

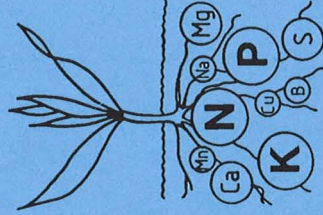


SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

Datorstödd gödslingsplanering

Computer Aided Fertilizer Planning

Sigfús Bjarnason

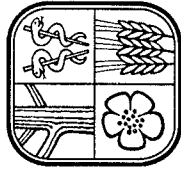


Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 178
Report

Uppsala 1990
ISSN 0348-3541
ISBN 91-576-4257-5

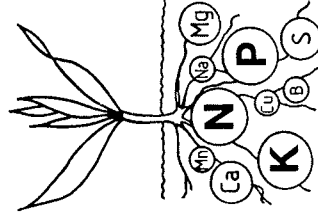


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Datorstödd gödslingsplanering

Computer Aided Fertilizer Planning

Sigfús Bjarnason



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility**

**Rapport 178
Report**

Uppsala 1990
ISSN 0948-3541
ISBN 91-576-4257-5

FÖRORD

Den utredning om datorstödd gödslingsplanering som här presenteras gjordes på uppdrag av Lantbruksstyrelsen inom ramen för projektet "Försöksverksamhet med ökad markkartering" under åren 1987 och 1988. Utredningen bestod av två separata delar. För det första sammanställdes tillgänglig kunskap om hur olika markfaktorer inverkar på gödslingsbehovet till en gödslingsmodell. Modellen består av beräkningsrutiner för att beräkna optimal tillförsel av växtnäringssämnen med växtodlingsplan och markkarteringsdata som underlag. För det andra utvärderades, med gödslingsmodellen som utgångspunkt, huruvida datateknik kan användas vid gödslingsplanering.

Gödslingsmodellen baseras i huvudsak på publicerat och opublicerat material från Avdelningen för växtnäringsslära och Konsulentavdelningen, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Ideer om modellens utformning hämtades från experter inom olika områden, såväl inom som utanför SLU. Alla de som bidrog till modellen tackas härmed.

Samtidigt som datateknikens användning vid gödslingsplanering utreddes utvecklades ett dataprogram för ändamålet. Programmeringsarbetet gjordes delvis inom ramen för projektet, delvis bekostades det av Avdelningen för växtnäringsslära och av egna medel. Programmet skall tillsvidare ses som ett forskningsprogram och inte användas i praktiken förrän efter ordentliga tester.

Alnarp den 15 maj 1990



Sigfus Bjarnason

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sid
Förord	3
Innehållsförteckning	4
Sammanfattning	5
Summary	6
1. Inledning	7
2. Gödslingsmodell	8
2.1. Strategi	8
2.2. Beräkningsrutiner	9
2.3. Kommentarer och utvecklingsmöjligheter	17
3. Användning av datateknik	18
3.1. Allmänt	18
3.2. PC-PLAN	19
4. Förslag om uppföljning	23

SAMMANFATTNING

En modell för beräkning av optimal tillförsel av kväve, fosfor och kalium presenteras. Optimal tillförsel definieras som den gödslingsintensitet som är ekonomiskt optimal, ekologiskt motiverad och som på sikt inte försämrar markens bördighet. Modellens utgångspunkt är markkarteringsdata och jordbrukarens uppgifter om förväntat utbyte på varje enskilt skifte.

I modellen justeras kvävegödslingen delvis med hänsyn till det förväntade utbytet. Den optimala kvävegödslingen beräknas sedan med hänsyn till olika faktorer som påverkar mängden växttillgängligt kväve i marken. Optimal fosfor- och kaliumgödsling beräknas för att ersätta bortfört fosfor och kalium. Justering görs för ett antal faktorer som påverkar tillgängligheten av dessa växtnäringsämnen i marken.

Ett datorbaserat system för gödslingsplanering presenteras. Systemet bygger på den ovannämnda modellen. Markkarteringsdata och andra data som systemet kräver lagras i en relationsdatabas. Programmet är menystyrt. Genom menyerna lotsas användaren genom gödslingsplaneringen, som omfattar beräkning av optimal tillförsel av kväve, fosfor och kalium, beräkning av de ekonomiskt mest optimala gödselmedelinköpen och en utskrift av den kompletta gödslingsplanen.

SUMMARY

A model for calculation of optimal nitrogen, phosphorus and potassium fertilization is presented. Optimal fertilization is defined as the fertilization intensity that is economically optimal, ecologically justified and that keeps the soil fertility at a constant level. The model is based on soil mapping data and the farmer's estimate of the expected yield on each particular field.

In the model, the expected yield is used to adjust N fertilization. The optimal fertilization is then calculated by using different parameters that describe the influence of different soil factors on the amount of available soil nitrogen. Calculation of optimal phosphorus and potassium fertilization is based on the amount of P and K removed by the crop. Adjustments are made to account for different factors that influence the availability of these soil nutrients.

