

## 3.8 Känslighetsanalys av modell

*Hans Larsson och Olof Hellgren, SLU*

### Introduktion

I kapitel 3.6 presenteras en modell över skörd av utvinnbart socker per ha som funktion av fyra variabler – *pH i matjorden, sådatum, vertikal infiltration* och *medelsvamp*. En analys av modellens känslighet kommer att göras i detta kapitel. Med känslighetsanalys menas här en prövning av modellens giltighet och graden av känslighet för olika uppmätta kombinationer av variabelvärden hämtade från provyttemätningar och fältmedelvärden. Dessa värden är de värden som modellen bygger på och en validering av modellen kan inte göras utan att nya data uppmäts. För varje variabel är ett giltighetsområde definierat (finns angivet i kapitel 3.6) och följderna av att gå utanför dessa områden kommer att diskuteras här.

Modellen är att beteckna som en statistisk regressionsmodell där ingående och utgående komponenter behandlas i en s.k. ”black box”, dvs ingen hänsyn tas i modellen till den interna struktur som skulle kunna förklara sambandet mellan sockerskörd som verkan och valda variablers orsak till denna. Givetvis kan sockerskördens beroende av variablerna diskuteras men detta är inte liktydigt med en matematisk uppställning som tar hänsyn till variablernas funktionella betydelse för skörden. Modeller som tar hänsyn till den interna strukturen mellan orsak och verkan kallas ofta mekanistiska eller syntetiska. En rent statistisk icke-mekanistisk modell stävar mot att beskriva (inte förklara) ett sammanhang där målsättningen är att göra detta så bra som möjligt med så få komponenter som möjligt. Syntetiska modeller däremot stävar mot att förklara orsak och verkan genom de mekanismer som ligger bakom och tenderar därför att hamna i detaljerade sammanhang med många variabler pga komplexa samband mellan mekanismer och orsakande faktorer. Den här angivna modellen har konstruerats för att så enkelt som möjligt beskriva ett resultat, dvs sockerskörd per ha.

Den primära målsättningen med en modell är att med tillgängliga data kunna göra någon typ av så korrekt prediktion som möjligt. En statistisk modell bör som påpekats tidigare innehålla så få komponenter som möjligt. En modell måste kunna testas och det som ska testas är modellens förmåga till prediktioner – prediktionsstyrkan. Validering av en modell betyder att man fastställer modellens grad av lämplighet för ett givet ändamål. I vårt fall är ändamålet att med få komponenter (variabler) kunna ange ett korrekt värde på sockerskörd. Om modellens resultat ska kunna direkt appliceras på produktionsstyrning i lantbruksföretag måste målprestanda vad gäller tillförlitligheten i modellens prediktioner kunna specificeras. Var gränserna för tillförlitlig prediktion ligger måste alltså anges för att modellen ska vara praktiskt användbar i beslutsfattande. Denna modell är inte validerad.

Det bör påpekas att den modell som beskrivs här bara är en av många möjliga beskrivningar av samband mellan sockerskörd och variabler. Variablerna är valda bland totalt ca 200 för att med så hög förklaringsgrad som möjligt och med så få variabler som möjligt kunna beskriva skörderesultatet. Andra kombinationer med samma antal variabler kan väljas men med i vårt fall sämre förklaringsgrad (förklaringsgraden gäller dock endast för det datamaterial som ligger till grund för beräkning av modellen). Förutom att variabler kan bytas ut kan också tillägg av variabler göras. Ju fler variabler som väljs ju större krav måste ställas på modellens förklaringsgrad samtidigt som antal felkällor ökar. Hur lämplig modellen är för att prediktera

sockerskörd med valda variabler kan endast bedömas efter ett väl genomfört framtida valideringsarbete, i vilket även andra variabelkombinationer bör tas med.

## Modellen

Modellen formuleras enligt följande (se kapitel 3.6):

**Sockerskörd =**

$$2.9 + (1.5 \text{ vertikal infiltration}) + (1.12 \text{ pH i matjorden}) + (- 0.07 \text{ sådatum}) + (- 0.4 \text{ medelsvamp})$$

Förutsatt att variablerna i modellen förklarar det som de är avsedda att representera i fält, och inte döljer okända fenomen som påverkar skördens storlek, anger interceptvärdet hur många ton socker modellens variabler inte förklarar, dvs i det här fallet 2.9 ton. Detta anger givetvis en osäkerhet eftersom den inte förklaras. Osäkerhet ligger dock inte bara i interceptvärdet utan även i både variablernas värden och i variablernas koefficienter i modellekvationen.

Modellen är linjär vilket betyder att den inte tar hänsyn till asymptotiska värden, dvs värden där en ökning eller minskning inte längre ger något resultat. Därför måste en modell som baseras på linjära funktioner vara avgränsad för ett giltighetsområde som gäller varje ingående variabel. Giltiga områden här är för sådatum **1-30**, för kvert **0.1-0.9**, för medelsvamp **0.1-3.5** och för pH **6.4-7.6**. För att modellen även ska vara giltig utanför dessa områden måste dels nya värden mätas upp genom framtida uppföljningsarbeten, dels varje variabel anpassas till en sigmoid responsfunktion, dvs i ytterlighetsområdena måste anpassning göras till en mindre och mindre inverkan på resultatet.

## Beräkningar

Beräkningar med hjälp av modellen på värden från fältnivå för de 14 pargårdarna och för 1998 till 2000 *utan hänsyn till giltighetsområden* visas i tabell 1.

