



Beräkning av kväveutlakning vid förändrad gödsling för höstvetete och vårkorn

Delredovisning av projektet "Beräkningar av kväveutlakningen"

Holger Johnsson, Kristina Mårtensson, Martin Larsson och Lennart Mattsson

Teknisk rapport 106

Uppsala 2006

**Avdelningen för Vattenvårdslära
Swedish University of Agricultural Sciences
Division of Water Quality Management**

1. Inledning

Projektet "Beräkning av kväveutlakningen" påbörjades i september 2004 och består av två delar:

- A) Beräkning av kväveutlakningen från ekologiskt odlad areal inklusive utveckling av beräkningsmetoden för att kunna göra detta.
- B) Beräkning av förändringen av kväveutlakningen mellan 1995 och 2003, orsaker till förändringen och den förväntade effekten av de åtgärder som genomförs för minskade utlakningsförluster (i enlighet med utredningen "sektorsmål och åtgärdsprogram för reduktion av växtnäring förluster från jordbruket").

Här beskrivs beräkningen av effekten av ändrad gödslingsgiva och skörd för höstvet och vårkorn samt den möjliga effekten på den totala belastningen (delprojekt B2b). Detta är en del av projekt B som redovisats i en tidigare rapport (Johnsson & Mårtensson, 2005). I projekt B ingår bl.a. beräkning av kväveutlakning 2003. Projektet finns beskrivet i överenskommelse (inkl projektplan) mellan jordbruksverket (jordbruksverket, dnr 23 8051/04) och SLU som nedanstående redogörelse relaterar till.

Beräkningar enligt ovan är baserade på följande tidigare arbeten och metodutveckling: Beräkningar av jordbrukets diffusa utsläpp av kväve för Sverige för HELCOM rapportering (PLC4) har utförts inom det s.k. TRK-projektet med beräkningssystem för normalutlakning baserad på SOILNDB och statistik för odlingen för 1999 och 1995. Denna statistik var baserad på all odling d.v.s., både konventionell och ekologiskt odlad areal ingår. Beräkningar av effekten av fånggrödeodlingen 2001 har också utförts baserad på ovanstående beräkning för 1999 och fånggrödestatistik. Inom ramen för forsknings/utvecklingsprojekt VASTRA m.fl. har utveckling av metod och test av vissa scenarioräkningar utförts. Metoden för normalutlakningsberäkning enligt ovan ("NLeCCS" = Nitrogen leaching coefficient calculation system) har förfinats, kvalitetssäkrats och operationaliserats i utvecklingsprojekt inom ramen för SMED&SLU.

2. Metod

Metoden beskrivs i Naturvårdverkets rapport 5248 (Johnsson & Mårtensson, 2002), vidare utveckling och komplettering i "Beräkning av förändringen av kväveutlakningen mellan 1995 och 2003 och den förväntade effekten av åtgärder som föreslagits för minskade utlakningsförluster" (Johnsson och Mårtensson, 2005) samt beskrivningen av systemet för beräkning av utlakningskoefficienter, NLeCCS (Persson et al., 2004).

2.1. Modellen

Beräkningarna är utförda med en metod (NLeCCS) för beräkning av normaliserad utlakning från åkermark. Den bygger på SOILNDB-modellen (Johnsson et al. 2002; Larsson et al., 2004) som är uppbyggt runt simuleringsmodellerna SOIL-SOILN för kväveutlakning från åkermark.

2.2. Data och antaganden

Relationer gödsling - N-skörd

För att bestämma relationen mellan gödsling och skörd som ligger till grund för parameteriseringen av SOILNDB-modellen har ett stort datamaterial från försöksserier med olika gödslingsnivåer av kväve i höstvet (Mattson, 2004) och vårkorn (ej publicerade data)

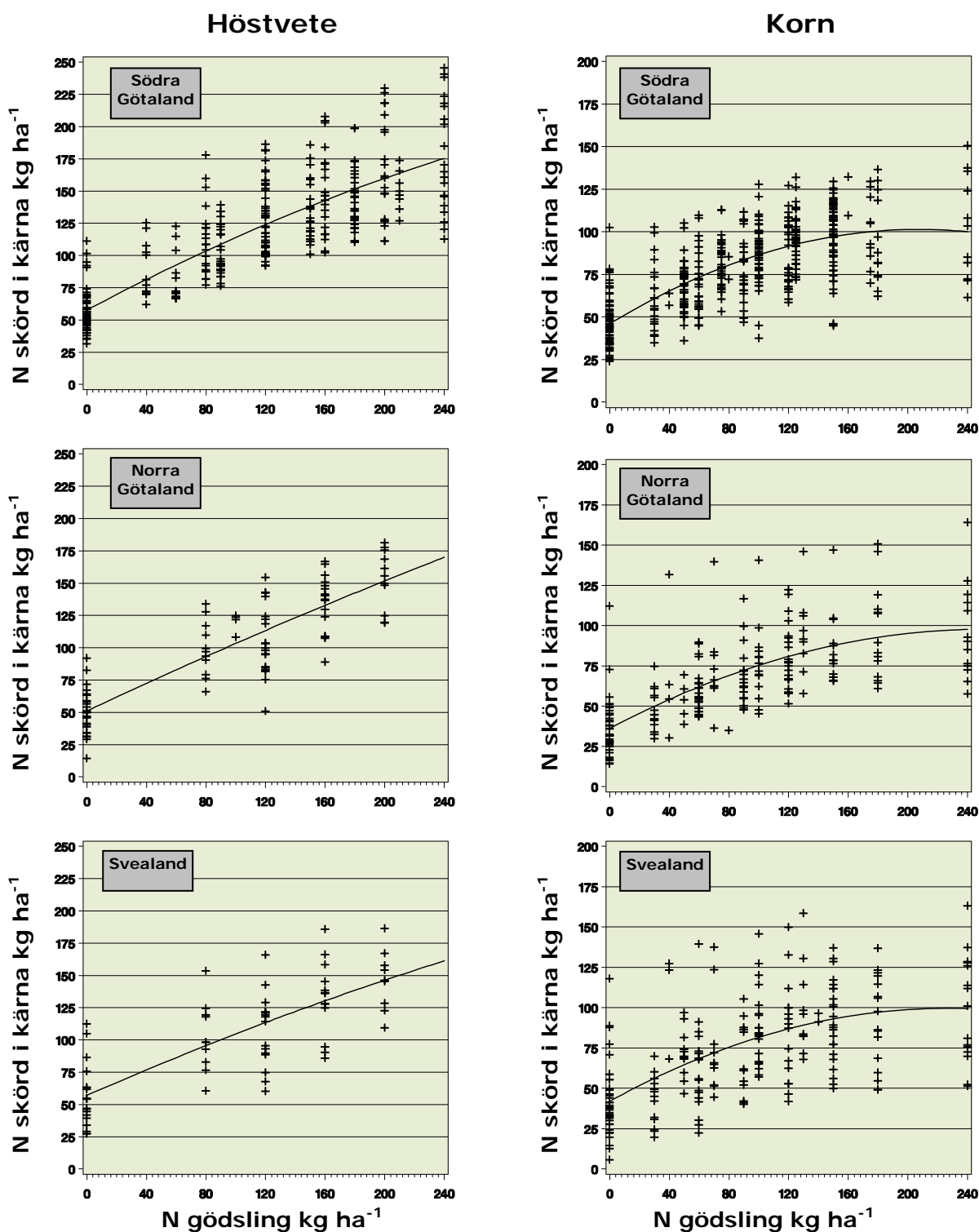
använts. Ett urval av dessa data har sedan utnyttjats för att ta fram responsfunktioner som speglar en medeleffekt av mängd applicerad N på mängd N-skörd i kärna (Tabell 1). För både höstvetete och vårkorn valdes en uppdelning i 3 regioner, S:a Götaland (Kalmar, Gotlands, Blekinge, Skåne och Hallands län), N:a Götaland (Östergötlands, Jönköpings, Kronobergs och Västra Götalands län) och Svealand (Uppsala, Stockholms, Södermanlands, Värmlands, Örebro, Västmanlands, Dalarnas och Gävleborgs län). För höstvetete valdes tidsperioden 1996 till 2004, men för vårkorn var försöksmaterialet under den tidsperioden begränsat, vilket ledde till att vi utökade perioden med 10 år, d.v.s. från 1986 till 2004 för att få mer tillförlitliga responsfunktioner. Figur 1 visar responsen gödsling-skörd för höstvetete och vårkorn för hela datamaterialet samt de erhållna responsfunktionerna. I Figur 7 i appendix visas responsfunktionerna tillsammans med konfidensintervall.

