summen af de additive effekter, som beskriver tilført eller fraført kvælstof bliver negativ, sættes den til en meget lille værdi og samtidig overføres en del heraf til den del af de additive effekter, som ikke opløftes til en potens for at sikre en hældning på N-respons kurven ved lave N-niveauer.
- Der er indført en effekt af foregående års afstrømning for at tage højde for den mængde udvasket N, som måtte være efterladt - især i tørre år - fra foregående år.
- N-niveau er beregnet som den gennemsnitlige tilførte mængde kvælstof i de fem udvaskningsår, der går forud for det aktuelle udvaskningsår (i de tilfælde, hvor der ikke har været oplysninger om de fem forudgående år er der benyttet gennemsnitlig kvælstof i de fem første år med oplysninger).
- Beregning af vandafstrømning og af N-fiksering er ændret, således at de nyeste metoder benyttes, jf. (Plauborg et al. (2002) og Høgh-Jensen et al. (2003)).
- Derudover er der foretaget mindre ændringer i strukturen for de tilfældige effekter.

I forbindelse med opstillingen af modellen blev flere forklarende variable undersøgt, som dog ikke er inddraget. Det drejer sig om effekter af forårs- og efterårsudbragt organisk N i husdyrgødning som særskilte parametre (de er indeholdt i N-niveau) samt af brugstype og markens forhistorie (3 typer af sædskifter og 3 niveauer af husdyrgødning 6-30 år forud for udvaskningsåret). Effekterne af organisk N i husdyrgødning var små og ikke-signifikante og blev derfor udeladt. Effekterne af brugstype og forhistorie havde begge en signifikant effekt, men var svære at forklare. Da samtidigt oplysningerne om brugstype og især forhistorien var usikre, blev det valgt at udelade disse effekter af modellen N-LES₃. Det er dog klart, at der bør arbejdes videre med at få beskrevet og kvantificeret effekten af markernes forhistorie.

4 Resultater: model N-LES₃

I tabel 1 og 2 er parameter-estimerne for modellens systematiske effekter vist sammen med en ap-proksimativ spredning. Med de valgte effekter og beregnede estimer kan udvaskningen Y for givne værdier af de forklarende variable beregnes ud fra ligningen:

$$\hat{Y} = \{U + V^{\hat{\kappa}}\} [1 - \exp(-\hat{\delta}_1 A_0)] \exp(-\hat{\delta}_2 A_1) \exp(-\hat{\delta}_3 H) \exp(-\hat{\delta}_4 L) \hat{c}$$

Her er

\hat{Y} den prædikterede udvaskning

T summen af direkte og indirekte N effekter

U en additiv effekt af tidslig udvikling (teknologieffekt) samt et matematisk udtryk, som sikrer en hældning på N-responskurven også ved lave N-niveauer

V den positive del af T , som opløftes til en potens inden det indgår additivt

$$U = \begin{cases} \hat{\beta}_0 + \hat{\theta}_1 / (\hat{\alpha}r - \hat{\theta}_2) & \text{hvis } T \geq 0 \\ \hat{\beta}_0 + \hat{\theta}_1 / (\hat{\alpha}r - \hat{\theta}_2) + \hat{\phi}T & \text{hvis } T < 0 \\ \text{dog mindst } 0 & \end{cases}$$

$$V = \begin{cases} T & \text{hvis } T > 0 \\ 0 \text{ (0.001)} & \text{hvis } T \leq 0 \end{cases}$$

$$T = \beta_1 N_{\text{niveau}} + \beta_2 (N_{\text{forår}} + N_{\text{fix}}) + \beta_3 N_{\text{udbinding}} + \beta_{4j} N_{\text{efterår}} - \tau N_{\text{fjernet}} + \gamma_{\text{afgrøde}} + \lambda_{\text{forfrugt}}$$

mens de øvrige parametrene er som beskrevet i tabel 1-3.