A computer program for fertilizer planning is presented. The program is based on the model described above. Soil mapping data and other data needed by the program are stored in a relational database. The program is menu driven. The fertilizer planning includes calculation of optimal nitrogen, phosphorus and potassium fertilization, the economically most favorable strategy for choosing types of fertilizer and a printout of the plan.

1. INLEDNING

Jordbrukarnas ekonomiska situation och samhällets krav på ett miljövänligt jordbruk kräver allt större noggrannhet vid gödslingsplanering. För optimal tillförsel av gödselmedel till det enskilda fältet behövs det en modell som beskriver hur olika mark-, växt- och klimatfaktorer påverkar gödslingsbehovet. Med optimal tillförsel menas här gödslingsintensitet som är ekonomiskt optimal, ekologiskt motiverad och som på sikt inte försämrar markens bördighet.

Den gödslingsmodell som presenteras i följande avsnitt är avsedd för beräkning av optimal tillförsel av växtnäringsämnen kväve, fosfor och kalium. Den är avsedd för gödslingsplanering före vårbruket och beaktar därför inte såtid, väderleksförhållanden efter sådd, beståndsutveckling eller annat som kan tänkas påverka behovet av kompletteringsgödsling.

Gödslingmodellen går längre än nuvarande gödslingsrekommendationer vad gäller olika faktorerers inverkan på gödslingsbehovet. Detta förhållande baseras på två påståenden:

1. Om en grupp experter är eniga om att en viss faktor påverkar gödslingsbehovet på ett bestämt sätt, då blir gödsling enligt en gödslingsmodell som beaktar denna faktor närmare en optimal gödsling än den vore om denna faktor inte beaktades. Detta gäller oavsett om faktorns inverkan har visat sig vara signifikant i fältförsök eller ej och trots att faktorns kvantitativa inverkan inte har kunnat fastställas med någon större säkerhet.
2. En gödslingsmodell är nödvändig för att forskningen och försöksverksamheten inom växtnäringsområdet skall kunna föras vidare mot bättre gödslingsrekommendationer. Varje nytt försök kan då planeras så att resultatet direkt kan användas för att testa någon hypotes i modellen eller bestämma någon faktors kvantitativa inverkan på gödslingsbehovet. På detta sätt blir forskningen och försöksverksamheten mer målinriktad och modellen kan successivt förbättras, allt eftersom nya rön görs. Eftersom systemet mark/växt är ett mycket komplicerat system kan man med de resurser som finns för dagens jordbruksforskning inte med traditionella fältförsök täcka alla de faktorer som påverkar gödslingsbehovet och hur de samspelar med varandra. Optimal gödsling kan därför inte endast baseras på de

effekter och samspel som har visat sig vara signifikanta i fältförsök.

Fältförsöksresultaten måste understödjas av en grundläggande förståelse av de bakomliggande fysikaliska, kemiska och biologiska processerna. Genom att konstruera en modell som integrerar den stora mängd kunskap som finns både inom försöksverksamheten och den grundläggande forskningen skapas ett verktyg som både kan användas av jordbrukare vid sin gödslingsplanering och forskare vid sin forskningsplanering.

Ju mer komplicerad en gödslingsmodell blir desto mer arbetskrävande blir gödslingsplaneringen. Gödslingsplanering kan dock underlättas och förbättras med hjälp av ett väl genomtänkt datorbaserat system. Här nedan behandlas först den gödslingsmodell som tagits fram genom utredningsarbetet. Därefter diskuteras allmänt datateknikens möjligheter vid gödslingsplanering. De idéer om utformning av ett datasystem som arbetades fram omsattes direkt till ett dataprogram, som presenteras efter den allmänna diskussionen. Sist lämnas några förslag på uppföljning kring arbetet med datorstödd gödslingsplanering.

2. GÖDSLINGSMODELL

2.1 Strategi

Med nuvarande prisrelationer mellan gödselmedel och skördeprodukter råder det ingen konflikt mellan ekonomiskt optimal gödsling och gödsling som inte påverkar den yttre miljön negativt. Däremot måste en avvägning ofta göras mellan den gödslingsnivå som är ekonomiskt optimal på kort sikt och den nivå som behövs för att i det långa loppet bevara markens bördighet. En sådan avvägning görs i modellen. Vad gäller kväve beräknas alltid den ekonomiskt optimala givan medan hänsyn tas i någon grad till markens långsiktiga produktionsförmåga när det gäller fosfor- och kaliumgödsling.

Modellen används för att beräkna den optimala tillförseln av kväve, fosfor och kalium på det enskilda skiftet. Ett skifte skall kunna karakteriseras av ett genomsnittsvärde för samtliga de markfaktorer som ingår i modellen.