Vilken responsfunktion man väljer kan komma att påverka resultatet avsevärt och det finns inte något självklart val av funktion (Mortensen och Beattie, 2005). Vi valde ett 2°-polynom eftersom det såg 'biologiskt trovärdigt' ut i hela intervallet av gödslingsnivåer. Det är dock möjligt att ett 3°-polynom hade varit användbart om man begränsat det studerade intervallet till ±30 % applicerat N baserat på normgivan.

Tabell 1. Andragradspolynom för relationen mellan kvävegödsling och kväveskörd enligt formeln $y=a+b*x+c*x^2$, där y är kväveskörden, x är kvävegivan, a, b och c är regressionskonstanter.

Gröda	Region	a	b	c	R ²	N ^a
Höstvetete	S:a Götaland	57.62	0.615695	-0.00052	0.65	301 (44)
	N:a Götaland	51.07	0.54127	-0.00019	0.73	89 (27)
	Svealand	57.08	0.506001	-0.0003	0.61	67 (19)
Korn	S:a Götaland	45.99	0.53453	-0.00129	0.51	446 (81)
	N:a Götaland	36.16	0.48956	-0.00097	0.46	201 (42)
	Svealand	41.98	0.5089	-0.00112	0.36	213 (42)

^a antal observationer med antal försök angivet inom parentes



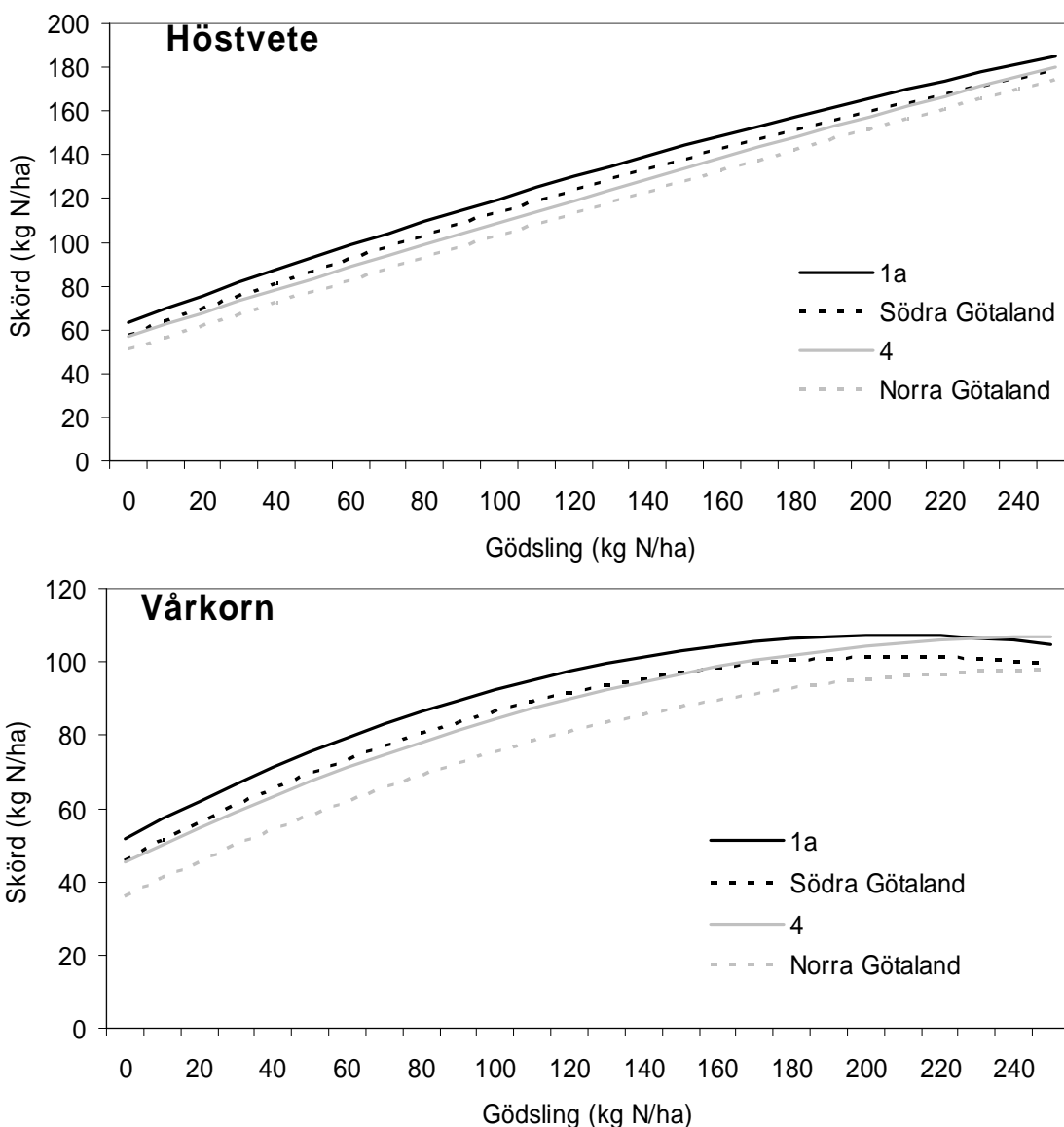
Figur 1. Responzfunktioner (linjer) och observationer (+) av gödsling – kväveskörd för höstvete och korn uppdelat på regionerna S:a Götaland, N:a Götaland och Svealand.

2.3. Beräkningsmetodik

Till grund för dessa beräkningar har samma metodik använts som vid beräkningen av normalutlakningen 2003 som redovisas i den första delrapporten för detta projekt; ”Beräkning av förändringen av kväveutlakningen mellan 1995 och 2003 och den förväntade effekten av

åtgärder som föreslagits för minskade utlakningsförluster” (Johnsson och Mårtensson, 2005). I rapporten beskrivs beräkningsmetod och data. Förenklat kan beräkningen beskrivas så att varje produktionsområde representeras av en 10 000-årig växtsekvens med samma grödmix som arealfördelningen var 2003. Grödornas inbördes ordning slumpas med vissa begränsningar för hur grödor kan följa efter varandra bl. a. med avseende på skörd- och såtidpunkter, t.ex. kan inte höstsådd gröda följa efter sockerbetor samt att vullen alltid förekommer i omgångar om tre år. Gödslingen för varje gröda var uppdelad i ett led med enbart handelsgödsel och ett med stallgödsel kompletterat med handelsgödsel. Båda leden antogs ha lika stor skörd. Växtsekvensen räknades för varje förekommande jordart och medelutlakningen viktades med avseende på förekomsten av varje jordart. Förutom de nedan nämnda gödslings- och skördeförändringarna för höstvetete och vårkorn har övriga förutsättningar varit desamma.