Tabel 1 Estimer og spredning på additive effekter

Parameter	Effekt	Parameter-estimat	Approks. spredning
κ	Potens	1.2	-
β_0	Afskæring	59.6	24.6
θ_1	Teknologieffekt	2455	646
θ_2	Teknologieffekt	1962.2	2.6
β_1	N-niveau	0.3255	0.0515
β_2	N-forår	0.2528	0.0423
β_3	N-udbinding	0.3760	0.1226
β_{4s}	N-efterår Sandjord	1.0749	0.3470
β_{4l}	N-efterår Lerjord	0.3539	0.1161
τ	N-fjernet	0.1936	0.0471
ϕ	Andel af negativ T, som benyttes i U	0.5466	0.0950
Afgrodegrupper ¹			
γ_1	Frøgræs +Græs	-165.7	26.3
γ_2	Korn/udlæg +Korn/efterafgrøde eller vinterraps	-98.6	15.2
γ_3	Græs-brak/vinterkorn +Roer +Vårraps	-42.0	8.5
γ_4	Korn/vinterkorn	-7.6	7.6
γ_5	Korn/bar jord +Ærter +Vinterraps/vinterkorn	0	-
γ_6	Kartofler +Majs	+28.8	16.6
Forfrugtsgrupper ¹			
λ_1	2.og 3. års græs	+34.7	11.0
λ_2	Frøgræs +1. års græs +Majs +Korn/efterafgrøde eller vinter raps +Græs-brak/vinterkorn +Raps	+14.2	5.8
λ_3	Korn/udlæg +Korn/vinterkorn +Korn/bar jord +Roer +Ærter	0	-
λ_4	Kartofler	-38.5	14.8

¹ Afgrode- og forfrugtseffekter er beregnet i forhold til den gruppe, som indeholder korn efterfulgt af bar jord (denne gruppe har per definition værdien 0)

I tabel 1 er vist de additive effekter, som omfatter effekten af tilført kvælstof, *N-niveau*, *N-forår*, *N-efterår* og *N-udbinding* samt *afgrøde-* og *forfrugtseffekter*.

Afskæringen kan fortolkes som udvaskningen af kvælstof fra en mark med korn efterfulgt af bar jord, med forfrugten korn/bar jord og med et ler og humusindhold på 0 procent, hvor der ikke er tilført kvælstof, og hvor afstrømningen har været uendelig stor henholdsvis 0 i indeværende og foregående udvaskningsår.

År er det årstal, hvor udvaskningsåret starter (eksempelvis er året 2001 for det udvaskningsår, der starter i sommeren 2001 og slutter efter vinteren 2002). Teknologieffekten forklarer den nedgang i udvaskningen, der er sket over perioden, og som ikke forklares af de indgående variable. Det kan f.eks. være effekt af nye sorter, ændret jordbehandling eller ændret plantebeskyttelse. Ændrede temperaturforhold og stigende CO₂-indhold i atmosfæren kan dog også spille ind. Teknologieffekten er størst 1970'erne og bliver mindre med årene. Da teknologieffekten ikke på forsvarlig vis kan ekstrapoleres til kommende år, anbefales det ved fremtidig anvendelse af modellen at benytte årseffekten for datamaterialets sidste år, d.v.s. år 2001.

N-niveau: Er beregnet som den gennemsnitligt tilførte mængde kvælstof i de fem udvaskningsår, der går forud for det aktuelle udvaskningsår (i nogle tilfælde, hvor der ikke har været oplysninger om de fem forudgående år er der benyttet gennemsnitlig kvælstof i de fem første år med oplysninger). Ved tilført mængde kvælstof forstås summen af total-N i handelsgødning, husdyrgødning, afsætning fra dyr på græs og fra biologisk N-fiksering.

N-forår: Er beregnet som den tilførte mængde mineralsk kvælstof tilført i perioden mellem 15/2 og 1/9.

N-fikseret: Er den mængde kvælstof, som er fikseret af de afgrøder, der har været dyrket i udvaskningsåret.