Kväve är det växtnäringsämne som mest begränsar växtproduktionen under svenska förhållanden. Uppgifter om den kvävegödsling som i genomsnitt är ekonomiskt optimalt för varje gröda (och sort) kan fås från fältförsöksverksamheten. Eftersom högt produktionspotential på ett skifte ofta har samband med högre kväveoptimum måste den optimala kvävegivan justeras i någon mån efter det förväntade utbytet. Hög produktionsförmåga borde naturligtvis kunna igenkännas genom en del jordparametrar från skiftet i fråga och vetskap om gårdens klimatområde. Modellen använder sig dock tillsvidare av jordbrukarens uppgifter om det förväntade utbytet för att justera kvävegödslingen. Justering görs sedan med hänsyn till ett antal faktorer som kan tänkas påverka tillgången till mineraliskt kväve i marken.

Vad gäller fosfor- och kaliumgödsling är principen för beräkning av gödslingsbehovet den, att bortfört fosfor och kalium skall ersättas. Gödslingen justeras sedan för ett antal faktorer som kan tänkas påverka fastläggning av dessa växtnäringsämnen i marken eller markens fosfor- och kaliumleverans och för den mängd fosfor och kalium som behövs för produktion av annan växtbiomassa än skördeprodukterna.

2.2 Beräkningsrutiner

Beräkning av optimal gödsling på ett bestämt skifte startar med att det anges vilken gröda (och sort) som skall odlas och det förväntade utbytet. Beräkningen görs sedan i följande ordning.

1. Beroende på gröda fastställs N-behov enligt tabell 1.
2. I de fall där för någon gröda de olika sorterna har olika behov justeras N-behovet för detta (tabell 2).
3. För vissa grödor justeras N-behovet med hänsyn till förväntat utbyte enligt tabell 3.
4. N-behovet justeras med hänsyn till mineralkväve-mängden på vårvintern, som antingen mäts (4a) eller uppskattas (4b).
- 4a. Om mätningar finns tillgängliga reduceras N-behovet om mineralkvävemängden i marken överskrider 35 kg/ha och ökas om det underskrider 35 kg / ha. Justering av N-behovet är ± 0.7 kg för varje kg mineral N.

- 4b. Om mätningar av mineral N inte föreligger justeras N-behovet först med hänsyn till förfukt och skörderestbehandling enligt tabell 4. Sedan kan N-behovet justeras beroende på subjektiva bedömningar av hur vinterväderleken har påverkat N-utlakningen.
5. N-behovet justeras för beräknad mineralisering, som uppskattas på basis av mullhalt och genomsnittlig djurtäthet på gården. På mullrika mineraljordar (6 - 12% organisk substans) reduceras N-behovet med 5 kg / ha, på mycket mullrika mineraljordar med 10 kg /ha. På mulljordar med 20 cm mullager reduceras behovet med 20 kg / ha, med mullager upp till 40 cm med 40 kg N/ ha, dvs. reduceringen motsvarar mullagrets tjocklek. Justering för djurtäthet är ± 20 kg N per n.e., med ± 0 för 0.5 n.e. (N-behovet reduceras om djurtätheten är >0.5 ; ökas om djurtätheten är <0.5).
6. P- och K-bortförel beräknas genom att multiplicera förväntad skörd med %P och %K i skördeprodukten enligt tabell 5. För de P-krävande grödorna potatis och sockerbeter används %P = 0.18 resp. 0.11 i stället för de i tabellen angivna värdena (se också punkt 11 för närmare förklaring). Gödslingsbehovet fås genom att multiplicera bortförseeln med en faktor (P-faktor och K-faktor) som bestäms av jordart, gröda, pH, P-AL, K-AL, K-HCl och förra årets överskott, enligt nedan (punkt 7 - 11).
7. Beroende på gröda och jordart indelas det maximala rotdjupet i tre grupper enligt tabell 6.
8. P-faktorn beräknas med hänsyn till P-AL i matjorden, P-AL i alven och rotdjupet enligt tabell 7. För pH över 7.2 i matjord eller alv beräknas P-faktorn som om P-AL klassen vore en klass lägre.
9. K-faktorn beräknas med hänsyn till K-AL i matjorden, K-AL i alven och rotdjupet enligt tabell 8. K-faktorn reduceras med 0.2 om K-HCl klassen är II, 0.4 om den är III, 0.6 om den är IV och 0.8 om den är V.
10. Om organiska gödselmedel används reduceras N-, P- och K-behovet enligt tabell 9.
11. Om P- eller K-gödslingen överskrider den beräknade mängden, beräknas överskottet bli tillgängligt till nästa års gröda. För sockerbeter och potatis utgör överskottet skillnaden mellan P-behovet som om det baserades på %P i tabell 5 och behovet som det beräknas enligt modellen (+ ett eventuellt verkligt överskott). P-överskottet

reduceras dock om pH i marken inte är optimalt genom att multiplicera med ett index enligt tabell 10.

12. Om skörderester återförs till marken beräknas hälften av det beräknade K-gödslingsbehovet bli tillgängligt för nästa års gröda.