För att representera de stora regionerna Södra Götaland, Norra Götaland och Svealand valdes produktionsområdena 1a (Skåne- och Hallands slättbygd, Skånedelen), 4 (Östgötaslätten) och 6 (Mälar- och Hjälmbygden). N-gödslings- och skördekurvorna för regionerna har förskjutits för att passa med produktionsområdenas skörd och gödsling för år 2003 (Figur 2). Kurvorna för region 6 och Svealand var i det närmaste identiska för både höstvetete och vårkorn.



Figur 2. Justering av gödslings- och skörderesponskurva från Södra Götaland till 1a, Norra Götaland till 4 för höstvete och vårkorn. Kurvorna för Svealand och 6 var identiska för både höstvete och vårkorn.

De olika gödslingsnivåer som beräknades var förändring av handelsgödselgivan med $\pm 50\%$, $\pm 30\%$ och $\pm 10\%$ i förhållande till normalgivan 2003 för vardera grödan och regionen. Handelsgödselgivan till både handelsgödselledet och stallgödselledet kompletterat med handelsgödsel ändrades med en given procentsats. Den minskade eller ökade handelsgödselgivan tillsammans med NH_4 -delen av stallgödselgivan som spreds på våren representerade varje gödslingsnivå (Tabell 2). Den applicerade mängden N från stallgödsel var oförändrad mellan de olika beräknade gödslingsnivåerna. De olika givorna vid varje beräkningsnivå redovisas i Appendix, Tabell 9. Beroende på fördelningen mellan handels- och stallgödsel blev inte förhållandet mellan medelgivan av handelsgödsel till höstvete och vårkorn 2003 och medelgivan av handelsgödsel till höstvete och vårkorn i t.ex. -50%-beräkningen exakt hälften av handelsgödselgivan. Beräkningarna gjordes för en gröda och gödslingsnivå i taget, d.v.s. när höstveteskörd och -gödsling ändrades så var vårkornvärdena oförändrade och vice versa när vårkornskörd och -gödsling ändrades.

Samma växtsekvens användes för alla beräkningar i en region. Maxskörden justerades så att den simulerade jordartsviktade medelskörden blev den önskade enligt responsen mellan N-gödning och N-skörd. Skörden fick under ett enskilt år variera till maxskörden medan medelskörden för grödan under hela växtsekvensen skulle bli den önskade skörden. I den simulerade skörden ingår även halmskörden.

Gödning-skörd-responskurvan beskriver en försökssituation där förfrukten till den observerade grödan har varit normalt gödslad. I beräkningen har emellertid alla tillfällen med handelsgödning till höstvete alternativt vårkorn i växtsekvensen minskats eller ökats och grödan kan ha fått en sämre eller bättre förfrukt om den följt efter sig själv. För att undersöka förfruktseffekten gjordes två kompletterade beräkningar. I dessa har höstvete respektive vårkorn inte sig själv som förfrukt. I den ena beräkningen, *sortering*, gjordes ingen ytterligare simulering utan istället sorterades skörd och utlakning ut för de fall i växtsekvensen då höstvete respektive vårkorn inte hade sig själv som förfrukt. Sorteringen gjordes i beräkningen för normalutlakningssimuleringen och $\pm 50\%$ -beräkningarna. I den andra kompletterande beräkningen, *nytt villkor*, gjordes en simulering med en ny växtsekvens där höstvete respektive vårkorn inte fick följa efter sig själv för att inte förfrukten skulle påverkas när handelsgödslingen minskades med 50%. En ny normalutlakning beräknades också med den nya växtsekvensen. Målskörden för simuleringen var densamma men maxskörden och N-halten i kärna ändrades något för att nå den önskade skörden. Att inte ha en gröda med halverad eller dubblad handelsgödselgiva som förfrukt kan antas mer likt försöksförutsättningarna vid framtagandet av gödning-skörd-responskurvan.

Beräkning av möjlig belastningsförändring för utlakningsförändring vid olika gödningsförändringar för höstvete och vårkorn utfördes. Beräkningen baserades på belastningen 2003 med antagandet att förändringarna för vårkorn respektive höstvete skedde på all areal för respektive gröda.

För beräkningen av belastningsförändringen användes 2003-års arealer och 2003-års utlakningskoefficienter utom för de fall som belastningsförändringen avser. För höstvete och vårkorn användes de nya utlakningskoefficienterna för de beräknade gödningsnivåerna. Beräkningen av effekten av höstvete- och vårkornförändringar gjordes var för sig så när effekten av förändring av vårkornskörd och -gödning beräknades användes 2003-års utlakningskoefficienter för höstvete och vice versa när effekten av förändringen i höstveteskörd och -gödning beräknades. I belastningsberäkningen var effekten från fånggröda medräknad och höstvete och vårkorn har antagits ha fånggröda och/eller vårbearbetning i samma omfattning som 2003. Effekten av fånggröda och/eller vårbearbetning har antagits vara procentuellt sett lika stor oavsett gödnings- och skördenivå.

Tabell 2. N-medelgivan (handelsgödsel och NH_4 -delen av stallgödslingen som sprids på våren) för de olika beräkningsnivåerna för höstvete och vårkorn (kg N/ha)

region	gröda	2003	-50%	-30%	-10%	+10%	+30%	+50%
1a	höstvete	159	81	112	144	175	206	237
	vårkorn	100	53	72	91	110	128	147
4	höstvete	135	68	95	121	148	174	201
	vårkorn	93	49	67	84	102	120	138
6	höstvete	118	60	83	106	130	153	176
	vårkorn	83	44	60	75	90	106	121

Tabell 3. Kvävemålskörd, inklusive halmskörd, för höstvetete och vårkorn för 2003 och de olika beräkningsnivåerna (kg N/ha)

region	gröda	2003	-50%	-30%	-10%	+10%	+30%	+50%
1a	höstvetete	148	110	126	141	155	168	180
	vårkorn	92	77	84	90	95	99	103
4	höstvetete	126	93	107	120	133	145	158
	vårkorn	82	67	73	80	85	90	94
6	höstvetete	113	87	98	108	118	128	137
	vårkorn	77	63	69	74	79	83	87

Tabell 4. N-halt i kärnan 2003 och i beräkningen med nytt villkor i ny växtsekvens, d.v.s. där höstvetete och vårkorn inte kunde vara förfrukt till sig själv (%)

region	gröda	2003 (%)	Nytt villkor i växtsekvensen (%)
1a	höstvetete	1.85	1.86
	vårkorn	1.57	1.53
4	höstvetete	1.90	1.87
	vårkorn	1.67	1.64
6	höstvetete	1.90	1.90
	vårkorn	1.70	1.70

3. Resultat

Inom det beräknade intervallet varierade utlakningen mellan 23 och 55 kg N/ha för höstvetete i 1a (Figur 3). Jämfört med normalutlakningen 2003 var det -34% vid halvering av handelsgödselgivan, respektive 57% när handelsgödselgivan ökade med 50%. Utlakningen från vårkorn i 1a varierade från 34 kg N/ha (-47%) till 64 kg N/ha (42%) (Figur 4).

Höstvetete hade, jämfört med vårkorn, lägre utlakningsnivå och högre gödslingsnivå i de beräknade fallen. Om man därför jämförde utlakningsförändringen (i kg N/ha) i relation till den procentuella gödslingsförändringen så finner man att den i 1a inte skiljer sig så mycket mellan höstvetete och vårkorn (Tabell 5). Jämfördes istället utlakningsförändringen (i kg N/ha) med gödslingsförändringen (i kg N/ha) så var påverkan större på vårkornutlakningen jämfört med höstvetete.

