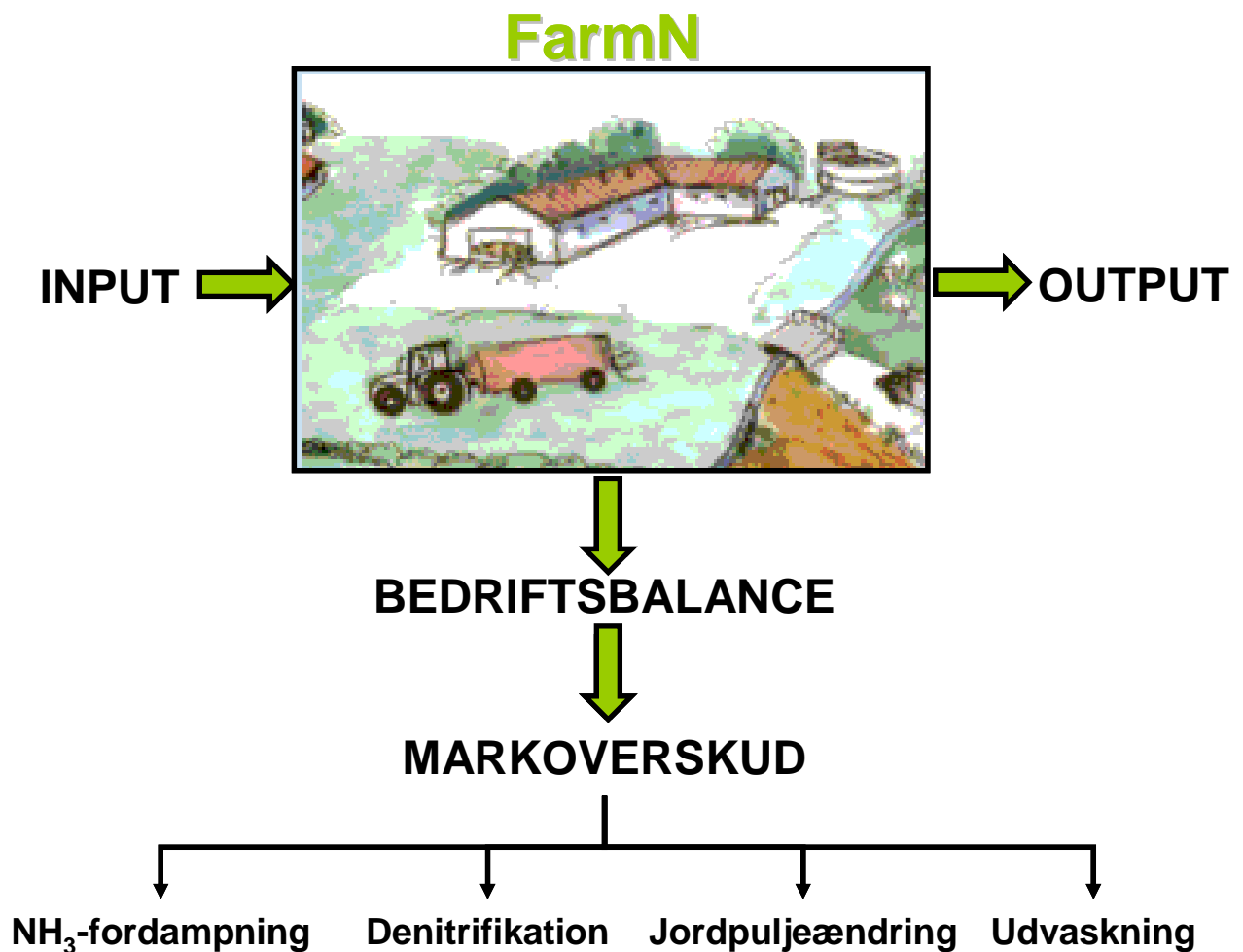


BEREGNINGSMETODE FOR KVÆLSTOFUDVASKNING

Finn P. Vinther, Ib S. Kristensen og Margit S. Jørgensen,
Århus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet,
Inst. for Jordbrugsproduktion og Miljø,
Forskningscenter Foulum,
P.O. Box 50, 8830 Tjele.