Tabell 1. N-behov för olika grödor

Table 1. N requirement for different crops

Gröda/Crop	kg N ha ⁻¹
Höstvete	110
Höstråg	80
Vårvete	125
Korn	80
Havre	70
Höstraps	160
Höstrybs	120
Vårraps	120
Vårrybs	90
Klöverrik vall	100
Klöverfattig vall	200
Matpotatis	120
Färskpotatis	100
Fabr.potatis	140
Sockerbeter	120

Tabell 2. Justering av N-behov för olika sorter
Table 2. Adjustment of N requirement for varieties

Gröda/Crop	Sort/Variety	kg N ha ⁻¹
Höstvete	Kosack	+ 15
Vårvete	Kadett	- 25
Korn	Ida, Pernilla, Lina	+ 10

Tabell 3. Justering av N-behov för förväntat utbyte
Table 3. Adjustment of N requirement for expected yield

Gröda	Gränser för normalt N-behov (ton ha ⁻¹)	Justering utanför gränser (kg N ton ⁻¹ ha ⁻¹)
Crop	Limits for normal N requirement.	Adjustment outside limits
Höstvete	4 - 6	± 20
Höstråg	> 3	- 20
Vårvete	3 - 5	± 20
Korn	3 - 5	± 20
Havre	> 2	- 20
Klövervall	8	± 15
Gräsvall	8	± 30

Tabell 4. Justering av N-behov för förfrukt/
 skörderestbehandling
Table 4. Adjustment of N requirement for previous crop/residue treatment

	Justering / Adjustment (kg N ha ⁻¹)
Förfrukt/skörderestbehandl.	Vårsådda grödor Wintersown crops
Prev. crop/residue treatm.	Spring-sown crops
Träda	-30
Baljväxter, klövervall	-25
Höstoljeväxter, gräsvall	0
Blast plöjt ner	-15
	Höstsådda grödor Wintersown crops
	-40
	-30
	-10
	-25

Tabell 5. %P och % K i skördeprodukten
Table 5. %P and %K in the harvest

Gröda/Crop	%P	%K
Stråsåd	0.33	0.4
Arter	0.33	1.0
Raps/rybs	0.60	0.8
Hö	0.25	1.8
Potatis	0.050	0.4
Socketbetor	0.035	0.2

Tabell 6. Maximalt rotdjup (cm)

Table 6. Maximal rootdepth

	Gröda/Crop		
Jordart/ Soil type	Vall	Höstsåd Höst- oljev.	Vårsåd Vår- oljev.
		Potatis	Socket- betor
Sand/mo	60	60	60
Lerig sand/mo	90	90	60
Mjåla	90	90	60
Lera	90	120	90
		60	60

Tabell 7. Inverkan av P-AL och rottdjup på P-faktor.
Table 7. Influence of P-AL and root depth on P-factor

P-AL matjord/ topsoil	P-AL alv/ subsoil	Rottdjup/root depth		
		60	90	120
V	V	0.1	0.0	0.0
	IV	0.3	0.2	0.1
	III	0.5	0.4	0.3
	II	0.7	0.6	0.5
	I	0.9	0.8	0.7
IV	V	0.6	0.5	0.4
	IV	0.8	0.7	0.6
	III	1.0	0.9	0.8
	II	1.2	1.1	1.0
	I	1.4	1.3	1.2
III	V	1.1	1.0	0.9
	IV	1.3	1.2	1.1
	III	1.5	1.4	1.3
	II	1.7	1.6	1.5
	I	1.9	1.8	1.7
II	V	1.6	1.5	1.4
	IV	1.8	1.7	1.6
	III	2.0	1.9	1.8
	II	2.2	2.1	2.0
	I	2.4	2.3	2.2
I	V	2.1	2.0	1.9
	IV	2.3	2.2	2.1
	III	2.5	2.4	2.3
	II	2.7	2.6	2.5
	I	2.9	2.8	2.7

Tabell 8. Inverkan av K-AL och rotdjup på K-faktor.
Table 8. Influence of K-AL and root depth on K-factor

K-AL matjord/ topsoil	K-AL alv/ subsoil	Rotdjup/root depth		
		60	90	120
V	V	0.0	0.0	0.0
	IV	0.1	0.0	0.0
	III	0.5	0.2	0.0
	II	0.9	0.6	0.3
	I	1.3	1.0	0.7
IV	V	0.2	0.0	0.0
	IV	0.6	0.3	0.0
	III	1.0	0.7	0.4
	II	1.4	1.1	0.8
	I	1.8	1.5	1.2
III	V	0.7	0.4	0.1
	IV	1.1	0.8	0.5
	III	1.5	1.2	0.9
	II	1.9	1.6	1.3
	I	2.3	2.0	1.7
II	V	1.2	0.9	0.6
	IV	1.6	1.3	0.9
	III	2.0	1.7	1.4
	II	2.4	2.1	1.8
	I	2.8	2.5	2.2
I	V	1.7	1.4	1.1
	IV	2.1	1.8	1.5
	III	2.5	2.2	1.9
	II	2.9	2.6	2.3
	I	3.3	3.0	2.7

Tabell 9. Justering av gödslingsbehov för stallgödsel
Table 9. Adjustment of fertilizer requirement for animal manure

