

# Orsaker till skillnader mellan rekommenderade kvävegivor och de verkliga eller beräknat optimala i praktisk spannmålsodling – kan vi öka kväveeffektiviteten?

Maria Stenberg<sup>1,2</sup>, Mats Söderström<sup>2</sup>, Ingemar Gruvaeus<sup>3</sup>, Erika Bjurling<sup>4</sup>, Kjell Gustafsson<sup>5</sup>, Anna-Karin Krijger<sup>1</sup>, Bo Stenberg<sup>2</sup> och C.G. Pettersson<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Hushållningssällskapet Skaraborg, Box 124, 532 22 Skara, Maria.Stenberg@hush.se

<sup>2</sup> SLU, Institutionen för mark och miljö, Box 234, 532 23 Skara,

<sup>3</sup> HUSEC AB, Box 124, 532 22 Skara

<sup>4</sup> Lantmännen Lantbruk, Division Spannmål, Box 905, 601 19 Norrköping

<sup>5</sup> Lantmännen Lantbruk, Division Växtodling, Östra Hamnen, 531 87 Lidköping

<sup>6</sup> Lantmännen Lantbruk, Division Spannmål, 745 84 Enköping

## Bakgrund

Strävan efter att insatser i jordbruket utnyttjas i så hög grad som möjligt grundar sig både på produktionsekonomiskt tänkande och på att uppnå minimerad negativ belastning på omgivande miljö. Fokus sätts ofta på kvävet i jordbruket. Kväve är tillsammans med vatten de största begränsande faktorerna för växtproduktion på många platser i världen. Kväve står för en stor del av utgifterna i en kalkyl för växtodlingen samtidigt som det svarar för en betydande del av jordbrukets belastning på omgivande miljö. Om kvävetillförseln är överoptimal, dåligt anpassad till platsgivna förutsättningar och sker vid fel tidpunkt ökar risken för kväveförluster genom utlakning och emissioner (Esala & Leppanen, 1998; Peterssen & Djurhuus, 2004). Behovet av hög kväveeffektivitet i lantbruket är därför stort, både produktionsekonomiskt och med hänsyn tagen till miljön. Tillgång på kväve, både mängd och rätt tidpunkt, är av stor betydelse för proteinhalten i spannmål (Gooding & Davies, 1997). För mycket kväve kan å andra sidan leda till liggsäd vilket i sin tur påverkar både avkastningen och spannmålskvaliteten. Genom att anpassa kvävegivan utifrån behov och ekonomiskt optimum blir även det ekonomiska utbytet av spannmålsgrödan optimalt. Engström & Gruvaeus (1998) visade att den optimala kvävegivan påverkas främst av mineralkvävet på våren, även skördenivån och lerhalten hade betydelse för optimum. Andra faktorer som kan ha betydelse för kvävegödslingen kan vara mullhalt, sort, odlingshistoria och om gården har eller har haft djurproduktion. Jordbruksverket ger varje år ut riktlinjer för gödsling och kalkning (Albertsson, 2008). Råden baseras på anpassning av ekonomiskt optimal gödsling och de skall också vara miljömässigt godtagbara. Råden skall anpassas till förväntad avkastning och odlingsförutsättningar, som förfrukt och tillförsel av stallgödsel, samt priset på spannmål och insatsmedel. Flera verktyg finns som hjälp till att anpassa kvävegivan, tex Yara N-tester, växt- och jordanalys, N-sensor och simuleringsprogrammet ”STANK in MIND”. Olika utbildningsinsatser för lantbrukare har genomförts, tex *Greppa Näringen*. De stora variationer i olika egenskaper som finns inom ett fält gäller även kvävet. Mineraliseringen av kväve varierar stort. Wetterlind (2008) visade att kväveskörden, dvs. kväveupptaget under växtsäsongen, i ogödslade ytor varierade mellan 20 och 134 kg ha<sup>-1</sup> inom ett och samma fält ett enskilt år. Variationen i kvävedynamik är stor även mellan år. Ett sätt att hantera variationen är att styra gödslingen efter grödans kväveupptag med hjälp av mätning av grödans reflektans av ljus. Yara N-sensor är ett redskap som används frekvent för detta ändamål vid tilläggsgödsling (Söderström et al., 2004).

Årligen utförs ett antal fältförsök i landet där olika strategier för kvävegödsling jämförs. Förutom att avkastningen mäts, provtas ofta grödor och jord. Växten analyseras på innehåll av protein, och i jorden analyseras mineralkväve. I led utan tillförsel av kvävegödsel bestäms hur mycket kväve som marken levererar till grödan under växtsäsongen. Genom att jämföra od-

lingsresultatet och gödslingen med den rekommenderade givan kan vi få indikationer på om vi idag misslyckas med att ta hänsyn till olika faktorer. Mellan 1998-2004 registrerades odlingsdokumentation i Lantmännens databas över IP-odlad spannmål. Varje höst redovisades mängd använda insatsmedel och skörd. Med odlingsdokumentationen som underlag har några miljönyckeltal beräknats och bearbetats för att ge både lantbrukaren och de som vidareförädlar råvaran till foder eller livsmedel, en återkoppling på kväveeffektivitet som i sin tur ger ett mått på lantbruksföretagets resursanvändning och miljöpåverkan.