N-udbinding: Er den totale mængde N, som er beregnet afsat på marken under afgræsning

N-efterår: Er efterårsudbragt handelsgødning og vinterudbragt (1/9-15/2) ammoniumkvælstof i husdyrgødning

N-fjernet: Er den mængde kvælstof, som er fjernet med afgrøden i det pågældende udvaskningsår. Mængden er beregnet ud fra mængden af fjernet tørstof (dvs. også i fjernet halm) og N-indholdet heri. I de tilfælde, hvor disse ikke er registreret er der benyttet standardværdier.

Afgrødeeffekt: Effekten af afgrødegruppe er estimeret som mer- eller mindreduvaskning i forhold til gruppe 5 (*korn/ bar jord, ærter eller vinterraps/vinterkorn*). Det fremgår, at gruppe 1 har en indirekte kvælstofeffekt på -165.7. Således er det gruppe 1, som - alt andet lige - giver den mindste udvaskning. Størst udvaskning fås med afgrøder i gruppe 6.

Forfrugtseffekt: Effekten af forfrugtsgrupper er estimeret som mer- eller mindreduvaskning i forhold til gruppe 3 (*Korn/udlæg, Korn/vinterkorn, Korn/bar jord, Roer eller Ærter*).

I tabel 2 er vist de multiplikative effekter, der omfatter jordtype og afstrømning.

Tabel 2 Multiplikative effekter

Parameter	Effekt	Parameter-estimat	Approks. spredning
δ_1	Afstrømning i udvaskningsår	0.001502	0.000247
δ_2	Afstrømning i foregående udvaskningsår	0.000554	0.000090
δ_3	Humusindhold	0.1064	0.0226
δ_4	Lerindhold	0.0325	0.0065

Afstrømningen i indeværende udvaskningsår: Er modelberegnet og har en meget kraftig effekt på udvaskningen. Ved meget store afstrømninger (hvor afstrømningen ikke sætter en begrænsning på udvaskningen) multipliceres med faktoren 1. Ved en afstrømning på 1000 mm er faktoren 0.777 mens faktoren falder ved lavere afstrømning og er eksempelvis 0.015 ved en afstrømning på 10 mm.

Afstrømningen i foregående udvaskningsår: Er modelberegnet og har en mindre effekt på udvaskningen. Ved meget små afstrømninger (hvor der næsten ikke har været nogen udvaskning sidste år) er faktoren tæt på 1 og bliver så mindre jo større afstrømningen det foregående år har været. Ved en afstrømning det foregående år på 1000 mm er faktoren 0.575.

Jordtype: Er beskrevet ved procent humus og ler i overjorden. Ved en forøgelse af jordens humus- og lerindhold nedsættes udvaskningen. Således vil en forøgelse af jordens humusindhold fra 2% til 4% reducere udvaskningen med ca. 21 %. Tilsvarende vil en forøgelse af jordens lerindhold fra 6% til 10% reducere udvaskningen med ca. 13%.

4.1 Tilfældige effekter og forklaringsgrad

I tabel 3 er vist bidraget til variansen på $\ln(Y)$ for hver af de tilfældige effekter, forklaringsgrad (R^2) og standardafvigelse.

Tabel 3 Antal observationer, varianser for tilfældige effekter, korrektionsfaktor samt forklaringsgrad og standardafvigelse på afvigelse mellem registrerede og prædikterede udvaskninger

Parameter	Effekt	Parameter-estimat
n	Antal observationer	1299
σ_s^2	¹ Mark/behandling	0.0953
σ_Y^2	År	0.0112
σ_1^2	Rest (s^2), DJF	0.2201
σ_2^2	Rest (s^2), DMU uden afgræssende dyr	0.4346
σ_3^2	Rest (s^2), DMU med afgræssende dyr	0.6498
c	Korrektion for skævhed	1.2453
R^2	Forklaringsgrad	0.531
Std	² Standardafvigelse, kg N ha ⁻¹ år ⁻¹	35.4

¹Mark eller forsøgsled, stationsmark for DMU data.

²Beregnet på differencen mellem registrerede og prædikterede udvaskninger.