Både höstvetete och vårkorn i 1a hade samma procentuella utlakningsförändring i förhållande till gödslingsförändringen oberoende av gödslingsnivå. Eftersom utlakningsnivån var högre vid högre gödslingsnivå så var den absoluta utlakningsförändringen större vid högre gödslingsnivå.

De båda kompletterande beräkningarna hade en något mindre utlakningsrespons i förhållande till gödslingsförändringarna än de första beräkningarna.

Tabell 5. Ändring i utlakning i relation till ändring i gödsling, höstvetete och vårkorn i region 1a

Gödslingsintervall	Höstvetete				Vårkorn			
	Ändring i utlakning i relation till ändring i gödsling							
	((kg N/ha)/ (kg N/ha))	(%/ (kg N/ha))	((kg N/ha)/ %)	(%/%)	((kg N/ha)/ (kg N/ha))	(%/ (kg N/ha))	((kg N/ha)/ %)	(%/%)
-30 – -50	0,11	0,4	0,18	0,7	0,20	0,5	0,19	0,5
-10 – -30	0,17	0,5	0,27	0,8	0,26	0,6	0,25	0,6
-10 – 0	0,17	0,5	0,26	0,7	0,30	0,7	0,27	0,6
0 – 10	0,23	0,7	0,37	1,1	0,34	0,8	0,34	0,8
10 – 30	0,25	0,6	0,38	1,0	0,39	0,8	0,35	0,7
30 – 50	0,27	0,6	0,43	0,9	0,42	0,8	0,40	0,7
Hela intervallet	0,20	0,6	0,31	0,9	0,32	0,7	0,30	0,7

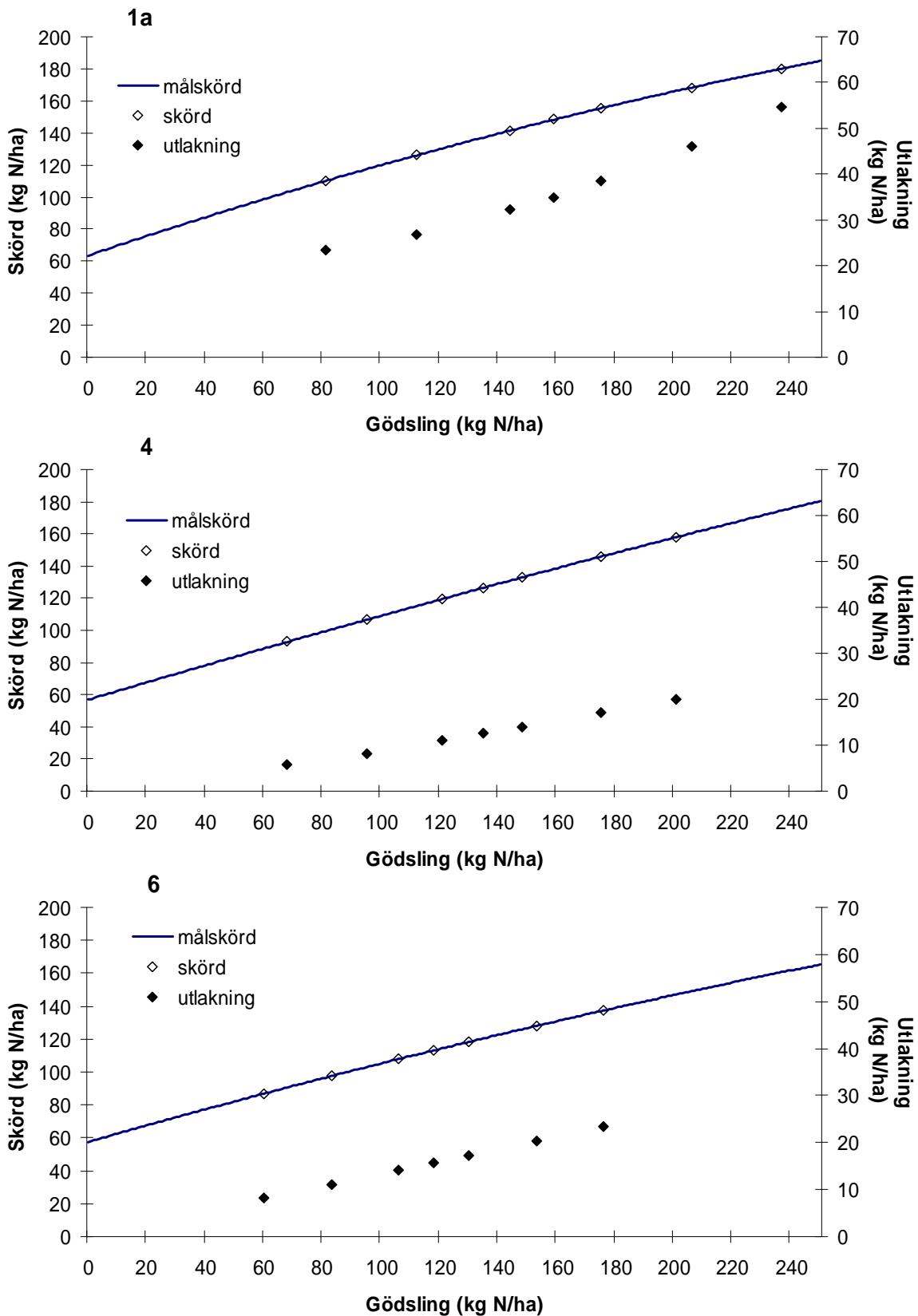
Tabell 6. Ändring i utlakning i relation till ändring i gödsling, höstvetete och vårkorn i region 4

Gödslingsintervall	Höstvetete				Vårkorn			
	Ändring i utlakning i relation till ändring i gödsling							
	((kg N/ha)/ (kg N/ha))	(%/ (kg N/ha))	((kg N/ha)/ %)	(%/%)	((kg N/ha)/ (kg N/ha))	(%/ (kg N/ha))	((kg N/ha)/ %)	(%/%)
-30 – -50	0,09	1,1	0,12	1,4	0,07	0,6	0,07	0,6
-10 – -30	0,11	1,0	0,14	1,3	0,11	0,8	0,09	0,7
-10 – 0	0,10	0,8	0,14	1,1	0,12	0,8	0,10	0,7
0 – 10	0,11	0,8	0,14	1,1	0,13	0,9	0,12	0,8
10 – 30	0,11	0,8	0,15	1,1	0,14	0,9	0,12	0,8
30 – 50	0,11	0,6	0,14	0,8	0,15	0,8	0,13	0,7
Hela intervallet	0,11	0,8	0,14	1,1	0,12	0,8	0,11	0,7