### **Frågeställningar och mål**

Målet med projektet var att visa på variationer och skillnader i verklig kvävegödsling och i beräknade optimala kvävegivor genom att sammanställa data från ett stort antal enskilda lantbrukarskiften och data från fältförsök med kvävestegar i höstvetete. Skiften och fältförsök från gårdar både med och utan djur är med i sammanställningen och hänsyn har tagits till antal djurenheter per hektar vid beräkning av totalt tillfört kväve. Utifrån sammanställda data belyste vi ett antal frågeställningar:

- Hur stor är variationen i verkliga och beräknat optimala kvävegivor mellan år, regioner och sorter?
- Kan vi identifiera faktorer viktiga för kväveoptimum?
- Kan vi identifiera orsaker till skillnaderna mellan verklig kvävegödselgiva och beräknat optimal kvävegiva?
- Kan vi i datamaterialet identifiera faktorer som gav ett lägre eller högre kväveutnyttjande?
- Fungerar uppskattad förväntad skörd som grund för riktgiva för kvävegödslingen?
- Kan krav på proteinhalt orsaka en överoptimal kvävegiva?
- Har vi tillräckliga verktyg idag som lantbrukaren kan använda för att anpassa sin kvävegödsling?

### **Material och metoder**

I projektet användes data från 10341 skiften med höstvetete, malkorn och grynnavre kontraktsodlade under åren 2000-2004 från en databas med Svenska Lantmännen som datavärd. Till databasen har lantbrukaren skiftesvis rapporterat in gröda, sort, avkastning, proteinhalt, tillfört mineralgödselmedel, skattad mullhalt, antal djurenheter per hektar, tillförd stallgödsel, utsädesmängd, förfrukt, areal och bortförda skörderester. Optimala proteinnivåer från en försöksserie med höstvetesorter och olika kvävenivåer användes som grund för beräkning av proteinhalt vid optimal kvävegiva samt storleken på avvikelse från optimum vid aktuell proteinhalt. Dessa beräkningar gav  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$  per procentenhet avvikelse från optimal proteinhalt. Alla medelvärden som beräknats för olika grupperingar har viktats med avseende på arealer. Den geografiska variationen för respektive parameter redovisas i kartform där data sammanställts i rutorna om  $20 \times 20 \text{ km}^2$ . Mjukvaran ArcGIS 9.1 (ESRI Inc.Redlands, CA, USA), användes för bearbetning, analys och presentation av geografiska data. För att analysera materialet har alla data för alla skiften bearbetats genom PCA-analyser (Principal Component Analysis). Dessa analyser redovisas i Stenberg et al., (2009). Där redovisas även data för lerhalt och klimat under 2000-2004 som användes i PCA-analyserna. Följande parametrar beräknades och redovisas i  $\text{kg N ha}^{-1}$ .

- Erhållen skörd och proteinhalt utifrån lantbrukarens rapportering.
- Faktiska kvävegivor i form av mineralgödsel.
- Beräkning av aktuell optimal kvävegiva enligt rekommendationer från SJV (Albertsson, 2003) baserad på erhållen skörd, justerad för förfruktseffekt och antal djurenheter (**parameter A**).

- Skillnad i kg N ha<sup>-1</sup> mellan optimal kvävegiva enligt rekommendationer från SJV (parameter A) och aktuell giva mineralkvävegödsel (**parameter B**).
- Kvävegiva för optimal gödsling beräknad utifrån sortens proteinhalt vid gödsling för optimal skörd. Aktuell kvävegiva korrigerades med 40 kg N ha<sup>-1</sup> per avvikande procentenhet protein efter för sorten optimal proteinhalt (**parameter C**). Optimala proteinhalter för höstvetete antogs vara: Gnejs, Kosack och Stava 11,5% samt Ballad, Harnesk, Olivin och Tarso 12%. För malkorn angavs optimal proteinhalt 11% för alla sorter.
- Skillnad mellan för sorten optimal proteinhalt och aktuell proteinhalt omräknad till kg N ha<sup>-1</sup> enligt 40 kg N ha<sup>-1</sup> per avvikande procentenhet protein (**parameter D**). Denna ändring av kvävegivan skulle ha gjorts för att uppnå optimal proteinhalt.
- Kvävetillförsel beräknades enligt en modell för miljönyckeltal för kväve med ingående värden på förfrukt och kvävenedfall från 2003. I grundmaterialet har beräkningsrutiner för kvävetillförsel förändrats mellan åren. Hänsyn har tagits till förfrukt, mullhalt, antal djurenheter och kvävenedfall förutom tillfört kväve i form av mineral- och stallgödsel samt utsäde.

Resultat från sammanlagt 83 fältförsök med kvävegödslingsstegar upp till 240 kg N ha<sup>-1</sup> i höstvetete sammanställdes för att belysa ekonomiskt optimum vid olika kvävegödslingsnivåer och vid proteinbetalningar. Ekonomiskt optimum beräknades utifrån anpassning av ledmedelvärden för avkastning och för proteinhalt vid respektive kvävenivå till ett tredjegradspolynom. Anpassningarna gjordes i varje enskilt försök. Betalningen sattes till 1 kr för fodervete, 1,05 för brödvete och 1,1 kr för fullt pristillägg. De enskilda åren 2000-2002 samt 2004 följdes betalningsskalan med olika avdrag och tillägg beroende av proteinhalt. För 2003 samt 2005-2008 användes avdrag och tillägg för 2002. Parametrarna A-D beräknades enligt avkastning, proteinhalt och kvävegiva vid ekonomiskt optimum. Hänsyn togs till förfrukt och djurgårdar antogs ha 1 DE/ha vid beräkning av kväveminalisering från marken. En känslighetsanalys runt det beräknade ekonomiska optimumet gjordes genom att kostnaden för att kvävegödsla med 30 kg N ha<sup>-1</sup> mer eller mindre än vid ekonomiskt optimum beräknades för alla försöken.