Restvariansen Restvariansen på $\ln(Y)$ svarer til en variationskoefficient på udvaskningen på ca. 50%-80%. Medregnes alle tilfældige effekter bliver variationskoefficienten på ca. 60%-90%. I

restvariansen indgår flere komponenter. De vigtigste er: 1) usikkerhed på koncentrationerne i vandet i sugecellerne, som bl.a. skyldes jordvariation, variation i udbringning af gødning m.m., 2) usikkerhed på de forklarende variable, så som tilført gødning, høstudbytte m.m. samt 3) modellens manglende evne til at forklare alle detaljer. Derfor er variationskoefficienten afhænger af, hvilke af de tre observationstyper, der er tale om, idet flere forhold nødvendigvis må være mere usikre, når de forklarende variable indhentes ved interview end fra forsøgsprotokoller lige som usikkerheden på gødningsudbringelsen vil være stor, når en del af dette kommer fra afgræssende dyr.

Korrektion for skævhed: For at få samme gennemsnit som det målte ved tilbagetransformering er de predikterede værdier for udvaskningen multipliceret med 1.245. Korrektionsfaktoren er bestemt sådan at gennemsnit af de registrerede og predikterede udvaskninger bliver ens.

Forklaringsgraden (R^2) er lidt lavere end tidligere, hvilket bl.a. skyldes at antallet af observationer er øget kraftigt (fra 596 til 1299) og at de nye observationer er mindre ekstreme end de tidligere benyttede data.

Standardafvigelse (Std) beskriver, hvor store afvigelserne mellem registrerede og predikterede udvaskninger gennemsnitlig er. Værdien på 35.4 svarer til ca. 55% af den gennemsnitlige udvaskning i datamaterialet. Selvom den er lavere end tidligere er den stadig stor. Standard afvigelsen kan dog - med selv den bedste model - ikke blive mindre end standardafvigelsen på de registrerede udvaskninger. Denne usikkerhed er stor og er i nogle forsøg, med målinger i gentagne parceller på samme mark fundet at varierer mellem ca. 1% og ca. 200% med et gennemsnit omkring 40%. På denne baggrund vurderes det, at modellen beskriver de benyttede data godt.

5 Modelverifikation

Der arbejdes p.t. på at beskrive den usikkerhed, der vil være ved at anvende modellen. Denne beskrivelse planlægges at indeholde følgende 3 dele:

1. En validering af modellen ved successivt at udelade en mindre del af data og genberegne estimerne på den del der er tilbage, for til slut at bruge de nye estimer i en prædiktions af hvad udvaskningen vil være på den del af data der er udeladt.
2. En beskrivelse af hvad usikkerheden vil være på prædiktions af udvaskningen i en mark med givne forklarende variable, herunder også hvad usikkerheden vil være på prædiktions af udvaskningen for en ejendom bestående af flere marker.
3. En metode, som viser hvad usikkerheden på effekten af ændret strategi vil være. Det kunne eksempelvis være effekten af at ændre mængden af tilført gødning eller effekten af at ændre sædskiftet.

I det følgende er der vist en række tabeller og figurer, som kan anvendes til en foreløbig validering af modellen.

I tabel 4 er målt og beregnet udvaskning vist for hver lokalitet og/eller forsøg. Heraf ses, at der er en nogenlunde god overensstemmelse mellem målt og beregnet udvaskning. I enkelte forsøgsserier afviger beregnet dog betydeligt fra målt udvaskning. Det kan skyldes, at de er underlagt betydelig effekt af variable, som modellen ikke tager højde for. Det kan fx være, at forsøgene er udført i en periode med kolde efterår og vintre, som mindsker mineraliseringen i udvaskningsperioden.

Table 4. Målt og beregnet udvaskning opdelt efter lokalitet eller forsøg. Udvasningen er beregnet med systematiske effekter alene (d.v.s. uden at tage hensyn til den tilfældige effekt af den enkelte mark eller det enkelte år).