Gödseltyp/Type of fertilizer	Justering/Adjustment (kg ha ⁻¹ 10 ton ⁻¹)			
	N - Vår- spridning	N - Höst- spridning	P	K
Fastgödsel, nöt	15	7	15	35
Fastgödsel, svin	20	10	20	35
Fastgödsel, höns	70	35	70	70
Urin, nöt	30	7	-	65
Urin, svin	15	4	4	40
Flytgödsel, nöt	20	5	8	35
Flytgödsel, svin	30	7	12	25
Flytgödsel, höns	60	15	40	40

Tabell 10. Justering av P-överskott för pH
Table 10. Adjustment of P-excess for pH

pH	Index för multiplicering Multiplier
<5.0	0.3
5.0-5.5	0.5
5.5-6.0	0.7
6.0-7.2	0.9
7.2-7.5	0.7
7.5-8.0	0.5
>8.0	0.3

2.3 Kommentarer och utvecklingsmöjligheter

Samtliga delar i modellen måste naturligtvis vara föremål för en vidare utveckling. Under denna rubrik ges endast en kortfattad översikt av ändringar som snart kan komma att bli aktuella, samt av de delar i modellen där det föreligger störst behov av en intensifierad forskning.

Optimal kvävegödsling bestäms till stor del av hur stor skörd som kan nås utan kvävegödsling och den maximala skörden som kan nås genom gödsling (produktionspotentialen). För att identifiera en hög produktionspotential är säkerligen jordbrukarens egna erfarenheter den säkraste vägen att följa. För att i modellen ta mer hänsyn till skördevariationer utan kvävegödsling finns det i princip två vägar att gå. För det första kan utgångspunkten vara olika markfaktorerers inverkan på skörd utan kvävegödsling. För det andra kan s.k. noll-rute system införas, där jordbrukaren gör egna enkla försök med växtproduktion utan kvävegödsling.

I modellen utgör rottdjupet en faktor som påverkar gödslingsbehovet. Det är dock uppenbart att de få jordparametrar som används i modellen för att beräkna rottdjupet inte kan ge någon exakt bild av rotpenetreringen på det enskilda skiftet. Här finns det säkerligen stora möjligheter till förbättringar i modellen. Det är t.ex. möjligt att jordbrukarens uppgifter om förväntad skörd kan bli en parameter som ingår. Hög produktionspotential måste ju vara förknippad med en god markstruktur och därmed ett stort rottdjup. Ett annat alternativ är att jordbrukaren själv undersöker markprofilen och tar fram upplysningar om rottdjupet på de enskilda skiftena.

P-AL metoden ger inte någon exakt bild av fosforns tillgänglighet i marken. Så länge denna extraktionsmetod inte ersätts med en annan, som bättre beskriver fosforns tillgänglighet, måste det undersökas om P-AL värdet inte kan korrigeras med ett antal jordparametrar, t.ex. lerhalt, pH och mullhalt. Detta kan lätt göras i relativt enkla försök där fosforupptagning i ogödslade försöksrutor eller i käriförsök undersöks på olika jordar.

3. ANVÄNDNING AV DATATEKNIK

3.1. Allmänt

Som framgår av föregående avsnitt är gödslingsmodellen något komplicerad och det skulle vara ett tidsödande arbete att för hand beräkna det optimala behovet för varje skifte. Det finns ett antal alternativ vid utformningen av ett datasystem för gödslingsplanering. Det har tidigare i Sverige funnits tillgängliga program för gödslingsplanering som arbetar interaktivt, dvs. under körningen ställer programmet frågor om de faktorer som ingår i modellen men också ett sådant arbetssätt har upfattats som arbetskrävande. Eftersom en del av beräkningarna baseras på vad som har gjorts tidigare år på det enskilda fältet, samt på jordanalyser som gäller från år till år, är ett system som baseras på databastekniken i dagsläget det självklara valet.

En databas består av ett antal register. Varje register kan ses som en tabell där det finns en rad (post) för varje objekt i databasen och en kolumn (fält) för varje variabel som beskriver objektet. Eftersom "fält" har en annan innebörd i det här aktuella sambandet, där jordbrukarens fält kan utgöra objektet i databasen, används här nedan endast termerna kolumner och rader.

För att bearbeta data i en databas används en databashanterare. En databashanterare med ett inbyggt programmeringsspråk för systemutveckling finns tillgängliga för såväl persondatorer som mini- och stordatorer. Den mest moderna databastypen är den s.k. relationsdatabasen. I en relationsdatabas kan ett antal register kopplas ihop via gemensamma kolumner. Ett system för gödslingsplanering kan med fördel baseras på en relationsdatabas. Med hjälp av det i databashanteraren inbyggda programmeringsspråket kan ett användarvänligt (menystyrt) system skapas, som utför de beräkningar som behövs för gödslingsplanering.