## Resultat och diskussion

### Höstvetete

**Tabell 1.** Kvävegiva (kg N ha<sup>-1</sup>), proteinhalt (% av ts), skörd (kg ha<sup>-1</sup> vid 14 % vattenhalt) samt beräknade parametrar (kg N ha<sup>-1</sup>) för skiften med **höstvetete odlad som brödsäd utan stallgödsel/med stallgödsel** uppdelade på år 2000-2004 (2000 (n=803/114); 2001 (n=1102/118); 2002 (n=1002/90); 2003 (n=1512/153) och 2004 (n=1465/154))

	År	Mineralgödsel N	Proteinhalt	Skörd	A	B	C	D
Medel	2000	166/155	12,7/13,0	6514/6961	135/138	32/64	128/155	38/47
	2001	159/145	12,4/12,3	6120/6593	128/131	31/63	132/173	28/21
	2002	162/119	12,3/12,4	6451/6502	135/129	27/47	137/146	25/29
	2003	157/120	13,2/13,4	5520/5662	115/110	42/65	99/111	59/64
	2004	162/129	12,4/12,7	6802/6980	142/136	20/47	133/144	29/40
SD	2000	26/34	0,8/0,7	1160/1059	25/24	24/41	32/40	27/26
	2001	26/34	0,8/0,7	1340/1000	27/23	25/39	42/34	32/23
	2002	24/40	0,6/0,6	920/773	19/18	24/34	34/36	25/26
	2003	25/45	0,7/0,7	1230/1100	24/28	25/44	38/51	29/28
	2004	26/36	0,9/0,9	997/990	21/25	26/53	43/47	44/30

A. Optimal kvävegiva enligt SJVs rekommendationer, kg N ha<sup>-1</sup>

B. Differens mellan aktuell tillförd kvävegiva och optimal kvävegiva enligt SJV, kg N ha<sup>-1</sup>

C. Optimal kvävegiva beräknad från aktuell kvävegiva +/- D, kg N ha<sup>-1</sup>

D. Skillnad i kvävegiva för uppnådd proteinhalt jämf. med giva för att uppnå för sorten optimal proteinhalt, kg N ha<sup>-1</sup>

Totalt sammanställdes data från 89 293 hektar höstvetete skördat 2000-2004 fördelat på 6 744 skiften. Stallgödsel var tillfört på 629 av skiftena eller på totalt 9 481 ha. Medelavkastningen för alla skiftena var 6 295 kg ha<sup>-1</sup> och med stor spridning från under 2 ton till över 10 ton. Proteinhalten var i medel 12,6 % med en stor variation. Variansanalys visade att skillnader mellan områden, sorter och olika år var signifikanta. Skillnader i höstvetets avkastning mellan åren åskådliggörs i tabell 1. De flesta åren var proteinhalterna högre i de stallgödslade skiftena. Avkastningen var i medel högst 2004 och lägst 2003. Medelvärdena för avkastning, proteinhalter och gödsling visade på skillnader mellan höstvetesorterna (tabell 2). Jämför man med de optimala proteinhalterna så var de inrapporterade proteinhalterna i medeltal överoptimala för alla sorterna.

**Tabell 2.** Kvävegiva (kg N ha<sup>-1</sup>), proteinhalt (% av ts), skörd (kg ha<sup>-1</sup>) samt beräknade parametrar (kg N ha<sup>-1</sup>) år 2000-2004 för skiften med **höstvetete odlad som brödsäd utan stallgödsel/med stallgödsel** uppdelade efter höstvetesort (Tarso (n=2034/284), Stava (n=1435/116), Kosack (n=1858/144), Gnejs (n=279/41) och Olivin (n=468/41). För några sorter med få skiften redovisas inte medelvärden

	Sort	Mineralgödsel N	Proteinhalt	Skörd	A	B	C	D
Medel	Tarso	170/146	13,0/13,0	6645/6720	135/132	35/67	132/158	38/41
	Stava	153/115	12,5/12,8	5803/6172	125/121	28/52	114/122	39/52
	Kosack	155/129	12,4/12,4	5882/6312	125/125	30/49	121/137	34/36
	Gnejs	194/150	12,8/12,7	7587/7153	153/138	40/67	140/157	53/48
	Olivin	155/126	12,4/12,7	6763/6905	142/138	17/37	140/147	15/29
SD	Tarso	26/39	0,8/0,8	1308/1190	27/28	25/46	41/49	33/31
	Stava	21/36	0,7/0,8	1013/894	22/21	25/30	36/42	29/31
	Kosack	23/38	0,8/0,8	1056/1003	23/23	27/34	39/43	32/31
	Gnejs	22/33	0,8/0,7	1111/1235	25/28	26/67	33/64	31/28
	Olivin	19/40	0,8/0,6	1032/1075	23/26	22/40	36/32	31/22

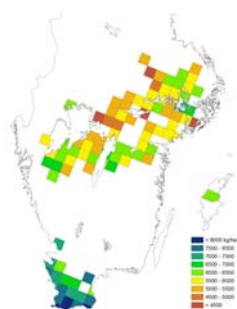
**Tabell 3.** Kvävegiva (kg N ha<sup>-1</sup>), proteinhalt (% av ts), skörd (kg ha<sup>-1</sup>) samt beräknade parametrar (kg N ha<sup>-1</sup>) år 2000-2004 uppdelade per län. Antal skiften per område visas inom parentes för skiften med **höstvetete odlad som brödsäd utan stallgödsel**. Några län med mycket få skiften redovisas inte