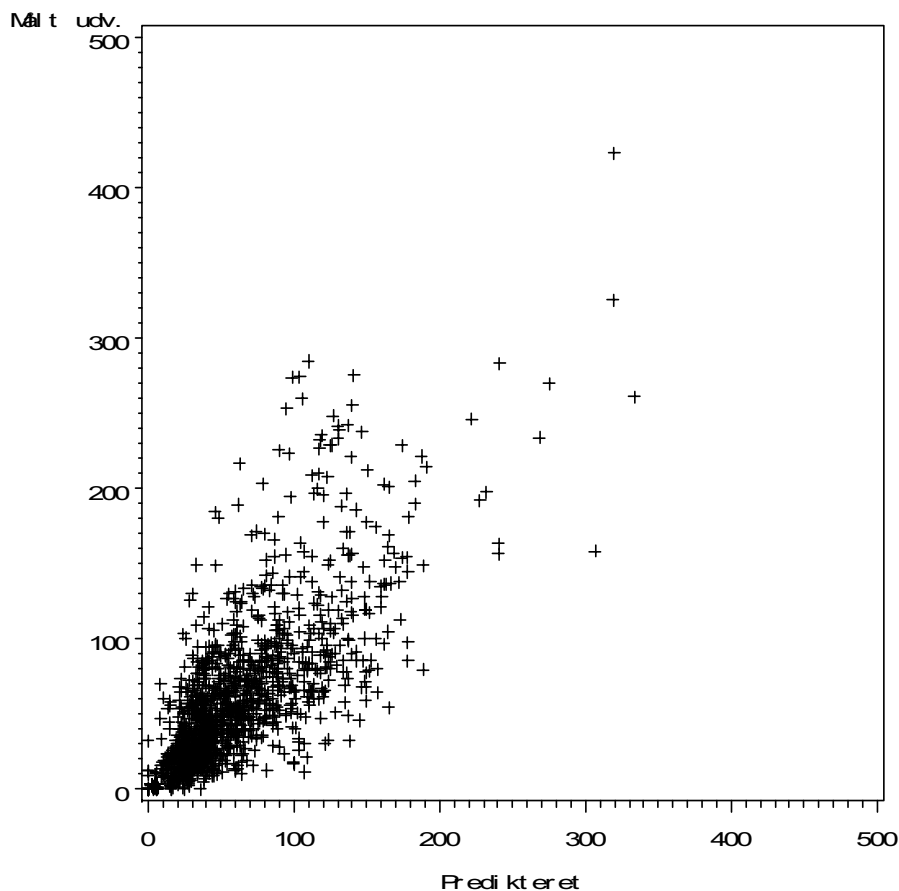
Lokalitet/ forsøg	År	Antal obs.	Målt kg N /ha			Beregnet kg N/ha		
			Gns	Min	Max	Gns	Min	Max
Loop 1	91-00	57	33	0	125	25	0	69
Loop 2	91-00	57	113	11	238	100	14	240
Loop 3	91-00	44	62	1	235	51	9	162
Loop 4	91-00	59	58	0	178	59	0	150
Loop 5	91-97	47	114	0	275	110	0	306
Loop 6	91-00	74	127	10	423	109	11	333
Drænvand	71-01	94	64	5	197	68	16	178
Kvadratnet	88-93	89	60	0	203	56	12	172
Efterafgrøde	87-91	40	48	7	100	74	33	178
Ompløjning af græs	89-94	45	65	2	127	92	16	156
Stigende N	73-90	111	41	2	210	50	10	138
Vårbyg, efterafgrøde 2×N	87-91	42	55	13	127	51	16	152
Vårbyg, efterafgrøde 4×N	93-96	32	57	19	116	52	13	110
Sædskefte, organisk stof	89-92	66	54	5	138	62	24	163
Sædskefte, 3×N	89-92	42	49	9	138	62	28	152
Grovfodersædskefte	89-92	32	38	12	82	51	28	78
Økologiske sædskefter	96-00	164	59	7	283	50	9	241
Økologisk. kvægbrugssædskefte	94-97	96	39	0	149	46	2	157
Græs og kløver, eftervirkning	97-99	54	32	5	95	35	19	60
TP II	87-89	18	97	21	270	105	38	276
Lavinput grovfodersædskefte	97-00	36	47	14	153	31	15	102

I tabel 5 er på tilsvarende vis vist målt og beregnet udvaskning for hver af de 16 afgrødegrupper. Her findes de største afvigelser for afgrødegrupperne Græs / vinterkorn og Vårrops / vinterkorn.