RESUMÉ

Kvælstofudvaskning i www.husdyrgodkendelse.dk beregnes vha. bedriftsbalancemodellen FarmN. På basis af oplysninger om bedriftstype, antal dyr, staldtype, sædskifte og jordtype returnerer FarmN en gennemsnitsudvaskning til www.husdyrgodkendelse.dk for den pågældende bedrift. Der gives her en kort gennemgang af hvorledes kvælstofudvaskning bliver beregnet i FarmN.

INDLEDNING

Via Skov- og Naturstyrelsens onlineansøgning om husdyrgodkendelse (www.husdyrgodkendelse.dk) foretages en beregning af N-udvaskning, og slutresultatet af disse beregningerne bliver vist som bedriftens gennemsnitlige udvaskning, en maksimal tilladelig udvaskning, samt forskellen mellem udvaskningen i den ansøgte og nuværende drift.

De bagved liggende beregninger foretages med internet-værktøjet FarmN (www.FarmN.dk/FarmNtool), som grundlæggende er en model til beregning af en bedriftsbalance og et markoverskud, hvorefter markoverskuddet fordeles mellem følgende poster: Ændring af jordens pulje af organisk N og tabsposterne NH_3 -fordampning ved udbringning af gødning, denitrifikation og udvaskning.

På de følgende sider gennemgås den overordnede opbygning, samt en mere detaljeret gennemgang i brugen af FarmN.

FARMN

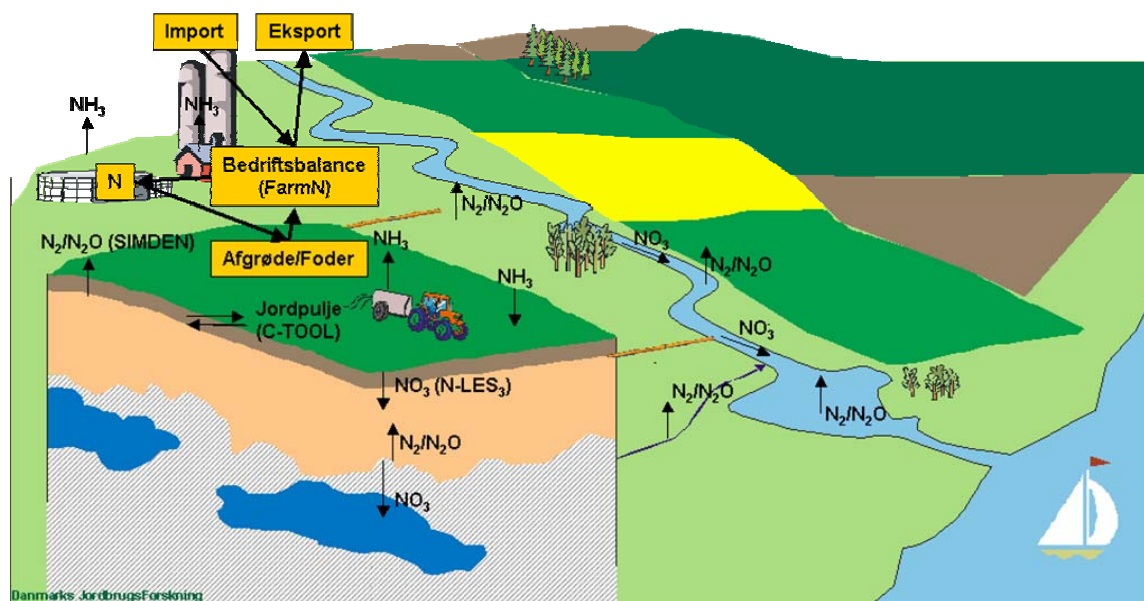
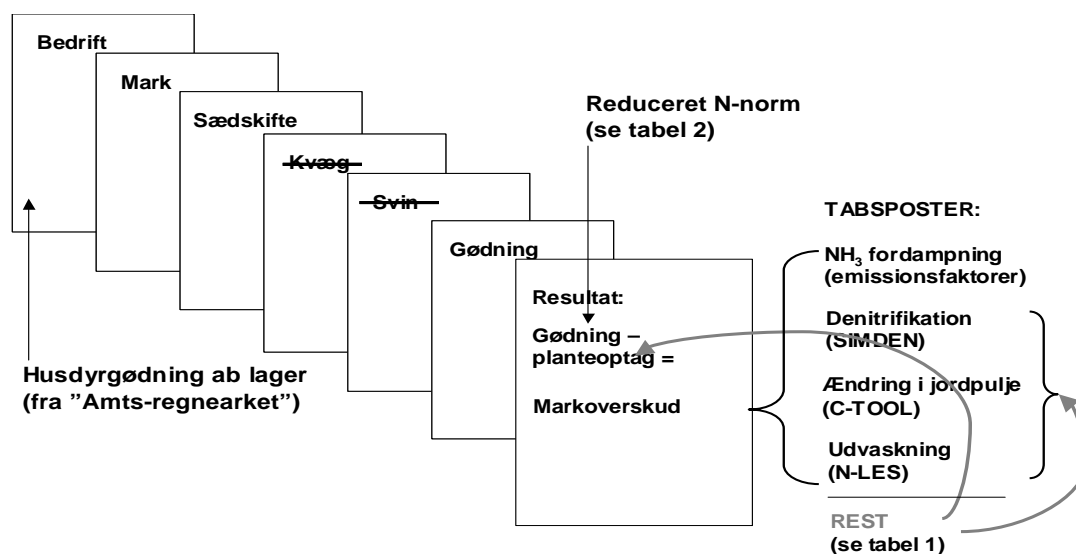