Vad gäller valet mellan system på persondatorer å ena sidan och mini- eller stordatorer på den andra, har båda lösningarna sina fördelar resp. nackdelar. För de större datorerna talar kapaciteten, där stora databaser kan byggas upp med olika data från de enkilda fälten på ett stort antal jordbruk. En dylik databas skulle säkerligen vara värdefull i forsknings-sammanhang. Vidare är uppdatering av systemet en enklare process när systemet är centraliserat på en enda fysisk datorenhet. Mot ett centraliserat system talar användarvänligheten; det kan

vara svårt att från olika landsändar komma fram till centraldatorn. Vidare skulle det behövas byggas upp en administrativ apparat som måste fungera (och kosta) innan systemet har fått sin förankring inom rådgivningstjänsten.

För personatorerna talar framförallt deras numera stora spridning och popularitet. På en vanlig personator med en hårdisk kan en rådgivare bygga upp en databas för gödslingsplanering på ett hundratal gårdar. Det finns också den möjligheten att ha en separat version av programmet för enskilda jordbrukare som har tillgång till en personator. Vidare kan ett sådant system introduceras försiktigt; programmet sprids till rådgivare i mån av efterfrågan och systemets förträfflighet får avgöra dess vidare spridning. Mot personatorlösningen talar problem med uppdatering av programmet. På grund av nya forskningsrön eller ändrade prisrelationer, eller på grund av användarnas krav om förändringar i systemets konstruktion, måste systemet säkerligen updateras med täta mellanrum. Dessa problem är dock inte oöverstigliga.

Mot bakgrund av framförallt den ekonomiska aspekten vid införandet av ett system, arbetades det fram ett förslag om ett personatorbaserat sytem. Samtidigt konstruerades ett system för gödslingsplanering (PC-Plan) som kan köras på en IBM kompatibel personator (en personator med operativsystem PC/MS-DOS). Systemkonstruktionen presenteras nedan. Utförlig beskrivning av programmet och användarhandledning kommer att bli tillgängliga när programmet testats ordentligt (se avsnitt 4).

3.2. PC-Plan

De data ett gödslingsplaneringsprogram behöver kan indelas i fyra kategorier.

- 1) Data som är specifika för varje gård. Hit hör förutom brukarens namn, gårdsnamn, adress o.s.v. också t.ex. djurtäthet, som används i kvävedelen av modellen.
- 2) Data som är specifika för varje skifte och gård, dvs jordanalyser som inte återkommer varje år.
- 3) Data som är specifika för varje år, skifte och gård, dvs data om gröda, stallgödsel, samt återkommande jordanalyser, t.ex. mineralkvävebestämningar.

4) Parametrar i modellen

I PC-Plan samlas alla data av kategori 1 i ett register som kallas gårdsregistret. De enskilda gårdarna i systemet utgör raderna i registertabellen, de olika gårdsspecifika uppgifterna kolumnerna. I en av kolumnerna återfinns den s k gårds-koden; en kombination av fyra bokstäver och/eller siffror som specifikt identifierar gården (se också nedan).

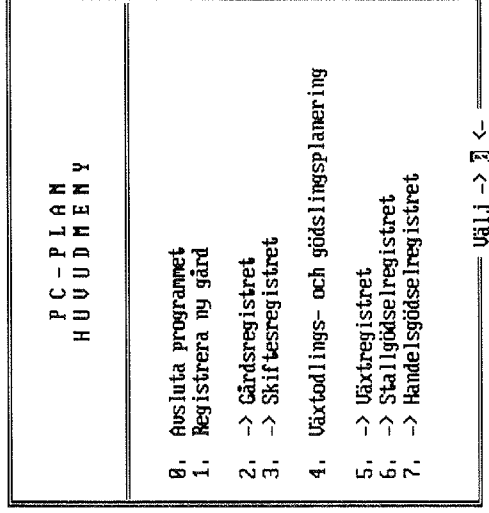
Data av kategori 2 återfinns i skiftesregistret, där varje skifte på varje gård har sin rad och kolumnerna består av gårds-koden, skiftets nummer och de olika jordanalysvärdena.

I växtregistret finns en rad för varje år, skifte och gård. Här lagras upplysningar om bl.a. vilken gröda som odlas, det förväntade utbytet, stallgödselanvändning, behandling av skörderester, beräknat behov av N-, P- och K-gödsling och upplysningar om överskottsgödsling att överföra till nästa år.

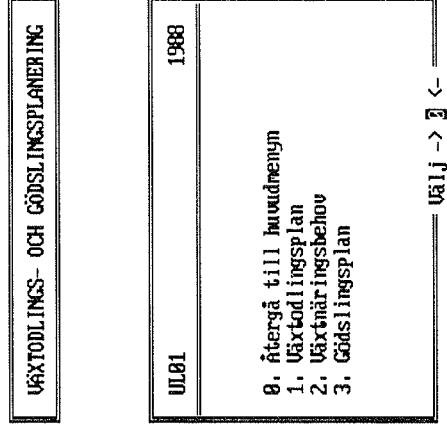
Dessutom innehåller systemet ett register, som kan kallas beräkningsregistret. Detta register är inte tillgängligt för slutanvändarna och innehåller upplysningar om olika gröders kvävebehov, samt P- och K% i skördeprodukterna (kategori 4).