Table 5. Målt og beregnet N-udvaskning opdelt efter kombination af sommer- / vinterafgrøde Ved beregnet N-udvaskning er der alene anvendt systematiske effekter (d.v.s. uden at tage hensyn til den tilfældige effekt af den enkelte mark eller det enkelte år).

Afgroede sommer/vinter	Antal obs.	Målt kg/ha			Beregnet kg/ha		
		Gns	Min	Max	Gns	Min	Max
Frøgræs / græs	19	20	0	70	26	8	41
1. års græs / græs	92	42	1	227	36	4	123
2. års græs /græs	72	62	0	275	51	4	169
Vårbyg m. udlæg	315	42	1	275	38	2	178
Græs / vinterkorn	47	72	6	246	80	17	268
Foderroer / bar jord	58	65	2	189	64	4	165
Fabriksroer / bar jord	30	32	0	135	37	0	101
Kartofler / bar jord	19	115	0	256	127	0	240
Korn / vinterkorn	116	67	0	274	72	0	178
Korn / efterafg, raps	45	44	10	242	41	14	150
Korn / bar jord	409	72	0	325	77	0	333
Vårrops /vinterkorn	12	103	20	242	75	20	130
Ærter /vinterkorn	27	90	0	239	85	0	240
Ærter /bar jord	10	109	17	283	122	20	306
Vinterraps /vinterkorn	12	83	0	203	88	0	162
Majs / bar jord	16	144	36	423	124	30	320
Alle	1299	61	0	423	61	0	333

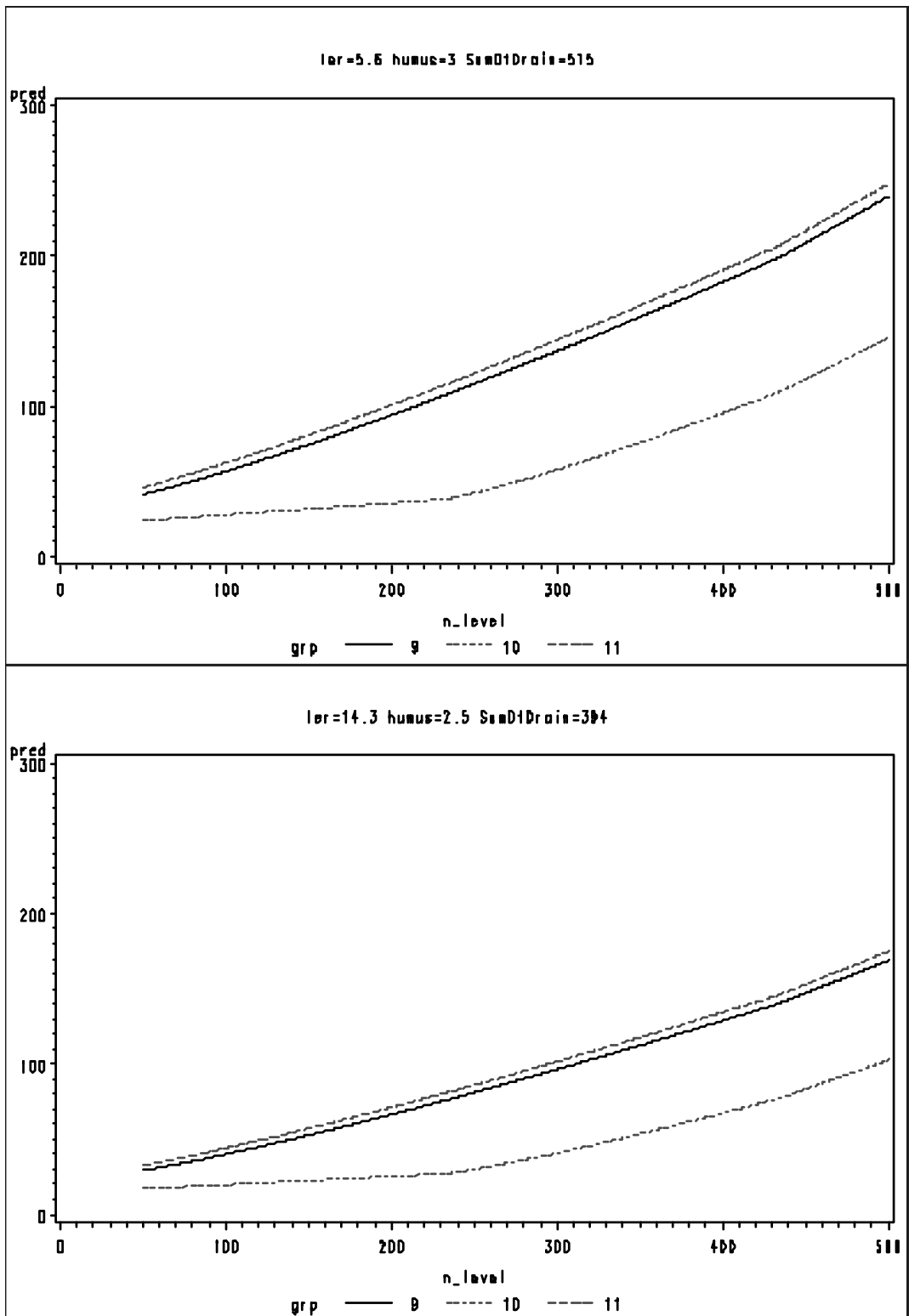
I figur 1 er registreret udvaskning plottet mod predikteret udvaskning.