Tabell 1. Beräknade skördedata, modell-skörd, jämfört med uppmätt skörd (variabelvärdena är **inte** korrigerade att ligga inom angivet giltighetsområde). Angivet är resultatet för de data som ger störst avvikelser från uppmätt skörd

år	fält	så- datum	vertikal infiltr.	pH i matjord	medel- svamp	skörd	modell- skörd	differens skörd-modellskörd
uppmätta värden								
1998	1	21	<b>2.66</b>	7.67	1.1	<b>9.70</b>	<b>13.57</b>	<b>-3.87</b>
1998	2	26	<b>5.14</b>	6.60	1.1	<b>9.40</b>	<b>15.66</b>	<b>-6.26</b>
1998	5	21	<b>2.01</b>	6.73	4.5	<b>8.31</b>	<b>10.21</b>	<b>-1.90</b>
1998	7	22	<b>1.40</b>	6.87	0.4	<b>8.73</b>	<b>11.04</b>	<b>-2.31</b>
1998	13	25	<b>1.63</b>	7.10	<b>0.0</b>	<b>8.64</b>	<b>11.58</b>	<b>-2.94</b>
1998	14	30	0.82	7.30	<b>8.9</b>	<b>8.93</b>	<b>6.74</b>	<b>2.19</b>
1999	11	24	<b>2.00</b>	7.50	<b>0.0</b>	<b>10.73</b>	<b>12.64</b>	<b>-1.91</b>
1999	13	25	<b>3.11</b>	7.03	3.9	<b>10.02</b>	<b>12.13</b>	<b>-2.11</b>
2000	4	23	0.14	<b>7.80</b>	0.4	<b>8.73</b>	<b>10.16</b>	<b>-1.43</b>
2000	12	8	<b>1.99</b>	6.40	<b>0.0</b>	<b>10.92</b>	<b>12.50</b>	<b>-1.58</b>
uppmätta värden x koefficient (i ton)								
1998	1	-1.45	<b>3.90</b>	8.59	-0.44	<b>9.70</b>	<b>13.57</b>	<b>-3.87</b>
1998	2	-1.80	<b>7.54</b>	7.39	-0.44	<b>9.40</b>	<b>15.67</b>	<b>-6.27</b>
1998	5	-1.45	<b>2.95</b>	7.54	-1.79	<b>8.31</b>	<b>10.21</b>	<b>-1.90</b>
1998	7	-1.52	<b>2.05</b>	7.69	-0.16	<b>8.73</b>	<b>11.04</b>	<b>-2.31</b>
1998	13	-1.73	<b>2.39</b>	7.95	<b>0.00</b>	<b>8.64</b>	<b>11.58</b>	<b>-2.94</b>
1998	14	-2.07	1.20	8.18	<b>-3.53</b>	<b>8.93</b>	<b>6.74</b>	<b>2.19</b>
1999	11	-1.66	<b>2.93</b>	8.40	<b>0.00</b>	<b>10.73</b>	<b>12.64</b>	<b>-1.91</b>
1999	13	-1.73	<b>4.56</b>	7.87	-1.55	<b>10.02</b>	<b>12.13</b>	<b>-2.11</b>
2000	4	-1.59	0.21	<b>8.74</b>	-0.16	<b>8.73</b>	<b>10.16</b>	<b>-1.43</b>
2000	12	-0.55	<b>2.92</b>	7.17	<b>0.00</b>	<b>10.92</b>	<b>12.50</b>	<b>-1.58</b>

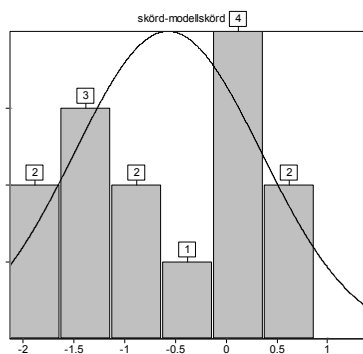
Höga vertikala infiltrationsvärden ger orimliga differenser mellan verklig skörd och beräknad. Detta visar att infiltrationsvärdet egentligen inte bör behandlas som ett linjärt värde, utan borde anpassas till ett asymptotiskt, dvs ju högre värde ju mindre effekt får man på skörde-resultatet. Givetvis gäller samma resonemang om gränsvärden och giltighetsområde för alla ingående variabler. Ju högre precision som krävs av en modell ju bättre variablernas funktioner anges och därmed måste de övergå från linjära samband till någon typ av sig-moida, dvs s-formade.

Resultatet av beräkningar med hjälp av modellen på värden från fältnivå för de 14 par-gårdarna och för 1998 till 2000 **med hänsyn till giltighetsområden** visas i tabell 2.

