

**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

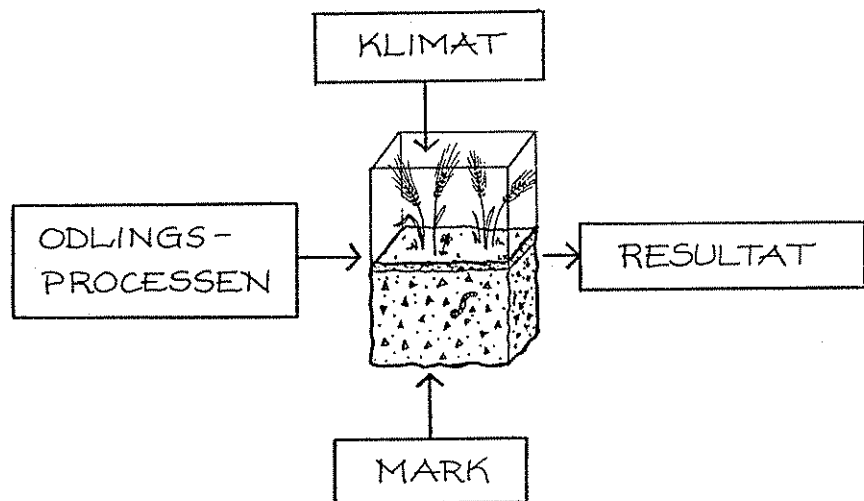
BEHOVSANPASSAD REGLERING AV VÄXTODLINGENS FÄLTARBETEN

En framtidsstudie av ny teknik

CROPPING OPERATIONS ADJUSTED TO FIELD REQUIREMENTS

A futurological study of new technology

Anders Y. Larsson



Institutionen för lantbruksteknik

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 142
Report
Uppsala 1990**
ISSN 0283-0086
ISBN 91-576-4253-2

DOKUMENTDATABLAD för rapportering till SLU:s lantbruksdatabas LANTDOK, Svensk lantbruksbibliografi och AGRIS (FAO:s lantbruksdatabas)

Institution/motsvarande Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för lantbruksteknik 750 07 Uppsala		Dokumenttyp Rapport	
		Utgivningsår 1990	Målgrupp Alla
Författare/upphov Anders Y. Larsson			
Dokumentets titel Behovsanpassad reglering av växtodlingens fältarbeten. En framtidsstudie av ny teknik Cropping operations adjusted to field requirements. A futurological study of new technology			
Ämnesord (AGROVOC) Crop farming, field operations, technical progress, agricultural development, automation, computer applications, adjustment, field variations, field requirements, electronics, instruments, technology, technology assessment, futurological study			
Andra ämnesord Framtidsstudie, ny teknik, fältarbete, växtodling, precision, positionering, navigering, teknikvärdering, behovsanpassning, reglering, fältvariationer			
Projektnamn			
Serie-/tidskriftstitel och volym/nr Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik. Rapport 142			ISBN 91-576-4253-2 ISSN 0283-0086
Språk Svenska	Smf-språk svenska, engelska	Omfång 84 s	Antal ref. 37

Postadress
 SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
 Ultunabiblioteket
 Förvävssektionen/LANTDOK
 Box 7071
 S-750 07 UPPSALA
 Sweden

Besöksadress
 Centrala Ultuna 22
 Uppsala

Telefonnummer
 018-67 10 00 vx
 018-67 10 98
 018-67 10 97

Telex
 76062 ULTBIBL S

ABSTRACT

Modern crop farming is at present (1990) causing increasing environmental pollution. The working environment in field operations is also regarded to be increasingly monotonous. This is caused by modern crop farming methods which are stereotype in many respects and where a field is treated as a homogeneous unit. The present technology assessment essay reviews possibilities and limitations concerning technical progress in modern crop farming. The study is based on the assumption that crop farming methods used today basically will be used during coming twenty-year period.

The study is mainly based on a literature review. Future effects of more accurate crop farming technology are estimated on the basis of this review. The study deals with four different accuracy levels and each crop farming operation is carried out with a certain accuracy for each level (ranging from 0.005 to 5 hectares). The possible effects of using driverless field vehicles are also described.

Results indicate that there is justification to be more accurate in all crop farming operations.

The study finally gives some examples of appropriate technical development and research in future crop farming.

FÖRORD

En teknikvärderingsstudie av det här slaget präglas förutom av frågeställningen också av teknikvärderaren som person. Jag vill därför utnyttja förordet till att ge en liten bakgrund till personen bakom den här rapporten.

Det här med jordbrukets problem och möjligheter har jag på olika sätt kommit i kontakt med i både praktiskt och teoretiskt arbete. Det hela startade med en alltmer ökande delaktighet i det praktiska arbetet på det familjejordbruk (Nederby Fellingsbro) där jag växt upp. En helt annan praktik gav arbetet som traktorförare på en större gård. Dessutom har ett och ett halvt år som anställd på Lanna, en av försöksgårdarna på SLU, givit mig värdefulla praktiska erfarenheter när det gäller växtodling och försöksverksamhet.

Mina teoretiska erfarenheter kommer från en grundutbildning i lantbruk och vidare en teknikagronomexamen. Därefter har den teoretiska ådran fått utvecklas i arbetet som handläggare på dåvarande näringspolitiska avdelningen på LRF - cirka ett och ett halvt år. Till slut har mitt senaste år som forskningsassistent på institutionen för lantbruksteknik (SLU) resulterat i denna framtidsinriktade teknikvärderingsstudie.

Arbetet med den här rapporten har varit roligt och inspirerande. Det har det blivit bland annat tack vare en bra stämning på arbetsplatsen som gjort det möjligt för mig att testa idéer och tankar, innan de varit helt färdiga, på arbetskamrater. Tack för hjälpen! Bruno Nilsson har som min handledare inspirerat och hjälpt mig att hitta rätt under arbetets gång. Det tackar jag alldeles speciellt för!

Projektet är ett samarbetsprojekt och därför har en referensgrupp med samtliga intressenter regelbundet diskuterat arbetets uppläggning. Tack Björn Sundell (Jordbrukstekniska institutet), Stig Andersson (Skogsteknik, SLU), Ulf Hallonborg (Stiftelsen Skogsarbeten) och Bruno Nilsson (Lantbruksteknik, SLU).

Dessutom vill jag tacka Örjan Bergwall för hjälpen med utskrifter och Kim Gutekunst för hjälpen med några av figurerna.

Till sist ett stort tack till alla människor i min närmaste omgivning och ett speciellt tack till min kära sambo Louise Kramnäs, som hjälpt till med illustrationerna. Hon har dessutom visat ett visst tålamod när det gäller nattliga diskussioner om framtidens situation i jordbruket och växtodlingen.

Ultuna, maj 1990

Anders Y. Larsson

Innehåll

INLEDNING	1
TEKNIKVÄRDERING - METOD	2
Sammanfattning - metod	5
TEKNIKFÖRKLARING - BAKGRUND	6
Kort svensk teknikhistoria 1870-	6
<u>Slutsats</u>	8
Framtida teknik - utgångspunkt	9
<u>Mål med den nya tekniken år 2010</u>	9
<u>Tekniken som ska värderas (år 2010)</u>	9
FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRDERING AV NOGGRANNARE TEK- NIK I VÄXTODLINGEN	11
Marken	11
<u>Variation i markens mekaniska sammansättning</u>	13
<u>Variation i markens kemiska och biologiska sammansättning</u>	14
Klimatet	15
<u>Väderprognoser</u>	17
Odlingsprocessen	18
<u>Yttre ramar</u>	18
<u>Inre ramar</u>	19
<u>Växtodlingsprocessens utförande</u>	21
FUNKTIONSBESKRIVNING AV PRECISIONSNIVÅER OCH DETAL- JERADE FÖRUTSÄTTNINGAR	22
Dagsläget 1990	23
Precisionsnivå 1 år 2010	25
Precisionsnivå 2 år 2010	27
<u>Manuellt alternativ</u>	27
<u>Automatiskt alternativ</u>	29
Precisionsnivå 3 år 2010	31
Förarlösa fordon	32
<u>Exempel med vissa arbeten som utförs med hjälp av förarlösa fordon</u>	32
<u>Exempel där alla arbeten utförs med hjälp av förarlösa fordon</u>	33
EFFEKTER AV NOGGRANNARE TEKNIK I KONVENTIONELL VÄXTODLING	34
Lokalisering av och gradering av effekterna av precisionsnivå 1 år 2010	35
<u>Miljön</u>	35
<u>Biologin</u>	36
<u>Arbetsmiljön</u>	37
<u>Tekniken</u>	38
<u>Energien</u>	39
<u>Ekonomien</u>	39
Lokalisering och gradering av effekter av precisionsnivå 2 år 2010	40
<u>Miljön</u>	40
<u>Biologin</u>	43
<u>Arbetsmiljön</u>	44

<i>Automatiskt alternativ</i>	44
<i>Manuellt alternativ</i>	45
<u>Tekniken</u>	46
<i>Automatiskt alternativ</i>	46
<i>Manuellt alternativ</i>	48
<u>Energien</u>	49
<u>Ekonomien</u>	49
<i>Automatiskt alternativ</i>	50
<i>Manuellt alternativ</i>	51
Lokalisering och gradering av effekter av precisionsnivå 3 år 2010	51
<u>Sammanfattning - förstärkta effekter av noggrannare automatisk teknik</u>	<u>52</u>
Lokalisering och gradering av effekter av tekniken med förarlösa fordon	53
<u>Alla fältarbeten utförda med förarlösa fordon</u>	<u>54</u>
<i>Miljön</i>	54
<i>Biologin</i>	55
<i>Arbetsmiljön</i>	56
<i>Tekniken</i>	57
<i>Energien</i>	58
<i>Ekonomien</i>	58
<u>Vissa arbeten utförda med hjälp av förarlösa fordon</u>	<u>59</u>
Sammanställning av effekterna av precisionsnivåerna	59
Känslighetsanalys	61
<u>Miljön</u>	<u>62</u>
<u>Biologin</u>	<u>62</u>
<u>Arbetsmiljön</u>	<u>63</u>
<u>Tekniken</u>	<u>63</u>
<u>Ekonomien</u>	<u>64</u>
<u>Ovrigt</u>	<u>65</u>
<i>Andra mark- och klimatförhållanden än på exempelgården</i>	65
<i>Större och mindre gårdar än exempelgården 100 ha</i>	66
DISKUSSION	66
Val av på lång sikt lämplig precisionsnivå	71
Teknisk utveckling och jordbruksforskning i framtiden	73
SAMMANFATTNING	77
SUMMARY	79
LITTERATURFÖRTECKNING	81

INLEDNING

Så här i början av 1990-talet är det intressant att se tillbaka på de senaste 150 årens enorma tekniska utveckling - både i samhället som helhet och i jordbruket. Människan har under den här tiden använt tekniken till väldigt mycket. Bland annat har människan med teknikens hjälp kunnat utöva ett starkt inflytande över omstruktureringen av ett växande samhälles resurser. Mycket arbetskraft har t ex friställts från vad vi kallar ren produktion (= tillverkning). Det är arbetskraft som kunnat användas på nya ställen i en ny framväxande till stor del storskalig samhällsstruktur under ständig förändring. Det har varit möjligt tack vare teknik som i ökad utsträckning ersatt mänsklig arbetskraft. Det har i hög grad även präglat jordbrukets växtodling. De negativa effekterna av den massiva tekniska utvecklingen börjar idag bli mer allmänt synliga och uppmärksammade i samhället. I framtiden kommer detta att vara en ännu mer synlig och en allt viktigare frågeställning.

De äldre generationerna (sett ur författarens ca 30-åriga perspektiv) har byggt sina värderingar på en verklighet med en fantastisk utveckling mot ökade möjligheter för den enskilde individen och dess omgivning som följd. För dessa har de positiva effekterna av den tekniska utvecklingen varit allt överskuggande fram till idag. Nuvarande unga generationer och kommande generationer tvingas dock i allt högre grad in i en ökad förståelse för de negativa effekter som människans användning av tekniken kan ha på lång sikt. Denna kunskap måste naturligtvis läggas till var och ens tro på och upplevda nytta av tekniken. Denna inlärd helhet påverkar både framtidens livsmedelsproducenter och konsumenter. Det är viktigt att konstatera, eftersom framtiden diskuteras i studien. De framtida mänskliga signalerna förmodas nämligen ge uttryck för en något annorlunda inriktning på växtodlingens utveckling än vad som varit fallet fram till idag (1990). Det kan innebära en allmän uppvärdering på lång sikt av miljön, stimulerande arbetsmiljö, livskvalitet i form av "tekniska" och etiska kvalitetskrav på livsmedel och levnadsmiljön m m.

Mot bakgrund av detta antas den nya tekniken i växtodlingen konstrueras för att öka kvaliteten på utfört arbete, arbetsuppgifter och slutproduktion i större utsträckning än tidigare. I annan produktion (ej jordbruk) antas detta till stor del kunna ske genom att använda ny avancerad teknik i produktionen. Jordbrukets

växtodling påverkas däremot av framför allt en opåverkbar viktig faktor - nämligen vädret. Det gör att det blir svårare än inom övrig produktion att direkt med tekniska lösningar förbättra kvaliteten ur olika synvinklar.

Rapporten ger underlag för svar, bland annat på följande frågor:

- Vilka möjligheter finns det att med hjälp av större precision hos framtida konventionell växtodlingsteknik rätta till en del av de brister som idag är inbyggda i den frammanade rationella växtodlingen?
- Med ledning av antagen nytta med nya tekniska lösningar och en antagen framtida attityd hos producenter och konsumenter, vilken teknikutveckling verkar vettig?

Den här framtidsstudien (Obs! ej statistisk framskrivning av historiska händelser utan *en* beskrivning av *framtiden*) försöker ge en helhet i sin beskrivning av möjligheterna och begränsningar med en vidareutveckling av teknik i konventionell växtodling. Metoden som används genom hela studien är en etablerad informell teknikvärderingsmetod. Förhoppningsvis kan studien stimulera fler, t ex biologer, tekniker och ekonomer, att sätta sig in i denna helhet när bland annat framtidens teknik i växtodlingen diskuteras.

TEKNIKVÄRDERING - METOD

I takt med att ökad mängd teknisk utrustning kommit till användning, i industrin och i människans vardag i allmänhet, har teknikens oönskade bieffekter alltmer uppmärksammas. I industriella länder som Västtyskland, Sverige, Japan, USA osv har de styrande och allmänheten blivit mer och mer medvetna om att dagens teknik inte endast medfört positiva effekter som t ex snabbare transporter, färre extremt tunga arbeten, snabbare informationshantering m m. På lång sikt har tekniken också givit vissa negativa konsekvenser. Det kan gälla miljöförstöring, uttömning av naturresurser, kulturell likriktning, monotona arbetsmiljöer osv - detta gäller tekniken i allmänhet (Lindhult, 1984). När det gäller jordbruket kan den "industriella baksmällan" främst sägas ha givit upphov till på lång sikt negativa konsekvenser för miljön och delvis monotona arbetsmiljöer.

Kunskapen och medvetandet om teknikens oönskade effekter lade grunden till en ökad efterfrågan på långsiktiga studier som skulle belysa nytta och kostnader för en viss teknik. Teknikvärderingen eller Technology assessment (TA) etablerades som begrepp i en utredning åt USA:s kongress år 1966. Sedan 1972 har USA institutionaliserat teknikvärderingen genom att inrätta Office of Technology Assessment (OTA). OTA:s uppgift är att förse kongressen och dess olika utskott med underlag i teknikpolitiska frågor. Det första enskilda sakområdet i USA där teknikvärdering gavs en legal status var inom miljövärden (Karlqvist, 1983). Internationellt finns i övrigt viss teknikvärderingsverksamhet inom Frankrike, OECD och FN (Lindhult, 1984).

I Sverige bedrivs ingen renodlad teknikvärderingsverksamhet. Istället ingår det som en del i utformningen av prognoser, framtidsstudier, planering, utredningsverksamhet, problemorienterad forskning osv. Det anses ej vara motiverat med något övergripande teknikvärderingsorgan i Sverige. En samlad bild av teknikens roll i samhället byggs idag upp inom temaforskningen "Tema teknik och social förändring". Denna forskning startades 1979-80 i Linköping och kan ses som ett uttryck för att tekniken idag ses som ett samhällsfenomen och en samhällsomdanare på både gott och ont (Lindhult, 1984). Dessutom börjar de tekniska högskolorna uppmärksamma behovet av att försöka ge ingenjörer en bredare syn på tekniken i allmänhet.

Det finns inte några bra sammanfattande definitioner av begreppet teknikvärdering. Anledningen till detta kan sökas bl a i att de teknikvärderingsprojekt som utförts läggs upp till stor del beroende på frågeställning och innehåll i varje enskild studie. Allmänt kan dock teknikvärdering sägas innebära en analys av framtida långsiktiga effekter av specifika tekniska lösningar och samtidigt bilda det underlag för utformning av handlingsprogram för teknikstyrning (Lindhult, 1984).

Två olika metodinriktningar finns representerade inom teknikvärderingsområdet - en formell och en informell inriktning. Den formella inriktningen innebär att verkligheten beskrivs i formella modeller. Skillnaderna mellan teknikvärdering och systemanalys är i detta fall små (Karlqvist, 1983). Matematiska modeller och beräkningar används för att beskriva effekter. Porter et al. 1980 visar exempel på denna formella inriktning.

Den informella inriktningen förespråkar istället personliga bedömningar utifrån egna informella modeller som en metod. Detta arbetssätt innebär att teknikvärderingsförfarandet blir mer som en kontinuerlig läroprocess. Boroush et al. 1980 visar exempel på den informella inriktningen. I denna studie används till största delen den informella metoden.

Skillnader brukar göras framför allt mellan problem- och teknikorienterade teknikvärderingar. I det här fallet är en problemorientering tydlig då studien ska ge ett underlag till svar på effekterna av olika tekniska lösningar för att lösa samhällets, jordbrukets och lantbrukarnas problem i framtiden.

Viktiga kriterier för en bra teknikvärdering är enligt Lindhult, (1984) att:

- ge en helhetsbild av teknisk utveckling med hänsyn till indirekta och långsiktiga effekter
- den information som ligger till grund för bedömning av konsekvensen ska vara giltig
- den färdiga studien ska utgöra nyttig information i beslutsprocessen
- den färdiga studien kan ge vägledning inför teknisk utveckling
- studien i vissa fall ska ge förslag på alternativa utvecklingsvägar för teknisk utveckling.

Vidare är det viktigt att identifiera vilka som är intressenterna av ny teknik inom ramen för teknikvärderingsprojektet. Samhället, jordbruksnäringen och lantbruksföretagaren är de viktigaste intressenterna i den här studien.

En beskrivning av tekniken som utvärderas och den omgivning i vilken tekniken ska arbeta utgör kunskaps- och databas för bedömning av det slutliga resultatet. Litteratursökning och expertintervjuer används för att få en giltig beskrivning av teknik och omgivning.

Teknikens effekter måste identifieras. Det är då viktigt att inte endast välja sådana konsekvenser som är väl definierbara och lätt kvantifierbara. Det är lika viktigt att lokalisera osäkra, mer diffusa konsekvenser. Porter et al (1980) anger

två lämpliga sätt för att identifiera konsekvenser. Dels nämns granskning som innebär att en checklista upprättas och används vid "letandet". Det andra sättet, sökning, innebär istället att följa konsekvenskedjor mot högre och högre ordnings-effekter - exempelvis trädidiagram.

När väl identifieringen är klar vidtar problemet att välja ut de viktigaste konsekvenserna som ska beskrivas närmare (Berg, 1975; Porter et al, 1980). Detta kräver i sin tur oftast kompletteringar till beskrivningen av omgivningen.

Den slutliga värderingen av effekterna måste göras utifrån några väl valda värderingskriterier. För att kunna jämföra olika tekniska alternativ (som i denna studie) krävs att värderingskriterierna sammanvägs till en enhetlig skala. Det är sål-lan möjligt att använda penningvärdet som den enhetliga skalan då det alltid finns diffusa effekter vid sidan av de penningberoende. Följande huvudgrupper av värderingskriterier har valts för denna studie:

- miljö
- biologi
- arbetsmiljö
- teknik
- energi
- ekonomi.

Slutligen är det viktigt att utföra värderingen utifrån olika intressegruppers perspektiv. Detta för att kunna avgöra den slutliga fördelningen mellan positiva och negativa effekter.

Sammanfattning - metod

Rapporten är en analys av framtida effekter av tre olika precisionsnivåer i svensk konventionell växtodling (se vidare Teknikförklaring, sid6). Arbetet utförs med en metodinriktning med tyngdpunkten på informell metod.

Tekniken och förutsättningarna beskrivs i tillräcklig utsträckning för att ge en helhetsbild av indirekta och långsiktiga konsekvenser av precisionsnivåerna. Resultatet bör ge en del av underlaget för val av framtida inriktning när det gäller vidareutveckling av konventionell växtodling i Sverige.

De värderingskriterier som används för värdering av tekniken är (endast huvudgrupper):

- miljö
- biologi
- arbetsmiljö
- teknik
- energi
- ekonomi.