	Län	Mineralgödsel N	Proteinhalt	Skörd	A	B	C	D
Medel	Dalarna (14)	118	11,7	5 194	108	10	108	9
	Gotland (73)	145	12,7	6 225	126	19	106	39
	Skåne (1026)	191	13,0	7 572	152	39	148	44
	Stockholm (293)	144	12,4	6 194	129	15	114	31
	Södermanland (592)	147	12,5	5 660	122	25	112	35
	Uppsala (1486)	155	12,6	6 068	129	26	118	37
	Värmland (38)	149	12,4	5 164	109	40	131	19
	Västmanland (358)	151	12,4	5 703	121	29	120	31
	V. Götaland (657)	169	12,5	6 117	131	37	138	31
	Örebro (183)	144	12,2	5 421	114	30	121	23
	Östergötland (1389)	159	12,6	6 146	127	32	122	37
SD	Dalarna	18	0,7	845	19	28	25	29
	Gotland	16	1,1	1 294	31	31	48	42
	Skåne	20	0,7	1 082	23	25	34	31
	Stockholm	19	0,8	1 229	27	28	35	31
	Södermanland	22	0,7	1 053	23	25	34	28
	Uppsala	20	0,8	1 011	22	25	39	31
	Värmland	14	1,1	1 277	27	32	34	40
	Västmanland	19	0,8	1 093	25	21	36	31
	V. Götaland	26	0,9	1 110	23	25	42	34
	Örebro	30	1,0	1 063	25	37	41	37
	Östergötland	19	0,9	989	22	26	38	35

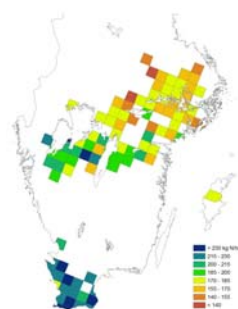
Avkastningen på skiften utan tillförd stallgödsel var i medel högst i Skåne (tabell 3). Avkastningen i Halland låg något över den i Skåne i de fall stallgödsel tillförts (tabell 4). De lägsta avkastningarna noterades i de nordligaste länen av de län som var med i undersökningen. I Skåne tillfördes mest mineralgödselkväve till höstvetet. I medel tillfördes 158 kg N ha<sup>-1</sup> beräknat för hela materialet, 163 kg N ha<sup>-1</sup> för skiften utan stallgödsel och 134 kg N ha<sup>-1</sup> för skiften med stallgödsel tillfört. Stockholm och Dalarna var de län där parameter B, skillnaden mellan aktuell gödsling och rekommenderad gödsling, var minst (tabell 9). De största skillnaderna noterades i Värmland, Skåne och Västra Götaland. Dalarna och Värmland var dock representerade av relativt få observationer. Åskådliggör man parametrarna geografiskt ser man att avkastningen var, som tidigare nämnts, generellt högre i Skåne än i övriga län (figur 1) och avtog norrut. Man ser också att mängden tillfört kväve i form av mineralgödsel var störst i Skåne (figur 2) och att också kvävegivorna avtar norrut. Om avkastningen dividerades med kvävegivan som ett mått på kväveeffektiviteten, representerades de högsta kvoterna av Skåne och Mälardalen-Hjälmarområdet (figur 3). En hög kvot visar på sämre utnyttjande av tillfört kväve, dvs. lägre kväveeffektivitet.

**Tabell 4.** Kvävegiva (kg N ha<sup>-1</sup>), proteinhalt (% av ts), skörd (kg ha<sup>-1</sup>) samt beräknade parametrar (kg N ha<sup>-1</sup>) år 2000-2004 uppdelade per län. Antal skiften per område visas inom parentes för skiften med **höstvete odlad som brödsäd med stallgödsel** tillfört. Några län med mycket få skiften redovisas inte

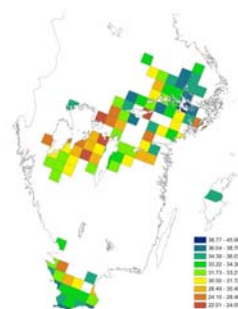
	Län	Mineral-Gödsel N	Protein	Skörd	A	B	C	D
Medel	Gotland (9)	136	12,3	6 223	124	42	137	29
	Halland (5)	148	12,7	7 257	141	58	172	27
	Skåne (175)	160	12,8	7 143	144	66	172	37
	Stockholm (43)	103	12,8	6 934	142	23	121	44
	Södermanland (53)	121	12,7	6 010	121	41	125	37
	Uppsala (58)	113	13,0	6 192	118	53	117	53
	Västmanland (18)	150	12,7	5 627	119	49	123	45
	V Götaland (57)	155	12,8	6 271	128	70	156	41
	Örebro (21)	101	13,5	5 057	102	89	124	67
	Östergötland (208)	124	12,7	6 472	122	57	139	40
SD	Gotland	27	1,1	2 143	23	28	39	42
	Halland	5	0,9	1 990	10	20	25	38
	Skåne	35	0,7	2 556	27	50	48	30
	Stockholm	22	0,7	2 014	21	25	27	27
	Södermanland	29	0,6	1 376	22	29	34	20
	Uppsala	32	0,8	1 509	22	57	55	35
	Västmanland	17	0,6	2 896	31	37	37	24
	V Götaland	34	0,9	1 208	25	38	43	33
	Örebro	39	1,0	5 493	22	51	65	36
	Östergötland	40	0,8	1 449	22	35	45	30



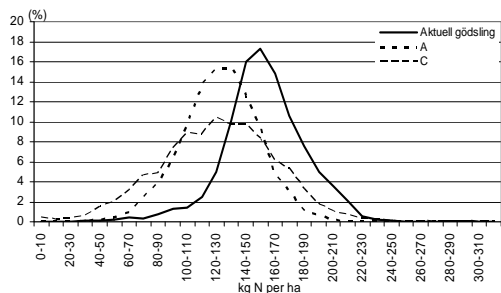
**Figur 1.** Skörd av höstvete 2000-2004 (kg ha<sup>-1</sup>).