Tabell 2. Beräknade skördedata, modell-skörd, jämfört med uppmätt skörd (variabelvärdena är korrigerade att ligga inom angivet giltighetsområde)

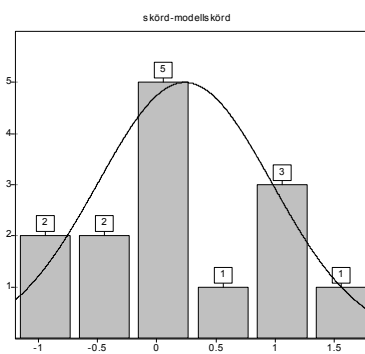
år	fält	så- datum	vertikal infiltr.	pH i matjord	medel- svamp	skörd	modell- skörd	differens skörd-modellskörd
1998	1	21	.9	7.6	1.1	9.7	10.91	-1.21
1998	2	26	.9	6.6	1.1	9.4	9.45	-0.05
1998	3	23	0.11	7.6	1.1	9.74	9.61	0.13
1998	4	30	.1	7.23	3.5	7.21	7.75	-0.54
1998	5	21	.9	6.73	3.5	8.31	8.98	-0.67
1998	6	22	0.27	7.47	3.5	7.58	8.82	-1.24
1998	7	22	.9	6.87	0.4	8.73	10.30	-1.57
1998	8	26	.9	7.03	2.2	7.36	9.49	-2.13
1998	9	23	0.78	6.4	0.1	9.95	9.65	0.30
1998	10	24	0.21	6.4	0.4	9.26	8.62	0.64
1998	11	22	0.42	7.53	0.1	9.8	10.46	-0.66
1998	12	25	0.39	7.03	0.4	10.27	9.53	0.75
1998	13	25	.9	7.1	0.1	8.64	10.47	-1.83
1998	14	30	0.82	7.3	3.5	8.93	8.88	0.05
1999	1	24	0.3	7.43	0.1	10.86	10.03	0.83
1999	2	25	0.32	7.53	0.4	10.18	9.98	0.20
1999	3	27	0.27	7.6	0.1	11.15	9.97	1.18
1999	4	34	0.39	6.63	2.2	9.07	7.74	1.33
1999	5	2	.9	6.87	0.1	11.59	11.80	-0.21
1999	6	25	0.77	6.97	0.4	10.26	10.02	0.25
1999	7	25	.1	6.47	3.4	7.92	7.28	0.64
1999	8	4	.1	6.87	1.1	10.18	10.09	0.09
1999	9	3	.9	6.4	0.1	10.29	11.21	-0.92
1999	10	26	0.12	7.17	1.7	8.98	8.70	0.28
1999	11	24	.9	7.5	0.1	10.73	10.99	-0.26
1999	12	25	.9	7.43	3.4	9.67	9.53	0.14
1999	13	25	.9	7.03	3.5	10.02	9.04	0.98
1999	14	28	0.89	7.6	1.1	9.22	10.41	-1.19
2000	1	9	0.36	7.07	2.2	10.49	9.92	0.57
2000	2	10	0.33	6.8	3.3	7.92	9.06	-1.14
2000	3	23	0.22	7.33	1.7	8.83	9.23	-0.40
2000	4	23	0.14	7.6	0.4	8.73	9.94	-1.21
2000	5	8	0.61	7.1	2.8	11.62	10.15	1.47
2000	6	8	0.19	6.9	1.7	8.11	9.74	-1.63
2000	7	29	0.26	6.5	0.1	7.75	8.58	-0.83
2000	8	24	.1	6.8	0.4	8.74	8.91	-0.17
2000	9	9	.9	6.47	1.1	10.42	10.47	-0.05
2000	10	22	0.43	6.93	2.2	8.94	8.96	-0.02
2000	11	8	.9	7.2	0.4	12.58	11.64	0.94
2000	12	8	.9	6.4	0.1	10.92	10.86	0.06
2000	13	8	.9	7.4	2.2	10.84	11.15	-0.31
2000	14	26	0.84	7.57	0.4	10.46	10.72	-0.26

Förutom enskilda variabler kan också olika kombinationer av värden ge för stora differenser mellan verkligt skörderesultat och beräknat. Dock är det enbart enstaka fall där detta registrats.



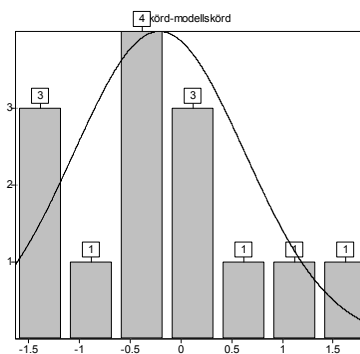
**1998**  
 $-0.57 \pm 0.92$  ton

*Figur 1. Fördelning av differenser mellan uppmätt och beräknad skörd för 1998.*



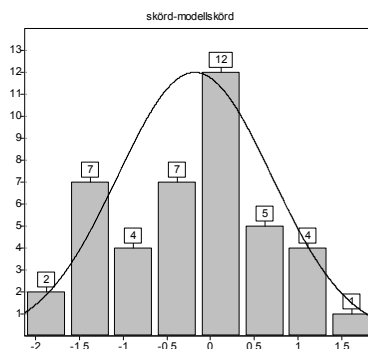
**1999**  
 $0.24 \pm 0.73$  ton

*Figur 2. Fördelning av differenser mellan uppmätt och beräknad skörd för 1999.*



**2000**  
 $-0.21 \pm 0.84$  ton

*Figur 3. Fördelning av differenser mellan uppmätt och beräknad skörd för 2000.*



**1998 - 2000**  
 $-0.18 \pm 0.88$  ton

*Figur 4. Fördelning av differenser mellan uppmätt och beräknad skörd för 1998-2000.*

Figureorna 1-4 visar fördelningen på differensen mellan uppmätt skörd och beräknad skörd. Beräkningarna baseras på korrigerade värden. Det ideala vore att modellens värde var lika med uppmätt värde, dvs att differensen gav medelvärdet 0.00 med avvikelsen 0.00.