Fig. 1. Schematisk oversigt over budgetposter og processer, der beregnes eller modelleres i FarmN. Slutresultatet i FarmN er N-udvaskning fra rodzonen på bedriftens arealer. Nitratreduktion ($\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$) under rodzonen eller i dræn og vandløb beregnes dog ikke i FarmN.

FarmN er en model til beregning af en bedriftsbalance og dermed et bedriftsoverskud af kvælstof. Bedriftsoverskud minus stald- og lagertab resulterer i et markoverskud, og idet høstudbyttet indgår i bedriften som foder eller eksporteres fra bedriften (sælges), kan markoverskuddet fordeles på de tre tabsposter: NH_3 -fordampning ved udbringning af gødning, denitrifikation og udvaskning, samt indgå i ændringer af puljen af organisk N i jorden. Posterne estimeres uafhængigt af hinanden, idet NH_3 -fordampning beregnes vha. emissionskoefficienter fra "Amtsmodelregnearket", denitrifikation SIMDEN (Vinther & Hansen, 2004), udvaskning vha. N-LES (Kristensen m.fl., 2003), og ændringer i jordpuljen beregnes vha. C-TOOL (se <http://www.planteinfo.dk/ctool/ctool.html> og Petersen et al., 2005). Korte beskrivelser af disse modeller findes i Petersen m.fl. (2006). Summen af N-tab og puljeændring estimeret individuelt med de nævnte modeller vil sjældent være lig med tabspotential (markoverskuddet) beregnet på grundlag af driftsbalancen. Der er derfor indlagt en simpel algoritme, der fordeler denne rest mellem høstudbytte, denitrifikation, jordpuljeændring og udvaskning. Dvs., at beregning af N-udvaskning foretages med N-LES, men korrigeres efterfølgende i forhold til bedriftsbalancen.