TEKNIKFÖRKLARING - BAKGRUND

Kort svensk teknikhistoria 1870-

Industriutvecklingen i Sverige började på allvar omkring 1870 och var under slutet av 1800-talet mycket snabb. Antalet industriarbetare mer än fördubblades under denna tid. Alltsedan den här tiden har antalet verksamma inom jordbruket minskat i antal. Sammanfattningsvis skriver Hult (1989) att Sverige från att år 1870 ha varit ett bondeland med ca 71 % verksamma inom jordbruk och fiske på 45 år övergick till att bli ett industriland med ca 50 % sysselsättning inom jordbruk och fiske.

Ökad användning av tekniska innovationer som ångmaskinen, förbättrade metoder för järn- och stålframställning, nya kemiska metoder för papperstillverkning, elektrifiering, järnvägen som minskade avstånden, utveckling av cykeln, förbränningsmotorn, ångsjöfartens framväxt, till viss del även flygplan gjorde

denna utveckling möjlig. De som främst kunde dra nytta av denna utveckling var verkstadsindustrin, tändsticksindustrin, textil- och konfektionsfabriker, transportväsendet och de som sysslade med informationsspridning t ex post, tidningar m m.

Under samma tid infördes inom jordbrukets växtodling så- och slåttermaskiner och ångtröskverk som alla bidrog till att rationalisera jordbruksarbetet. (Observera att växtodlingen bryts ut i denna rapport. I själva verket var husdjursskötsel och växtodling mycket intimt ihopkopplade vid denna tid.) Dessutom började i liten skala användning av konstgödsel och täckdikning. Växtförädling och utsädeskontroll kompletterat med utökad rådgivning och försöksverksamhet i liten skala och förbättrad utbildning var andra viktiga faktorer som gjorde det möjligt att rationalisera jordbrukets växtodling (Mattson, 1978).

I det dagliga livet, framförallt i staden, började ny teknik göra sitt intåg i människors arbetsliv i form av ökad användning av tekniska hjälpmedel. I vardagslivet märktes tekniken i och med att vatten-, avlopp- och elnät började byggas ut i städerna, samt att transporter av människor och gods underlättades.

Hult (1989) fortsätter beskrivningen av denna allmänna svenska teknikutveckling med att konstatera att de tekniska förutsättningarna som grundlades i början av 1900-talet bäddade för begreppet "stor skala". I det sammanhanget nämns två saker, nämligen a) utbyggnad av industriell massproduktion (och vidare automatisering av allt fler processer), b) utbyggnad av stora tekniska system (ex el-, vatten-, avlopps- och vägnät). Detta har bidragit till att allt fler människor fram till idag fått tillgång till allt fler produkter till rimliga kostnader. Vid sidan av teknikens allt överskuggande positiva effekter börjar idag de negativa effekterna av den storskaliga tekniken synas allt tydligare i form av effekter på arbetsmiljö, naturen och vår levnadsmiljö i allmänhet.

Inom jordbrukets växtodling kom traktorn att användas allmänt först i slutet av 1940-talet. Samtidigt började bogserade skördetröskor användas - främst på de största gårdarna. Vidare ökade användningen av konstgödsel och utsädesbetning och växtskydd omkring åren 1945-50. Kemisk bekämpning av ogräs började

användas från och med ca 1950. Bevattning var ännu ett nytt inslag i växtodlingen på 1950-talet (begränsad omfattning) (Petrini, 1984). På 1960-talet byttes den bogserade trösken ut mot den självgående trösken (Hult 1989).

Nästa utvecklingsfas inom lantbruket karakteriseras av en allmänt ökad användning av maskiner i utbyte mot minskad andel insats av arbete. Det storskaliga tänkandet har påverkat jordbruket att utvecklas mot ökad specialisering. Den senaste utvecklingen går mot att fler och fler tidigare heltidslantbrukare tvingas arbeta vid sidan av lantbruket för att ta in inkomster för att överleva (SJFR, 1985).

Mekaniseringen, utveckling av bruksmetoder, forskning och försöksverksamhet m m har bidragit till produktivitetshöjningar som gör det möjligt för idag (1990) ca 2,5 % av landets befolkning att producera överskott av livsmedel i landet. Mekaniseringens effekter består av två delar. Den första och största delen är besparingar genom övergång från manuellt till maskinellt arbete. En viss produktivitetshöjning och kvalitetshöjning kan dessutom tillskrivas att tekniken i större grad gör det möjligt att utföra arbetet i rätt tid (SJFR, 1985).

Slutsats

Den senaste utvecklingen inom det jordbrukstekniska området har till viss del varit mekanisering med gårdagens teknik. Denna utveckling har stötts från forskningsbeviljande och forskningsadministrativa myndigheter som givit stöd åt syftet att öka arbetsproduktiviteten. På så vis har en form av storskalig teknik blivit framträdande (SJFR, 1985). Sverige har dock än idag i medeltal ett relativt småskaligt jordbruk som helhet - vid jämförelse med vissa stora livsmedelsproducerande länder. Vissa negativa bieffekter kan dock tekniken sägas ha bidragit till. Det kan gälla ökande belastning på miljön, i vissa fall dåliga arbetsmiljöer, dålig biologisk effektivitet på grund av allt för schablonmässig behandling av mark och gröda.

Framtida teknik - utgångspunkt

I tidigare beskrivning har det framkommit att den växtodlingsteknik som stimulerats fram till idag kan sägas ha vissa brister inbyggda. I vissa fall leder användningen av tekniken till alltför schablonmässig behandling av marken med dålig biologisk effektivitet och ökad miljöbelastning som följd. Arbetsmiljön vid det direkta fältarbetet uppvisar i extrema fall mycket dåliga möjligheter till omväxling av arbetsuppgifter och arbetsställningar.

Här följer en beskrivning av de mål som en ny teknik för växtodlingens fältarbeten bör ha i ett 20-årigt framtidsperspektiv. Utifrån dessa mål beskrivs vidare mycket kort den teknik som förväntas kunna rätta till en del av bristerna i dagens teknik. Tekniken som anges som olika precisionsnivåer utvärderas sedan genom hela studien.

Mål med den nya tekniken år 2010

Framtidens teknik bör ha som mål att:

- förbättra kvaliteten på slutprodukterna
- öka biologisk effektivitet
- minska miljöbelastningen
- minska andelen monotona arbetsuppgifter
- förbättra arbetsmiljön.

Genom att utnyttja kända samband mellan teknik och biologi kan teknik utvecklas som kan ge möjlighet att höja kvaliteten på slutprodukten (SJFR, 1985).

Tekniken som ska värderas (år 2010)

Denna teknikvärderingsstudie är *begränsad till att värdera effekterna av teknik som gör det möjligt att förbättra den kvalitativa och kvantitativa anpassningen av*

växtodlingens arbeten till varierande biologiska förutsättningar på olika delar inom ett fält. Det innefattar inte en värdering av växtodlingstekniken i allmänhet såsom utveckling av nya odlingssystem och utveckling av nya huvudprinciper för olika fältarbetsmoment. Endast effekterna av en vidareutveckling av idag konventionell växtodlingsteknik presenteras. Det innebär teknik för:

- förfinad *behovsanalys*
- förfinad *informationslagring av analyserat behov*
- förbättrad *reglering* av växtodlingsinsatser efter behov.

Den teknik som beskrivs närmare under rubriken funktionsbeskrivning antas finnas tillgänglig för det stora flertalet år 2010.

Tre olika jämförande alternativ (förutom dagens situation) har valts när det gäller behovsanalys, behovslagring och reglering:

Dagens situation (~1990)

Nivå 1 = år 2010, noggrannhet anpassad till varje 5 ha

Nivå 2 = år 2010, noggrannhet anpassad till varje 0,5 ha

Nivå 3 = år 2010, noggrannhet anpassad till varje 0,005 ha

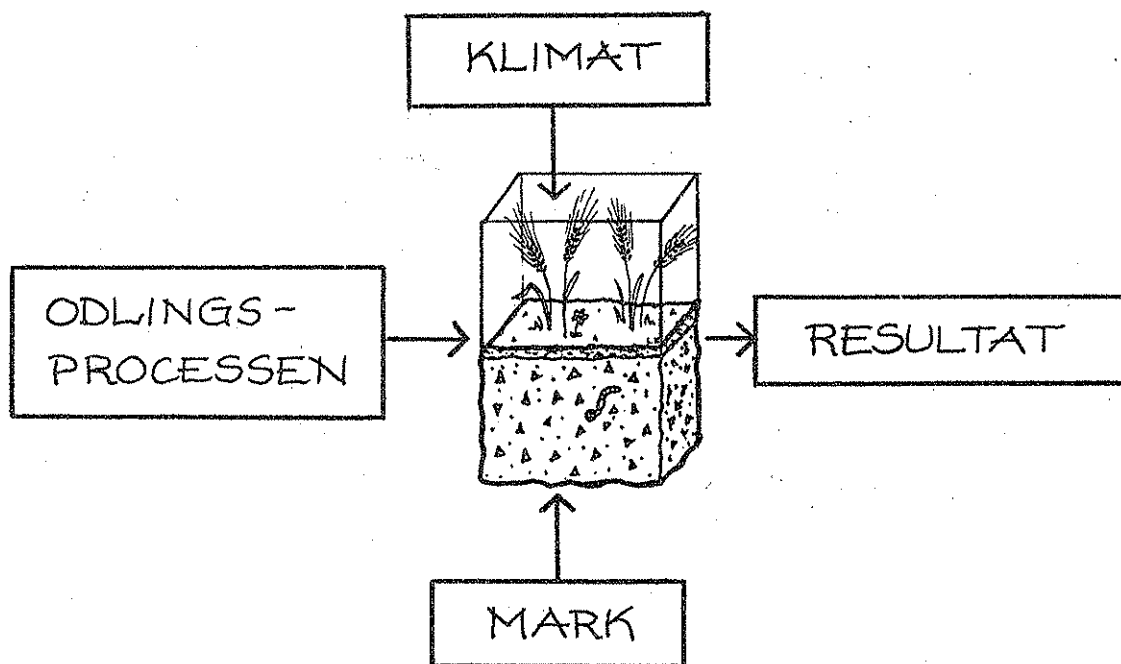
Ett alternativ antas slutligen ge möjlighet att låta förarlösa fordon utföra arbetsoperationer på fältet:

Förarlösa fordon år 2010, noggrannhet $\pm 0,05$ m.

Det är främst utvecklingen av elektronisk mät-, styr- och reglerutrustning som öppnar möjligheter till denna ökade precision. När det gäller informationslagring och reglering är utvecklingen av olika tekniska system för bestämning av position hos ett fordon i rörelse på fältet en viktig del.

FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRDERING AV NOGGRANNARE TEKNIK I VÄXTODLINGEN

I detta kapitel görs ett försök till att beskriva en helhetsbild av förutsättningarna som den senare beskrivna tekniken ska arbeta under. I grunden ligger ett synsätt där de för odlingen viktigaste platsbundna resurserna utgör utgångsläget. Det innebär att marken och klimatet sätts i centrum enligt figur 1 nedan.



Figur 1. En schematisk bild över de viktigaste huvudfaktorerna som påverkar resultatet av växtodlingen (se även bilaga 3).

Förutom marken och klimatet tas dessutom odlingsprocessen med dess inre och yttre ramar upp. Vissa mer detaljerade förutsättningar beskrivs noggrannare i samband med beskrivningen av de olika specifika precisionsnivåerna.

Marken

De geologiska förhållandena har genom historiska händelser givit olika förutsättningar för odling i olika delar av Sverige. Ibland görs i vårt land en grov indelning

mellan skogsbygd, mellanbygd och slättbygd. Indelningen är gjord med avseende bl a på förutsättningarna för årlig brukning av åkermarken. Ovan nämnda indelning tar dock inte hänsyn till var i landet landskapstypen är placerad. I fortsättningen antas överlag förhållanden som motsvarar förutsättningarna i Svealands slättbygder - närmare bestämt i närheten av Uppsala. I en framtida situation för svensk växtodling antas att odling i något högre grad än idag (1990) flyttas ut på slätterna. På så vis antas en slättgård i Uppsala utgöra en på lång sikt beständig odlingsareal för spannmålsodling.

Den svenska åkerjorden är vidare indelad i åkerjordsområden efter den dominerande matjordstypen. Enligt Ekström (1953) är det sammanlagt 28 olika områden, där Uppsala befinner sig i de mellansvenska heterogena lerjordsområdena. Dessa består av mellanlera, finmolera och styv lera i matjordslagret. I alven är det till övervägande del styv lera, mellanlera eller finmolera. En lerjord av det här slaget anses i det här fallet på lång sikt representera en stor del av den framtida uppodlade marken.

Brukningens enhetens (gårdens) placering i landskapet avgör vidare den mer detaljerade sammansättningen av odlingsmarken. En markkarta där bl a jordarter, förråd av fosfor, förråd av kalium m m anges ska finnas och ska helst förnyas efter varje slutförd växtföljd (var 5:e till 10:e år).

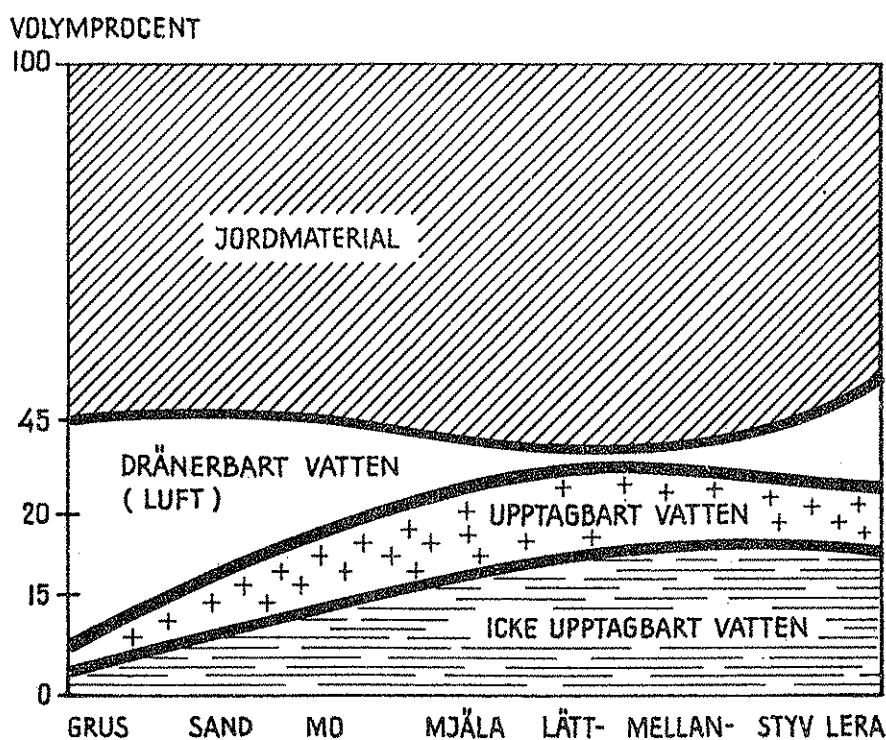
Odlingsmarken utsätts varje år för olika påverkan under, före och efter odlingsprocessen i form av:

- *mekanisk påverkan* från maskiner och fordon, extrema väderleksförhållanden, markfauna m m
- *kemisk påverkan* från nederbörd, luften, kemiska bekämpningsmedel, växtnäringssämnen, kalk m m
- *biologisk påverkan* från aktivitet hos svampar och bakterier, maskar m m.

Alla dessa faktorer bidrar till att bilda markens i det närmaste oändligt stora variationer i sammansättning. Dessa förutsättningar bildar tillsammans med klimatet (se vidare sid 15) de lokala odlingsbetingelserna för varje del av ett fält.

Variation i markens mekaniska sammansättning

Grundläggande för hur marken reagerar för mekanisk påverkan är kornstorleksfördelningen hos jorden. Kornstorleken i jorden är avgörande för markens fördelning mellan andelen fasta partiklar, vatten och luft, vilket i sin tur har stor betydelse för bl a energiåtgången för att kyla ned resp värma marken samt möjligheten att transportera och magasinera vatten i marken.



Figur 2. Jordartens (kornstorleksfördelningens) betydelse för vattenförhållandena i marken - schematisk bild (Anerud et al 1978)

Nedan följer en uppräknig av vissa viktiga orsaker till variationen av den mekaniska sammansättningen hos marken. Variationerna påverkar dessutom indirekt de kemiska och biologiska variationerna i marken.

Variationsorsaker:

- torksprickor
- igenslamning av ytskikt

- hjulspår från fordon
- redskapspåverkan
- halmförekomst
- maskaktivitet
- täckdikning
- skiftesgränser
- stenförekomst
- hinder på fältet
- små och stora topografiska ojämheter
- jordarter
- växtrötter m m.

Dessa variationer utgör tillsammans med årsmånens förutsättningarna för att t ex på våren göra en bra såbädd.

Variation i markens kemiska och biologiska sammansättning

Den biologiska och kemiska aktiviteten påverkas framför allt av temperatur, lufttillgång, tillgång på organisk substans och fuktinnehåll i marken. På grund av bl a klimatets årliga förändringar blir därför variationen av den kemiska sammansättningen mycket stor mellan olika delar av ett fält vid ett visst tillfälle. Detta påverkar bl a fördelningen av markens egna tillgångar på näring.

Förutom markens egen aktivitet när det gäller att producera/omvandla växttillgängliga näringsämnen så tillkommer andra variationsfaktorer. Från luften kommer framför allt kväve och andra mindre välkomna föroreningar med nederbörden. Ojämn spridning av gödsel tidigare år och aktuell säsong bidrar till en ojämn fördelning av kväve mellan olika delar av ett fält. Sammanfattningsvis

förekommer stora variationer av växtnäringsinnehållet i marken inom ett fält. Det kan gälla gradvisa förändringar av medelinnehållet och variationer inom en mycket begränsad yta. Det kan också gälla variation av växtnäringsfördelningen i markprofilen från ytan ned till aktuellt rotdjup (Lindén, 1981). När det gäller t ex kvävet i markprofilen så konstaterar Lindén (1981) att samstämmigheten mellan variationen i ytlagret och variationen av kväveinnehållet i hela profilen (ned till 90 cm) är dålig - framför allt vid höstprovtagning.

Klimatet

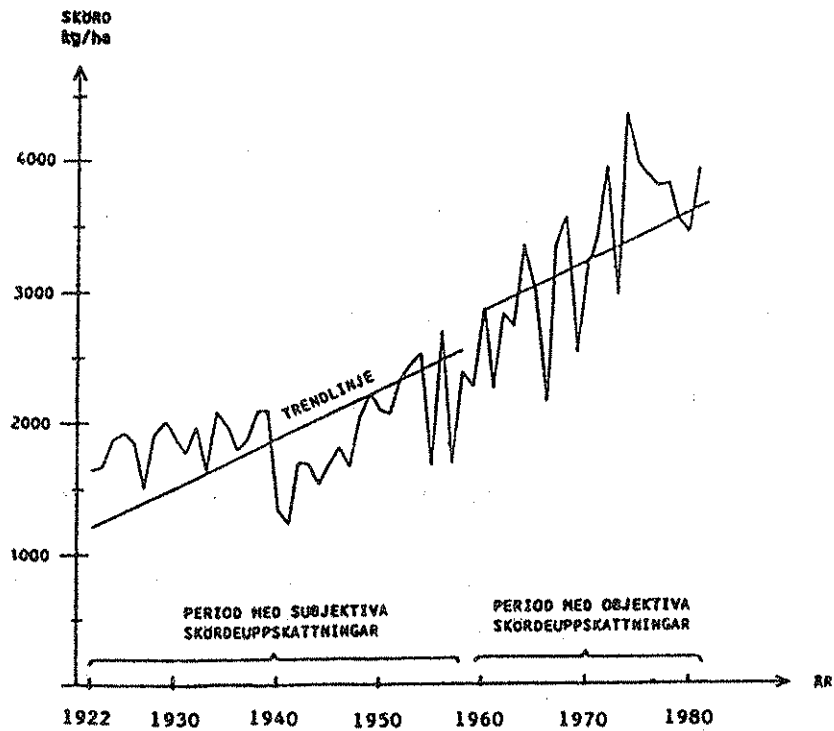
Klimatet i en del av världen har fram till idag till övervägande del avgjort vilka växter som av tradition odlas. Med hjälp av en snabb utveckling av bl a genteknik minskar dock betydelsen av denna tradition. I Sverige är förutsättningarna goda för att odla framför allt stråsäd och vall. Det finns rekommendationer för odling av olika sorter i olika områden i landet. Klimatet tillsammans med tradition bidrar också till att olika odlingsmetoder utvecklats i olika delar av landet.

Det lokala klimatet påverkas av en mängd geografiskt betingade faktorer. Det kan gälla närhet till större vattendrag eller sjö, andelen skog i landskapet, höjdskillnader, åkermarkens arrondering och placering, övriga inslag i landskapet m m. Alla dessa faktorer tillsammans med områdets geografiska placering som bestämmer "typiskt väder" avgör de lokala klimatförutsättningarna. I det här fallet gäller det Uppsalaområdet och slättbygden.