Medelvärden och avvikelsevärden för differensen mellan uppmätt och beräknad skörd ger en värdering av modellens tillförlitlighet. Modellen kan givetvis inte beräkna bättre än fel och avvikelser i de uppmätta värdena från provytorna. Det ligger alltså en osäkerhet dels i modellens komponenter, dels i de uppmätta värdena.

Tabell 3 visar korrigerade variabelvärden gånger koefficienten för variabeln i modellens ekvation vilket ger variabelns bidrag i ton till resultatet, dvs till resultatet sockerskörd. Störst bidrag har pH i matjorden. För att bedöma den beräknade skörden kan dock inte de enskilda värdena användas som förklaring eftersom modellen inte är en förklarande sådan.

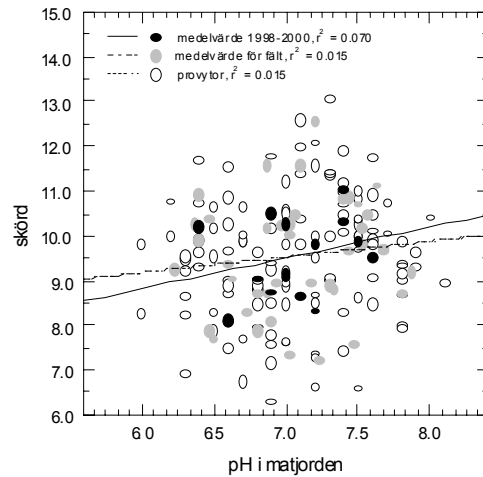
Tabell 3. Beräknade variabelvärden enligt modellens ekvation (variabelvärdena är korrigerade att ligga inom angivet giltighetsområde)

år	fält	sådatum*koeff	vert. infiltr.*koeff	pH i matjord*koeff	medelsvamp*koeff
1998	1	-1.45	1.32	8.51	-0.44
1998	2	-1.80	1.32	7.39	-0.44
1998	3	-1.59	0.16	8.51	-0.44
1998	4	-2.07	0.15	8.10	-1.39
1998	5	-1.45	1.32	7.54	-1.39
1998	6	-1.52	0.40	8.37	-1.39
1998	7	-1.52	1.32	7.69	-0.16
1998	8	-1.80	1.32	7.87	-0.87
1998	9	-1.59	1.14	7.17	-0.04
1998	10	-1.66	0.31	7.17	-0.16
1998	11	-1.52	0.62	8.43	-0.04
1998	12	-1.73	0.57	7.87	-0.16
1998	13	-1.73	1.32	7.95	-0.04
1998	14	-2.07	1.20	8.18	-1.39
1999	1	-1.66	0.44	8.32	-0.04
1999	2	-1.73	0.47	8.43	-0.16
1999	3	-1.86	0.40	8.51	-0.04
1999	4	-2.35	0.57	7.43	-0.87
1999	5	-0.14	1.32	7.69	-0.04
1999	6	-1.73	1.13	7.81	-0.16
1999	7	-1.73	0.15	7.25	-1.35
1999	8	-0.28	0.15	7.69	-0.44
1999	9	-0.21	1.32	7.17	-0.04
1999	10	-1.80	0.18	8.03	-0.68
1999	11	-1.66	1.32	8.4	-0.04
1999	12	-1.73	1.32	8.32	-1.35
1999	13	-1.73	1.32	7.87	-1.39
1999	14	-1.93	1.31	8.51	-0.44
2000	1	-0.62	0.53	7.92	-0.87
2000	2	-0.69	0.48	7.62	-1.31
2000	3	-1.59	0.32	8.21	-0.68
2000	4	-1.59	0.21	8.51	-0.16
2000	5	-0.55	0.90	7.95	-1.11
2000	6	-0.55	0.28	7.73	-0.68
2000	7	-2.00	0.38	7.28	-0.04
2000	8	-1.66	0.15	7.62	-0.16
2000	9	-0.62	1.32	7.25	-0.44
2000	10	-1.52	0.63	7.76	-0.87
2000	11	-0.55	1.32	8.06	-0.16
2000	12	-0.55	1.32	7.17	-0.04
2000	13	-0.55	1.32	8.29	-0.87
2000	14	-1.80	1.23	8.48	-0.16

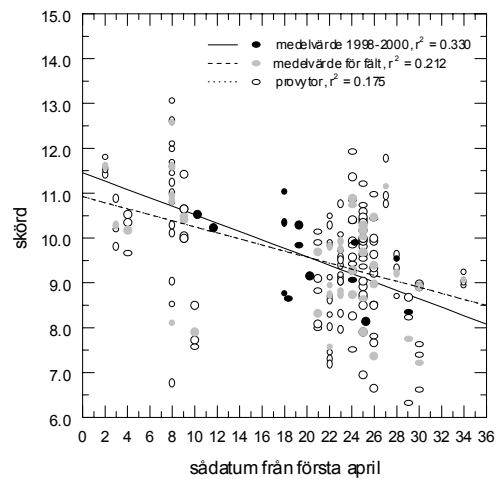
De uppmätta variabelernas spridning i förhållande till skörderesultatet ger möjlighet till värdering över sambandet mellan beroende och oberoende variabel. Modellen kan givetvis inte beräkna bättre än fel och avvikelser i de uppmätta variabelernas värden från provytorna. Alltså, det finns dels fel inbyggda i modellens ekvation, dels i de uppmätta värdena. De fel som är inbyggda i modellen kan dock inte bedömas utifrån enskilda variabelers samband med skörd, utan måste värderas ur ett integrerat sammanhang, dvs ingen variabel är oberoende av någon annan, utan det är dessa tillsammans som utgör beräkningen av resultatet. Enkelt uttryckt in-

nebär det att vertikal infiltration och pH inte är oberoende av varandra och inte heller de övriga variablerna.