Opbygningen af FarmN

I Fig. 2 er opbygningen af FarmN skitseret. Anvendes FarmN via Husdyrgodkendelse.dk beregnes den producerede husdyrgødning og lager i "Amtsregnearket", hvorfor den interne omsætning i FarmN ("Kvæg- og svine-siderne") ikke anvendes. På "Bedrifts-siden" indtastes generelle oplysninger om bedriften, herunder postnummer som er vigtig, idet dette bestemmer beliggenhed i landet og dermed nettonedbør, som bruges af N-LES til beregning af udvaskning. På "Mark-siden" indtastes afgrøder, hvorefter FarmN opstiller et sædskifte, som vises på "Sædskifte-siden". Husdyrgødning fordeles til afgrøderne, hvorefter der "fyldes op" til normen med handelsgødning, og resultatet af gødningstildeling ses på "Gødningssiden". På gødningssiden ses endvidere resultatet af N-LES beregningen, både for de enkelte marker og som gennemsnit for hele bedriften. På "Resultat-siden" vises resultater af beregningerne, både de "rå data" og de endelige data, som er korrigeret til 0-rest (Tabel 1). På Resultat-siden er det endvidere muligt at beregne N-udvaskning ved reduceret N-norm. Marginalændringer ved reduceret N-norm er vist i Tabel 2.



Figur 2. Data-flow, når FarmN anvendes via Husdyrgodkendelse.dk.

Tabel 1

Korrektion for rest:

Planteoptag	0.45
Jordpulje	0.10
Denitrifikation	0.10
N-LES udvaskning	0.35
Sum	1.00

Tabel 2

Marginalændring i flg.

Tabel 9 i Petersen et al. (2006)

Planteoptag	0.45
Udvaskning	0.35
Jordpuljeændring	0.11
NH ₃ fordampning	0.01
Denitrifikation	0.08
Sum	1.00

FARMN TRIN FOR TRIN

FarmN værktøjet er opbygget som en række faneblade - *Bedrift, Mark, Sædsifte, Kvæg, Svin, Gødning, Balance, Resultat og Dokumentation* -, som nedenfor kort gennemgås trin for trin. Det skal nævnes, at der regnes med Plantedirektoratets normværdier for N-behov og høstudbytter (Plantedirektoratet, 2006).

”Bedrift”

På denne side (Fig. 3) gives generelle oplysninger om bedriften. Postnummer er vigtigt, idet dette bestemmer beliggenhed i landet, og dermed hvilket klimagrid, der anvendes til beregning af afstrømning. Endvidere angives udbytteneiveau, bedriftstype, gylleudbringningsmetode, samt i hvilket år beregningerne skal foretages.

Tilføres bedriften gødning udefra (Indkøbt husdyrgødning) angives dette i kg total N under den pågældende gødnings-type.

VIGTIGT!! Åbnes FarmN via Husdyrgodkendelse.dk vil man se, at der er foretaget beregninger for tre scenarier: NUDRIFT = nudrift, Scenarie 2 = ansøgt drift og Scenarie 3 = maximal belastning. Arbejdes med FarmN via Husdyrgodkendelse.dk er det **vigtigt** at lave en kopi af det pågældende scenarie og bruge kopien til at ”lege med”.

Foretages der ændringer i de oprindelige scenarier bliver resultatet forkert, og det oprindelige resultat kan muligvis ikke genetableres. Endvidere skal man være opmærksom på, at hvis FarmN åbnes via Husdyrgodkendelse.dk er en række indstillinger fastlåst (se Tabel 4).

Fig. 3. Generelle oplysninger om bedriften oplyses på fanebladet ”Bedrift”.

Bedrift: **Mark** | Sædskifte | Kvæg | Svin | Gødning | Balance | Resultat | Dokumentation

Sædskifte navn: Areal 1 | Jordtype: Fin lerblandet sandjord (JB 4) | Vanding: Uvandet | Udbyttelniveau: 100

Areal (ha) | **Efterårsdække**

Areal (ha)	Efterårsdække	Slet afgrøde
20	Ingen	Slet afgrøde
20	Ingen	Slet afgrøde
20	Ingen	Slet afgrøde

Areal (ha) | **Efterårsdække**

Areal (ha)	Efterårsdække	Slet afgrøde
10	Korsblomstrede	Slet afgrøde
10		Slet afgrøde

Fig. 4. Oplysninger om bedriftens afgrøder og jordbundsforhold gives på fanebladet "Mark".

"Mark"

På denne side (Fig. 4) angives bedriftens jordtype og om der vandes. Der vælges afgrøder, antal ha, samt evt. efterafgrøder. Dækker bedriften over flere jordtyper oprettes et sædskifte for hver jordtype. Vedvarende græs placeres altid i særskilt sædskifte.