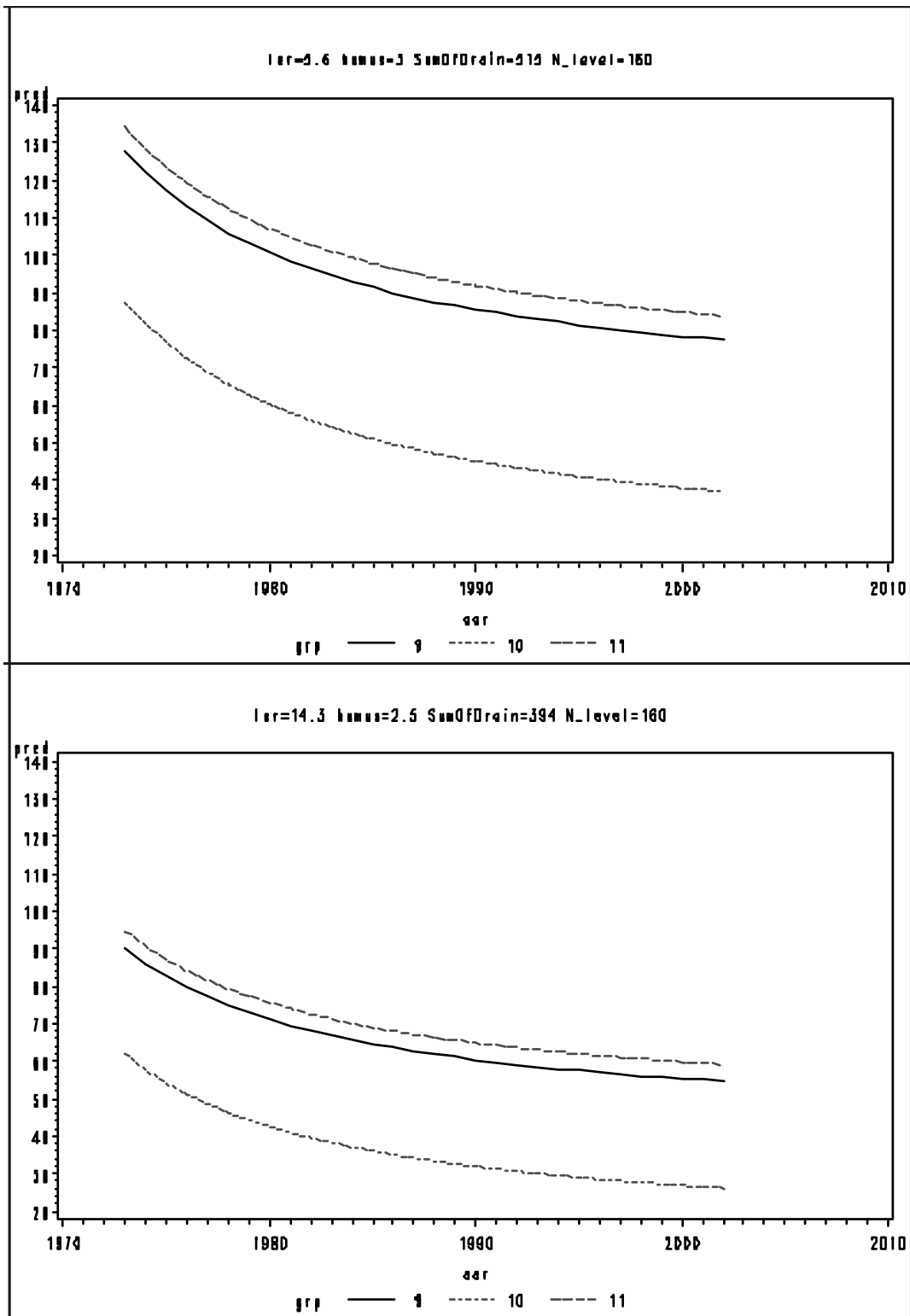
Figur 1 Plot af registreret udvaskning mod udvaskning prædikeret af modellen