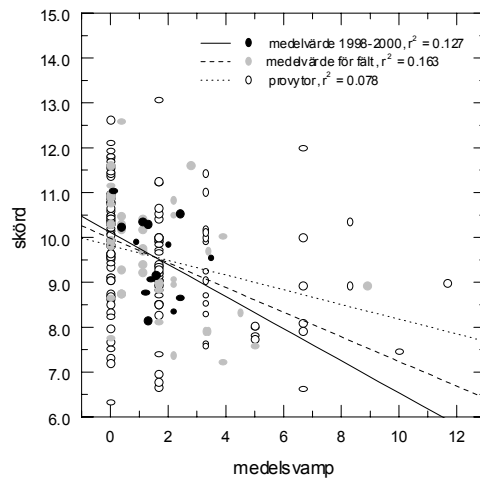
I figurerna 5, 6, 7, 8 och 9 visas de enskilda sambanden mellan respektive oberoende variabel och skörd. Regressionslinjer för provytedata, fältmedelvärden och medelvärden 1998-2000 visas i figurerna. Ju mer regressionslinjerna ändrar sig ju ojämnare fördelade är provytedata och ju osäkrare blir medelvärdet. Detta ger en god indikation på antalet data som måste ligga till grund för det värde som ska beräknas i modellen.



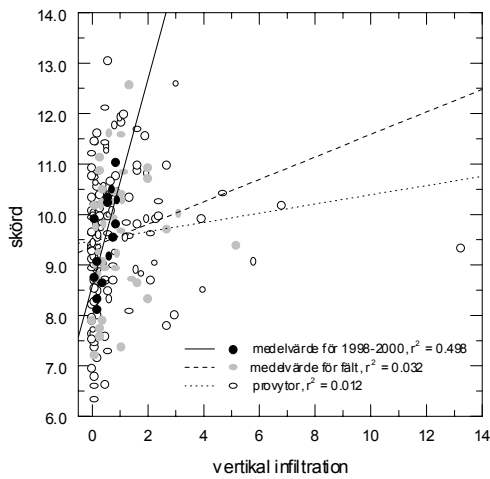
Figur 5. Samband mellan pH i matjorden och skörd (utvinnbart socker per ha).



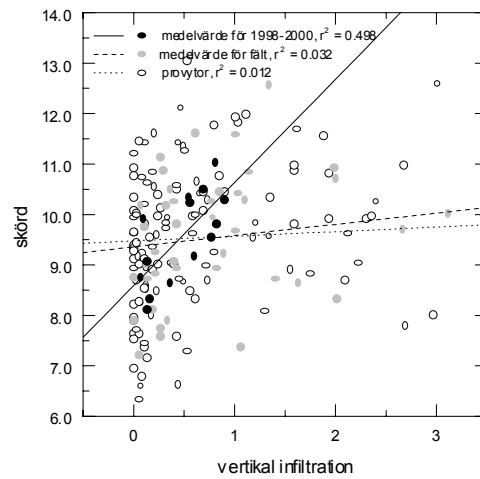
Figur 6. Samband mellan sådatum från första april och skörd (utvinnbart socker per ha).



Figur 7. Samband mellan medelsvamp och skörd (utvinnbart socker per ha).



Figur 8. Samband mellan vertikal infiltration och skörd (utvinnbart socker per ha). Alla värden medtagna.



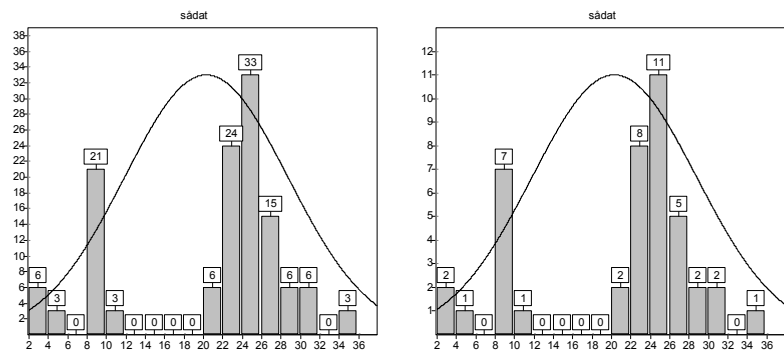
Figur 9. Samband mellan vertikal infiltration och skörd (utvinnbart socker per ha). Infiltrationsvärden över 3 är inte synliga i figuren.