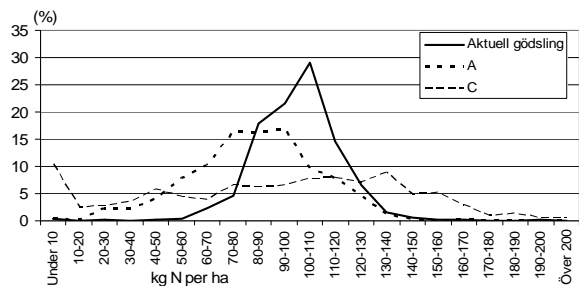
**Figur 2.** Tillfört N i höstvete 2000-2004 (kg N ha<sup>-1</sup>).



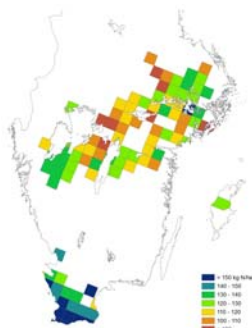
**Figur 3.** Höstvete skörd dividerad med tillfört N.



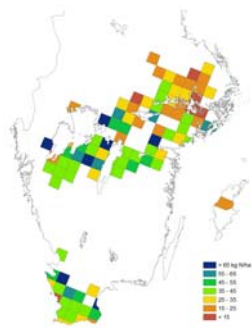
**Figur 4.** Jämförelse av aktuell gödsling ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) med rekommenderad gödsling enligt SJV baserad på skörd (A) och optimal gödsling för optimal proteinhalt (C) för **höstvete med och utan stallgödsel 2000-2004** (A medel=129 (arealviktat), A median=128, A SD=26; C medel=128 (arealviktat), C median=127, C SD=40; aktuell gödsling medel=158 (arealviktat); median=157; SD=28).



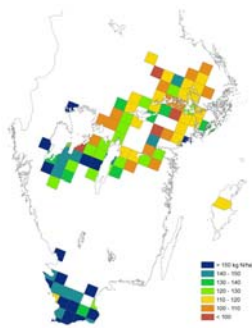
**Figur 5.** Jämförelse av aktuell gödsling ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) med rekommenderad gödsling enligt SJV baserad på skörd (A) och optimal gödsling för optimal proteinhalt (C) för **malkorn med och utan stallgödsel 2000-2004** (A medel=87 (arealviktat), A median=85 och A SD=24; C medel=91 (arealviktat), C median=97 och C SD=57; aktuell gödsling medel=101 (arealviktat), median=101 och SD=16).



**Figur 6.** Parameter A i höstvete.



**Figur 7.** Parameter B i höstvete.



**Figur 8.** Parameter C i höstvete.



**Figur 9.** Parameter D i höstvete.

Parameter B visar på aktuell gödsling i förhållande till Jordbruksverkets rekommendationer (Albertsson, 2008) och parameter D visar på optimal gödsling i förhållande till för sorten optimal proteinhalt. Den aktuella gödslingen låg i medel över den beräknade gödslingen enligt Jordbruksverket (parameter A). Figur 4 visar på hur den aktuella gödslingen fördelades på skiftena i jämförelse med parameter A och C, optimal gödsling för sorten optimal proteinhalt. Differensen mellan aktuell gödsling och Jordbruksverkets rekommenderade var i medel cirka  $30 \text{ kg N ha}^{-1}$ . 65 % av observationer låg  $0-50 \text{ kg N ha}^{-1}$  och nära 90 % av observationerna över Jordbruksverkets rekommendationer. Beräknat på optimal proteinhalt var det relativt färre som låg över optimum. Skiften som fått stallgödsel låg mer över rekommendationerna baserade på avkastning respektive beräkningen för optimal proteinhalt (figur 15). De högre skördenivåerna i Skåne gav högre rekommenderad gödsling där (figur 6) men gödslingen låg där också generellt betydligt över rekommendationerna (figur 7). Likaså blev gödslingen för optimal proteinhalt högre i Skåne men även i Västra Götaland låg gödslingen på ungefär samma nivå (figur 8). Skillnaden mellan aktuell gödsling och den för optimal proteinhalt var generellt högre i Skåne (figur 9).

### **Malkorn**

Totalt sammanställdes data från 13 081 ha malkorn skördade 2000-2004 och fördelat på 1 013 skiften (tabell 5 och figur 5). Stallgödsel var tillfört på 41 av skiftena, eller 737 ha. Malkorn var den gröda i projektet med det minsta antalet observationer. Det var inga större skillnader mellan åren i medelavkastning men jämför man områdena så låg skördenivåerna högre i Skåne än i länen i norra Götaland och Mellansverige. I ett relativt stort antal observa-

tioner var kvävegivan betydligt högre än den optimala för sorten. Speciellt där proteinhalten blivit betydligt över sortoptimal, vilket var fallet i området runt Mälaren och Hjälmaren, resulterade därför beräkningarna av optimal kvävegiva utifrån sortens optimala proteinhalt i negativa värden. Det visar samtidigt på hur viktigt det är att anpassa kvävegödslingen till förväntad avkastning och proteinhalt.

**Tabell 5.** Kvävegiva (kg N ha<sup>-1</sup>), proteinhalt (% av ts), skörd (kg ha<sup>-1</sup> vid 14 % vattenhalt) samt beräknade parametrar (kg N ha<sup>-1</sup>) uppdelade på år 2000-2004 (2000 (n=343); 2001 (n=457); 2002 (n=114); 2003 (n=43) och 2004 (n=15)) för skiften med **malkorn utan stallgödsel**