I figur 2 er effekten af N vist for korn efterfulgt af bar jord, korn efterfulgt af vinterkorn og korn efterfulgt af efterafgrøde, raps eller græs i udlæg på en sandjord og en lerjord. Ved beregningen er det antaget at $N\text{-niveau}$ er identisk med $N\text{-forår} + N\text{-fikseret}$, at der ikke er andre N-tildelinger til afgrøden samt at forfrugten har været korn/bar jord. På sand- og lerjord er der benyttet en afstrømning på henholdsvis 515 og 394 mm. Det skal bemærkes, at den store effekt af afgrødegruppen ”korn m. udlæg/efterafgrøde eller efterfulgt af raps” ved høje værdier af N-level er estimeret på basis af resultater fra udlægsmarker og korn efterfulgt af raps. Forsøg med egentlige efterafgrøder har overvejende ligget ved lave niveauer af N-level.

I figur 3 er årseffekten vist for de samme afgrøder og jordtyper under forudsætning af at $N\text{-niveau}$ og $N\text{-forår} + N\text{-fikseret}$ begge er 160 kg N/ha, at der ikke er andre N-tildelinger til afgrøden samt at forfrugten har været korn/bar jord. Også her er der benyttet en afstrømning på 515 og 394 mm for henholdsvis sand- og lerjord.



Figur 2 N-respons for tre kornafgrøder (9=korn efterfulgt af vinterkorn, 10=korn med udlæg og korn efterfulgt af efterafgrøde eller raps, 11=korn efterfulgt af bar jord) og to jordtyper/afstrømningsniveauer.



Figur 3 Teknologieffekt for tre kornafgrøder (9=korn efterfulgt af vinterkorn, 10=korn med udlæg og korn efterfulgt af efterafgrøde eller raps, 11=korn efterfulgt af bar jord) og to jordtyper/afstrømningsniveauer.

6 Referencer

- Høgh-Jensen, H., Loges, R., Jensen, E. S., Jørgensen, F. V. and Vinther, F. P. 2003. Empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in leguminous crops. Submitted for Agricultural Systems (see www.orgprints.org)
- Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiesen, G., Kern-Hansen, C. 2002. Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF rapport, Markbrug. **70**, 45 pp.
- Simmelsgaard, S.E., Kristensen, K., Andersen, H.E., Grant, R., Jørgensen, J.O., Østergaard, H.S. 2000. Empirisk model til beregning af kvælstofudvaskning fra rodzonen. N-LES. Nitrate Leaching EStimator. DJF rapport, Markbrug. **32**, 67 pp.