### Datafördelning för provytedata och fältmedelvärden

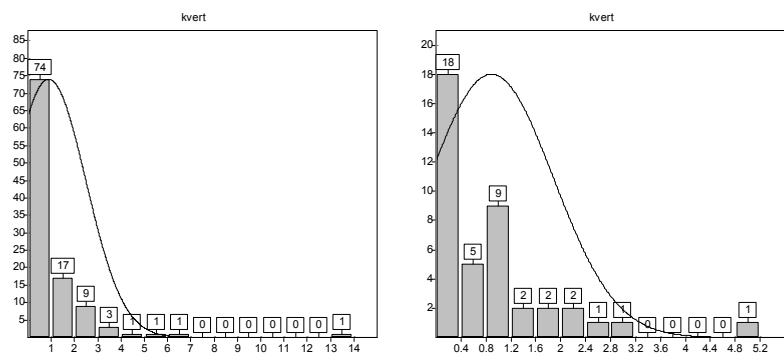
Antalet observationer på provytenivå var totalt 126 och för fältmedelvärden 42.



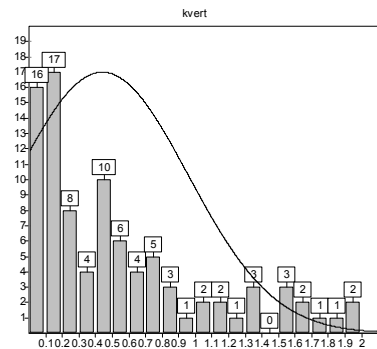
Figur 10. För variabeln sådatum på provytanivå (vänster figur) var medelvärdet  $20.3 \pm 8.4$  dagar efter 1 april. Maximumvärdet var 34 och minimumvärdet 2 dagar. Fältmedelvärdena var samma då varje provyta av 3 såddes samtidigt.



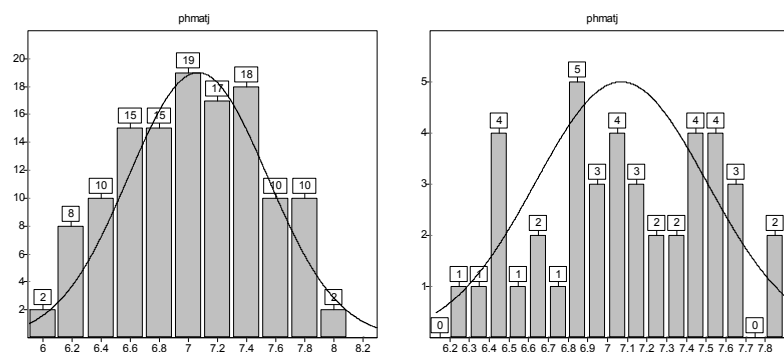
Figur 11. För variabeln vertikal infiltration på provytanivå (vänster figur) var medelvärdet  $0.89 \pm 1.60$  cm per timme. Maximumvärdet var 13.2 och minimumvärdet 0. För fältmedelvärdena var medelvärdet  $0.89 \pm 1.00$  cm per timme. Maximumvärdet var 5.14 och minimumvärdet 0.



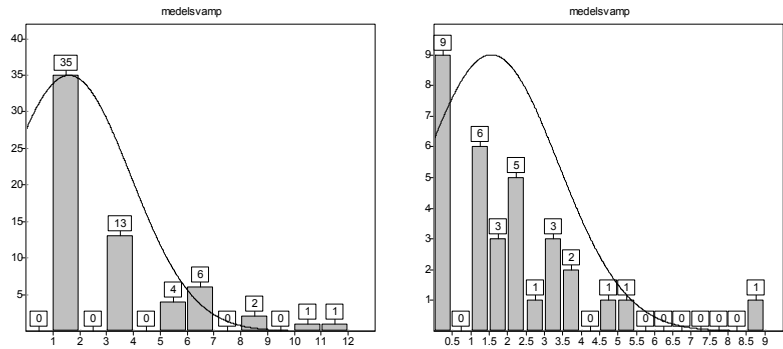
Figur 12. För variabeln vertikal infiltration på provytanivå med värden över 2 borttagna som outliers blev medelvärdet  $0.44 \pm 0.52$  cm per timme. Maximumvärdet var 1.9 och minimumvärdet 0.



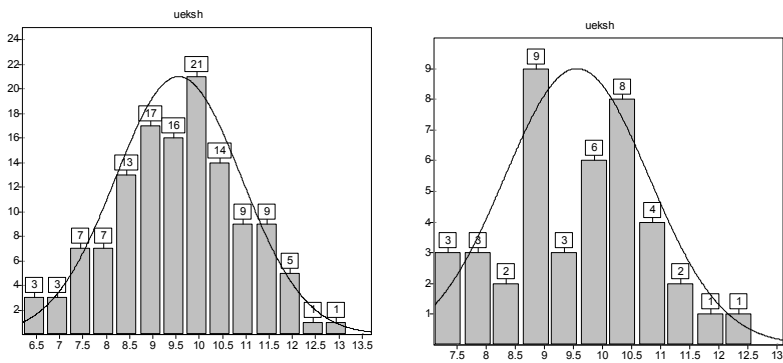
Figur 13. För variabeln pH i matjorden på provytanivå (vänster figur) var medelvärdet  $7.07 \pm 0.48$ . Maximumvärdet var 8.1 och minimumvärdet 6.0. För fältmedelvärdena var medelvärdet  $7.07 \pm 0.44$ . Maximumvärdet var 7.9 och minimumvärdet 6.2.