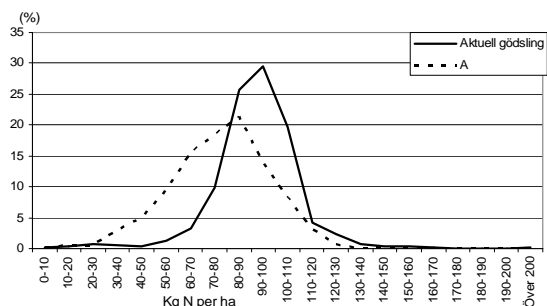
	År	Mineralgödsel	Protein	Skörd	A	B	C	D
Medel	2000	101	11,1	5 608	87	14	94	7
	2001	101	11,6	5 556	85	16	72	29
	2002	104	10,7	5 523	91	13	114	-10
	2003	107	10,8	5 906	91	15	114	-7
	2004	111	11,2	5 403	87	24	100	10
SD	2000	16	1,2	1 278	24	23	59	54
	2001	14	1,1	1 323	25	24	58	53
	2002	14	0,7	1 080	24	22	30	28
	2003	14	0,7	994	19	27	41	32
	2004	11	0,4	692	11	18	25	20

### Havre

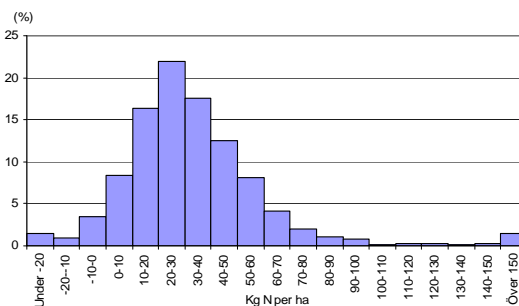
Totalt sammanställdes data från 28 955 ha havre fördelat på 2 588 skiften (tabell 6 och figur 10-11). Stallgödsel var tillfört på 122 av skiftena, eller 1 804 ha, alltså på ungefär samma andel av totala arealen havre som för malkornet och hälften av andelen stallgödselade höstveteskiften. Parameter B var i medel 16,6 kg N ha<sup>-1</sup> vilket var i samma storleksordning som för malkornet (16,2 kg N ha<sup>-1</sup>) och betydligt lägre än för höstvetet (32,4 kg N ha<sup>-1</sup> för skiften utan stallgödseltillförsel och 57,7 kg N ha<sup>-1</sup> för skiften med stallgödseltillförsel).

**Tabell 6.** Kvävegiva som mineralgödsel (kg N ha<sup>-1</sup>), skörd (kg ha<sup>-1</sup> vid 14 % vattenhalt) samt beräknade parametrar A och B (kg N ha<sup>-1</sup>) uppdelade på år 2000-2004 för skiften med havre utan och med stallgödsel tillfört till grödan (2000 (n=351<sup>1</sup>/13<sup>2</sup>); 2001 (n=410<sup>1</sup>/26<sup>2</sup>); 2002 (n=554<sup>1</sup>/27<sup>2</sup>); 2003 (n=698<sup>1</sup>/39<sup>2</sup>) och 2004 (n=453<sup>1</sup>/17<sup>2</sup>))

	År	Utan stallgödsel <sup>1</sup>				Med stallgödsel <sup>2</sup>			
		Mineralgödsel	Skörd	A	B	Mineralgödsel	Skörd	A	B
Medel	2000	94	4455	74	20	70	4754	79	23
	2001	93	3997	64	28	75	4497	75	33
	2002	97	4765	79	18	74	5424	90	27
	2003	96	4988	84	12	65	5377	92	19
	2004	95	5271	90	5	54	5873	102	13
SD	2000	15	927	19	20	30	1230	26	27
	2001	23	932	19	26	23	1056	21	33
	2002	14	836	17	17	34	920	23	30
	2003	18	860	18	20	26	817	19	28
	2004	27	822	17	29	35	965	23	35



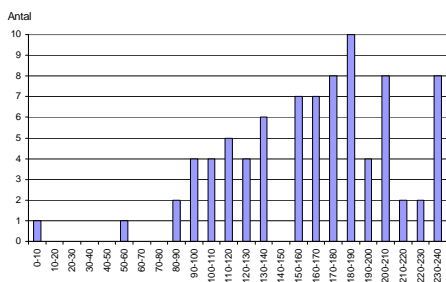
**Figur 10.** Jämförelse av aktuell gödsling ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) med rekommenderad gödsling enligt SJV baserad på skörd (A) för **havre med och utan stallgödsel** 2000-2004 (A medel=79 (arealviktat), median=79 och SD=20; aktuell gödsling medel=93 (arealviktat), median=92 och SD=21).



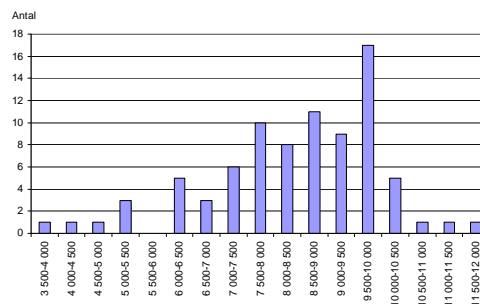
**Figur 11.** Kväveöverskott ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) i **havre med och utan stallgödseltillförsel** med procentuell fördelning inom klasser beräknat som: Tillfört N – Bortfört N i kärna. Tillfört N = mineral-N + stallgödselkväve + N i utsäde + övrig N-mineralisering (stallgödsel, förfukt, mullhalt) (medel=33 (arealviktat); median=29; SD=32).

### Fältförsök med kvävestegar i höstvet

Den stora variation som finns mellan platser, år och sorter i kvävebehov vid ekonomiskt optimum visas av de sammanställda resultaten från försöken. Optimala kvävegivor (figur 12) vid ekonomiskt optimum varierade inom hela spannet för kvävestegarna i försöken ( $0\text{-}240 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) och skördarna varierade från drygt  $3\,500$  till nära  $12\,000 \text{ kg ha}^{-1}$  (figur 13). När områdena jämfördes så var skillnaden i kvävegiva vid ekonomiskt optimum signifikant mellan Mellansverige och Skåne respektive Östergötland (tabell 7). Årsmånen var en viktig faktor men liggsäd och andra faktorer har också påverkat skördenivån i försöken.