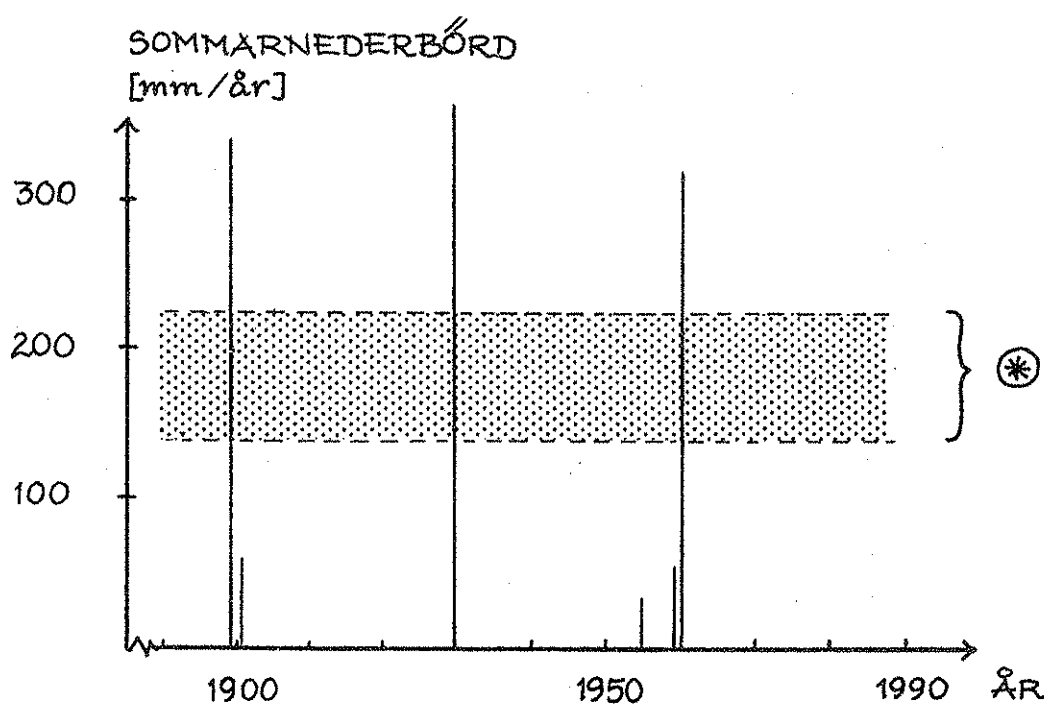
Det lokala klimatet för delar av ett fält avgör följande odlingsfaktorer:

- temperatur (mark och luft)
- nederbörd
- vindriktning
- soltimmar
- växtodlingssäsongens längd.

Faktorerna varierar till viss del inom arealen på en specifik gård och till viss del även inom ett fält (t ex lokala regnskuror). Dessutom är årsvärdet unikt och varierar inom ett för en viss växtplats typiskt intervall. Ett exempel är en plats i Uppsala vars årliga klimatvariationer givit upphov till skördevariationer som visas i figuren nedan. Dessutom visas en figur där bl a Uppsalas nederbördsvariation visas.



Figur 3. Skördevariation mellan olika år i närheten av Uppsala (SCB, 1985).



(*) 50% sannolikhet för sommarnederbörd i detta intervall, enligt statistik för 100 år.

Figur 4. Sommarnederbördsvariationer mellan olika år i Uppsala (Eriksson, 1986).

Väderprognoser

Innan olika insatser i växtodlingen påbörjas behövs kunskaper om vädrets framtida troliga utfall. Idag går det att få upplysningar om vädret i landet som helhet, regionvis och i vissa fall lokala mer detaljerade prognoser. En undersökning av Liljas (1988) som behandlar förbättrad väderleksinformation till lantbrukare tar upp de positiva effekterna med att kunna ge en säker prognos upp. Resultatet visar att det är stort behov att förbättra upplösningen av de korta prognoserna motsvarande inom ca ett 1 dygn. Dessutom nämns att de längre prognoserna (2-7 dygn) måste bli ytterligare tillförlitliga. I övrigt nämns riskbedömning när det gäller nederbörds- och frostprognoser som bör uttryckas som sannolikhet i procent. Väderdatabaser kan dessutom komma att användas som en del vid utformning av t ex tillväxtprognoser i framtiden.

När det gäller att förutse för odlingen viktiga framtida händelser i början av en odlingsssäsong är alltså svårigheterna mycket stora.

Odlingsprocessen

Med odlingsprocessen menas i det här fallet den delen av växtodlingen som kan påverkas av människan. Det kan gälla ändringar på lång sikt av lagar, opinion, marknader osv (yttre ramar). Dessutom kan det gälla den direkta påverkan på kort sikt i växtodlingsarbetet i form av insatser av arbete, i maskiner m m (utförande och inre ramar).

Yttre ramar

Den svenska växtodlingen regleras inom yttre ramar som sätts av samhället genom lagstiftning, övriga politiska beslut och opinioner från olika specialinriktade grupper i samhället. Dessa ramar kompletterar de tidigare nämnda förutsättningarna, klimat och mark. De har alla det gemensamt att det inte finns möjligheter att på kort sikt påverka faktorerna under odlingsprocessens gång (= under en växtssäsong).

Lagstiftningen lägger fast ekonomiska grundspelregler, ansvarsfördelning mellan aktörer i samhället, regler för hushållning med naturresurser, regler för miljöhänsyn, djurmiljöhänsyn, arbetsmiljöhänsyn m m. Tidigare har svensk lagstiftning endast till liten del varit beroende av omgivande länders lagstiftning. Inom ramen för 20-årsperioden fram till år 2010 kommer detta beroende dock att öka. Det är mycket sannolikt att en internationell "standardisering" av de yttre ramarna ökar när det gäller ekonomiska spelregler, övrig lagstiftning t ex miljölagstiftning, teknisk utrustning m m. Vissa specialregler måste dock alltid kunna gälla för ett område med speciella förutsättningar (t ex Sverige, eller en del av Sverige osv).

Samtidigt som en internationell standardisering tar vid kan också regionala beslut öka i betydelse. För jordbruket och växtodlingen kan det gälla oviljan eller viljan att inom ett geografiskt område ha en viss självförsörjningsgrad av livsmedel,

energi, industriråvaror m m. Det kan dessutom gälla att behålla arbetstillfällena och bosättning inom jordbruksområdena. Landskapets utseende och variation kan på lång sikt värderas högre eller lägre osv.

De yttre ramarna som nämnts tillsammans med ökade kunskaper om biologiska samband påverkar förutsättningarna att odla växter i Sverige och i andra delar av världen. Detta avgör (i stora drag) utseendet hos marknaden för växtprodukter vid ett nytt jämviktsläge år 2010.

Inre ramar

De inre ramarna för odlingsprocessen motsvaras av det enskilda lantbruksföretagets förutsättningar. Det gäller först och främst företagarens personliga intresse som sätter prägel på sättet att sköta företaget. Avgörande blir alltså hans/hennes intresse och förmåga att genom samordning av befintliga resurser nå uppställda mål med företaget. Undersökningar där lantbrukare intervjuats om sin syn på sitt värv visar att historiskt sett har lantbrukandet som livsform varit en mycket viktig del (Andersson, Axelsson, 1988; Nitsch, 1982). Det stämmer väl överens med erfarenheter från undersökningar om andra småföretagare. Där konstateras bl a att småföretagandet är ett sätt att tänka, lära och leva och livsformen/arbetet tillfredsställer på det viset många grundläggande behov (Nitsch, 1990). Även om det år 2010 råder andra förutsättningar än idag antas här att företagandet består av en viktig "livsformsdel" även i framtiden.

De viktigaste resurserna för växtodlingen förutom mark och klimat är framför allt arbete och kapital (maskiner, insatsmedel m m). Dessa organiseras och administreras (= samordnas) av lantbruksföretagaren med hjälp av kunskap från praktiska erfarenheter, grundutbildning och fortbildning, vid behov även med hjälp av rådgivare (specialrådgivare, allmänrådgivare, försäljare m fl). Det slutliga resultatet blir fördelning av resurser över åkerarealen för att uppnå bästa resultat.

Gården som valts till exempelgård i denna värdering ligger som tidigare nämnts i slättbygd i närheten av Uppsala. Den har 100 ha åker som är placerad runt gården

och vidare antas ett antal grannar finnas i närheten med liknande förhållanden. Gården sköts idag såväl som imorgon (år 2010) av 1 person även vid säsong på vår och höst.

Maskinkapaciteten antas på lång sikt motsvara den som idag kan rekommenderas för en ca 100 ha stor gård (se tabell nedan).

Redskap/fordon	Arbetsbredd (m)	Arbetsbehov (mt/ha)
Traktor 1	65 kW	
Traktor 2	45 kW	
Harv (6 km/h)	6,6	1,05
Konstgödselspridare (storsäck, 7 km/h)	12	0,4
Såmaskin (6 km/h)	3	1,0
Vält (6 km/h)	6,1	0,41
Växtskydd (200 l/ha, 8 km/h)	12	0,25
Tröska (4 km/h)	12 fot	1,65
Transporter och avlastning (4 ton skörd Korn/ha)	(65 kW)	0,22
Stubbearbetning (5 km/h)	2,4	1,3
Plöjning (växelplog, 4 km/h)	1,42	2,8
	Summa (mt/ha)	9,1

Tabell 1. Maskinuppsättning på exempelgården (Databok, 1989; Elinder, Falk, 1983). Kapaciteten är samma år 1990 som år 2010.

Avståndet till större ort för leverans av produkter, inköp av förnödenheter är ca 15 km. Transporter inom gården består av en liten del av det totala arbetet tack vare att marken är väl samlad.

Goda möjligheter till socialt umgänge finns på nära håll.

De företagsekonomiska grundförutsättningarna förutsätter ett avsalupris på ca 1,30 kr/kg korn. Det ekonomiska utfallet på exempelgårdens växtodling år 2010 med precisionsnivå 1 utgör utgångsläge för beräkningar av förändrat netto vid användning av teknik med större precision. Arbetskostnaden tas upp till motsvarande 100 kr/h. Realkalkylmetod används för beräkning av kostnader för ny teknik (realränta 7 %). Avskrivningstid 5 år och kostnaden för underhåll beräknas enligt schablon.

Växtodlingsprocessens utförande

Inför varje moment i växtodlingsprocessen krävs en mängd information om vilka förutsättningar som råder vid en viss tid. Det kan gälla bl a historiska data om vädret, väderprognoser, hur marken reagerar i olika situationer, erfarenheter från odling av en viss gröda, driftsledningskunskaper, forskningsrön, priser på insatser, förväntade möjligheter att få avsättning för slutprodukten m m. Allt detta ger inom de inre och yttre ramarna underlag för beslut om val av:

- tid för insats
- typ av insats
- nivå på insats.

Själva utförandet består slutligen av en mix av arbetsinsats och teknik (fordon, maskiner) som tillsammans utför ett arbete. Slutresultatet blir t ex en färdig såbädd, fördelning av utsäde, fördelning av växtnäring, bekämpning av ogräs, fördelning av växtskyddsmedel, omhändertagande av skörd m m. Tid för insats, utförandeprincip och nivån på insatsen bestäms enligt tidigare text av beslutsunderlagets utseende och den mänskliga faktorn vid beslut. Den tekniska principens faktiska noggrannhet och den mänskliga faktorn vid utförandet avgör det verkliga slutresultatet.

Den här studien tar upp möjligheter att med hjälp av teknik förbättra slutresultatet. Närmare bestämt är frågeställningen begränsad till att värdera möjligheten med teknik som kan förbättra slutresultatet av fördelningen av insatser mellan olika delar av ett fält.

Det innebär att det verkliga behovet måste kunna mätas (= behovsanalys). Detta underlag måste sammanställas i någon lämplig form (= informationslagring). En reglering utifrån det uppmätta behovet blir då möjlig. Avgörande för de tekniska möjligheterna blir då:

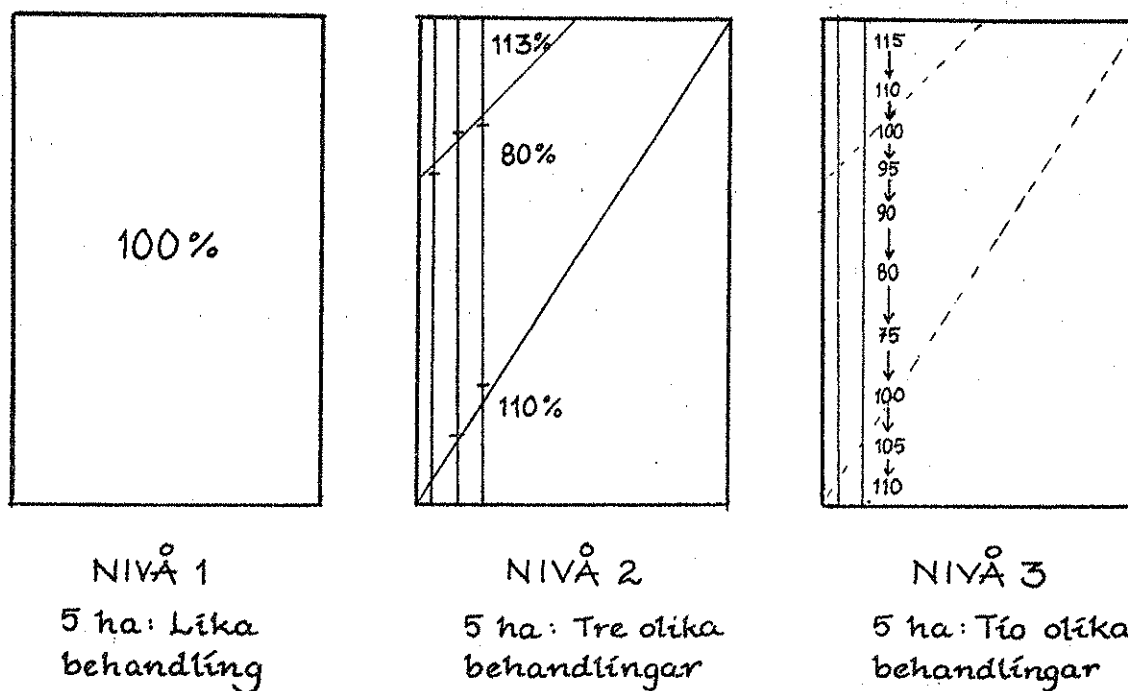
- mätbarhet hos fältfaktorer (överensstämmelse mellan mätvärde och verkligt värde)
- informationslagringsmöjligheter för mätdata
- reglerbarhet hos arbetsprocess (överensstämmelse mellan inställt värde och önskat värde).

Dessutom ska möjligheter att med hjälp av teknik begränsa inverkan av den mänskliga faktorn i växtodlingsprocessen undersökas. Den allra mest långt gångna utvecklingen antas riktas in mot helt förarlösa fordonskombinationer.

FUNKTIONSBESKRIVNING AV PRECISIONSNIVÅER OCH DETALJERADE FÖRUTSÄTTNINGAR

Under den här rubriken beskrivs tekniken som antas representera de olika precisionsnivåerna. Det börjar med en beskrivning av den allmänna situationen idag - allmän beskrivning och teknikens huvudfunktion. Vidare beskrivs för varje nivå de förbättringar som kommer till för varje ny precisionsnivå. Det innebär att för att få en helhetsbild av en nivå måste samtliga funktionsbeskrivningar fram till aktuell precisionsnivå läsas igenom. Dessutom beskrivs vissa förutsättningar mer i detalj än tidigare.

I figuren nedan visas schematiskt vilken inverkan de olika precisionsnivåerna har på fördelningen av växtodlingsinsatserna inom ett fält (se även bilaga 1).



Figur 5. Schematisk bild över fördelningen av växtodlingsinsatser inom ett fält beroende på val av precisionsnivå.

Alternativet med förarlösa fordon har främst inverkan på hur växtodlingens fältarbeten i praktiken organiseras.

Dagsläget 1990

Allmänt kan sägas att dagens situation är anpassad till den begränsade noggrannheten hos det beslutsunderlag som används i praktisk växtodling. Det gäller samtliga arbetsmoment i växtodlingen. Med beslutsunderlaget menas den information som finns att tillgå för beslut om tid för utförande och val av nivå på insats.

Brukarnas praktiska erfarenheter från olika delar av gårdens mark är ofta av tidskäl begränsat till hela fält. Forskning och försök har gett rådgivningen ett underlag som idag börjar innebära förutsättningar att anpassa vissa arbetsmoment (insatser) till olika skiften. I övrigt är rådgivningen till stor del anpassad till större områden. Väderprognoser och prognoser för skadeinsekter, växtsjukdomar är även de anpassade till större områden.

Den frammanade specialiserade och till viss del storskaliga produktionen av livsmedel har inte stimulerat till någon noggrannare anpassning av åtgärder än till i bästa fall varje fält. Växtodlingens negativa effekter på miljön har allmänt aktualiserats först på senare år. I det sammanhanget har problem med utlakning av näringsämnen och utarmning av landskapet påpekats för vissa regioner.

Den mänskliga faktorn har stor betydelse när det gäller beslut om *när* och *hur* olika växtodlingsåtgärder ska utföras. Driftsledningen inom ett lantbruksföretag har genom anpassning till inre och yttre ramar efter bästa förmåga i allmänhet skiftesanpassat åtgärderna. Det gäller både beslut på lång sikt, t ex växtföljder, och på kortare sikt samtliga arbetsmoment i växtodlingen. Här antas att medelfältstorleken för på lång sikt odlad åker år 2010 är ca 5 ha (vissa fält är dock betydligt större och många är mindre).

Inom tidigare nämnda ramar har teknik vuxit fram som är anpassad till en noggrannhet som motsvarar en insats till ett helt fält. Det vill säga, tekniken gör det hanterbart att ställa in en åtgärd för varje fält men inte så mycket oftare. När det gäller tillgång på teknisk utrustning är marknaden i allt större grad anpassad mer till Sveriges medelväxtodling än till lokala förhållanden. De tekniska grundprinciperna för t ex såbäddsberedning, gödsling osv har i vissa fall dålig överensstämmelse när det gäller inställt värde och verkligt utfall. Orsakerna kan vara ojämnhet på t ex ytjordskiktets sammansättning, gödselns sammansättning, dålig teknik eller den mänskliga faktorn vid handhavande av tekniken.

Alla förhållanden ovan lägger grunden för behovet av framtida förbättringar av följande tekniska funktioner:

- bättre såbäddsberedning
- bättre såteknik
- noggrannare utmatning av gödselmedel och bättre fördelning i sid- och längsled
- bättre och säkrare ogräsbekämpning, t ex effektivare distribution av bekämpningsåtgärder

- högre effektivitet på tröskan
- bättre jordbearbetningsteknik

Förutom dessa förbättringar av enskilda arbetsmoment i växtodlingen bör teknisk utveckling av helt andra odlingssystem och delar av odlingssystem vara möjlig. I denna rapport finns det dock ingen möjlighet att ta med någon spekulation kring en sådan utveckling. Anledningen är att studien är begränsad till en utvärdering av en vidareutveckling av konventionell växtodling. Den slutliga värderingsstudien består därför av en jämförelse mellan olika precisionsnivåer med ökande grad av precision - i en konventionell växtodlingsprocess enligt dagens metoder (1990). Det är rimligt, då man på detta sätt kan bryta ut effekterna av den tekniska förändringen i ett i övrigt liknande system.

Precisionsnivå 1 år 2010

Växtodlingens olika arbetsmoment är desamma som år 1990 men tekniska förbättringar och förbättringar av beslutsunderlag för driftsledning har skett.

Brukaren kan, tack vare utveckling av nya enkla och säkra analysmetoder för analys av t ex markegenskaper, skaffa sig en säkrare bild av förhållandena på varje enskilt fält. Varje gård har möjlighet att samla in stora mängder information om fältvariationer under odlingssäsongen och under resten av året. Det kan ske med hjälp av t ex fasta mätstationer ute i fält med manuell eller automatisk insamling av information. Informationen blir en viktig del i ett förbättrat beslutsunderlag starkt knutet till gård och/eller enskilda fält. Det används av rådgivare och lantbrukare, tillsammans med prognosinformation och övrig rådgivningsinformation, till beslut om:

- tid för växtodlingsinsats
- val av lämplig växtodlingsinsats
- nivå på växtodlingsinsatsen.

Forskningen och försöksverksamheten har möjlighet att förse rådgivningen med mer detaljerade lokala kunskaper. Det gör det möjligt att ge säkrare råd för skiftes Anpassning av samtliga arbetsmoment i växtodlingen.

Prognosverksamheten är mer utbyggd och kan på så vis ge en något större säkerhet hos de lokala prognoserna än år 1990. Det kan gälla både korta väderprognoser och växtskyddsprognoser.

De politiska prioriteringarna är nu (år 2010) mer inriktade mot att bevara markresurserna på lång sikt (både den som används och den som inte används). Det innebär att noggrannare skötsel av marken stimuleras. När det gäller t ex växtnäringsläckaget är det på ett annat sätt än tidigare kopplat till bedömningar av läckage från enskilda fält istället för hela regioner. Landskapsvården ses fortfarande som en angelägen nytta inom vissa regionala/lokala områden.

Den mänskliga faktorn är fortfarande lika avgörande för arbetets resultat trots att viss ny teknik finns tillgänglig. Utökad utbildning av lantbrukarna krävs för att kunna dra nytta av de nya teknikerna och kunskaperna - alltjämt skiftes Anpassade åtgärder.