Det femte registret, stallgödselregistret, motsvarar tabell 9 i gödslingsmodellen. Det är tillgängligt för slutanvändarna, så de kan införa egna analysvärden om tillgänglig växtnäring i stallgödseln, i stället för de genomsnittsvärden som finns lagrade. De kan också införa andra typer av organiska gödselmedel än de som redan finns lagrade.

Det sista registret innehåller lista om olika gödselmedel och deras växtnäringssinnehåll. Slut användaren har tillgång till en kolumn. Denna kolumn innehåller ett "J" (Ja) från början, men användaren kan ändra den till "N" (Nej) i någon eller några rader om han av någon anledning inte vill att programmet skall kunna föreslå användning av något eller några gödselmedel.



Figur 1. Huvudmenyn i PC-Plan
Figure 1. The main menu in PC-Plan



Figur 2. Undermeny för gödslingsplanering i PC-Plan
Figure 2. A submenu for fertilizer planning in PC-Plan

PC-Plan är menystyrt. Figur 1 visar den skärmbild som dyker upp när programmet startas. Förutom att göra ändringar i de olika registern, eller skriva ut på en skrivare rapport från något register, leder alternativ nummer 4 till en annan meny, där användaren lotsas steg för steg genom gödslingsplaneringen. Figur 2 visar hur den skärmbilden ser ut när användaren skal göra en gödslingsplan för 1988 för en gård som har gårdskod UL01. De steg som tas är följande:

1. Växtodlingsplan. Användaren registerar, för varje skifte, gröda, sort, förväntad utbyte, typ och mängd av stallgödsel, samt om det sprids höst eller vår.
2. Växtnäringsbehov. Programmet beräknar enligt gödslingsmodellen N-, P- och K-behovet för varje skifte. Här används relationsdataabastekniken för att samtidigt som man arbetar med växtregistret hämta data från motsvarande gård och skifte i skiftesregistret, från motsvarande gård i gårdsregistret, från beräkningsregistret och från motsvarande gröda i stallgödsel i stallgödselregistret.

När steg 2 är klart och de olika skiftenas N-, P- och K-behov dyker upp på skärmen, ges användaren möjlighet att återgå till steg 1 i fall han vill göra några förändringar, t.ex. vad gäller tillförd mängd av stallgödsel (i syfte att som bäst utnyttja växtnäringen i stallgödseln). När steg 1 och 2 är helt klara kan användaren skriva ut en rapport om växtnäringsbehovet på en skrivare.

3. Gödslingsplan. Programmet söker igenom listan med olika gödselmedel för att hitta det gödselmedel, eller kombination av två olika gödselmedel som billigast täcker växtnäringsbehovet på skiftet. Eventuella överskott av P och K registreras för att användas vid nästa års gödslingsplanering och rapport kan skrivas ut på en skrivare.

En viktig punkt är här att programmet aldrig helt och hållet tar över kontrollen. Om användaren t.ex. av någon anledning inte nöjer sig med resultatet från beräkningarna av växtnäringsbehovet, kan han införa egna värden, för att ändå kunna använda sig av rutinen som söker de billigaste gödslingsalternativen (här nedan kallat ekonomirutinen)

Ekonomirutinen måste förbättras så att olika gödslingsstrategier kan få plats inom ramen för

programmet. Behovet av gödsling varierar från år till år inom samma skifte. De rekommendationer som används i programmet baseras på genomsnittsåar. Vad gäller kväve är det t.ex. en förnuftig strategi att inte lägga på mer än som motsvarar 2/3 delar av gödslingsbehovet på våren och vid senare tillfälle komplettera med hänsyn till det aktuella årets speciella förhållanden. Växtregistret skulle då behöva innehålla en kolumn som anger om denna, eller någon annan gödslingsstrategi, är aktuell. Olika jordbrukare kan t.ex. föredra olika stor grad av förrådgödsling med fosfor. Ekonomirutinen kunde också eventuellt förbättras genom att inkludera ett effektivitetsmått på kvävet i olika typer av gödselmedel.

I sin nuvarande utformning beräknar programmet optimal tillförsel av endast kväve, fosfor och kalium. Det är dock lätt att inkludera i programmet varning om brist på mikronäringsämnen och beräkning av kalkbehov, om de jordanalyser som behövs för ändamålet finnes. Kolumner finns redan i fältregistret för de uppgifter som den traditionella metoden för beräkning av kalkbehovet behöver. För att inkludera varning om brist på mikronäringsämnen, eller beräkning av kalkbehov enligt metoden som bygger på förenklad bestämning av basmättnadsgrad (Lantbrukskemiska stationen, Kristianstad), behövs nya kolumner inkluderas, vilket lätt låter sig göras.

4. FÖRSLAG OM UPPFÖLJNING

Nedan lämnas ett förslag på hur det arbete som här har presenterats kan följas upp i syfte att öka markkartering och förbättra gödslingsrådgivningen.