VIGTIGT!! Åbnes FarmN via Husdyrgodkendelse.dk vil afgrødefordelingen her være bestemt af hvilket standardsædskifte der er valgt, og der bør ikke ændres heri.

"Sædskifte"

På grundlag af de valgte afgrøder opstilles en afgrødefølge (Fig. 5) vha. en indbygget sædskiftemodel (Detlefsen & Jensen, 2007). Modellen beregner en økonomisk optimal afgrødefølge, idet der for alle kombinationer af forfrugt og afgrøde i sædskiftet beregnes et "Værdital", som er et mål for afgrødens værdi minus udgift til handelsgødning. Dvs., til en "højværdiafgrøde" som f.eks. vinterhvede vælger modellen vinterraps som forfrugt, idet vinterraps har en forholdsvis høj eftervirkning (forfrugtsværdi), hvorved vinterhveden behøver en mindre mængde handelsgødning for at opfylde N-behovet. Derudover er der indlagt en række regler for hvilke afgrøder, der af praktiske årsager foretrakkes som forfrugt. F.eks. vil vinterbyg oftest være forfrugt for vinterraps, idet tidlig høst af vinterbyg tillader tidlig såning af vinterraps.

Bedrift: Mark Sædskifte Kvæg Svin Gødning Balance Resultat Dokumentation										
Areal 1										
Forfrugt	Afgrøde	Efterårsdække	Areal ha	Hoved-, halm- efterafgrøde- Udbytte total FE	Udbytte total FE	Hoved-, efterafgrøde- N-behov (kg/ha)	Husdyr- gødning	Max. andel afgræsning (%)	Andel ønsket Solgt (%)	Halm- anvendelse
Vinterbyg	Vinterraps	Vinterkorn	20	5393 , 561 , 0	5954	165 , 0	✓		100	Snittes
Vinterraps	Vinterhvede	Vinterkorn	20	5459 , 542 , 0	6001	127 , 0	✓		100	Sælges
Vinterhvede	Vinterbyg	Vinterraps	20	4844 , 506 , 0	5350	140 , 0	✓		100	Sælges
Gem sædskifte										

Fig. 5. Et simpelt eksempel på sædskifte, hvor forfrugt, afgrøde og efterårsdække er vist.

VIGTIGT!! Åbnes FarmN via Husdyrgodkendelse.dk er sædskiftet bestemt af hvilket standardsædskifte der er valgt.

”Kvæg” og ”Svin”

På disse to sider oplyses om type og antal af henholdsvis kvæg og svin, og hvilken staldtype der anvendes. Endvidere er der på denne side mulighed for at ændre standardindstillinger vedr. f.eks. antal smågrise pr årssø, start og slutvægt, fodermængde og proteinindhold. På grundlag af disse oplysninger og besætningens foderbehov (se ”Balancer”) beregnes bedriftens samlede produktion af mælk, kød, husdyrgødning og ammoniakfordampning fra stalde og lagre (Kristensen, 2003).

VIGTIGT!! Som nævnt ovenfor skal man her være opmærksom på, at i forbindelse med Husdyrgodkendelse.dk bliver produktionen af husdyrgødning beregnet i det Fællesamtslige regneark (FAR), og sendes til FarmN som indkøbt husdyrgødning og siderne ”Kvæg” og ”Svin” er tomme. Der er altså ikke tale om gødning købt fra anden bedrift, men blot at bedriftens produktion af husdyrgødning er beregnet udenfor FarmN.

”Gødning” (og udvaskning)

Gødning: På grundlag oplysningerne ovenfor vedr. husdyrproduktionen, beregnes en samlet gødningsproduktion på bedriften. Den på bedriften producerede, plus evt. indkøbt gødning fra anden bedrift, fordeles herefter til afgrøderne således at der opnås størst effekt af husdyrgødningen. For alle kombinationer af gødningstype, udbringningsmetode og afgrøde er der beregnet en ”markeffekt” af tilført husdyrgødning (Landscentret, 2007). F.eks. for slangeudlagt svinegylle er ”markeffekten” 70 for vårkorn og 65 for vinterkorn, og da gødningen først og fremmest tilføres til afgrøder hvor virkningen er størst, betyder det at der tilføres husdyrgødning til vårkorn før vinterkorn. Er der ikke tilstrækkelig husdyrgødning til at opfylde afgrødernes N-behov i flg. Plantedirektoratets N-normer, bliver der ”fyldt op” med handelsgødning.