Tekniken har förbättrats för samtliga arbetsmoment. Det innebär att år 2010 antas växtodlingens arbeten kunna utföras med efter lokala förhållanden god noggrannhet anpassad till varje skifte (medelstorlek ca 5 ha). Tekniken som finns tillgänglig gör det möjligt för lantbrukaren att genom rätt driftsledning och rätt handhavande med tekniken i medeltal för varje fält åstadkomma:

- bra såbäddsberedning
- sådd av utsäde på önskat djup
- bra fördelning av växtnäring
- jämn fördelning av bekämpningsmedel och god effektivitet vid bekämpning av ogräs, växtsjukdomar m m
- bra utnyttjande av skördetröskan (och insamling av skördedata)
- teknik för jordbearbetning som är energieffektiv och åstadkommer för denna storlek av maskiner liten jordpackning.

Precisionsnivå 2 år 2010

Ett motsvarande beslutsunderlag som beskrivs under tekniknivå 1-rubriken för driftsledning, från rådgivning m m finns tillgängligt. Den teknik som vidare beskrivs ovan är utgångstekniken när det gäller teknisk grundfunktion för utförandet av varje arbetsmoment.

Ett nytt inslag i och med denna precisionsnivå är en noggrannare behovsanalys med efterföljande reglering av växtodlingens samtliga arbetsmoment. Precisionsnivån har antagits till ca 0,5 ha. Det gör att det blir motiverat att jämföra olika utförandemetoder eftersom det är realistiskt att utföra behovsanalys och reglering med både en manuell metod och en automatisk metod. Valet av precisionsnivå 0,5 ha begränsar med ledning av den verkliga variationen i mark och klimat antalet regleringsnivåer till 3 st - hög, medel och låg. Det manuella alternativet gör att den mänskliga faktorn ökar i betydelse. Det automatiska systemet bidrar istället till att i varje arbetsmoment (på kort sikt) minska inverkan av den mänskliga faktorn. Det gäller främst de fall behovsanalysen automatiskt kopplas till en ändring av maskininställning. Det är dock möjligt att utforma det automatiska systemet så att beslutet om ändring av maskininställning tas av föraren istället.

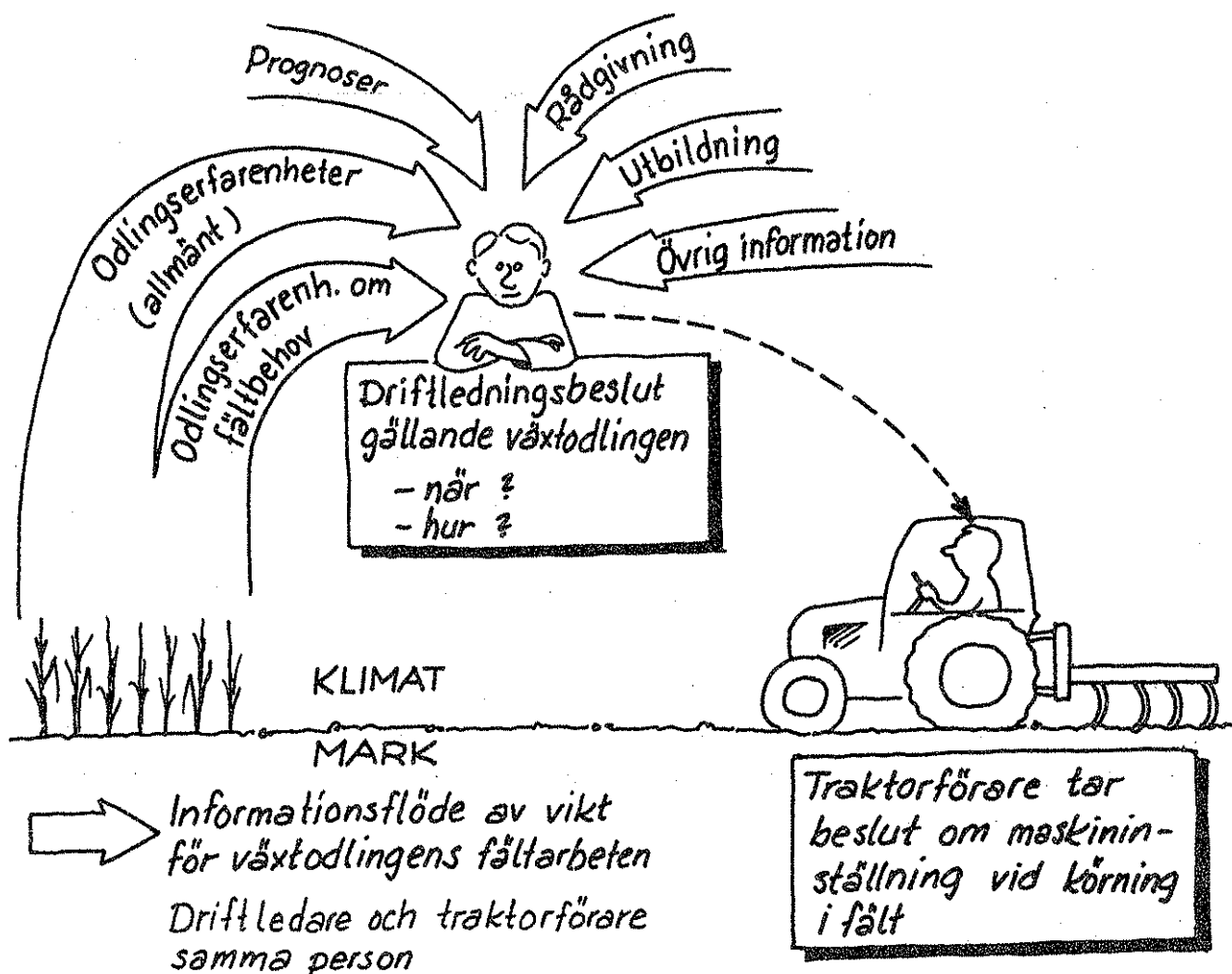
Manuellt alternativ

Behovsanalysen utförs i det manuella alternativet med hjälp av personliga bedömningar av lantbrukaren. Bedömningarna antas inte kunna göras samtidigt som ett fältarbete utförs. Behovsanalysen består istället av att gå över fälten och gradera behov innan fältarbetet utförs.

Behov som identifierats antecknas på en karta för varje fält. Kartan tas sedan med och sätts upp väl synlig i traktorns förarhytt.

Regleringen av åtgärderna kan sedan skötas med manuellt reglage inifrån förarhytten utifrån den i förväg iordninggjorda behovskartan.

I figuren nedan presenteras en schematisk bild över hur informationsflödet, gällande växtodlingsarbetet, antas fungera i det manuella alternativet.



Figur 6. Schematisk bild över informationsflödet i ett framtida manuellt växtodlingssystem - enligt definitionen i denna studie.

De tekniska funktioner som måste finnas tillgängliga i det manuella alternativet är uppräknade nedan. Det är endast för detta alternativ nödvändiga tekniska funktioner som är upptagna.

Tekniska funktioner vid manuellt alternativ (noggrannhet ca 0,5 ha):

- manuellt arbete med gradering och lokalisering av behov (hög, medel, låg)

- manuell anteckning av behov på karta över fält
- reglerteknik (på redskap) för stegvis ändring av maskininställningar
- manöverenhet för reglering av maskininställningar från förarplats
- kontrollenhet som ger information om inställt värde och driftskontroll av teknik vid förarplats.

Automatiskt alternativ

I det automatiska alternativet krävs någon form av teknisk utrustning för bestämning av positionen hos ett fordon i rörelse i fält. Detta kan ske t ex med hjälp av ett positioneringssystem med följande funktioner (Brisegård, 1989):

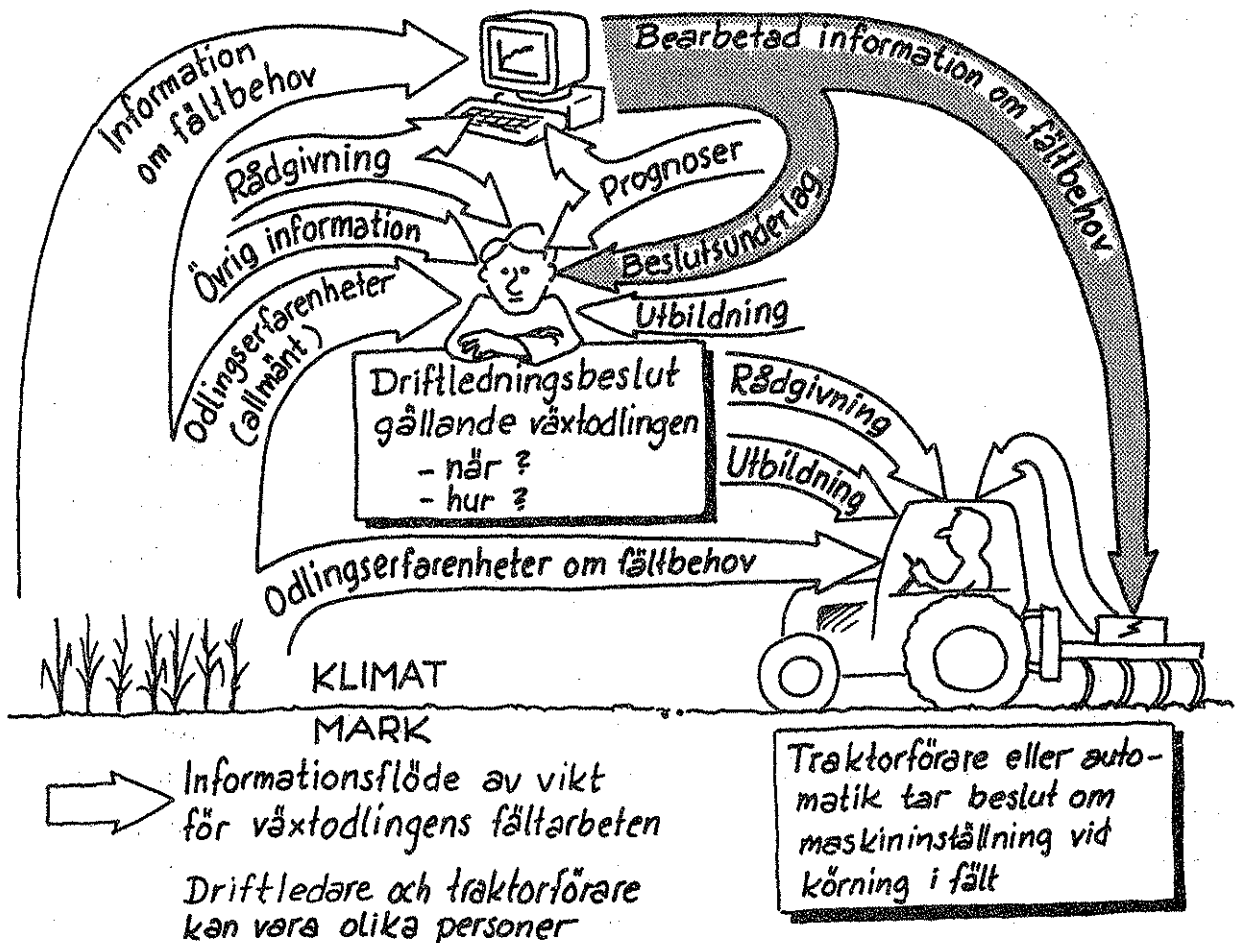
- mikrovågsmottagare på fordon och aktiva transpondrar i fältkanter (räckvidd ca 200 ha vid jämna förhållanden)
- noggrannhet ca $\pm < 5-10$ m

Det förutsätter vidare att det finns tekniska möjligheter att göra behovsanalysen automatiskt vid utförandet av ett arbetsmoment i växtodlingen. På redskapen kan då mätning av en utslagsgivande faktor ge underlag för automatisk registrering av behov. Alternativt kan manuell behovsanalys enligt tidigare beskrivning göras.

Information om det behov som registrerats kan automatiskt lagras på elektroniska fältkartor i en dataenhet i förarhytten. I de fall manuell behovsanalys utförts förs information om olika behov in på elektroniska fältkartor genom att knappa in information direkt på en dataenhet. Den information om varierande behov som samlas in i samband med en arbetsoperation bearbetas i den centrala dataenheten tillsammans med lagrade historiska fältdata, aktuella prognoser och aktuell giltig rådgivningsdata. På det viset kan det kortsiktiga beslutet om lämplig maskininställning tas utifrån en stor mängd data.

Informationen om fältens behovsfördelning ligger sedan till grund för en automatisk reglering av insatserna - efter nivåerna hög, medel och låg. Reglerutrustningen ställer automatiskt in önskat behov med stöd av den datalagrade fältkartan. Alternativt kan beslut om rätt maskinställning tas av förare med efterföljande manuell reglering. Information om aktuell maskininställning och information om driftskontroll ges vid förarplatsen.

I följande figur presenteras en schematisk bild över hur informationsflödet antas fungera i de automatiska alternativen när det gäller arbetet med växtodlingen.



Figur 7. Schematisk bild över informationsflödet i de framtida hel- och delautomatiska växtodlingsalternativen - enligt definitionen i denna studie.

De tekniska funktionerna som måste finnas tillgängliga för det automatiska alternativet är förutom den tidigare nämnda positioneringsutrustningen:

- sensorer för automatisk mätning av utslagsgivande fältfaktor som underlag för automatisk gradering av fältbehov/alt manuell behovsanalys
- automatisk informationslagring av behov på elektronisk fältkarta/alt manuell inmatning av behov på elektronisk fältkarta
- reglerteknik för stegvis ändring av maskininställning
- automatisk alt manuell reglering av maskininställningar efter kartlagt behov
- kontrollenhet som ger information om inställt värde och driftskontroll vid förarplats.

Precisionsnivå 3 år 2010

Denna tekniknivå ställer samma krav på beslutsunderlag, utformning av grundteknik för varje arbetsmoment som precisionsnivå 2.

Precisionsnivå 3 skiljer sig från förra nivån på det sättet att det ställs högre krav på noggrannhet. Precisionsnivån är i det här fallet antagen till 0,005 ha. Det gör det nödvändigt att mäta och reglera även maskinernas arbetsbredd - förutom regleringen längs maskinernas arbetsriktning. Detta ställer högre krav på säkerheten vad gäller kunskaper om biologiska samband. De biologiska kunskaperna ligger sedan till grund för konstruktion av teknik för mätning av utslagsgivande fältfaktorer. Den ökade noggrannheten hos graderingen av fältbehov ökar motivationen att använda ett större antal behovsnivåer. Här antas att ett val av 10 behovsnivåer är rimlig för precisionsnivå 3.

Den ovan beskrivna precisionsnivån kräver användning av ett helautomatiskt tekniskt system. Det innebär att det helautomatiska alternativet, som beskrivs tidigare används. Det krävs dock större teknisk noggrannhet för samtliga tekniska funktioner.

Förlösa fordon

Den sista precisionsnivån har en jämfört med tidigare nivåer ännu större noggrannhet när det gäller bestämning av position på fältet. I övrigt gäller samtliga tidigare förutsättningar. I och med denna större noggrannhet kan det bli möjligt att styra fordon i fält utan förare med hjälp av fjärrstyrningsutrustning.

Användning av förlösa fordon i jordbrukets växtodling kräver en mycket annorlunda arbetsorganisation än vad som antagits i de tidigare teknikalternativen. Tidigare har antagits maskinkapaciteter som gör det möjligt för *en* person att sköta allt fältarbete.

Ett maskinsystem där alla eller vissa fältarbeten utförs med hjälp av förlösa fordon består av lika många maskiner som tidigare men de är mindre och har mindre kapacitet. De är mindre för att åtminstone på vissa jordar (med stor andel lera) minska jordpackningen. Maskinerna kan ha mindre kapacitet eftersom en viss del av arbetet kan sparas in tack vare friställd förararbetstid. Möjligheten att spara arbetstid med det förlösa systemet är dock relativt begränsad jämfört med utgångsläget 1 man/100 ha. I det förlösa systemet har antagits att det krävs ständig övervakning. Det antas förutom detta alltid behövas manuella arbeten i samband med normala arbeten som flyttning av fordon mellan fält, påfyllning av utsäde, gödsel m m. Dessutom behövs service inför hastigt uppkomna fel och normala driftsstopp hos de förlösa maskinerna.

Exempel med vissa arbeten som utförs med hjälp av förlösa fordon

Ett växtodlingssystem där vissa arbeten är fjärrstyrda antas vara organiserat på följande sätt.

Ett förlöst fordon kan övervakas av förare av ett annat fordon som befinner sig i närheten på fältet. Den enda inbesparing som kan göras är då den del av arbetstiden som består av tid då flera arbetsmoment utförs samtidigt. Det innebär arbeten i samband med såbäddsberedning och ev i samband med skörd.

Exempel där alla arbeten utförs med hjälp av förarlösa fordon

Ett växtodlingssystem där alla arbeten utförs med förarlösa fordon antas vara organiserat enligt nedan.

Till att börja med är systemet uppbyggt kring ett antal 100 ha stora brukningsenheter med bra arrondering och relativt små avstånd mellan de olika gårdarna (eller en från början mycket stor gård). Antalet maskiner är samma som i den exempelgård på 100 ha som antas som utgångsläge i denna studie. Detta motiveras med att maskinerna är mindre och det är därför nödvändigt att ha tillräckligt antal maskiner och fordon för att arbetet ska bli utfört i rätt tid.

Övervakningsarbetet sköts av en man/kvinna för varje 800 ha (ständig övervakning). Övervakningsarbetet skulle kanske kunna utföras av samma manskap som ska göra övriga manuella arbeten. I det här fallet anses det inte vara tillfredsställande då övervakningen absolut säkert måste vara kontinuerlig, med tanke på säkerhet för djur och människor i maskinernas närhet osv.

De tekniska funktioner som krävs för att sköta ett förarlöst maskinsystem i växtodlingen är (förutom tidigare upptagna funktioner under automatiskt alt):

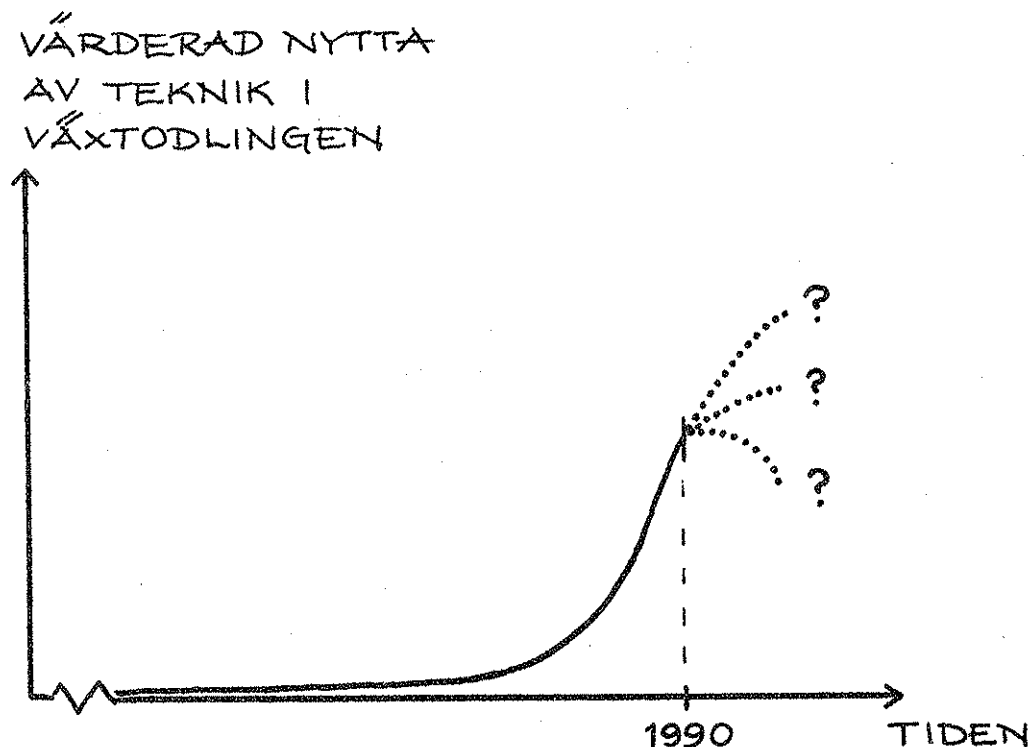
- bättre noggrannhet på positionsbestämningssystemet ($\pm 0,05$ m) överallt på fältet för alla fordon inom systemets räckvidd
- automatisk styrningsfunktion på fordon
- automatiska reglerfunktioner för att sköta hydrauliska, elektriska pneumatiska m fl funktioner i samverkan mellan fordon och redskap
- övervakningsutrustning för kontroll och justering av samtliga fjärrmanövrerade funktioner
- manuellt betjänade servicefunktioner för att stödja det fjärrstyrda maskinsystemet.

EFFEKTER AV NOGGRANNARE TEKNIK I KONVENTIONELL VÄXTODLING

Effekterna beskrivs för de olika precisionsnivåer som antas finnas tillgängliga år 2010. Effekterna presenteras i sex olika huvudgrupper; miljö, biologi, arbetsmiljö, teknik, energi och ekonomi. I beskrivningarna ingår att ange var en viss effekt uppstår och dessutom en bedömning av storleken. Enheten för storleksbedömningen är inte enhetlig för alla effekter.

Först beskrivs de effekter som förväntas (antaganden) av en allmän utveckling av konventionell växtodling fram till 2010 (= precisionsnivå 1). Dessa förhållanden utgör sedan utgångsläget när effekterna även högre precision än fältanpassning beskrivs vidare i kapitlet.