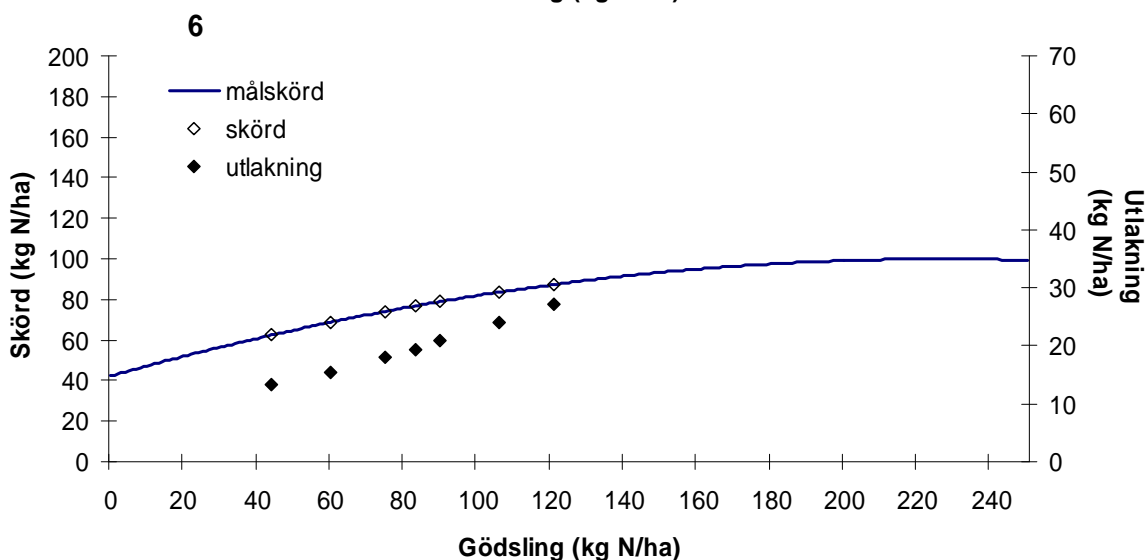
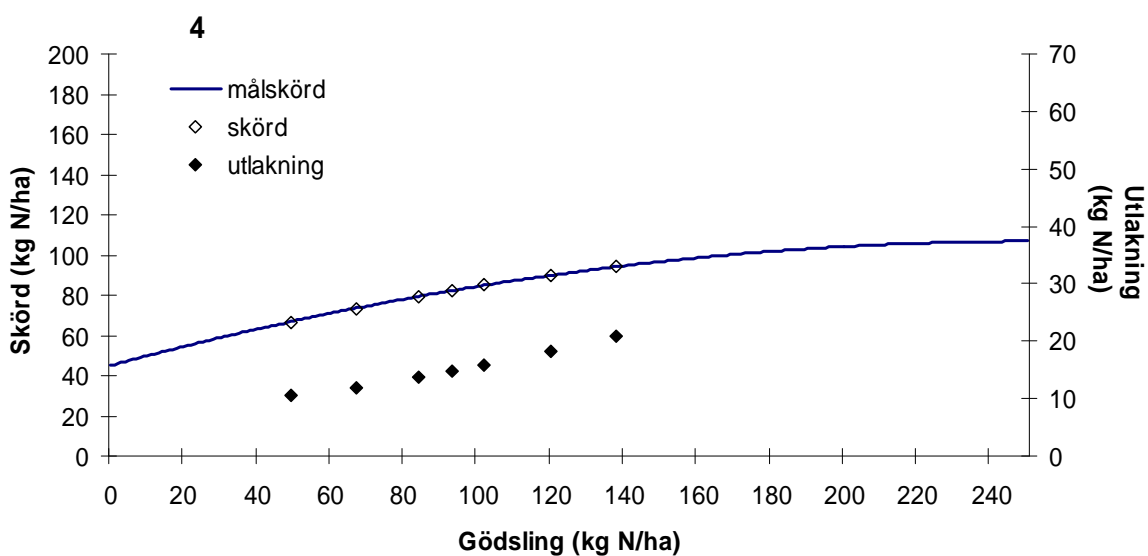
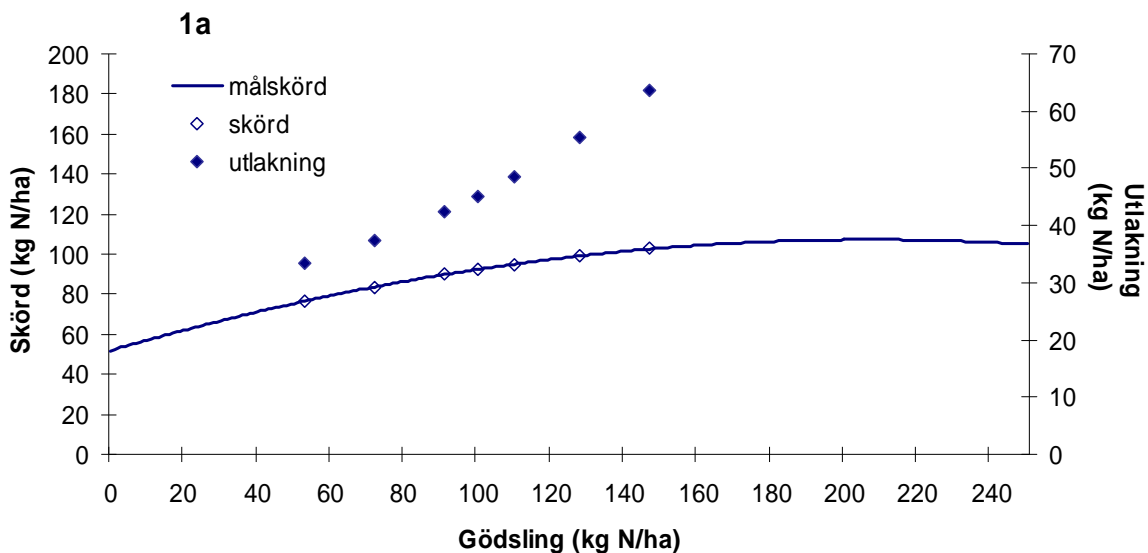
Tabell 7. Ändring i utlakning i relation till ändring i gödsling, höstvetete och vårkorn i region 6

Gödslingsintervall	Höstvetete				Vårkorn			
	Ändring i utlakning i relation till ändring i gödsling							
	((kg N/ha)/ (kg N/ha))	(%/ (kg N/ha))	((kg N/ha)/ %)	(%/%)	((kg N/ha)/ (kg N/ha))	(%/ (kg N/ha))	((kg N/ha)/ %)	(%/%)
-30 – -50	0,13	1,1	0,15	1,3	0,14	0,9	0,11	0,7
-10 – -30	0,14	1,0	0,16	1,1	0,17	0,9	0,12	0,7
-10 – 0	0,13	0,8	0,16	1,0	0,15	0,8	0,12	0,6
0 – 10	0,13	0,8	0,15	1,0	0,23	1,2	0,16	0,8
10 – 30	0,13	0,8	0,15	0,9	0,19	0,9	0,15	0,7
30 – 50	0,13	0,6	0,15	0,7	0,22	0,9	0,17	0,7
Hela intervallet	0,13	0,8	0,15	1,1	0,18	0,9	0,14	0,7