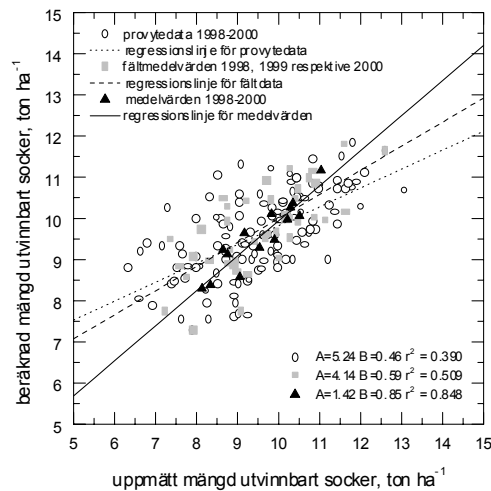
Figur 14. För variabeln medelsvamp på provytenivå (vänster figur) var medelvärdet  $1.59 \pm 2.31$  %. Maximumvärdet var 11.7 och minimumvärdet 0. För fältmedelvärdena var medelvärdet  $1.56 \pm 1.82$  %. Maximumvärdet var 8.9 och minimumvärdet 0.



Figur 15. För variabeln skörd, utvinnbart socker i ton per ha, på provytenivå (vänster figur) var medelvärdet  $9.56 \pm 1.36$  ton. Maximumvärdet var 13.06 och minimumvärdet 6.33. För fältmedelvärdena var medelvärdet  $9.56 \pm 1.24$  ton. Maximumvärdet var 12.58 och minimumvärdet 7.21.



Förhållandet mellan uppmätt och beräknad skörd på respektive provytedata, fältmedelvärden och medelvärden 1998-2000 visas i figur 16. Det ideala förhållandet vore korrelationskoefficienter nära 1 och ett intercept på 0 samt en riktningskoefficient på 1, dvs en fullständig överensstämmelse mellan beräknat och uppmätt värde.



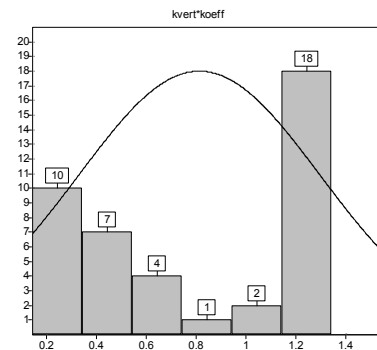
Figur 16. Samband mellan uppmätt och beräknad skörd för provytedata, medelvärden resp. medelvärden 1998-2000.

## Datafördelning för respektive fältmedelvärdesvariabel gånger modellkoefficient

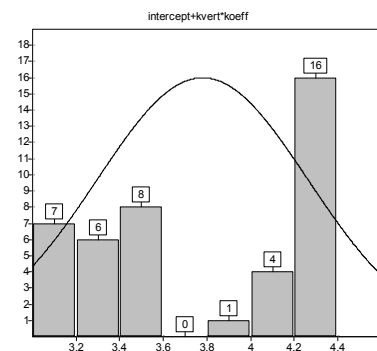
Figurerna 17-24, i detta avsnitt visar hur bidraget (variabelvärde gånger modellkoefficient) till den i modellen (nedan) beräknade sockerskörden fördelar sig för fältmedelvärden. Höga ändvärden beror oftast på att ett stort antal värden legat utanför giltighetsområdet och därför korrigerats till giltighetsområdets ändvärde.

$$\text{Sockerskörd} = 2.9 + (1.5 \text{ vertikal infiltration}) + (1.12 \text{ pH i matjorden}) + (- 0.07 \text{ sådatum}) + (- 0.4 \text{ medelsvamp})$$

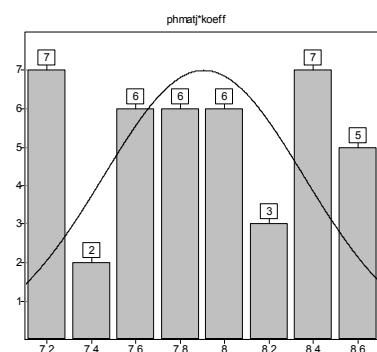
Figur 17. För variabeln *vertikal infiltration* gånger koefficienten (**1.5 x vertikal infiltration**) var medelvärdet  $0.82 \pm 0.48$  ton. Maximumvärdet var 1.32 och minimumvärdet 0.15 ton.



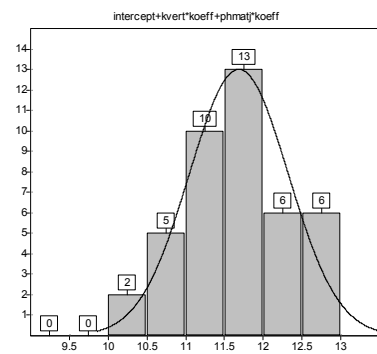
Figur 18. För variabeln *vertikal infiltration* gånger koefficienten adderat till interceptet (**2.9 + 1.5 x vertikal infiltration**) var medelvärdet  $3.78 \pm 0.48$  ton. Maximumvärdet var 4.28 och minimumvärdet 3.11 ton.



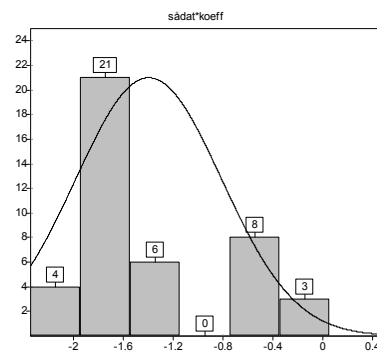
Figur 19. För variabeln *pH i matjorden* gånger koefficienten (**1.12 x pH i matjorden**) var medelvärdet  $7.91 \pm 0.45$  ton. Maximumvärdet var 8.51 och minimumvärdet 7.17 ton.