Den framtida nyttan av ny teknik kan bedömas utifrån de effekter (positiva och negativa) som presenteras i detta kapitel. Förhoppningsvis kan slutbedömningen utgöra en grund till att komplettera nedanstående "teknikresponskurva" (se fig. 8).



Figur 8. Värderad nytta av växtodlingsteknik i relation till tiden.

Lokalisering av och gradering av effekterna av precisionsnivå 1 år 2010

Enligt de förutsättningarna som antagits tidigare har det från år 1990 till år 2010 skett betydande förbättringar av medelutförande av skiftesanpassade åtgärder (antagen medelfältstorlek 5 ha). Det innebär att beslutsunderlag för driftsledningsplanering m m har förbättrats. Detta tack vare bl a forsknings- och försöksverksamhet som har förbättrat kunskaper om hur olika arbetsmoment ska utföras på i medeltal (lokalt anpassat) bästa sätt. De som brukar jorden har också efterfrågat en utveckling av teknik till växtodlingen som inriktat sig på skiftesanpassade åtgärder. Allt detta har bidragit till att det har utvecklats maskiner som gör det möjligt att utföra arbeten i växtodlingen med bättre överensstämmelse än tidigare mellan inställt värde och verkligt behov.

För samtliga fältarbeten beror det slutliga resultatet på det arbete som människan åstadkommer med hjälp av tekniska hjälpmedel. Det innebär att förutom utveckling av bättre teknik som beskrivits så ställs också krav på att driftsledare och förare tar "rätt beslut", hanterar tekniken rätt och har "rätt körteknik".

Effekterna av den tekniska utvecklingen jämförs, fram till år 2010, med dagens situation 1990. Precisionsnivå 1 utgör vidare utgångsläge för bedömning av effekterna av de ytterligare förbättrade precisionsnivåerna.

Miljön

Förbättrad teknik för såbäddsberedning och sådd medför att tillgängliga växtförutsättningar utnyttjas något bättre i medeltal än tidigare. På det viset kan tillgänglig mängd växtnäring utnyttjas bättre. Med en viss minskning av växtnäringsläckaget som följd.

Växtnäringen kan med ny teknik placeras relativt jämnt över ett fält. Tillsammans med ökade kunskaper och motivation att ta reda på vad som är en lämplig mängd växtnäring ur läckagesynpunkt kan risken för läckage från åkermark minskas. En minskning som till viss del kan hänföras till tekniken och en viss del

till valet av spridd mängd (= driftsledningsbeslut). Varje kilo växtnäring utnyttjas något effektivare och det bidrar till att minska använd mängd växtnäring per hektar något.

Olika bekämpningsåtgärder utförs med teknik som gör det möjligt att närma sig för ett visst fält optimal bekämpningsnivå. Det innebär att dosen vid bekämpningen kan minskas jämfört med idag (1990). Återigen är det viktigt att konstatera att minskningen beror dels på ny teknik som är beroende av driftsledande beslut, dels på slutlig hantering av teknik och körskicklighet. Dessutom antas här att bekämpningströsklarna vid den här tiden (2010) är högre än idag. Detta på grund av en osäkrare marknad för avsättning av slutprodukten. Det antas också att insatsmedlen har ökat något i relativpris på grund av ökade miljökostnader (utsläpp o energi). Detta bidrar till att minska den totala användningen av bekämpningsmedel - oavsett den tekniska utvecklingen.

Vid skördetillfället kan behovet av ogräsbekämpning indirekt minskas genom att en del av mogna ogräsfrön kan rensas bort och tas omhand med hjälp av utrustning på skördetröskorna. På så vis tas ogräsfrö bort från fältet istället för att lagras i markskiktet i väntan på att få gro.

Den sista behandlingen av marken inför den årliga vintervilan utförs så sent som möjligt och gärna i samband med sådd av någon kvävefångande gröda. Detta minskar utlakningen av växtnäring under framför allt den känsliga höstperioden med höga nederbörds mängder och ofrusen mark.

Landskapet påverkas inte direkt av den nya tekniken. Helt avgörande för påverkan på landskapet är driftsledarens mål med företaget. Ett mål som i sin tur påverkas av motivation som omvärlden kan ge uttryck för.

Biologin

Den förbättrade teknikens betydelse för det biologiska resultatet är svår att bedöma. Ett försök till bedömning har dock gjorts i det följande avsnittet. De kvalitetsförbättringar och kvantitetshöjningar som den nya tekniken antas bidra till tas upp för varje aktuell del av växtodlingsprocessen. Effekterna är antagna

medelförbättringar av kornskörd med utgångspunkt i litteraturgeorgång (Andersson et al., 1986; Aamisepp och Wallgren, 1979; Gummesson et al., 1988; Hammar & Henriksson, 1987; Huhtapalo, 1985; Håkansson, 1985; Kritz, 1983)

Tabell 2. Antagna kvalitetsförbättringar och kvantitetshöjningar med anledning av teknikutvecklingen från 1990 till år 2010 (egen sammanställning)

Teknikförbättring av:	Kvantitet (kg korn/ha)	Kvalitet (±)
Såbäddsberedning, sådjup	+ 50 kg	+
Växtnäringsnivå	+ 15 kg	+
Spridningsjämnhet (växtnäring)	+ 30 kg	+
Ogräsbekämpning	+ 50 kg	(+)
Växtskydd	+ 5 kg	±0
Skörd (minskad mängd ogräs)	+ 20 kg	±0

Den biologiska effektiviteten antas öka för varje insats i växtodlingen. Detta i och med att insatserna som görs i större utsträckning är anpassade till verkligt medelbehov. Det direkta värdet av denna förbättring i biologisk effektivitet förutom den ovan beskrivna biologiska skörde- och kvalitetsförbättringen beskrivs under rubriken "Miljön". Där tas exempelvis inbesparad mängd insatsmedel upp.

Arbetsmiljön

Parallellt med den tekniska utvecklingen av växtodlingsåtgärderna sker en viss utveckling av tekniskt utförande av arbetsmiljön som t ex förbättringar av arbetsmiljön i traktorhytten m m. Totalt är den fysiska arbetsmiljön bättre år 2010 än tidigare.

Även när det gäller den psykiska arbetsmiljön antas situationen vara förbättrad vid denna tid. Det grundar sig på att tekniken ger möjlighet att med större säkerhet utföra ett på förhand bestämt arbete. Det bidrar till en trygghetskänsla i och med att man som driftsledare/förare kan vara säkrare på vad som blivit utfört. Det kan dessutom vara en styrka att inför en omgivning, med synpunkter på utfört arbete, vara säker på vad som i verkligheten gjorts.

Den politiska situation som antas vara vägledande för ett företag som har någon form av växtodling år 2010 karakteriseras av stabila yttre ramar för företaget. Marknaden för avsättning för den odlade produkten är dock osäkrare. Som helhet upplevs denna situation som positiv jämfört med den totala politiska beroendeställning som funnits fram till omkring år 1990.

De ökade kunskaperna om biologiska samband m m som utnyttjas vid driftsledningsbeslut kräver, tillsammans med ökad kunskap om tekniken, utökad utbildning för lantbrukare år 2010.

Tekniken

Tekniken för förinställning av arbetsinsatser i växtodlingen är enkel. Inställda värden är enkelt avläsbara direkt på redskapen. På det sättet minskas den negativa inverkan av den mänskliga faktorn i samband med olika arbetsmoment.

I och med att tekniken är robust och enkel antas skötsel, underhåll och felsökning kunna utföras ganska enkelt. Behovet av experthjälp i samband med reparationer och service bör på det viset kunna begränsas - beroende till stor del på intresset hos driftsledare/övrig personal.

I den mån maskiner används som utvecklats med hänsyn till regionala skillnader i förutsättningar blir lantbrukarna beroende av en begränsad teknikmarknad. Begränsad såtillvida att maskiner specialkonstrueras för ett visst område (liten serie). Det kan vara fallet för vissa arbetsmoment, t ex jordbearbetning. Det är en viktig del av utvecklingen mot en förbättrad allmän teknisk nivå för växtodlingens arbeten.

Energin

Energiåtgången år 2010 motsvarar situationen år 1990. Möjligheter till inbesparing av energi kan främst göras med förbättrad driftsplanering och genom körskicklighet (körplanering).

Utveckling av förbränningsmotorn och ökad användning av alternativa bränslen kommer troligtvis att ske under tiden fram till år 2010. Effekterna av en sådan utveckling sker dock vid sidan av effekterna av den förbättrade odlingstekniken. De tas därför inte upp i detta sammanhang eftersom det endast är teknikens effekter i sambandet mellan redskap, människa/mark, växter m m som behandlas.

Ekonomi

De yttre ramar som påverkar den ekonomiska situationen för ett lantbruksföretag i form av skatteregler m m förutsätts vara stabilare år 2010 än idag (1990). Detta tillsammans med att marknaden för slutprodukten antas vara osäkrare än tidigare gör att driftsledningsbesluten om åtgärder i varje enskilt företag blir mer utslagsgivande än tidigare.

Företagets inre ramar som består av mark, företagsledning m m avgör vidare vilka beslut som är bäst vid ett visst tillfälle - bl a ur ekonomisk synvinkel. De ekonomiska ställningstagandena när det gäller växtodlingen måste ta hänsyn till bl a:

- långsiktig växtodlingsplanering på den enskilda gårdens mark
- kostnadsförhållandet mellan olika insatser i växtodlingen
- historiska ekonomiska händelser i företaget
- ekonomiskt mål med företaget
- de förväntade händelserna på marknaden för försäljning av slutprodukten.

Detta leder fram till val av gröda för ett visst fält och på det viset även val av bruksåtgärder.

I denna studie görs för ett visst år omkring år 2010 antagandet att det är lämpligt att så ett fält med korn. Medelskörden, vid skötsel av mark och gröda enligt det som beskrivits tidigare, är 3 860 kg korn/ha. Priset på grödan varierar år från år men antas till i detta fall 1,30 kr/kg korn.

Detta utgör ett ekonomiskt utgångsläge inför bedömningen av ekonomiskt utfall av de övriga precisionsnivåerna.

Lokalisering och gradering av effekter av precisionsnivå 2 år 2010

Den teknik som används i precisionsnivå 1 utgör här de tekniska grundförutsättningarna. Till detta kommer en noggrannare behovsanalys med efterföljande reglering av växtodlingsinsatserna inom ett fält. Noggrannheten är antagen till ca 0,5 ha. Det innebär att för varje insats i växtodlingen har motivationen ökat för att utföra en mer noggrann behovsanalys som lagras på någon form av karta. Kartan utgör sedan underlag för regleringen av insatserna. Med ledning av den antagna noggrannheten anses 3 st behovsnivåer vara motiverade.

I och med den antagna uppdelningen på tre olika behovsnivåer kan växtodlingens arbeten klaras med hjälp av olika metoder. Dels en manuell metod som är möjlig främst tack vare ökad arbetsinsats och viss ny teknik, dels en automatisk metod som är möjlig tack vare användning av främst ny teknik. De båda metoderna har i stort sett lika stora effekter. Det som skiljer metoderna åt är främst hur arbetet är organiserat och hur stor andel ny teknik som används.

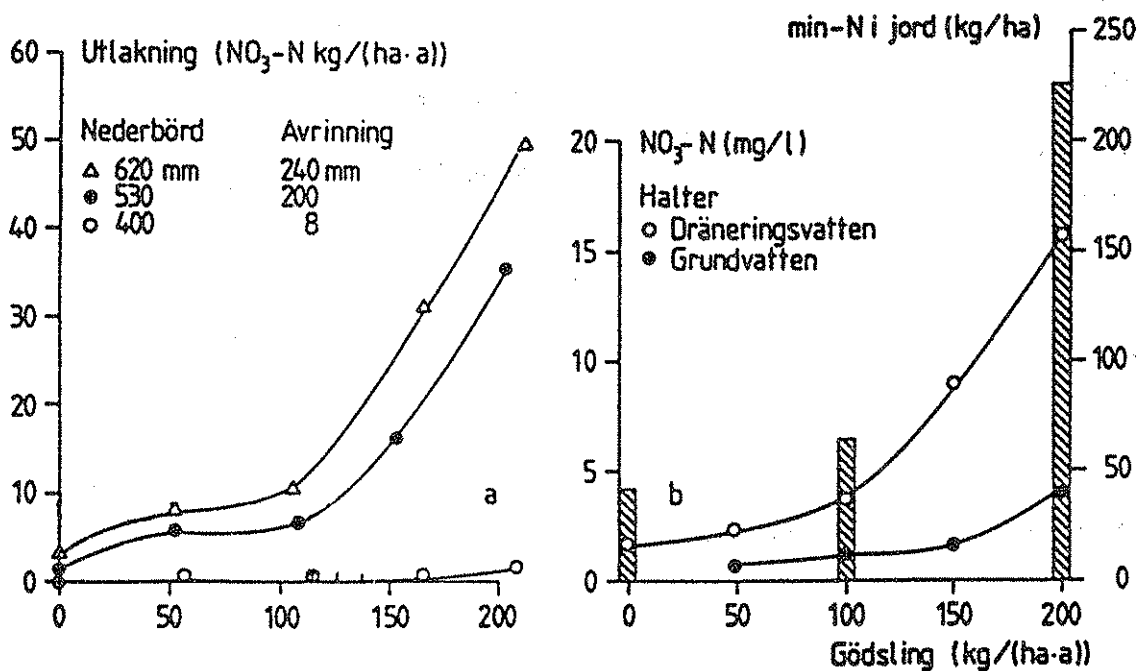
I det följande kommer effekterna av användning av precisionsnivå 2 att beskrivas under varje huvudrubrik enligt tidigare text. Uppdelning mellan manuell och automatisk metod görs endast i samband med beskrivningen av effekterna på arbetsmiljön, tekniken och ekonomin.

Miljön

Med bättre kartläggning och reglering av växtnäringstillförseln ökar effektiviteten för utnyttjandet av tillförd mängd växtnäring. På det viset bidrar tekniken till att minska riskerna för läckage samt minskad risk för avsättning av bekämpningsmedelsrester inom ett fält. Den miljöförbättring som behovsanalys

och reglering av insats ger upphov till inom ett fält är dock begränsad. Förutsatt att det, redan innan användningen av denna teknik, varit möjligt att välja en rätt medelnivå på insatsen inom ett fält.

Ett exempel när det gäller *utlakningsriskerna* från ett fält på exempelgården (Uppsala, mellanlera) visar att om kvävebehovet inom 5 ha varierar med ± 5 kg N/ha kan utlakningen minska med ca 0,1 kg/ha direkt orsakat av tekniken som används i precisionsnivå 2 (Brink, 1985; Andersson, 1986; se bilaga). Detta resultat kräver att det verkliga behovet i verkligheten kunnat kartläggas. När det gäller lerjordar och möjligheten att bestämma kväveinnehållet krävs en stor mängd tillförlitliga prover i ytan såväl som ned till normalt rotdjup, ca 90 cm, för att bestämma markkväveinnehållet (Lindén, 1981).



Figur 9. Utlakningen från en mellanlera, västra Sverige (Lanna) beroende av konstgödselgivan, nederbörden och avrinningen (Brink, 1985).

Vid användning av t ex kemiska bekämpningsmedel ger den förbättrade behovsanalysen och regleringen möjlighet att spara in en liten mängd bekämpningsmedel - mängden är emellertid svårbedömd (Gummesson et al., 1988; KSLA, 1989; Aamissepp och Wallgren, 1979; Torstensson, 1987).

Orsaken till denna svårighet är framför allt att det är svårt att göra en gradering av olika bekämpningsbehov som motsvarar det verkliga behovet. Problemen är stora både vid automatisk och manuell gradering. Ett exempel på beräkning av bekämpningströskeln för brunfläcksjuka i vete genom att poängsätta risker för skördebortfall visas nedan (Gummesson et al., 1988).

- ackumulerad nederbörd i millimeter under tre sista veckorna före axgång (0-12)
- väderleksprognosen för femdygnsperioden efter axgång (0-4)
- angrepp av svampsjukdomar på blad 3 uppifrån räknat (0-6)
- mängden ytligt liggande stubb- och halmrester från föregående vetegrödor (0-5)
- jordtyp (0-4)
- förväntad skörd (0-3)
- förfrukt (0-2)
- väderlek under försommaren (0-2)
- vetesort (0-(-1))

Landskapet påverkas inte direkt av den noggrannare tekniken förutom att det i det automatiska alternativet kan komma att permanent sättas ut enheter till positioneringsutrustningen i fältkanterna. Dessa utgör eventuellt ett nytt tvivelaktigt inslag i landskapet. En utveckling av ett tekniskt system med användning av satelliter eliminerar detta problem jämfört med det mikrovågssystem som antagits i studien. I övrigt tvingar den ökade noggrannheten fram en bättre kartläggning av varje enskild gårds resurser. I samband med kartläggningen är det

enkelt att även ta hänsyn till landskapsvård vid behov. Företagarens inställning och eventuella yttre stimulanser avgör till slut vilka naturvårdande hänsyn som tas på varje enskild gård.

Summering av effekter på miljön:

Växtnäringsläckage	(+)
Landskapspåverkan	(-) (automatiskt alt)
	±0 (manuellt alt)

Biologin

Den biologiska effektiviteten har ökat något jämfört med precisionsnivå 1. Det ger i sin tur ett något större kvantitets- och kvalitetsutbyte/insats i växtodlingen. Enligt samma grund för antagandena som tabell 2 sid 37 antas följande förbättringar (tabell 3) av biologiskt resultat med en noggrannare behovsanalys/reglering av insatserna.

Tabell 3. Antagna kvalitetsförbättringar och kvantitetsförhöjningar med anledning av teknikutvecklingen från precisionsnivå 1 till 2 (se bilaga, mellanlänga, Uppsala)

Noggrannare teknik i samband med:	Kvantitet kg korn/ha	Kvalitet (±)
Såbäddsberedning, sådd	+ 10 kg	(+)
Växtnäringsnivå	+ 10 kg	(+)
Växtnäring, jämnhet (främst minskad liggsäd vändteg med automatisk metod)	+ 50 kg	(+)
Växtnäring, jämnhet (mindre minskning av liggsäd vändteg med manuell metod)	+ 40 kg	(±0)

Förbättringarna i tabell 3 förutsätter en fungerande kedja behovsanalys, lagring av behov och reglering.

Arbetsmiljön

Här görs en uppdelning mellan automatisk och manuell metod eftersom arbetet är organiserat på olika sätt i de båda alternativen.

Automatiskt alternativ

Behovsanalysen förutsätts i det automatiska alternativet kunna utföras med hjälp av teknik. I ett sådant helautomatiskt alternativ kopplas den mänskliga faktorn helt bort ifrån behovsanalys/reglering inom ett fält. I ett delvis automatiskt alternativ tas beslutet om ändring av maskininställning manuellt. På det viset kan den mänskliga faktorn i ett sådant fall värderas högre i betydelse. Den mänskliga faktorn är fortfarande viktig för att kunna avgöra grundinställningen av varje arbetsoperation inom varje nytt fält. I den mån det är möjligt att kontrollera redskapsfunktion m m inifrån förarhytten med rätt arbetsställning kan en viss förbättring av arbetsställningen i hytten erhållas. Den *fysiska arbetsmiljön* bedöms som helhet bli mycket lik den för precisionsnivå 1 - det vill säga ingen förändring.

Antalet arbetsuppgifter i samband med service, underhåll, justeringar, från- och tillkoppling av redskap är något utökat. Detta på grund av att större mängd teknisk utrustning kommer till användning. Det gäller både helt ny utrustning ute i fält och på fordon - tillbehör till positioneringsutrustningen. Det kan också gälla teknisk utrustning i samverkan mellan redskap/mark/, redskap/fordon (förare). Detta bidrar till en viss *ökning av den totala arbetsåtgången*.

Den *psykiska arbetsmiljön* blir i stora delar oförändrad jämfört med precisionsnivå 1 år 2010. Efter den manuellt påverkade grundinställningen utför tekniken nödvändiga regleringar. På det viset blir inte förararbetet mer stimulerande än det är idag. Utförs istället regleringen manuellt ökar dock stimulansen. En viss ytterligare förbättring av den psykiska arbetsmiljön kan tillskrivas tekniken eftersom det sker en ännu bättre fördelning av insatserna efter verkliga variationer. Det bidrar till en ökad trygghetskänsla förutsatt att teknikens funktion är väldokumenterad och att den som använder tekniken litar på utrustningen.

Summering av arbetsmiljöeffekterna av det automatiska alternativet:

Fysisk arbetsmiljö	±0
Psykisk arbetsmiljö	(+)
Ökad arbetsåtgång	0,5 h/ha (se bilaga 2)

Manuellt alternativ

I det här alternativet utförs en manuell behovsanalys. Det antas vara en form av manuell gradering av behovet som utförs bl a genom att gå över varje fält och anteckna behov på en karta. Detta ökar arbetsåtgången samtidigt som marken, för aktuell driftsledare/förare, blir mycket mer känd än tidigare. På litet längre sikt kan år från år erfarenheter efter hand minska den extra arbetsåtgången något. I övrigt tillkommer arbetsuppgifter i samband med regleringen av insatsen. Den utförs med enkelt reglage av föraren under gång inifrån hytten med ledning av behovskartan som finns väl synlig från förarplats. Den *fysiska arbetsmiljön* kan sägas bli mer omväxlande - ombyte mellan stillasittande och rörligt arbete - vilket antas ge positiv effekt.