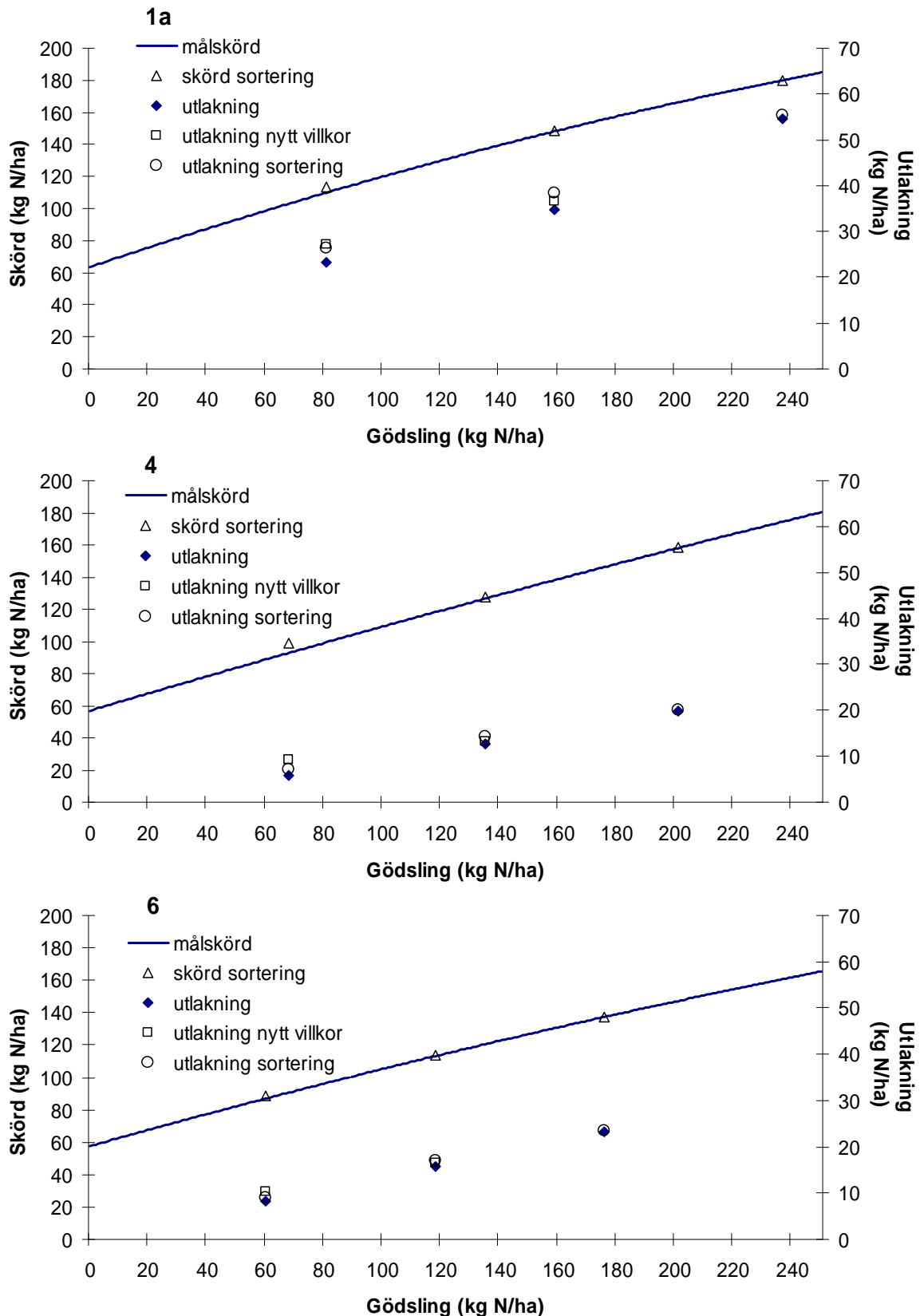
Medelutlakningen (kg N/ha) i Figur 3-Figur 6 avser medelutlakning för 2003 utan effekt av fånggröda och/eller vårbearbetning (gäller 1a). Det vill säga att utlakningen för de olika beräkningsnivåerna inte är jämförbara med utlakningskoefficienterna i tabell 53 (eller tabell 2:1) (Johnsson & Mårtensson, 2005) utan istället med utlakningen i tabell 54 (och tabell 3:1-10) (Johnsson & Mårtensson, 2005). Resultaten finns även redovisade i Tabell 11-Tabell 16.



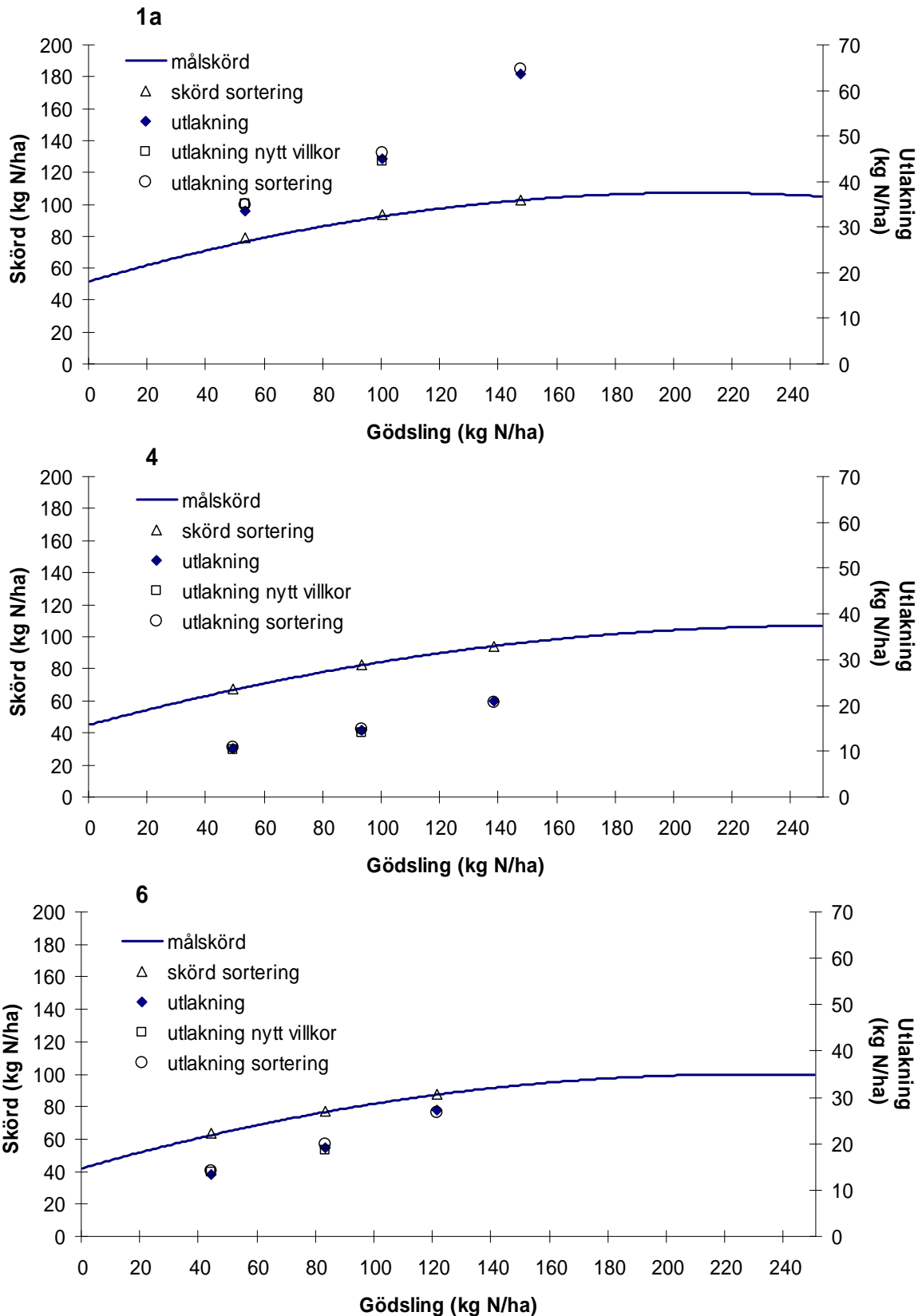
Figur 3. Utlakning för de olika beräkningsnivåerna $\pm 50\%$, $\pm 30\%$, $\pm 10\%$ handelsgödsel och normalutlakningen 2003, höstvetete i regionerna 1a, 4 och 6. Utlakning, här utan effekt av fånggröda och/eller vårbearbetning (berör endast område 1a).



Figur 4. Utlakning för de olika beräkningsnivåerna $\pm 50\%$, $\pm 30\%$, $\pm 10\%$ handelsgödsel och normalutlakningen 2003, vårkorn i regionerna 1a, 4 och 6. Utlakning, här utan effekt av fånggröda och/eller vårbearbetning (berör endast område 1a).