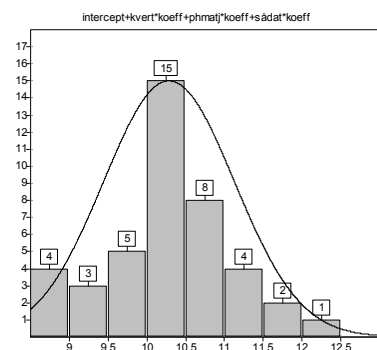
Figur 20. För variabeln pH i matjorden gånger koefficienten adderat till vertikal infiltration gånger koefficienten adderat till interceptet ( $2.9 + 1.5 \times \text{vertikal infiltration} + 1.12 \times \text{pH i matjorden}$ ) var medelvärdet  $11.68 \pm 0.64$  ton. Maximumvärdet var 12.80 och minimumvärdet 10.36 ton.



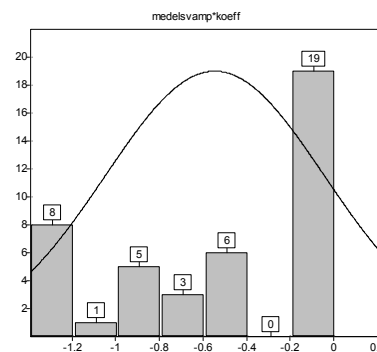
Figur 21. För variabeln sådatum gånger koefficienten ( $-0.07 \times \text{sådatum}$ ) var medelvärdet  $-1.40 \pm 0.59$  ton. Maximumvärdet i absoluta värden var -2.35 och minimumvärdet -0.14 ton.



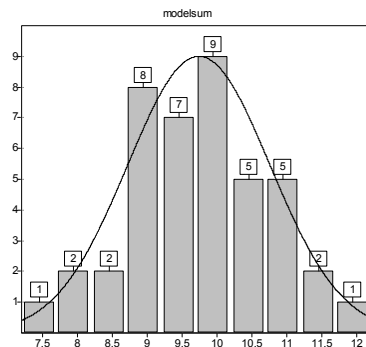
Figur 22. För variabeln sådatum gånger koefficienten adderat till pH i matjorden gånger koefficienten adderat till vertikal infiltration gånger koefficienten adderat till interceptet ( $2.9 + 1.5 \times \text{vertikal infiltration} + 1.12 \times \text{pH i matjorden} - 0.07 \times \text{sådatum}$ ) var medelvärdet  $10.28 \pm 0.84$  ton. Maximumvärdet var 12.02 och minimumvärdet 8.61 ton.



Figur 23. För variabeln medelsvamp gånger koefficienten ( $-0.4 \times \text{medelsvamp}$ ) var medelvärdet  $-0.55 \pm 0.50$  ton. Maximumvärdet i absoluta värden var -1.39 och minimumvärdet -0.04 ton.



Figur 24. För samtliga variabler gånger respektive koefficient adderat till interceptet ( $2.9 + 1.5 \times \text{vertikal infiltration} + 1.12 \times \text{pH i matjorden} - 0.07 \times \text{sådatum} - 0.4 \times \text{medelsvamp}$ ) var medelvärdet  $9.74 \pm 1.02$  ton ( $9.56 \pm 1.24$ ). Maximumvärdet var 11.80 (12.58) och minimumvärdet 7.28 (7.21) ton. Inom parantes anges motsvarande värde för uppmätt skörd.



## Sammanfattning

Modellens prediktionsstyrka beror dels på ingående komponenters tillräcklighet att beskriva sockerskörden, dels på datasäkerheten hos uppmätta värden. Exempelvis ingår inte någon komponent som beskriver näringsstatus. En bristfällig näringsstatus i det fält som ska beskrivas kan ge lägre resultat på sockerskörden än vad modellen predikterar. Om modellen förutsätter optimal näringsstatus får den endast användas för fält med god näringsstatus. Denna typ av modellfel kan kallas systemfel och i exemplet skulle det innebära att modellen beskrivs med för få variabler.

Ett annat typ av fel som ger felaktig prediktion är otillräckligt och felaktigt uppmätta värden. I figurerna 8 och 9 framgår att variabeln vertikal infiltration kan ge felaktiga värden om den inte behandlas rätt, dvs om inte tillräckligt många värden mäts upp så att ett medelvärde som korrekt beskriver fältets status används i modellen.

Ett annat fel i modellen kan uppträda som sned fördelning kring medelvärdet för beräknad skörd. Figur 24 visar att fördelningen kring medelvärdet för beräknad skörd inte är sned, vilket tyder på att något systemfel i modellens komponenter inte skulle finnas.

Modellens lämplighet att prediktera sockerskörd med valda variabler kan endast bedömas efter ett väl genomfört valideringsarbete, i vilket även andra variabelkombinationer bör tas med. Detta arbete återstår och framtida möjligheter att validera modellen får utvisa lämplighet, prediktionsstyrka, eller om behov finns för modifieringar och korrigeringar.

## Referenser

- Johansson R. 1993. System Modeling and Identification. Prentice Hall Information and System Sciences Series. Prentice Hall. ISBN 0134823087.
- Brockington N. R. 1979. Computer Modelling in Agriculture. Oxford University Press, Oxford.