Arbetsbehovet ökar i samband med den manuella behovsgraderingen och utförandet av aktuella behovskartor. Erfarenheter från olika arbetsmoment kan utnyttjas till efterföljande utförande av andra arbeten.

Den *psykiska arbetsmiljön* påverkas positivt genom att växtodlingsinsatserna kan fördelas bättre än tidigare inom ett fält. Dessutom innehåller det rena fältarbetet (traktorförararbetet) mer stimulans i och med att arbetet med manuell reglering har lagts till förararbetet. Förutsatt att föraren klarar av att hantera och bearbeta informationen som ligger till grund för manuell ändring av maskininställning ökar stimulansen i fältarbetet. Mer stimulans i arbetet och en ökad upplevd kontroll av utfört arbete bidrar till en förbättring av den psykiska arbetsmiljön. Även i detta fall krävs att tekniken som används är dokumenterat säker och att den som använder tekniken litar på dess funktion.

Summering av arbetsmiljöeffekterna av det manuella alternativet:

Fysisk arbetsmiljö	(+)
Psykisk arbetsmiljö	+
Ökad arbetsåtgång	1,3 h/ha (se bilaga 2)

Tekniken

Även här görs en uppdelning mellan automatiskt och manuellt alternativ.

Automatiskt alternativ

Tekniken för behovsanalys är som sagts tidigare avgörande för det slutliga resultatet av regleringen av insatser i växtodlingen. Det är också i samband med den automatiska behovsanalysen som de tekniska svårigheterna är störst. Det gäller att för varje arbetsmoment kunna mäta en utslagsgivande fältfaktor, t ex markens egenskaper, ogräsförekomst, växtskyddsbehov osv. Faktorerna måste vara utslagsgivande såtillvida att de måste ge en säker gradering av variationen hos ett verkligt fältbehov. I vissa fall är svårigheterna större än i andra fall och då kan manuell behovsanalys användas som en komplettering. I det kommande antas dock att det är tekniskt möjligt att utföra nödvändig automatisk gradering av behov.

För varje arbetsmoment behövs på alla redskap eller fordon en sensor som kan mäta variationen av verkligt insatsbehov. Här finns de största tekniska svårigheterna. För att de här sensorerna ska fungera tillfredsställande krävs att föraren gör en grundinställning av utrustningen, anpassat till enskilda fält, precis som precisionsnivå 1 år 2010. Det antas här att tekniken inte ensam kan avgöra vilken arbetsinsats som är lämplig i medeltal. För samtliga växtodlingsåtgärder kan tekniken endast registrera avvikelser från ett på förhand manuellt inställt grundvärde (låg-medel-hög).

Lagring av data om behov och den automatiska manövreringen av insatserna sker i en central dataenhet placerad i förarhytten. Dataenheten är dessutom kopplad till positioneringssystemet för att med hjälp av information om var ett fordon

befinner sig kunna beräkna lämplig nivå på insatsen. Positioneringssystemets noggrannhet behöver vara ca $\pm 5-10$ m överallt inom räckhåll för systemet. Räckvidd i det här fallet, ca 200 ha slättlandskap. Dataenheten ger föraren kontinuerlig information om vilket arbete som utförs vid ett visst tillfälle. Den ger också information om hur och om den tekniska utrustningen fungerar.

Avgörande för detta tekniska system blir förutom möjligheten att med stor säkerhet utföra automatisk behovsanalys också funktionen hos tekniken som utför regleringen av insatsen. I det helautomatiska alternativet är den mänskliga faktorn helt bortkopplad från det kortsiktiga beslutet om reglering. Den tekniska noggrannheten hos regleringsutrustningen blir således helt avgörande för resultatet. Den antas för samtliga arbetsmoment vara tillfredsställande. I ett halvautomatiskt alternativ där beslutet om reglering tas och vidare verkställs av föraren har den mänskliga faktorn större betydelse.

En god teknisk hållbarhet hos den tekniska utrustningen är en förutsättning för att systemet ska kunna motiveras. God teknisk hållbarhet är möjlig men fördyrar elektroniken något då den ska arbeta i en fysiskt krävande miljö med skakningar, fukt, damm m m. Det gäller framför allt sensorer, central dataenhet, reglerutrustning på redskap.

Skötsel, underhåll och enkel felsökning kräver något större tekniska kunskaper än lantbruksutbildningen kan ge idag (1990). Service och att åtgärda fel antas kräva i större utsträckning utbildad personal.

Den ökade användningen av teknik ökar kapitalbehovet i maskiner och bidrar på detta sätt till ett ökat behov av specialisering inom växtodlingen.

Summering av tekniska effekter av den automatiska tekniken:

Tekniskt utförande (-)

Ökade utgifter för teknik 103 000:-/100 ha (se bilaga 2)

Manuellt alternativ

Den teknik som används för behovsanalysen är som sagts tidigare helt manuell - gradering, anteckning på karta. Mallar i form av exempelsamlingar eller inläring med hjälp av experthjälp kan behövas för att, i ett inläringsskede, få en säkrare gradering av fältbehov.

Regleringen sker sedan genom att föraren ändrar redskapsinställning med hjälp av en manöverenhet i förarhytten. Reglerutrustningen på varje redskap är liknande den som används i det automatiska alternativet - endast annan manövrering. Till skillnad från det automatiska alternativet är den mänskliga faktorn betydelsefull när det gäller det kortsiktiga beslutet om ändring av insatsen.

Teknisk hållbarhet och enkelt praktiskt handhavande med den tekniska utrustningen är viktiga för att utnyttja den mänskliga faktorn tillsammans med tekniken på rätt sätt.

Skötsel och underhåll, enkel felsökning och åtgärdande av vissa fel bör kunna utföras av användaren i stor utsträckning. Detta tack vare att tillägget av ny avancerad teknik är relativt begränsat.

Denna manuella metod vänder sig till brukare som har arbetet organiserat med mindre specialinriktning än de som antas använda den automatiska tekniken. Arbetet är organiserat så att en person utför samtliga arbeten på en viss areal (antaget till 100 ha). Detta antas i en framtid kunna gälla både enskilda företagare med egen mark och stora markägare som odlar marken med en typ av "stortorpare", t ex en ansvarig man/kvinna per 100 ha.

Summering av tekniska effekter av det manuella alternativet:

Tekniskt utförande	+
Ökade utgifter för teknik	24 000:-/100 ha (se bilaga 2)

Energin

Den ökande andelen teknik som används bidrar till att öka insatsen av energi i växtodlingen. Det blir fallet eftersom den mer noggranna tekniken inte medför möjligheter att rationalisera arbetet. Framför allt det automatiska alternativet bidrar därför till en ökad energiåtgång i samband med tillverkning av den nya tekniska utrustningen. Ökningen är mindre för det manuella alternativet. Den nya tekniken bidrar till en viss inbesparing av insatt mängd energi genom en begränsad inbesparing av växtnäring, bekämpningsmedel och drivmedel. Den totala inbesparingen motsvarar dock inte ökningen av insatt mängd energi i de automatiska alternativen.

Summering av effekter på energiåtgång:

Automatiskt alternativ (-)

Manuellt alternativ ± 0

Ekonomi

Det är även här nödvändigt att dela upp beskrivningen av effekterna mellan automatiskt och manuellt alternativ. Den rena ekonomiska beräkningen utförs endast för de faktorer som är ekonomiskt värderade redan idag, år 1990. Det penningmässiga resultatet som beskrivs under denna rubrik måste kompletteras med resultatet från övriga effekter för att ge en hel bild över vilken effekt precisionsnivån kan ha.

Det förtjänar att påpekas att de ekonomiska förändringar som beskrivs nedan bygger på antaganden om effekter av en teknik som kan komma att införas inom en 20-årsperiod från nu, 1990. Det är därför inte rimligt att ta dessa siffror alltför högtidligt. De bör dock ge en god grund för bedömning av de huvudtendenser som olika precisionsnivåer ger uttryck för.

Realkalkylmetod används och den realränta som använts är 7 %.

Avskrivningen av den nya tekniken görs på fem år. Kostnad för underhåll beräknas enligt schablon. Arbetskostnaden har antagits till 100 kr/h.

Automatiskt alternativ

De främsta möjligheterna till besparingar i det automatiska alternativet är genom minskade kvantitetsförluster, minskade kvalitetsförluster och vissa inbesparingar av insatsmedel. Tabell 4 nedan visar hur dessa besparingar fördelar sig för exempelgården. Samtliga siffror är presenterade som kr/ha och antas gälla kornodling.

Tabell 4. Besparingar som en direkt följd av användning av automatisk teknik i kornodling (mellanlera, Uppsala). Se bilaga 1.

Orsakade av:	Minskad skörde-förlust	Minskade kvali-tetsförluster kr/ha	Inbesparing av insatser kr/ha
Jordbearb. och sådd	13	20	-
Växtnäringsnivå	13	5	-
Växtnäring, jämnhet	65	10	10
Tillförsel av bekämpningsmedel	-	10	15
Delsummor	91 kr/ha	45 kr/ha	25 kr/ha
Totalsumma:	161 kr/ha		

De ökade kostnaderna uppkommer på grund av ökade kapitalkostnader (maskiner) och en viss ökning av arbetskostnaden (se även bilaga 2).

Maskinkostnaden ökar med 208 kr/ha.

Arbetskostnaden ökar med ca 50 kr/ha.

Summering av antagen ekonomisk förändring i växtodlingen i det automatiska alternativet är (exempel korn):

Minskat netto 97 kr/ha

Manuellt alternativ

Det manuella alternativet ger möjligheter till nästan lika stora inbesparingar som det automatiska alternativet, se tabell 4. För dessa beräkningar har dock antagits att totalsumman inbesparade kr/ha för manuella alternativet är ca 13 kr/ha lägre - dvs 147 kr/ha.

De ökade kostnaderna är också mindre och det innebär följande (se även bilaga 2).

Maskinkostnaden ökar med ca 48 kr/ha.

Arbetskostnaden ökar med ca 130 kr/ha.

Summering av antagen ekonomisk förändring i växtodlingen i det manuella alternativet är (exempel korn):

Minskat netto 30 kr/ha.

Lokalisering och gradering av effekter av precisionsnivå 3 år 2010

Denna precisionsnivå innebär att det antas finnas teknik som gör det möjligt att göra en säkrare behovsanalys, en mer omfattande lagring av information av varierande behov och en bättre efterföljande reglering av insatsen. Precisionsnivån antas i det här fallet till 0,005 ha. Det innebär att ca tio olika behovsnivåer antas kunna särskiljas. Det enda tekniska system som kan hantera en så stor informationsmängd är ett fungerande helautomatiskt system som beskrivs i föregående kapitel.

De effekter som den ytterligare förfinade tekniken antas ha motsvarar en viss förhöjning av samtliga effekter beskrivna för precisionsnivå 2 (automatiskt alternativ). Allmänt kan konstateras att de förbättringar som uppnås med den mer noggranna tekniken är små, särskilt relaterat till ökningen av kostnaderna för den avancerade tekniken. Ett antagande görs här att kostnaden för utrustning fördubblas jämfört med den tidigare precisionsnivån. Anledningen till de starkt ökade kostnaderna för tekniken i nivå 3 är att behovsanalysen och regleringen

måste kunna utföras olika efter variationer längs maskinernas arbetsbredd. I precisionsnivå 2 var däremot regleringen av maskininställningen gemensamt för hela arbetsbredden tillräcklig. För samtliga utrustningar för behovsanalys bör de tekniska svårigheterna poängteras i och med de ökade kraven på precision.

Sammanfattning - förstärkta effekter av noggrannare automatisk teknik

Här följer en sammanställning över de effekter som den noggrannare automatiska tekniken (i nivå 3) antas bidra till. Effekterna relateras till utgångstekniken, precisionsnivå 1 år 2010 och jämförs med effekterna av nivå 2 (aut. alt). Först beskrivs alla ej ekonomiskt värderade effekter. Därefter följer en kort beskrivning av de ekonomiska effekterna.

Tabell 5. Sammanställning över effekter (ej ekonomiskt värderade) som den noggrannare nivå 3 antas bidra till jämfört med precisionsnivå 2 år 2010

		nivå2	nivå 3
Miljön	(växtnäringsläckage)	(+)	+
"	(landskapspåverkan)	(-)	(-)
Biologin	(kvalitet, skörd)	(+)	(+)
Arbetsmiljö	(fysisk arbetsmiljö)	±0	±0
"	(psykisk arbetsmiljö)	(+)	(+)
Tekniken	(tekniskt utförande)	(-)	-
Energien		-	-

De ekonomiska förändringarna beror av begränsad ytterligare inbesparing jämfört med de beräknade inbesparingarna som i nivå 2 (aut. alt) beräknades till 161 kr/ha.

Inbesparing (nivå 3) ca 200 kr/ha

Kostnaderna antas öka kraftigt tack vare starkt ökade krav på noggrannhet för tekniken. Arbetet antas öka något främst på grund av ökat arbete med justering och krav på noggrannare inställning av redskap.

Maskinkostnaden ökar med ca 350 kr/ha (istället för 208 kr/ha för nivå 2).

Arbetskostnaden ökar med ca 70 kr/ha (istället för 50 kr/ha för nivå 2).

Summering av antagen ekonomisk förändring i växtodlingen i det noggrannare automatiska alternativet är (exempel korn):

Minskat netto 220 kr/ha.

Lokalisering och gradering av effekter av tekniken med förarlösa fordon

Här kommer enbart de effekter som direkt påverkar fordonets styrning att tas upp. Det förutsätts att ett positioneringssystem och ett automatiskt tekniskt system finns tillgängligt - enligt tidigare beskrivning av automatiska alternativ. Det antas vidare att det är motiverat att gå vidare och förbättra positioneringssystemet för att på så vis få möjlighet att styra fordon i fält utan förare. Precisionsnivån bör vara $\pm < 0,05$ m överallt på fältet för att kunna utföra en förarlös styrning av fordon i fält.

Skillnad görs genomgående mellan ett system med alla fältarbeten utförda med hjälp av förarlösa fordon och ett annat system där endast vissa arbetsmoment utförs med förarlösa fordon. De största skillnaderna mellan de båda systemen är arbetsåtgång och arbetsorganisation.

En viktig förutsättning för att föra in ett tekniskt system med förarlösa fordon i landskapet antas vara att systemet är accepterat av samhället som helhet.

Alla fältarbeten utförda med förarlösa fordon

Det förutsätts här att ett stort antal brukare samarbetar kring ett system med förarlösa fordon för fältarbeten. Det kan dessutom gälla en från början mycket stor gård som ensam kan motivera ett sådant system. Som utgångspunkt för val av maskinkapacitet har valts en kapacitet motsvarande rekommendationerna för gårdar med ca 100 ha åker år 1990. Med förarlösa fordon blir odlingen något mindre beroende av mänsklig arbetskraft eftersom människan friställs från det direkta fältarbetet i stor utsträckning. Maskinerna antas därför kunna köras under längre tid, effektiv tid, under ett dygn än vid användning av ett vanligt maskinsystem. Detta gör i sin tur att det med bibehållen total maskinkapacitet är möjligt att använda mindre och lättare maskiner. De positiva effekterna som detta för med sig är att jordpackningen kan minskas, och att sådden kan tidigare läggas något - i packningskänsliga områden med stor andel lera i matjord och alv. Sammanfattningsvis används alltså lika många maskiner/100 ha som antagits tidigare. Maskinerna har mindre kapacitet men arbetet organiseras så att arbetstiden ändå kan minskas något.

Vidare förutsätts att alla fjärrstyrda fordon kräver ständig övervakning (viktigt krav för att kunna argumentera för säkerheten för människor och djur). Det behövs utöver denna rena övervakning alltid manuella arbetsinsatser i växtodlingen (t ex avbrottskontroll, service till sådd m m).

Nedan följer en beskrivning av de effekter som den skisserade tekniken antas ha för de olika huvudgrupperna miljön, osv enligt tidigare.

Miljön

Den förarlösa styrningen av fordonen antas bli mycket exakt. Det kan endast bidra till en marginell förbättring av utnyttjandet av redskapens arbetsbredd. Enligt enkla beräkningar kan 1-2 % förbättring av utnyttjandet erhållas jämfört med en skicklig förare som beroende av arbetsmoment i normala fall utnyttjar ca 90-96 % av arbetsbredden. På det viset kan risken för läckage av växtnäring och oönskad spridning av bekämpningsmedel minskas endast litet, främst genom minskad dubbelkörning tack vare val av optimala körmonster.

Tekniksystemet innebär nya inslag i landskapet i form av förarlösa fordon - att läggas till den tidigare nämnda fasta positioneringsutrustningen i fältkanterna. Teknikens införande kan indirekt påverka landskapet genom att det är relativt sett dyrare att använda systemet ju fler stora variationer som finns i landskapet - ensidigt slättlandskap en förutsättning för effektiv användning. Tekniska svårigheter att garantera människors och djurs säkerhet omkring de förarlösa fordons arbetsområde är viktigt att påpeka.

Summering av miljöeffekter orsakade av användning av förarlösa fordon:

Växnäringsläckage	(+)
Landskapspåverkan	-

Biologin

Genom att lättare maskiner används kan packningen minskas. De maskinstorlekar som används i systemet bidrar, för ett fält i Uppsala med mellanlera, till en minskning av skördebortfall med ca 4-5 % (korn). Denna ökning utgår ifrån att det på exempelgården tidigare använts ett maskinsystem för en 100 ha stor gård. Lågtrycksdäck och redskapskombinationer med axelvikter mindre än 6 ton/axel har använts. Ytterligare minskning av skördeförlusterna erhålls om det är möjligt att med lättare maskiner tidigarelägga sådden. Enligt antaganden grundade på resultat från några undersökningar om effekter av olika såtider ökar skörden med ca 120 kg korn i exemplet tack vare den nya tekniken (Larsson, 1979; Hammar och Henriksson, 1987, se bilaga).

Skörde kvaliteten påverkas inte nämnvärt av att lättare maskiner kommer till användning.

Summering av biologiska effekter orsakade av användning av förarlösa fordon:

Ökning kvantitet	320 kg/ha
Kvalitetsförändring	± 0

Arbetsmiljön

Arbete med ett komplett förarlöst system för växtodlingens fältarbeten antas vara upplagt med till att börja med ständig övervakning av alla fordon igång på 800 ha - bemanning 1 person. Till detta kommer utplacerad servicepersonal som ska finnas tillhands för rutinkontroller av teknisk utrustning, omlastning av insatsvaror (utsäde m m), justering och igångsättning av ekipage, service vid oförutsedda avbrott m m. Till detta kommer arbete med normal service och underhåll av tekniken. Den fysiska arbetsmiljön förändras i och med att föraren friställs från det direkta traktorförararbetet. Arbete delas som nämnts ovan upp på ett övervakande arbete och ett servicearbete. Övervakningsarbetet kan utföras i mycket bra fysisk arbetsmiljö men det ensidiga passiva övervakningsarbetet kan vara påfrestande i längden. Servicepersonalens arbete består av väntan, nödfallsuttryckningar och rutinarbeten. Arbetsuppgifterna blir på det viset omväxlande medan däremot kvaliteten på arbetsuppgifterna inte ensidigt förbättras.

Med en man/kvinna för övervakning av 800 ha och 0,75-0,5 man/kvinna för serviceberedskap för varje 100 ha (beroende på arbetets art) antas enligt enkla beräkningar ca 2,6 h/ha arbetsåtgång sparas in. Detta jämfört med utgångsläget precisionsnivå 1 år 2010 där det antas gå åt 9,1 h/ha (korn, 100 ha:s gård).

Den psykiska arbetsmiljön blir totalt förändrad i och med att en mycket stor del av växtodlingens arbete utförs av teknisk utrustning och en mycket annorlunda arbetsorganisation används. Den mänskliga faktorn minskar på det viset i betydelse i detta system. För dem som ska arbeta i systemet krävs allmänt ökat intresse för och ökade kunskaper om teknik. Den tekniska kunskapsbasen tar allt större del av det totala kunskapsbehovet i anspråk. Till viss del kan en utveckling mot förarlösa fordon i kombination med automatiskt regleringssystem i större utsträckning än tidigare lämna till teknikutvecklare att bygga in biologisk kunskap i systemet. Det innebär indirekt att behovet av biologiska kunskaper hos odlaren minskar något jämfört med utgångsläget (precisionsnivå 1 år 2010).

Tendensen mot en ökning av beroendet till en expertgrupp som i detalj kan det tekniska systemet bör nämnas i detta sammanhang.

Summering av arbetsmiljöeffekter orsakade av användning av förarlösa fordon:

Fysisk arbetsmiljö	(+)
Psykisk arbetsmiljö	(-)
Minskad arbetsåtgång	2,6 h/ha

Tekniken

Positioneringstekniken måste ha en större verklig noggrannhet än i tidigare nivåer. Det bidrar till ökning av utgifterna för ett sådant system. En direkt följd av att använda förarlösa fordon är att tidigare använda spårmarkeringssystem kan sparas in.

Fordonsdelen måste på den förarlöst manövrerade redskaps-/fordonskombinationen förses med en manöverenhet som kan styra fordonet enligt ett förutbestämt schema. Ett tillägg av teknik för bl a reglering av styrningen av fordonet behövs också.