Figur 5. Utlakning för $\pm 50\%$ handelsgödsel, för $\pm 50\%$ handelsgödsel med höstvetete som bortsorterad förfrukt, -50% handelsgödsel med nytt växtsekvensvillkor för höstvetete samt medelutlakning 2003. Utlakning, här utan effekt av fånggröda och/eller vårplöjning och motsvarande för fallet med bortsorterad förfrukt och nytt växtsekvensvillkor i ny växtsekvens, (berör endast 1a) höstvetete i region 1a, 4 och 6.



Figur 6. Utlakning för $\pm 50\%$ handelsgödsel, för $\pm 50\%$ handelsgödsel med höstvetete som bortsorterad förfrukt, -50% handelsgödsel med nytt växtsekvensvillkor för höstvetete samt medelutlakning 2003. Utlakning, här utan effekt av fånggröda och/eller vårplöjning och motsvarande för fallet med bortsorterad förfrukt och nytt växtsekvensvillkor i ny växtsekvens, (berör endast 1a) höstvetete i region 1a, 4 och 6.

Vid en minskning av handelsgödselnivån med 10% hos både höstvetete och vårkorn minskade den beräknade belastningen med 4% i region 1a, 6% i region 4 och 4% i region 6. Effekten på belastningen var stor när handelsgödselnivån ändrades mycket eftersom effekten på utlakningen var stor och höstvetete och vårkorn är areellt sett stora grödor i de beräknade regionerna. I region 1a omfattade höstvetete och vårkorn tillsammans 50% av arealen, i region 4 var omfattningen 46% av arealen och i region 6 36%. För jämförelsens skull redovisas även belastningsberäkningen för 2003.

Tabell 8. Belastning 2003 och belastningsförändring vid de olika gödslingsnivåerna (inklusive effekt av fånggrödor) (ton)

region	Belastning 2003 (ton)	gröda	Belastningsförändring					
			Gödslingsnivå:					
			-50%	-30%	-10%	+10%	+30%	+50%
1a	8628	höstvetete	-742	-515	-169	237	734	1286
		vårkorn	-640	-425	-149	188	575	1020
4	1591	höstvetete	-369	-230	-77	73	238	390
		vårkorn	-58	-39	-14	16	49	86
6	7043	höstvetete	-848	-522	-175	170	510	848
		vårkorn	-543	-340	-112	147	427	728

4. Diskussion

Eftersom utlakningen påverkas av relationen mellan gödsling och skörd betyder valet av responskurva (gödsling — kväveskörd) mycket. Förutom valet av responsfunktion (t.ex. 2- eller 3- gradspolynom) har valet av tidsperiod för datamaterialet som utgör underlaget stor betydelse. En längre tidsperiod gör att man får mer "korrekta" responskurvor men eftersom kväveeffektiviteten i odlingen har förbättrats väsentligt med tiden (Mattsson, 2004), så tar en responsfunktion baserat en längre tidsperiod inte med den förbättrade kväveeffektiviteten i samma utsträckning. Responskurvorna som använts här reflekterar alltså inte dagens odlingssituation utan den som gällde som medel för perioden 1986-2004 för vårkorn och som medel för perioden 1996-2004 för höstvetete.