1. Programmet färdigställs och updateras efterhand.
2. Programmet testas i praktiken. Rådgivningen och försöksverksamheten bör samarbeta vad gäller förslag om förbättringar i modellen.
3. Modellen används vid forskningsplanering. För att verifiera vissa delar i modellen och för att uppskatta de olika parametrarnas värde behövs ingående försök där forskning och försöksverksamhet samverkar. Ett stort antal fältförsök där alla de jordanalyser som modellen kräver görs behövs för att testa modellen.
4. De lantbrukskemiska stationerna upprättar databaser, där jordanalyser registreras så att de kan hänföras till

de enskilda skiftena på varje gård. Dessa skall sedan kunna integreras med de databaser som används av gödslingsprogrammet.

5. Samarbete etableras med gödselmedelsäljare vad gäller ekonomirutinen i programmet.

- Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.
- 160 1984 Gyula Siman: Undersökning av Si-Mn-slagg från Öye Smelteverk A/S särskilt med hänsyn till dess skördhöjande verkan och kemiska markeffekter. **Investigation of Si-Mn-slag from Öye Smelteverk A/S Norway, with particular regard to its effect on plant and soil.**
- 161 1985 Karl Olof Nilsson: Allsidig växtnäringsstillförsel V. Fältförsök i västra försöksdistriktet. **Balanced supply of complete plant nutrient V. Field trials in the Western Experimental District.**
- 162 1985 Jan Persson: Kalkningseffekt - betydelsen av kalkslag och siktkvalitet. **Effect of lime correlated to kind of lime and particle size.**
- 163 1985 Göte Bertilsson och Jan Persson: Kalkfraktioner och kalkningseffekt. **Particle size and efficiency of lime.**
- 164 1985 Lennart Mattsson: Markbördighetsförsök i Norrland. **Soil fertility experiments in North Sweden.**
- 165 1986 Gyula Simán: Mark- och skördeeffekter i de permanenta kalkningsförsöken under en 20-årsperiod, 1962-1982. **Effects on crop yields and soil properties of lime and fertilizers in the long-term liming experiments from 1962 to 1982.**
- 166 1986 Kåll Carlgren: Bladgödsling med cocktail-preparat till höstvetete. **Foliar application of plant nutrients to winter wheat.**
- 167 1986 Torbjörn Lindén och Lennart Mattsson: Variationer i markens mineralkväveförråd. En undersökning på olika jordar i Uppland och Västergötland. **Variations in soil mineral nitrogen. An investigation on different soils in two areas of Sweden.**
- 168 1986 Holger Kirchmann: Kisel i mark-växt-systemet med särskild hänsyn till slaggsilikater. En litteraturogenomgång. **Silicon in the soil-plant-system with special reference to slag silicates. A literature review.**

- 169 1987 Lennart Mattsson: **Kvävegödslingseffekt i höstvetete med och utan behandling med CCC, fungicid och insekticid. Nitrogen response in winter wheat with and without treatment with CCC, fungicide and insecticide.**
- 170 1987 Lennart Mattsson: **Long-term effects of N fertilizer on crops and soils. Långtidseffekter av kvävegödsling på gröda och mark.**
- 171 1988 Kåll Carlgren: **Bladgödsling med mangan i kärl- och fältförsök. Foliar application of manganese in pot and field trials.**
- 172 1988 Staffan Steineck: **Flytgödsel till vall. Slurry applied to grass and mixed ley.**
- 173 1988 Jens Blomquist och Einar Gudmundsson: **Spridning av svinflytgödsel i växande gröda - pilotstudie med ny teknik. Application of Pig Slurry to Winter Wheat during the Growing Season.**
- 174 1988 Lennart Mattsson och Torbjörn Lindén: **Kväveförsök i potatis med bestämning av mineralkväve i marken. Nitrogen experiments in potatoes combined with soil mineral nitrogen determinations.**
- 175 1988 Lennart Mattsson: **Kväveförsök i höstvetete med bestämning av mineralkväve i marken. Nitrogen experiments in winter wheat with soil mineral N determinations.**
- 176 1989 Lennart Mattsson: **Fastläggande kvävegödslingsförsök med bestämning av mineralkväve i marken. Soil mineral nitrogen determination in long term experiments.**
- 177 1989 Staffan Steineck, Knud Erik Larsen och Erkki Kempainen: **Stallgödsel - Växtnäringsbalans. Manure spreading - Plant nutrient balance.**
- 178 1990 Sigfus Bjarnason: **Datorstödd gödslingsplanering. Computer aided fertilizer planning.**

I denna serie publiceras forsknings-
och försöksresultat från avdelningen
för växtnärlingslära, Sveriges lant-
bruksuniversitet. Serien finns till-
gänglig vid avdelningen och kan
beställas därifrån

This series contains reports of research
and field experiments from the Division
of Soil Fertility, Swedish University of
Agricultural Sciences. The series can be
ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för växtnärlingslära
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 12 49, 67 12 55