Vidare måste fordonsdelen utrustas med teknik som ersätter de funktioner som idag kan regleras manuellt från en modern traktorförarplats. Det behövs utrustning för reglering av hydraulik, pneumatik, elektronik, varvtal m m. Dessutom behövs möjligheter till datakommunikation och kontroll av kontinuerlig funktion hos fordon/redskap. Det vill säga, tekniken måste vara förberedd på att klara reglering av händelsestyrda parametrar och rena inställningsparametrar. Dessutom krävs att dessa funktioner kan samordnas och vidare förberedas inför olika tänkbara händelser som kan uppkomma i fält. Tekniska problem med denna samverkan och samordning bidrar till svårigheten att realisera en sådan utrustning (Nybrant, 1989).

Den beskrivna tekniken ersätter det som en traktorhytt idag innehåller. Det blir alltså möjligt att spara in utgiften för en bra arbetsmiljö i traktorhytten - motsvarar ca 20 % av kostnad för traktor (Renius, 1986). Utgiften för den nya tekniken antas dock vara ännu litet högre än utgiften för en hytt.

Till arbeten som alltid måste utföras med manuell arbetskraft krävs fordon för tunga transporter m m. Det innebär att förutom de förarlösa fältfordonen antas det behövas vanliga traktorer. Det antas gå åt 1 st traktor extra för varje 100 ha.

Övervakningen sker ifrån en typ av kontrollrum där samtliga förarlösa fordon kan övervakas (som mest ca 16 st). Kontrollfunktioner för samtliga fordon finns samlade. Dessutom finns möjligheter till direkt kommunikation med den utplacerade servicepersonalen vid nödstoppar m m m m.

Varje person i servicepersonalen måste ha möjlighet att kommunicera med varandra och "ledningscentralen" genom en bärbar utrustning.

Summering av teknikeffekter vid användning av förarlösa fordon:

Tekniskt utförande

--

Energien

Navigatorsystemet kan höja utnyttjandet av framför allt vissa maskiners arbetskapacitet dock i mycket begränsad omfattning. Totalt bidrar det till att spara in ca 1,8 l bränsle/ha för en hel växtodlingssäsong.

När det gäller användningen av förarlösa fordon i fält förutsätts att det bli redan innan finns ett positioneringssystem, central dataenhet i fordon m m. Den ytterligare tekniska utrustningen som krävs för att det förarlösa systemet ska fungera ger upphov till en något ökad insats av energi in i växtodlingsprocessen (vid tillverkning) - jämfört med utgångsläget, precisionsnivå 1 år 2010.

Summering av effekter på energiåtgång:

Energi

(-)

Ekonomi

Den stora tekniska osäkerheten när det gäller att bygga upp ett system med förarlösa fordon gör att det inte kan anses motiverat att göra några ekonomiska beräkningar. Dessutom är svårigheten att garantera säkerheten för människor och djur avgörande. Den ökade kapitalintensiteten talar dessutom mot tekniken inom ramen för studiens 20-åriga perspektiv för svenska förhållanden.

Vissa arbeten utförda med hjälp av förarlösa fordon

Det här tekniska alternativet där endast vissa arbeten utförs med hjälp av förarlösa fordon har i stort sett samma effekter som tidigare beskrivna helt förarlösa system. Arbetet är dock organiserat på ett annorlunda sätt. Övervakning av de förarlösa fordonen sköts från en traktor med förare som utför arbete på samma fält eller nära fältet med förarlöst fordon. Här beräknas 1 person per 100 ha sköta hela växtodlingsarbetet. I och med att mindre maskiner används kommer behovet av arbete att öka jämfört med tidigare arbetsorganisation - utgångsläget 2010. En viss begränsad del av teknisk utrustning kan sparas in jämfört med alternativet med samtliga fordon förarlösa.

Förutom det som nämns ovan kvarstår samtliga tekniska problem att garantera säkerhet för människor och djur i maskinens närhet. Den ökande kapitalintensiteten utgör även här ett hinder för en utveckling mot att använda ett system med vissa arbeten utförda med hjälp av förarlösa fordon. Arbetsåtgången ökar i och med att ständig övervakning krävs även i detta fall.

Sammanställning av effekterna av precisionsnivåerna

Effekterna av den nya mer noggranna tekniken för växtodlingens fältarbeten sammanställs nedan. Sammanställningen hjälper till att snabbt sätta sig in i en direkt jämförelse mellan effekterna av de olika precisionsnivåerna, som beskrivits tidigare i studien. I figur 10 tas samtliga ej ekonomiskt värderade effekter upp. De presenteras uppdelade efter de huvudgrupper som använts i tidigare mer detaljerade beskrivning av effekterna.

VÄRDERINGSKRITERIER

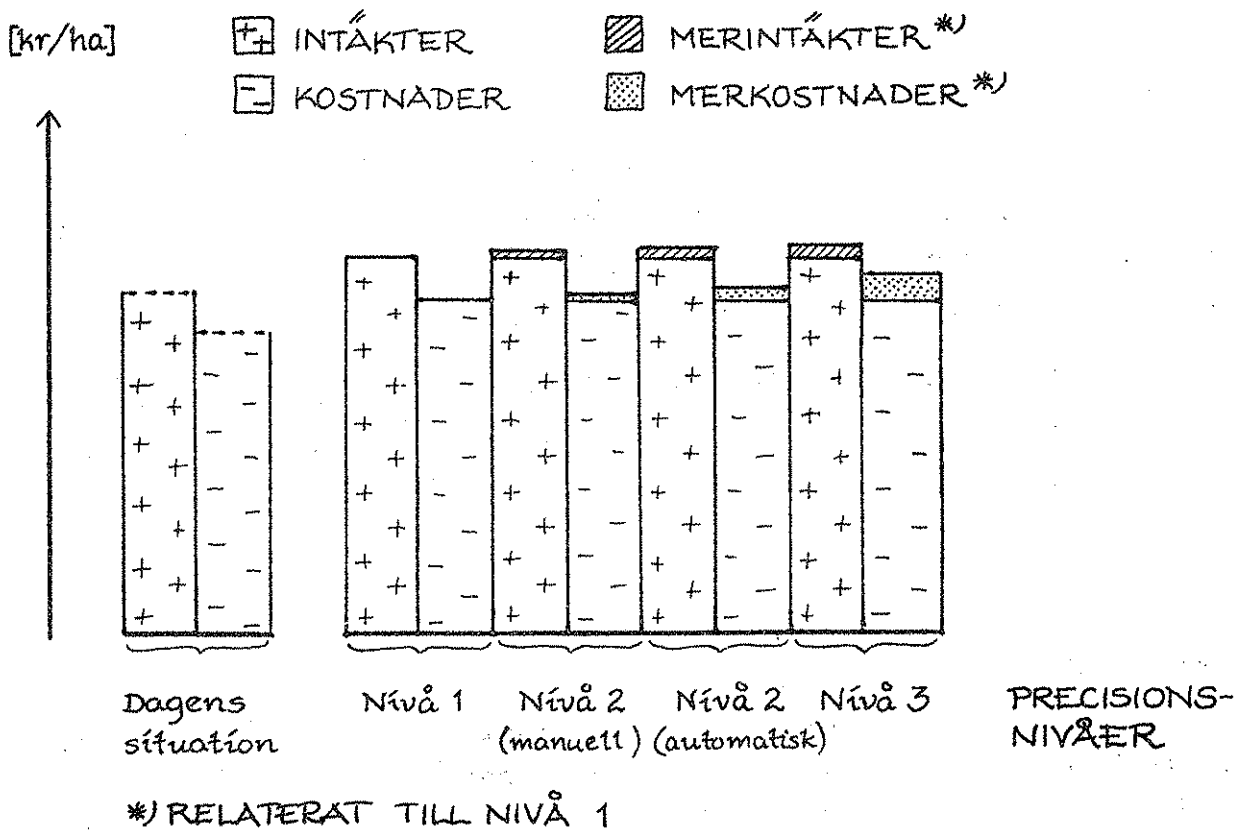
miljö biologi arbets- teknik energi
 miljö

	miljö	biologi	arbets- miljö	teknik	energi
• dagens situation	-	-	(-)	(-)	0
• nivå 1	0	0	0	0	0
• nivå 2 (manuell)	(+) 0	(+) (+)	(+) +	+	0
• nivå 2 (automatisk)	(+) (-)	(+) (+)	0 (+)	(-)	(-)
• nivå 3 (automatisk)	+ (-)	(+) (+)	0 (+)	-	(-)
• nivå 4 (förarlöst)	(+) -	++ 0	(+) (-)	--	-

PRECISIONSNIVÅER

Figur 10. Sammanställning av samtliga ej ekonomiskt värderade effekter av olika precisionsnivåer.

I nästa figur visas ett stapeldiagram där de ekonomiska effekterna för de olika precisionsnivåerna kan jämföras. De ekonomiska antagandena som ligger till grund för de resultat som visas i figur 11 är beskrivna tidigare i rapporten. Höjden på staplarna ska endast användas för att utläsa tendenser i jämförelsen mellan de olika precisionsnivåerna.



Figur 11. Sammanställning av de ekonomiska resultaten för samtliga precisionsnivåer - endast tendenser.

Känslighetsanalys

En enkel form av känslighetsanalys har bedömts vara ett viktigt komplement till den beskrivning av effekterna som gjorts tidigare. Efter en ändring av de förutsättningar som antas ha stor betydelse för slutresultatet analyseras ändringen av de slutliga effekterna. De "nyckelförutsättningar" som ändras tas upp för varje huvudgrupp (t ex miljö, biologi osv). Det kan alltså gälla allt ifrån de värderingar som ligger till grund för bedömning av någon beskriven effekt till att gälla en ändring av priset på en produkt som i sin tur påverkar ekonomiskt utfall (se även diskussionen).

Miljön

Här förutsätts att de miljövinster gällande läckage som kan uppnås med noggrannare teknik är större än vad som antagits tidigare. Det bygger i sådana fall på att de biologiska samband som ligger till grund för bedömning av växtodlingens miljöpåverkan är mycket säkrare än i tidigare antaganden.

Resultat: Större miljövinster kan uppnås. Påverkar inte slutbedömningen något nämnvärt mer än på det viset att det kan öka motivet för att använda automatisk teknik med fler än 3 regleringsnivåer.

Biologin

Ännu en effekt av ökade möjligheter att göra miljövinster med noggrannare teknik är att den biologiska effektiviteten ökar. Detta grundar sig på ett antagande att de för produktionen viktigaste sambanden är mer välkända än i tidigare beskrivning av förutsättningarna. Teknik kan då konstrueras med säkrare funktion ur biologisk synvinkel.

Resultat: Fördubblas de biologiska vinsterna jämfört med ursprungsantagandet förbättras de ekonomiska förändringarna av nettoutbytet enligt följande:

Precisionsnivå 2

(automatiskt alt) från -100 kr/ha till ±0 kr/ha

Precisionsnivå 2

(manuellt alt) från -30 kr /ha till +40 kr/ha

Precisionsnivå 3

(automatiskt alt) från -200 kr/ha till -70kr/ha

Möjligheterna att höja kvaliteten, med hjälp av ökad noggrannhet, ökar. Det bidrar till att öka motivet för att skilja mellan olika kvaliteter.

Arbetsmiljön

En viktig nyckelfaktor för samtliga alternativ är att det kommer att finnas människor som vill jobba med jordbrukets växtodling i framtiden. Tidigare har antagits att det alltså kommer att finnas ett stort antal som ser jordbrukandet som ett bra sätt att leva på. Därför kommer en del av växtodlingen att skötas av mindre, självvalda deltidjordbrukare. Om detta inte blir fallet kan ett sätt att klara arbetskraftsåtgången vara genom att se till att i än högre grad specialiserad växtodling konkurrerar mer på lika tekniska villkor jämfört med arbetssituationen i övrig produktion. Det innebär en utveckling mot att växtodlingsarbetet innehåller mer av tekniska utmaningar än utmaningar som gäller den direkta odlingen av marken. De högre arbetskostnader som odlingen på det viset kan belastas med som helhet ger upphov till en något större motivation för ökade tekniska insatser hellre än ökade insatser av arbete.

Resultat: Givet av ett kommande högre krav på biologisk effektivitet i odlingen kommer utvecklingen mot en fortsatt rationalisering fortsätta - med ökade krav på den tekniska utrustningen. Det kommer att öka kapitalintensiteten ytterligare i odlingen (automatiskt alternativ).

Möjligheten för dem som trots allt vill sköta sin växtodling i något mindre skala och med något större arbetsinsats till konkurrenskraftigt pris är dock troligen god (manuellt alternativ som utför samma arbete enl alt ovan).

Tekniken

Här antas att den tekniska utrustningen som anses behövas för de olika precisionsnivåerna blir hälften så dyr jämfört med vad som antagits tidigare. Detta kan vara möjligt om tekniken i verkligheten visar sig vara hälften så dyr att konstruera - vilket kan bero på enklare konstruktion eller eventuellt billigare kapital.

Resultat: Halveras kostnaden för den tekniska utrustningen i de olika alternativen förändras de ekonomiska förändringarna av nettoutbytet enligt följande:

Precisionsnivå 2

(automatiskt alt) från -100 kr/ha till +4 kr/ha

Precisionsnivå 2

(manuellt alt) från -30 kr/ha till -6 kr/ha

Precisionsnivå 3

(automatiskt alt) från -220 kr/ha till -45 kr/ha

Det innebär att de båda alternativen i precisionsnivå 2 får liknande ekonomisk nettoförändring $\sim \pm 0$ kr/ha.

Ekonomi

Ett visst företags specifika ekonomiska planeringshorisont och de ekonomiska signalsystem som påverkar investeringar i ett företag kan indirekt påverka den verkliga kostnaden för en investering. Det kan t ex innebära att de kostnader för den tekniska utrustningen som tagits upp i studien, i verkligheten kan hållas nere för vissa företag.

Priset på avsaluproduktion har i förutsättningarna antagits bli mera osäkert i framtiden. Detta till trots har ett så pass högt pris som 1,30 kr/kg använts för korn (år 2010) i de ekonomiska beräkningarna. Ett långsiktigt lägre pris på produkten kan sägas direkt påverka motivationen att sätta in insatser i t ex växtodlingen. Detta gäller även när ny teknik eventuellt ska sättas in.

Priset på kapital och arbete har antagits motsvara en framskrivning av de kostnader som är normala enligt dagens förhållanden. Ett ändrat priset förhållande mellan dessa faktorer påverkar även den motivet för t ex ökade eller minskade insatser av teknisk utrustning.

Resultat: Vissa företag med viss ekonomisk situation kan få lägre kostnad för tekniken.

Ett allmänt lägre pris på avsalugrödan minskar motivationen att investera i en än mer kapitalintensiv växtodling - gäller samtliga företagskategorier.

De ovannämnda förhållandena påverkar ett företags troliga val av ur lönsamhetssynpunkt lämpligaste storlek. På kort sikt ökar det motivationen för fortsatt rationalisering i de fall ingen hänsyn tas till större miljöhänsyn. På kort och lång sikt är ur lönsamhetssynpunkt uppbyggda specialiserade växtodlare beroende av en utveckling av avancerad teknik eller en annorlunda organisation av arbetet. På det viset kan de klara lönsamhet och miljön.

En ändring av priskvoten mellan arbete/kapital mot en högre kostnad för kapitalet ändrar inriktningen av ett företag mot lägre tekniknivå. Möjligheten är då större att klara en förbättring av odlingen ur miljösynpunkt på de små och stora jordbruken.

Övrigt

Andra mark- och klimatförhållanden än på exempelgården

Även om helt andra förhållanden råder vad gäller mark- och klimatförhållanden jämfört med exempelgården beräknas den använda marginalreglertekniken få samma marginella effekter under de helt nya förutsättningarna. Ett exempel är enkelkornsjordar där total mängd utlakat kväve är större än för lerjordarna på exempelgården. Där kommer det också att vara möjligt att minska läckaget mer än på exempelgården. Resultatet blir dock att en lika stor procent av den totala utlakningen kan sparas in från de båda alternativen. Det kan också sägas gälla t ex områden med extrem årsnederbörd.

Det gäller dock inte förhållandet om möjligheterna att spara in skördeför-luster genom att minska packningen. Detta kan endast göras i de områden som idag har för tunga maskiner i relation till en relativt hög halt av lera i matjord och alv.

Resultat: De effekter som beskrivs i studien kan med eftertanke användas för att beskriva effekterna för hela landets produktion.

Större och mindre gårdar än exempelgården 100 ha

Allmänt förutsätts att det på de mindre gårdarna är mindre negativa miljöeffekter dolda. Detta tack vare att medelstorleken för fälten minskar med minskad storlek på gård och därmed uppdelningen av fältarbetet i mindre delar än tidigare antagen medelfältstorlek (5 ha).

För de större gårdarna är det större negativa miljöeffekter dolda i och med att fältarbetena är anpassade till varje fält som ofta är betydligt större än 5 ha. Uppdelningen av fältarbetet sker här i större enheter än på exempelgården.

Resultat: Behovet ur miljösynpunkt och biologisk synpunkt av noggrannare utförande av växtodlingens fältarbeten är större på de stora gårdarna. Behovet är mindre på de små gårdarna.

DISKUSSION

De slutsatser som kan dras utifrån innehållet i den här studien grundar sig till stor del på författarens genomgående presenterade antaganden. Med stöd av en i teknikvärderingssammanhang vedertagen informell metod utgör detta ett giltigt sätt att presentera information - i synnerhet i framtidsstudiesammanhang. Det är viktigt att observera detta när resultatet diskuteras i den kommande texten. Resultatet presenteras både i form av val av trolig framtida lämplig precisionsnivå och en slutlig vision om teknikutvecklingen och teknikforskningsbehov.

Den tekniska utvecklingen som beskrivs i studien motsvaras av en vidareutveckling av konventionell växtodling fram till år 2010. Först och främst förutsätts en allmän utveckling fram till 2010. Därefter beskrivs teknik med högre precisionsnivå för samtliga fältarbeten. Den högre precisionsnivån innebär att fältarbeten kan fördelas bättre efter varierande behov inom ett fält. Det är endast den här tekniken med högre precisionsnivå än skiftes Anpassning som utvärderas och förklaras närmare i studien.

Effekterna av att använda tekniken med högre precision beskrivs utifrån framtida förhållanden på en exempelgård. Gården har 100 ha åker och är placerad i slättbygd i närheten av Uppsala. De effekter som har lokaliserats och i möjligaste mån

graderats utgör ett slutligt underlag för val av lämplig precisionsnivå. Dessutom utgör informationen ett underlag för ställningstaganden om en framtida teknikutveckling när det gäller växtodlingens fältarbeten.

Av alla antaganden om de förutsättningar som antas råda år 2010 är klimatet och marken de mest konstanta och bäst kända jämfört med dagens förhållanden. De övriga ramarna bestäms i större utsträckning av människan i produktionen (= lantbrukaren och hans företag) och av "marknaden" (~samhälle, konsumenter, opinioner m m). Osäkerheten är därför stor vilka förutsättningar som i verkligheten kommer att vara rådande i studiens 20-åriga perspektiv. Det kan därför vara på sin plats att diskutera litet mer kring de antaganden som valts i studien.

Ett viktigt grundläggande synsätt som går igenom i studien är att den biologiska produktionen (t ex växtodling) i framtiden kommer att locka en ny typ av bönder. De har precis som idag ett intresse för ett varierande arbete med handarbete, administrativt och organisatoriskt arbete som viktiga delar. Den nya tidens bonde antas även i fortsättningen styras bland annat av sitt intresse för en hög livskvalitet. En ökad kunskap om omvärlden ingår också som en viktig del. Det medför med stor sannolikhet att det från början ingår i företagsuppbyggandet att differentiera verksamheten och/eller ta in extra inkomster utifrån för viss konsumtion. Dessutom kommer det att finnas andra företrädesvis större lantbruksföretag som är organiserade på annat sätt och där andra ramar gäller för produktionen. Med tanke på de stora skillnader som uppvisas mellan dessa företag kommer de olika företagsformerna att ge uttryck för skilda krav på tekniken i framtiden. En teknisk utveckling måste ta hänsyn till vad de kommande användarna förväntas anse om nyttan med en viss teknik. Antagandet om vilka människor som kommer att syssla med växtodling i framtiden är därför mycket avgörande för teknikmarknadens utseende och teknikutvecklingens inriktning.

Företagets "materiella" ramar har också stor betydelse för vilken utveckling som verkar trolig. Konkurrenskraften mellan maskiner och arbete verkar skilja sig beroende på vad de båda ska användas till. Resultatet i rapporten indikerar att de tekniska möjligheterna är större när det gäller arbetsproduktivitet än när det gäller "kvalitetsproduktivitet". Komplicerade biologiska samband och naturens

verkliga variation gör det svårare att dra direkt nytta av teknik ur kvalitetssynpunkt. Teknikens möjligheter är klarare när det gäller direkt utbyte mellan arbete och maskiner i arbetsproduktivt syfte. Kopplat till den biologiska produktionen skulle detta kunna vara ett allmänt samband.

En annan viktig faktor som påverkar företagens ramar är det faktum att konventionell växtodling rör sig om råvaruproduktion. Allmänt finns det större utrymme för användning av avancerad teknik i processer där högt förädlade produkter behandlas. Till detta kommer det förhållandet att det rör sig om en råvaruproduktion som är mycket beroende av vissa oförutsägbara biologiska och klimatologiska faktorer.