Fordeling af gødning (pr ha)							
Sædskifte	Forfrugt	Afgrøde	Tildelt type gødning	Udbringnings-teknik	Behov opfyldt (kg/ha)	Udbragt (kg/ha)	Udbringningstab (kg/ha)
Areal 1	Vinterbyg	Vinterraps	Ajle	Slangeudlægning	1,8	2,7	0,3
Areal 1	Vinterbyg	Vinterraps	Gylle fra svin	Slangeudlægning	124,1	165,5	14,9
Areal 1	Vinterbyg	Vinterraps	Handelsgødning	-	36,6	36,6	0,8
Areal 1	Vinterraps	Vinterhvede	Gylle fra svin	Slangeudlægning	125,1	166,8	15,0
Areal 1	Vinterhvede	Vinterbyg	Gylle fra svin	Slangeudlægning	137,9	183,8	16,5

Fig. 6. Eksempel på fordeling af gødning i sædskiftet og NH₃-tab ved udbringning.

Udvaskning: Nederst på dette faneblad vises endvidere NLES-beregnet udvaskning (kg N/ha), WATCROSS-beregnet afstrømning (mm), samt nitratkoncentration (mg NO₃/l) for alle kombinationer af forfrugt og afgrøde i sædskiftet, og der beregnes et arealvægtet gennemsnit, som overføres til resultatsiden.

Areal 1						
Forfrugt	Afgrøde	Efterårssdække	N-LES Kg.N/Ha	N-LES mg NO ₃ /l	Afstrømning mm	Areal Ha
Vinterbyg	Vinterraps	Vinterkorn	82,66	92,11	397,56	20
Vinterraps	Vinterhvede	Vinterkorn	80,06	89,21	397,56	20
Vinterhvede	Vinterbyg	Vinterraps	27,14	30,24	397,56	20
Gennemsnit på sædskiftet			63,29	70,52	397,56	60

Fig. 7. Udvaskning og afstrømning beregnet med N-LES og WATCROSS.

”Balance”


Her vises bedriftens samlede flow af husdyrgødning og foder, samt nøgletal vedr. produktionen. Behov for indkøbt handelsgødning beregnes som forskellen mellem N-kvote minus den lovpligtige andel af N i husdyrgødning, der skal indgå i gødningsregnskabet. Overskydende husdyrgødning sælges. Nøgletal er f.eks. gennemsnitlig udnyttelsesgrad af husdyrgødning og samlet NH₃-fordampning fra stald og lager fra egen besætning. Ved egen besætning indkøbes foder så besætningens normfoderbehov af tørstof, foderenheder og protein opfyldes efter opdaterede normer (kvæg se Mogensen m.fl. (2006) og svin opdaterede normer efter Poulsen et al. (2001)). Forskellen mellem behov minus hjemmeavlet foder indkøbes, ligesom overskydende foder sælges.

”Resultat”

På dette faneblad (Fig. 8) samles alle resultater (kg N/ha) vedr. input og output, bedriftsoverskud, markoverskud og tabsposter. Endvidere kan man her beregne effekten af reduceret tilførsel af handelsgødning.