**Figur 12.** Kvävegiva ( $\text{N kg ha}^{-1}$ ) vid ekonomiskt optimum i 83 fältförsök med kvävegödslingsstegar ( $0\text{-}240 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) i höstvet 2000-2008.



**Figur 13.** Avkastning ( $15\% \text{ vattenhalt, kg ha}^{-1}$ ) vid ekonomiskt optimum i 83 fältförsök med kvävegödslingsstegar ( $0\text{-}240 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) i höstvet 2000-2008.

**Tabell 7.** Medelvärde för avkastning ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), kvävegiva ( $\text{N kg ha}^{-1}$ ) och ekonomiskt netto vid ekonomiskt optimum för olika områden där fältförsöken med kvävestegar i höstvet utförts

	Mellansverige	Skåne	Västergötland	Östergötland	p-värde
Avkastning vid ekonomiskt optimum	8322	8366	8590	8218	n.s.
Kvävegiva vid ekonomiskt optimum	142	175	168	185	0,0232
Netto vid ekonomiskt optimum ( $\text{kr ha}^{-1}$ )	6257	6477	6564	5590	n.s.

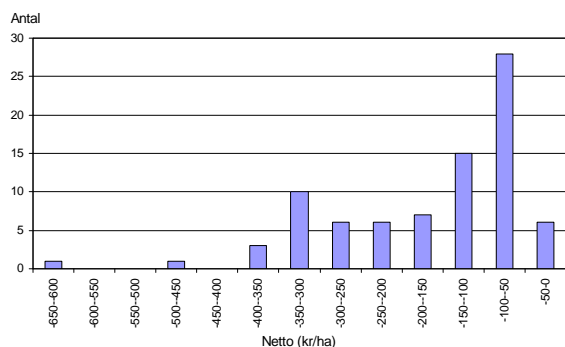
Avkastningen i de ogödslade leden i försöken och proteinhalterna i desamma ger också en bra bild över hur stor variationen är och visar på att man måste lägga stor vikt vid de lokala förutsättningarna när kvävegödslingen planeras. Om man jämför de ogödslade leden mellan de olika områdena så var skillnaderna inte signifikanta vare sig för avkastning eller proteinhalt (tabell 8). Resultaten från analyserna av observationerna från skiftena visade att Skåne ofta



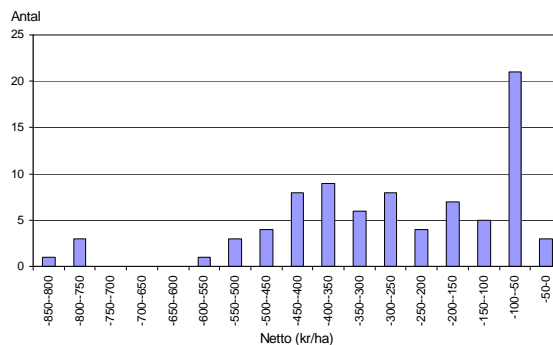
skiljde sig från övriga län och att en faktor som urskilde sig, förutom klimatet, var lerhalten. Det var samtidigt den enda markfaktorn som var med i analysen. Sammanställningen här antyder att det inte är platsen som sådan som avgör skörden, då skördenivåerna när inget kväve tillförts var lika i de olika områdena, utan att klimatet och årsmånen spelar stor roll för hur tillfört kväve kan utnyttjas av grödan och vilken den slutliga skörden blir. Det får stöd av resultaten från en undersökning där skörd och kväveupptag undersöktes i relation till olika markparametrar Stenberg & Berglund (2004). Man kom fram till att det var svårt att prediktera kväveupptag utifrån markparametrar och att årsmånen i sig och i samverkan med olika markegenskaper spelar roll för det slutliga kväveupptaget. I figur 14-15 visas beräkningar av kostnader för kvävegödsel med 30 kg N ha<sup>-1</sup> över respektive under givan vid ekonomiskt optimum för att visa på kostnaden eller risken att ligga 30 kg från optimal giva. I medel var kostnaden 164 kr ha<sup>-1</sup> vid gödsling med 30 kg över optimum och 272 kr ha<sup>-1</sup> vid gödsling med 30 kg N under givan vid optimum. Alltså kostade en säkerhetsmarginal med 30 kg N över i snitt 164 kr medan att ligga 30 kg under optimal giva kostade 272 kr ha<sup>-1</sup> i snitt.

**Tabell 8.** Medelavkastning (kg ha<sup>-1</sup>) och medelproteinhalt (%) i ogödslat led i fältförsök med höstvet för respektive område där fältförsöken har utförts. Antal försök inom respektive område visas inom parentes efter respektive länsbokstav och standardavvikelsen för avkastningen visas i parentes efter respektive värde för avkastning

	ABC (8)	D (6)	E (11)	L (12)	M (14)	O (20)	U (10)	T (2)
Avkastning	4732	4642	3812	3992	3806	3833	4195	3822
	(1013)	(742)	(1258)	(1427)	(1007)	(1266)	(1204)	(102)
Proteinhalt	10,0	9,2	9,3	9,0	8,9	9,0	8,9	7,8



**Figur 14.** Kostnad per hektar jämfört med netto vid kvävegödsling med 30 kg N ha<sup>-1</sup> över giva vid ekonomiskt optimum beräknat i 83 fältförsök med kvävegödslingsstegar (0-240 kg N ha<sup>-1</sup>) i höstvet 2000-2008.



**Figur 15.** Kostnad per hektar jämfört med netto vid kvävegödsling med 30 kg N ha<sup>-1</sup> lägre giva vid ekonomiskt optimum beräknat i 83 fältförsök med kvävegödslingsstegar (0-240 kg N ha<sup>-1</sup>) i höstvet 2000-2008.