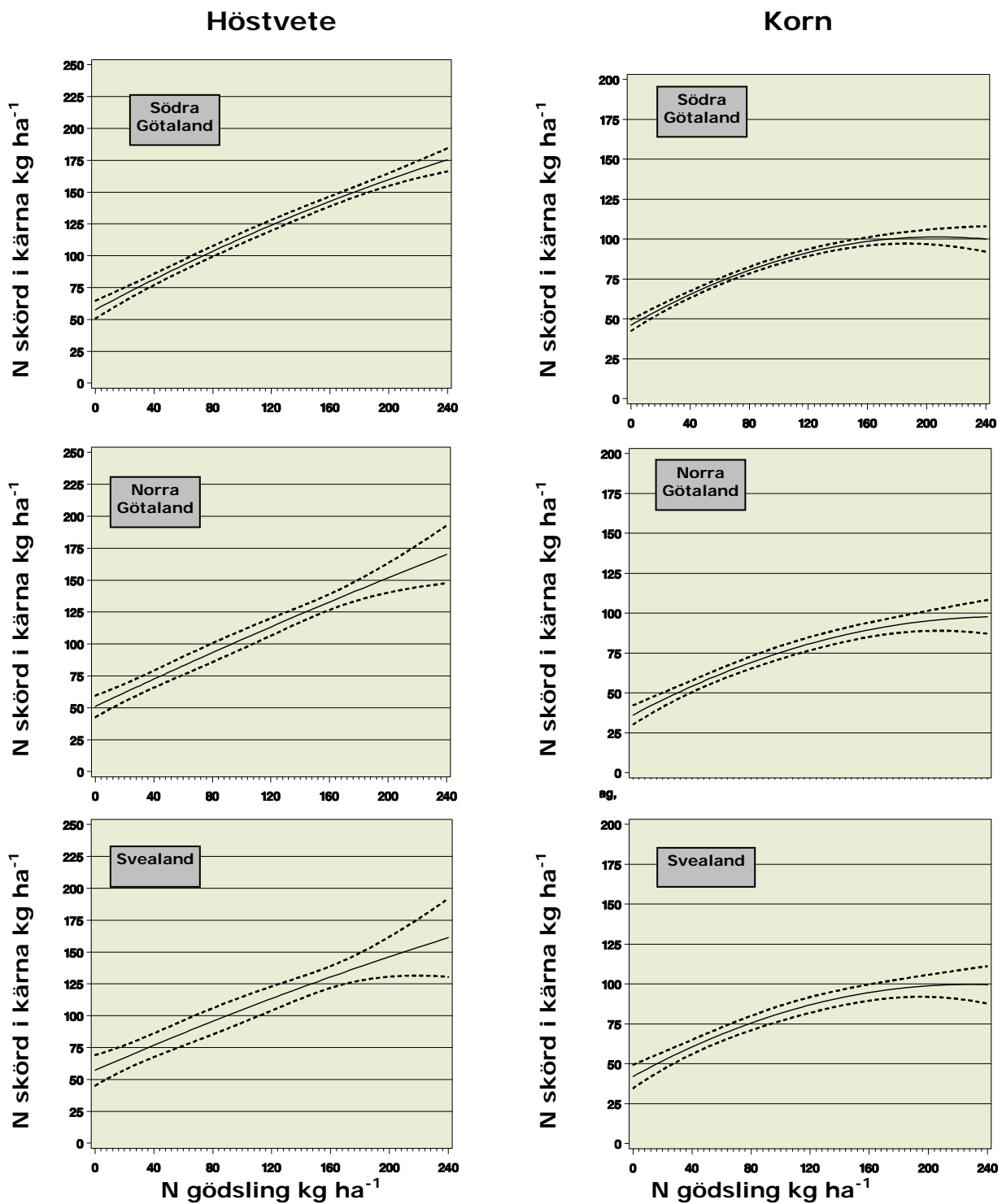
Referenser

- Johnsson, H., Larsson, M., Mårtensson, K. & Hoffmann, M. 2002. SOILNDB: a decision support tool for assessing nitrogen leaching losses from arable land. *Environmental Modelling & Software*, 17:505-517.
- Johnsson, H. & Mårtensson, K. 2002. Kväveläckage från svensk åkermark – beräkningar av normalutlakning för 1995 och 1999. *Rapport 5248, Naturvårdsverket, Stockholm*.
- Johnsson, H. & Mårtensson, K. 2003. Beräkning av effekten på kväveutlakningen av miljöersättningen ”Minskat kväveläckage” år 2001 med utgångspunkt i TRK beräkningarna för år 1999. *Redovisning av uppdrag till jordbruksverket 030228 (11 s)*.
- Johnsson, H., Mårtensson, K. 2005. Beräkning av förändringen av kväveutlakningen mellan 1995 och 2003 och den förväntade effekten av åtgärder som föreslagits för minskade utlakningsförluster Delredovisning av projektet ”Beräkningar av kväveutlakningen” (jordbruksverket, dnr 23 8051/04)
- Larsson, M., Johnsson, H., Hoffmann, M., Mårtensson, K. & Persson, K. 2004. Technical description of SOILNDB (V. 2.1). *Teknisk rapport, Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala*.
- Mattson, L. 2004. Kväveintensitet i höstvetete vid olika förutsättningar. Rapport 209. Inst. f Markvetenskap, Avd f växtnäringslära, SLU, Uppsala.
- Mortensen, J.R., Beattie, B.R. 2005. Does choice of response function matter in setting maximum allowable N-application rates in Danish agriculture. Dept. Agric. Resour. Econ. College of Agricultural and Life Sciences, The University of Arizona, <http://ag.arizona.edu/arec/pubs/workingpapers.html> 2005-11-07
- Persson, K., Mårtensson, K., Johnsson, H. 2004. Nitrogen Leaching Coefficient Calculation System 1.0 (NLeCCS) – Technical description. *Teknisk Rapport, Avdelningen för vattenvårdslära, SLU*.

Appendix

Tabell 9. *Mängd handelsgödsel i ledet med endast handelsgödsel och i ledet med stallgödsel kompletterat med handelsgödsel (stg-led) och den delen av NH₄-delen som sprids på våren för de olika beräkningsnivåerna (kg N/ha)*

region	gröda		2003	-50%	-30%	-10%	+10%	+30%	+50%
1a	höstvete	handelsgödsel (kg N/ha)	163	82	114	147	180	212	245
		handelsgödsel (stg-led) (kg N/ha)	137	69	96	124	151	179	206
		NH ₄ (vår) (kg N/ha)	11	11	11	11	11	11	11
		andel stallgödsel (% av arealen)	28						
	vårkorn	handelsgödsel (kg N/ha)	102	51	71	92	112	133	153
		handelsgödsel (stg-led) (kg N/ha)	60	30	42	54	66	78	90
		NH ₄ (vår) (kg N/ha)	34	34	34	34	34	34	34
		andel stallgödsel (% av arealen)	18						
4	höstvete	handelsgödsel (kg N/ha)	141	70	98	127	155	183	211
		handelsgödsel (stg-led) (kg N/ha)	103	51	72	92	113	134	154
		NH ₄ (vår) (kg N/ha)	10	10	10	10	10	10	10
		andel stallgödsel (% av arealen)	21						
	vårkorn	handelsgödsel (kg N/ha)	92	46	64	83	101	120	138
		handelsgödsel (stg-led) (kg N/ha)	85	43	60	77	94	111	128
		NH ₄ (vår) (kg N/ha)	28	28	28	28	28	28	28
		andel stallgödsel (% av arealen)	12						
6	höstvete	handelsgödsel (kg N/ha)	122	61	85	110	134	159	183
		handelsgödsel (stg-led) (kg N/ha)	86	43	60	77	95	112	129
		NH ₄ (vår) (kg N/ha)	11	11	11	11	11	11	11
		andel stallgödsel (% av arealen)	15						
	vårkorn	handelsgödsel (kg N/ha)	84	42	59	76	93	109	126
		handelsgödsel (stg-led) (kg N/ha)	66	33	47	60	73	86	100
		NH ₄ (vår) (kg N/ha)	21	21	21	21	21	21	21
		andel stallgödsel (% av arealen)	20						



Figur 7. Responsfunktioner (heldragna linjer) och konfidensintervall (streckade linjer) av gödsling – N-skörd för höstvete och korn uppdelat på regionerna S:a Götaland, N:a Götaland och Svealand.

Tabell 10. Förändring av organisk N i marken, medel för samtliga grödor för de olika beräkningsnivåerna (kg N/ha)

region	gröda	2003	-50%	-30%	-10%	+10%	+30%	+50%
1a	höstvet	-1	-6	-4	-2	0	1	3
	vårkorn	-1	-3	-2	-2	-1	0	0
4	höstvet	5	-1	2	4	7	9	11
	vårkorn	5	4	5	5	6	6	6
6	höstvet	-3	-6	-5	-4	-3	-2	-1
	vårkorn	-3	-5	-4	-4	-3	-2	-2

Tabell 11. Målskörd, utlakning samt utlakning med nytt villkor, målskörd och utlakning vid sortering (kg N/ha), **höstvet** i region 1a.

Gödslings-nivå	Målskörd	Utlakning	Utlakning nytt villkor	Skörd sortering	Utlakning sortering
-50	110	23	27	113	26
-30	126	27	-	-	-
-10	141	32	-	-	-
+10	155	38	-	-	-
+30	168	46	-	-	-
+50	180	55	-	180	55
Normal 2003	148	35	37	148	38

Tabell 12. Målskörd, utlakning samt utlakning med nytt villkor, målskörd och utlakning vid sortering (kg N/ha), **vårkorn** i region 1a

Gödslings-nivå	Målskörd	Utlakning	Utlakning nytt villkor	Skörd sortering	Utlakning sortering
-50	77	34	35	79	35
-30	84	37	-	-	-
-10	90	42	-	-	-
+10	95	48	-	-	-
+30	99	55	-	-	-
+50	103	64	-	103	65
Normal 2003	92	45	44	94	46

Tabell 13. Målskörd, utlakning samt utlakning med nytt villkor, målskörd och utlakning vid sortering (kg N/ha), **höstvet** i region 4

Gödslings-nivå	Målskörd	Utlakning	Utlakning nytt villkor	Skörd sortering	Utlakning sortering
-50	93	6	9	99	7
-30	107	8	-	-	-
-10	120	11	-	-	-
+10	133	14	-	-	-
+30	146	17	-	-	-
+50	158	20	-	158	20
Normal 2003	127	13	13	128	14

Tabell 14. Målskörd, utlakning samt utlakning med nytt villkor, målskörd och utlakning vid sortering (kg N/ha), **vårkorn** i region 4

Gödslings-nivå	Målskörd	Utlakning	Utlakning nytt villkor	Skörd sortering	Utlakning sortering
-50	67	10	10	67	11
-30	74	12	-	-	-
-10	79	14	-	-	-
+10	85	16	-	-	-
+30	90	18	-	-	-
+50	94	21	-	94	21
Normal 2003	82	15	14	83	15

Tabell 15. Målskörd, utlakning samt utlakning med nytt villkor, målskörd och utlakning vid sortering (kg N/ha), **höstvet** i region 6

Gödslings-nivå	Målskörd	Utlakning	Utlakning nytt villkor	Skörd sortering	Utlakning sortering
-50	87	8	10	89	9
-30	98	11	-	-	-
-10	108	14	-	-	-
+10	118	17	-	-	-
+30	128	20	-	-	-
+50	137	23	-	138	23
Normal 2003	113	16	16	113	17

Tabell 16. Målskörd, utlakning samt utlakning med nytt villkor, målskörd och utlakning vid sortering (kg N/ha), **vårkorn** i region 6

Gödslings-nivå	Målskörd	Utlakning	Utlakning nytt villkor	Skörd sortering	Utlakning sortering
-50	62	13	14	64	14
-30	69	16	-	-	-
-10	74	18	-	-	-
+10	79	21	-	-	-
+30	84	24	-	-	-
+50	87	27	-	87	27
Normal 2003	77	19	18	77	20