Bedriftsniveau

Input (kg N)				Output (kg N)			
	kg N/ha	Reduceret N-norm		kg N/ha	Korrigeret til "0-rest"	Reduceret N-norm	
Kunstgødning	30,8	3,6	->	106,2			Salgsafgrøder
Købt husdyrgødning	140,0	140,0	->	0,0			Solgte grise
Købt foder	0,0	0,0	->	0,0			Kød
Købt strøelse	0,0	0,0	->	0,0			Mælk
Indkøbte grise	0,0	0,0	->	0,0			Solgt husdyrgødning
Udsæd	2,9	2,9	->	0,0			Solgt foder
N-fiksering	7,3	7,3	->	16,4			Solgt halm
Atmosfærisk afsætning	15,0	15,0	->	0,0			Solgte slagtesvin
					117,4	105,2	Planteoptagelse
Input i alt	195,9	168,7	->	122,5	117,4	105,2	Output i alt



	kg N/ha	Korrigeret til "0-rest"	Reduceret N-norm
Bedrifts N-overskud:	73,4	78,5	63,5
Areal :	100 ha		
Besætning :	0 dyreenheder		

Fordeling af N-overskud

	kg N/ha	Korrigeret til "0-rest"	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">80</div> % af N-norm
Ammonium tab, stald	0,0	0,0	0,0
Ammonium tab, lager	0,0	0,0	0,0
Denitrifikation, lager	0,0	0,0	0,0
Markoverskud	73,4	78,5	63,5
Ammonium tab, afgræsning	0,0	0,0	0,0
Ammonium tab, udbringning husdyrgødning	12,6	12,6	12,6
Ammonium tab, udbringning kunstgødning	0,9	0,9	0,6
Denitrifikation, jord	14,0	12,9	10,7
Ændring i jordpuljen	-0,9	-2,0	-5
N-udvaskning (kg N/ha)	58,1	<div style="border: 2px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">54,1</div>	44,6
Rest	-11,3		
N-udvaskning (mg NO ₃ /l)	71,5	66,6	54,9

Fig. 8. Resultatsiden i FarmN, hvor udvaskningsresultatet der leveres til www.husdyrgodkendelse.dk er markeret med en ring. Se tekst for yderligere forklaring.

Med udgangspunkt i eksemplet i Fig. 8 gennemgås her hvorledes det endelige resultat for udvaskning på 54,1 kg N/ha fremkommer. Det samlede input og output er henholdsvis 195,9 og 122,5 kg N/ha, hvilket resulterer i et bedriftsoverskud på 73,4 kg N/ha. I eksemplet er al husdyrgødning indkøbt ab lager, som det er tilfældet når beregningerne foretages via www.husdyrgodkendelse.dk. Dvs., at der ikke forekommer stald- og lagertab og markoverskud bliver derfor lig med bedriftsoverskud. NH₃-tab ved udbringning af gødning er beregnet til i alt 13,5 kg N/ha, denitrifikation til 14,0 kg N/ha og ændring i jordpulje til -0,9 kg N/ha. Det betyder, at hvis udvaskningen beregnes som differens bliver resultatet 73,4-13,5-14,0+0,9 = 46,8 kg N/ha. Med N-LES beregnes en udvaskning på 58,1 kg N/ha, hvilket resulterer i en forskel (rest) på -11,3 kg N/ha. Denne rest fordeles mellem udvaskning, denitrifikation, puljeændring og planteoptagelse med en fordelingsnøgle som vist i Tabel 3, således at den korregerede udvaskning bliver 58,1 + (-11,3 x 0,35) = 54,1 kg N/ha.

Effekten af reduceret tilførsel af handelsgødning beregnes ligeledes på denne side. I eksemplet i Fig. 7 er tilførslen af handelsgødning reduceret til 80 % af N-norm, hvilket i eksemplet betyder at mængden af tilført handelsgødning er reduceret fra 30,8 kg N/ha til 3,6 kg N/ha. Marginalændringer som følge af reduceret tilførsel af handelsgødning er vist i Tabel 3. En reduktion i handelsgødning på 10 kg N/ha medfører eksempelvis at udvaskningen reduceres med 3,5 kg N/ha.

Tabel 3. Fordelingsnøgle ved korrektion af rest og marginalændring ved reduceret handelsgødningsanvendelse.