Sammanställningen av observationer från enskilda skiftena och från fältförsök visar tydligt på hur stor variation det är i grödors kvävebehov mellan olika platser och olika år. Vid beslut om kvävegivans storlek måste de platsgivna förutsättningarna tas med i beräkningarna. Förväntad avkastning och önskad proteinhalt utifrån tidigare års skörderesultat och den aktuella sortens behov är några faktorer som måste tas med i avvägningarna. Tidigare erfarenhet av hur mycket kväve som mineraliseras från marken är en annan faktor som ger ett bra underlag. Dock måste man tänka på att mineraliseringen av kväve från marken ofta varierar mycket även inom ett skifte (Delin, 2005). Där är N-sensormätningar inför kompletteringsgödsling ett värdefullt verktyg.

Om uppgifterna om de olika skiftena varit mer utförliga hade vi antagligen kunnat urskilja fler faktorer som kunde förklara orsaker till skillnader mellan aktuell gödsling och vad som

beräknats vara optimal gödsling utifrån skörd och proteinhalt. Uppgifter om jordbearbetning var inte alls angivna, och uppgifter om mullhalt, stallgödsel och förfrukt, som tidigare har visats sig spela stor roll för potentialen och den aktuella situationen för kvävet omsättning i marken, var ofta inte alls angivna. Det hade alltså varit bra om datamaterialet varit mer detaljerat. Vid framtida sammanställningar av databaser bör detta beaktas och en större noggrannhet i vad som samlas in torde löna sig. De nyckeltal vi använt i projektet har tydligt visat på hur stor spridningen är vad gäller anpassning av kvävegödslingen till grödans kvävebehov och platsgivna förutsättningar. De olika nyckeltalen är lätta att beräkna och lätta att använda för den enskilde lantbrukaren och rådgivaren i arbete med att utvärdera aktuell kvävegödsling och ytterligare anpassa den.

Vår beräkning av kostnaderna för risken med att ligga 30 kg N ha<sup>-1</sup> över eller under givan vid ekonomiskt optimum visar att det kan bli dyrare att ligga under än över den optimala givan. Där kommer en bedömning av vilka säkerhetsmarginaler i odlingen som krävs in. Ju bättre verktyg vi har för att bedöma kvävebehov, desto mindre ”säkerhetsmarginaler” behöver vi och kväveeffektiviteten kan ökas ännu mer. Både att ligga över och under en optimal giva kostar pengar men en för hög kvävegiva kostar inte bara pengar utan är också en miljörisk. Frågan är om de verktyg som finns idag används i tillräckligt hög grad. Sammanställningen kan vara ett bra diskussionsunderlag för beslut om strategier för kvävegödsling både för den enskilde lantbrukaren och för rådgivare och myndigheter.

## Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Projektet publiceras i sin helhet vid Hushållningssällskapet som HS rapport nr. 5/09 (<http://hs-r.hush.se/?p=12474&m=3037>). Vi avser också att skriva en uppsats för publicering i internationell vetenskaplig tidskrift. Förstudien till projektet (SLF Metod/Tek 0355019) fick stor uppmärksamhet efter att projektet publicerades i SLF:s ”Nytt om forskning”. TT kontaktade oss och skrev en notis vilken fick stor spridning och citerades i både radio och rikstidningar.

## Referenser

- Albertsson, B. 2003. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2004. Växtnäringsenheten, SJV. Rapport 2003:22.
- Albertsson, B. 2008. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2008. Växtnäringsenheten, SJV. Jordbruksinformation 26 - 2008. [http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_jo/jo08\\_26.pdf](http://www2.sjv.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo08_26.pdf)
- Delin, S. 2005. Site-specific nitrogen fertilization demand in relation to plant available soil nitrogen and water. Doctoral diss. Dept. of Soil Sciences. Acta Universitatis agriculturae Sueciae vol. 2005:6.
- Engström, L., Gruvaeus, I. 1998. Ekonomiskt optimal kvävegödsling till höstvetete, analys av 160 försök från 1980 till 1997. SLU, Skara. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Serie B Mark och växter. Rapport 3.
- Esala, M., Leppanen, A. 1998. Leaching of <sup>15</sup>N-labeled fertilizer nitrate in undisturbed soil columns after simulated heavy rainfall. Communications in soil science and plant analysis 29, 1221-1238.
- Gooding, M. J., Davies, P.D. 1997. Wheat production and utilization, systems, quality and the environment. CAB International, Wallingford, UK. 335 pp.
- Peterssen, J., Djurhuus, J. 2004. Sammenhæng mellem tilførsel, udvaskning og optagelse af kvælstof i handelsgødede, kornrige sædskifter. DJF rapport markbrug nr. 102, 55 s.
- Stenberg, B., Berglund, K. 2004. Utveckling av ett biologiskt – kemiskt – fysikaliskt system för prediktion av skörd och gödslingsbehov i precisionsjordbruk. Slutrapport till SLF.
- Stenberg, M., Söderström, M., Gruvaeus, I., Bjurling, E., Gustafsson, K., Krijger, A.K., Stenberg, B., Pettersson, C.G. 2009. Orsaker till skillnader mellan rekommenderade kvävegivor och de verkliga eller beräknat optimala i praktisk spannmålsodling – kan vi öka kväveeffektiviteten? Hushållningssällskapet Skaraborg, rapport 5/09.
- Söderström M., Nissen K., Gustafsson K., Börjesson T., Jonsson A., Wijkmark L. 2004. Swedish Farmers' Experiences of the Yara N-Sensor 1998-2003. Proceedings of the 7th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, USA.
- Wetterlind, J., Stenberg, B., Jonsson, A. 2008. Near infrared reflectance spectroscopy compared with soil clay and organic matter content for estimating within-field variation in N uptake in cereals. Plant Soil 302 317-327.