Proces	Korrektion af rest	Marginalændring
Planteoptagelse	0,45	0,45
NH ₃ fordampning	-	0,01
Jordpuljeændring	0,10	0,11
Denitrifikation	0,10	0,08
Udvaskning	0,35	0,35
Sum	1,00	1,00

FARMN I [WWW.HUSDYRGODKENDELSE.DK](http://www.husdyrgodkendelse.dk)

For at sikre sammenlignelige resultater og en ensartet beregning når beregningerne foretages via www.husdyrgodkendelse.dk er der en række valgmuligheder i FarmN der er låst. Disse er listet i tabellen herunder.

Tabel 4. I FarmN via Husdyrgodkendelse.dk er en række indstillinger/valgmuligheder fastlåst.

Faneblad	Indstilling	FarmN	Husdyrgodkendelse.dk
Bedrift	Udbyttensniveau	0 – 100 %	100 %
	Gylleudbringningsmetode	Nedfælder og/eller slangeudlægger	Slangeudlægger
Mark	Afgrøde	Mulighed for at vælge mellem 33 forskellige afgrøder	Der kan ikke vælges andre afgrøder end dem der indgår i 'Standardsædskeer'.
	Vanding	For jordtyperne JB1-JB4 kan der vælges vandet eller uvandet	Uvandet
	Udbyttensniveau	0 – 100 %	100 %
Sædskeer ¹	Andel solgt (%)	0 – 100 %	100 %
	Halmanvendelse	Snittes, eget brug eller sælges	Rapshalm snittes; øvrigt halm sælges

¹ I www.husdyrgodkendelse.dk kan man ikke sammensætte egne sædskeer, men vælger et Standardsædske. Der kan vælges mellem 16 svinesædskeer (S1-S16) og 13 kvægsædskeer (K1-K13); SNS (2007).

LITTERATURHENVISNINGER

- Detlefsen, N. K. & Jensen, A. L. (2007) Modelling optimal crop sequences using network flows. *Agricultural Systems* (in press).
- Kristensen, K., Jørgensen, U., and Grant, R. F. 2003: Genberegning af modellen N-LES. 12 pp. Baggrundsnotat til Grant, R og Waagepetersen, J. Vandmiljøplan II - slutevaluering. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøministeriet. ISBN:87-7772-776-2.
- Kristensen, T. (2003) Stald- og lagertab til kvæg. se dokumentation til www.Farm-N.dk, 1-3.
- Landscentret (2007) Markeffekt af kvælstof i husdyrgødning. Dyrkningsvejledning d. 27/3 2007 fra Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret.
- Mogensen, L., Kristensen, T., and Kristensen, I. S. (2006) Beregning af foderbehov til kvæg. Dokumentation til www.Farm-N.dk, 1-6.
- Petersen, B. M., Berntsen, J. & Jørgensen, U. (2005) Vurdering af et værktøj til VVM-screening, set i relation til hvad der sker med kvælstof tilført jorden med husdyrgødning. Dette notat findes i FarmN-fanebladet "Dokumentation" (Samspillet mellem jordpuljeændringer, N-balancer og udvaskning).
- Petersen, J., Petersen, B. M., Blicher-Mathiesen, G., Ernsten, V. & Waagepetersen, J. (2006) Beregning af nitratudvaskning. Forslag til metoder, der sikrer ensartethed i sagsbehandling i forbindelse med fremtidig miljøgodkendelse af husdyrbrugsudvidelser. DJF rapport Markbrug nr. 124, pp. 144.
- Plantedirektoratet (2006) Vejledning om gødnings- og harmoniregler for planperioden 2006-2007. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.
- Poulsen, H. D., Børsting, C. F., Rom, H. B., and Sommer, S. G. (2001) Kvælstof, fosfor og kalium i husdyrgødning - normtal 2000. DJF-rapport, Husdyrbrug 36, 1-152. Opdatering kan ses http://www.agrsci.dk/media/webdav/filer/sve/hem/normtal_2006
- SNS (2007) Standardsædskifter og referencesædskifter. Notat fra Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen. <http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/E819B553-14D8-4D27-A7EF-373E5F5C4147/37490/Standardsædskifter.pdf> Pp. 5.
- Vinther, F. P. & Hansen, S. (2004) SimDen - en simpel model til kvantificering af N₂O-emission og denitrifikation. DJF rapport Markbrug 104, 1-47.