Det är dessutom svårt att idag (1990) ange vilka politiska och övriga starka opinioner som fått genomslag om 20 år. De antaganden som görs i studien att intensiteten i den konventionella växtodlingen minskat något, den biologiska effektiviteten prioriteras mer i allmänhet m m får dock anses som troliga. Om istället det rena produktivitetstänkandet får fortsatt ensidigt genomslag påskyndas dock rationaliseringen mer än vad som antagits bli fallet vid ett ökat kvalitetstänkande. Det kan enbart ske om man inte anser att det är behövligt att "sätta filter" på den konventionella växtodlingen. Eller att det inte anses motiverat att betala den extra kostnad som högre fältarbetskvalitet visar sig kosta.

Forskningen har vidare en stor betydelse för hur växtodlingen ser ut år 2010. I förutsättningarna i studien ingår att den konventionella växtodlingen är mycket lik den som finns 1990. Några stora avsteg från detta scenario har inte gjorts någonstans i rapporten. Forskningen antas bidra till en allmän ökning av kunskapsbasen som är av värde för växtodlingen. En del av denna ökade kunskapsbas kan innebära upptäckter som kan påverka scenariot med den oförändrade konventionella växtodlingen. Upptäckterna kan leda till att produktionen kräver större behov av exakt behandling under hela eller delar av odlingsprocessen. Produktionen blir på det viset känsligare för den mänskliga påverkan än tidigare antaganden. Det kan innebära ett större behov av en teknik med större precision för den typen av odling. Det kvarstår dock problem när det gäller att utnyttja teknik i biologisk produktion.

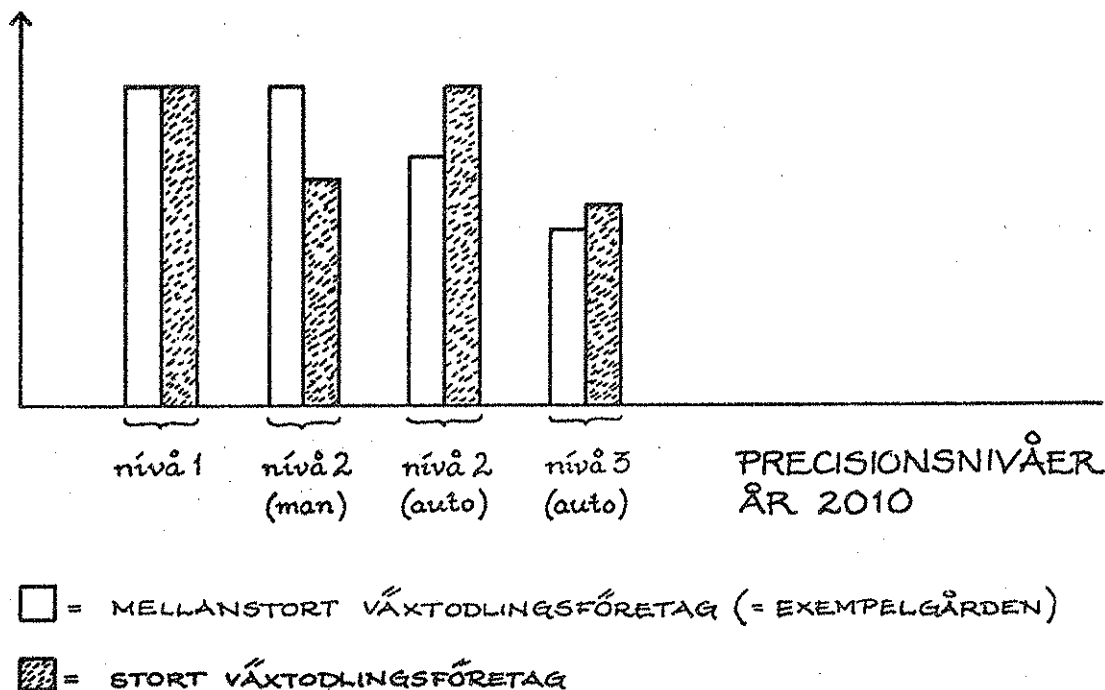
En teknisk utveckling av en process bygger på att en eller flera samband i den aktuella processen är kända. För att få en god effekt av använd teknik måste desutom teknikens arbetsvillkor vara väl kända. När det gäller växtodlingen så kan de olika arbetsprocesserna bli mycket väl kända. Det blir dock en svårare uppgift att skaffa sig en fullständigt känd bild av arbetsvillkoren för tekniken. Detta eftersom den tekniska utvecklingen måste ta hänsyn till vissa delar av processen som aldrig kan bli kända. Resonemanget ovan visar på en skillnad i förutsättningar för utveckling av teknik mellan biologisk produktion och till exempel en väl känd tillverkningsprocess.

Marknadens utseende år 2010 är enligt antagandena "friare". Det innebär att var och en som producent i större grad måste ha en ökad kunskap om förväntade händelser som gäller priset på slutprodukten. Det bör vara helt möjligt för alla som behöver att skaffa sig den informationen. Intresset hos varje enskild företagare avgör hur den kunskapen inhämtas.

I övrigt hänvisas till den allmänna genomgången av förutsättningarna och känslighetsanalysen som finns beskrivna i rapporten.

I figur 12 nedan visas nyttan av teknik som ger möjlighet till förbättrad kvalitet (= högre precision) på samtliga fältarbeten i konventionell växtodling. I nyttobegreppet ingår bedömning av miljöhänsyn, biologiskt resultat, arbetsmiljö, energiåtgång och ekonomi. Nyttan är något olika beroende på vilket företag det gäller. Därför presenteras nyttan för två olika företagstyper i figuren.

VÄRDERAD NYTTA AV
BEHOVSANPASSAD REGLERING
I VÅXTODLINGEN



Figur 12. Tolkningar av nyttan av olika precisionsnivåer utifrån resultatet i studien.

Det här sättet att renodlat visa nyttan av en högre fältarbetskvalitet förefaller rimligt sett ur studiens perspektiv med ett mål att värdera teknik med högre precision. Användning av teknik och arbetsorganisation som ger möjlighet till en förbättrad arbetsproduktivitet ger figur 12 ett något annorlunda utseende. Dessa möjligheter känner vi till stor del idag (och redan tidigare) till och det blir därför inte aktuellt att ta med dessa effekter när den slutliga nyttan av högre precision värderas. Vad som däremot är viktigt att konstatera är att för att till fullo utnyttja den mest rationella tekniken krävs tillägg av avancerad teknik om man samtidigt vill höja kvaliteten på fältarbetet.

Det ser inte ut att finnas några stora möjligheter att med hjälp av den mest avancerade tekniken (fordon utan förare) spara in särskilt mycket resurser. Genomgången av de i studien skisserade förarlösa systemen visar att det endast finns begränsade möjligheter att spara in arbetskostnader och andra resurser med dessa system. Den största vinsten med ett sådant system finns att hämta genom

att använda lättare maskiner. Sett ur hela landets perspektiv finns denna möjlighet endast på en del av åkerarealen - den med stor andel lera i matjord och alv. Tekniken som måste ersätta allt det som en traktorförare brukar utföra blir mycket omfattande. Detta kopplat till en mycket begränsad starkt säsongsbunden användningstid begränsar motivationen för en sådan teknik. Enligt genomgången i studien ser en växtodling med förarlösa fordon inte ut att vara någon stor möjlighet för en ökning av arbetsproduktiviteten.

Val av på lång sikt lämplig precisionsnivå

Valet av lämplig precisionsnivå i växtodlingens fältarbeten i framtiden beror till stor del på vilka värderingar som fått genomslag i det etablerade ekonomiska signalsystemet. Med dagens (1990) ekonomiska signalsystem förväntas motivationen vara liten att gå längre vad gäller noggrannheten än att utveckla grundtekniken för samtliga arbetsmoment i växtodlingen. Den används sedan för att utföra en medelbehandling av varje fält. Detta motsvaras av precisionsnivå 1 i rapporten. Det innebär liten skillnad mot de förhållanden som råder idag för växtodlingen - förutom förbättring av beslutsunderlag för företagaren och utveckling av grundtekniken. När det gäller de riktigt stora växtodlingsföretagen innebär det eventuellt att det krävs en uppdelning av stora fält i mindre enheter. Endast på det sättet kan de positiva effekterna av en förbättring av medeltekniken uppnås även för större växtodlingsföretag.

I det följande antas att miljökostnader och andra idag endast i liten utsträckning ekonomiskt värderade dolda kostnader är medtagna i 2010 års värderingssystem för växtodlingsprodukter. Odlingens biologiska effektivitet värderas högre än tidigare.

Ur strikt ekonomisk synpunkt, enligt gammalt värderingssystem, är det fortfarande inte helt motiverat att öka noggrannheten mer än till nivå 1. Tar man däremot med de övriga effekterna med en förbättrad noggrannhet (enligt figur 10) och antar att dessa värden kan tas med i kalkylen blir det intressant med en förbättrad noggrannhet. Det blir motiverat att höja noggrannheten från nivå 1 till nivå 2 (noggrannhet 0,5 ha). Precisionsnivå 2 kan utföras med olika tekniska alternativ. Ett manuellt alternativ och ett automatiskt alternativ kan användas.

Det manuella alternativet passar de som redan innan har sitt växtodlingsarbete organiserat så att det mesta eller allt arbete sköts av en person - driftsledare och "fältarbetare" i samma person. En tidigare uppdelning av arealen på fält med storlek ca 5 ha är också en förutsättning. För dessa blir det merarbete i samband med noggrannare behovsanalys en överkomlig ökad insats för att tillfredsställa ett krav på större noggrannhet.

För de företag som har sin areal uppdelad på mycket större delar än 5 ha och där arbetsorganisationen är sådan att arbetet utförs med i stor utsträckning specialiserad personal blir det automatiska alternativet en möjlighet. De maskiner som används kräver då ett något ökat förarbete inför varje arbetsmoment. Samma arbetsorganisation som tidigare förutsätts kunna användas. De totala verkliga kostnaderna är något större än för det manuella alternativet. Det manuella alternativet kan också användas på de ovan beskrivna företagen om de stora ändringarna av arbetets organisation som krävs antas kunna bli motiverade.

Det slutliga valet av något av de ovannämnda alternativen avgörs till stor del av ekonomiska förhållanden kombinerat med intresset hos de som ska arbeta med odlingen i framtiden.

Ett val av en högre noggrannhet motsvarande nivå 3 ger små ytterligare positiva effekter, ökade tekniska svårigheter och en starkt ökad kapitalintensitet i odlingen. Slutsatsen blir därför att det inte finns motiv varken på kort eller lång sikt att välja denna högre noggrannhet. Slutsatsen grundar sig på antagandena i studiens 20-åriga framtidsperspektiv.

En vidareutveckling av växtodlingstekniken mot ett tekniskt system med förarlösa fordon i fält kan inte motiveras för någon typ av företag. En av huvudorsakerna är att det är stora tekniska svårigheter bl a med att garantera säkerhet för människor och djur i närhet av fordonskombination i arbete. En annan viktig faktor är att det alltid kommer att krävas relativt stora insatser av manuellt arbete i växtodlingens samtliga arbeten. Det måste också ställas krav på en ständig övervakning av det förarlösa systemet. Utrustningen som helhet används säsongsvis och under kort total tid varje år. Det gör att det finns små möjligheter

att spara in arbetskostnader även på mycket lång sikt. Den ökade kapitalintensiteten kan inte heller motiveras i denna typ av starkt säsongsbunden biologisk råvaruproduktion.

Teknisk utveckling och jordbruksforskning i framtiden

Rapporten behandlar endast effekterna av en vidareutveckling av tekniken för samtliga fältarbeten i konventionell växtodling mot en högre precision. I och med att denna vidareutveckling relateras till en utgångsnivå år 2010 som är förbättrad jämfört med idag (1990) behöver antaganden göras om innehållet i den allmänna teknikutvecklingen fram till år 2010. I dessa antaganden ingår:

- Förbättrat beslutsunderlag gällande för växtodlingen viktiga driftledningsbeslut i form av
 - bättre lokalt anpassad rådgivning
 - mer detaljerade prognoser
 - bättre driftslednings- och allmän jordbruksutbildning
 - ökad mängd insamlad information om enskilda fält
 - nya forskningsrön som utgör grund för förbättrad rådgivning.
- Förbättrad teknik i konventionell växtodling bestående av
 - förbättringar av grundprinciperna för utförande av samtliga arbetsoperationer i växtodlingen (t ex utformning av såbäddsberedning, utmatningsprincip för gödsel, doseringsprincip m m)
 - bättre överensstämmelse mellan inställt arbete och verkligt arbete (t ex harvningsdjup, inställning av gödselmängd, bekämpningsdos m m).
- Förbättring av beslutsunderlaget när det gäller inställning av maskininställning inför en viss medelbehandling av ett fält, bestående av
 - till viss del lokalt anpassade maskiner
 - utbildning hos driftsledare/förare
 - förbättrat utnyttjande av erfarenheter hos driftledare/förare.

- Förändrade yttre ramar (= lagar, priser m m)
 - något större miljöhänsyn
 - dyrare bekämpningsmedel
 - dyrare konstgödsel
 - en allmän prioritering av skiftesanpassade åtgärder.

Alla dessa förutsättningar finns beskrivna i studien på olika ställen och utgör utgångsläget när det gäller att bedöma motivationen för eventuellt ökad precision i den konventionella växtodlingen, dvs en ökning av precisionen mer än till skiftes-
anpassade åtgärder. Det innebär att det finns vinster att hämta fram till en full-
ständigt utvecklad bättre skiftesanpassad växtodling år 2010 (motsvarar
precisionsnivå 1 i studien).

Rapporten ska ge underlag till svar på frågan om hur stor precision som är moti-
verad inom ett fält vid spannmålsodling under svenska förhållanden. En viktig
bieffekt blir då att andra viktiga utvecklingsmöjligheter uppmärksammas under
arbetets gång. Det gäller bl a utveckling av metoder och teknik för att bestämma
lämpliga grundnivåer för samtliga arbetsoperationer. Dessutom har en utveckling
av verktyg som kan användas i planeringsarbetet och beslutsfattandet som rör
växtodlingen uppmärksammas.

Vid sidan av en kontinuerlig utveckling av den konventionella växtodlingstekni-
ken finns möjligheter med en utveckling av helt nya växtodlingssystem. I dessa
system kan en, flera eller delar av de traditionella arbetsoperationerna i dagens
konventionella växtodlingssystem vara utbytta mot helt eller delvis nya arbetso-
perationer (t ex direktsådd, harvsådd m m). På det viset kan språngvisa föränd-
ringar i växtodlingstekniken åstadkommas.

De resultat som arbetas fram i den här rapporten har stor betydelse för vilken
teknisk utveckling som antas bli tongivande i framtiden. En uppdelning i två olika
huvuddelar kan antas i en kommande teknisk utveckling för växtodlingen. Den
första delen består av en utveckling av grundprinciperna för samtliga arbetsmo-
ment i odlingen - motsvarar utförande av rätt medelnivå. Den andra delen blir en
vidareutveckling av noggrannare användning av den utvecklade grundtekniken -
motsvarar reglering på marginalen. Dessa två delar kan sägas utgöra olika utveck-
lingssteg i en kontinuerlig teknisk utveckling förutsatt att ett visst odlingsystem

valts. Studien ger endast svar på vilken nytta en vidareutveckling av ett idag (1990) konventionellt odlingsssystem antas ha. Samma resonemang kan förhoppningsvis användas vid utvärdering av ny vidareutveckling av odlingsssystem för andra produkter än spannmål (förutsatt liknande odlingscykel, utseende på arbetsmomenten m m).

Slutsatserna av rapporten innebär att det finns större vinster att hämta in genom att utveckla de tekniska grundprinciperna än det finns genom att vidareutveckla dessa odlingsinsatser ytterligare - sett utifrån förhållandet i odlingen idag, 1990, såväl som år 2010. Detta är i sig ett relativt självklart påstående. Den i rapporten beskrivna vidareutvecklingen mot en noggrannare teknik (större precision än fältanpassning) kan alltså motiveras först efter det att de tekniska grundprinciperna är utvecklade att motsvara uppställda krav.

En annan slutsats som kan dras av materialet i rapporten är att det i framtiden kommer att skilja mellan olika sätt att sköta ett lantbruksföretag. Olikheterna kan vara betingade av ekonomiska motiv men också av företagsmål i form av personliga intressen. Förutom dessa individuella skillnader kommer de regionala och lokala skillnaderna att finnas kvar (skogs-, mellan-, slättbyggder). Alla dessa olikheter kommer då att spegla av sig på den teknikmarknad som de olika företagen anser sig ha behov av. Det får troligen till följd att vissa efterfrågar rationell teknik för samtliga växtodlingens arbeten. En kategori odlare efterfrågar istället en enklare anpassad fysiskt avlastande teknisk utrustning och satsar istället en större del arbete. Upp till den beskrivna precisionsnivån 2 finns det möjligheter för båda dessa företagsformer att till en realistisk kostnad odla spannmål. Nästa nivå, 3, kräver avancerad teknisk utrustning för all odling och bidrar till kraftigt ökade kapitalkostnader för all odling.

Med ledning av resultatet av rapporten bör följande tekniska forskning kring växtodlingen prioriteras:

- Utveckling av metoder och teknik för att bestämma lämpliga grundnivåer för samtliga arbetsoperationer.

- Utveckling av sensorer som kan mäta variationen hos för olika arbetsmoment utslagsgivande fältfaktorer. De uppmätta värdena ger underlag för en noggrannare behovsanalys. Det kan gälla manuell enstaka provtagning och kontinuerlig automatisk behovsanalys. Denna utveckling blir avgörande för den nytta man i en fortsatt utveckling kan få av förbättrad (noggrannare) reglering av växtodlingsinsatserna. Målet är en noggrannhet på ca 0,5 ha.
- Identifiering och kvantifiering av de processer (biologiska samband) som ska byggas in i "mjukvaran" till den automatiska tekniken. Först då kan en automatisk koppling mellan behov och reglering utföras.
- Utveckling av, i ett första steg, reglerteknik som ett led i utvecklingen av en förbättrad allmän teknikutveckling. I ett andra steg, helt beroende av utvecklingen av sensorer, utveckling av en marginalreglering kring en förinställd grundnivå. Målet är en noggrannhet på ca 0,5 ha.
- En utveckling av en teknik för direkt reglering av insatser med självjusterande "intelligenta" redskap. Ett annat sätt är att med hjälp av positioneringssystem göra detaljerade kartor över behov på ett fält och reglera efter dessa. Tillämpningen av denna tekniska funktion är beroende av väl fungerande sensorer.
- Utveckling av teknik som kan användas som ett verktyg i planeringsarbetet och beslutsfattandet som rör växtodlingen.
- En utveckling av helt andra arbetsmoment eller hela odlingssystem än i konventionell växtodling (1990). Det kan dessutom vara intressant att organisera odlingsarbetet på annat sätt, t ex för vissa geografiskt avgränsade odlingsområden.

Till slut några kommentarer till vidareutvecklingen av växtodlingstekniken.

Utvecklingen består till stora delar av att genom att utnyttja avancerad informationsteknik kunna bygga in biologisk kunskap i redskapen. En viktig förutsättning för att detta ska lyckas är att man med stor säkerhet kan mäta de rätta biologiska faktorerna under mycket varierande förhållanden. Förutsatt att rätt faktor har lokaliserats kan vissa justeringar kring mätningen göras genom bearbetning av "mjukvara" i en central dataenhet (automatiskt alternativ). Bearbetningen av "mjukvaran" kan i det manuella fallet utföras direkt av föraren. Stora skillnader

mellan t ex odlingsområden eller t o m fält kan tänkas ge upphov till att det blir olika biologiskt beroende faktorer som är utslagsgivande att mäta. Det gör i sin tur att det inte är möjligt att klara justeringen av utrustningen genom "mjukvaran". Istället måste en annan sensor användas för att samla in rätt information om varierande behov inom ett karakteristiskt intervall. Detta synsätt ligger till grund för resonemanget i studien om de tekniska svårigheter som antas finnas vid utveckling av noggrannare automatisk teknik.

Avslutningsvis kan en viktig genomgående slutsats göras. Utvecklingen av avancerade redskap kan på lång sikt inte ersätta driftsledningsbesluten som tas av den enskilde individen när det gäller att bestämma lämplig tid, lämplig grundprincip och grundnivån på arbetsinsatsen. Den noggrannare tekniken kan endast på lång sikt konstrueras för att finjustera växtodlingsinsatsen kring ett förinställt värde (t ex djup, kgN, m m).

SAMMANFATTNING

Detta är en teknikvärderingsstudie utförd inom ramen för Inst för lantbrukstekniks (SLU) verksamhet. Studien innehåller beskrivning av ny mer noggrann teknik för växtodlingens fältarbeten. Dessutom beskrivs de förutsättningar under vilka tekniken antas arbeta. Utifrån dessa förutsättningar bedöms effekter av att införa olika precisionsnivåer och därefter presenteras en slutlig värdering och slutsatserna diskuterats. Anledningen till att studien initierats är att man med dagens (1990) växtodlingsteknik anses utföra en alltför schablonmässig behandling av åkermarken. Följden blir bland annat vissa negativa effekter på miljön och på arbetsmiljön vid fältarbete.

Hela studien (framtidsstudien) bygger på en i teknikvärderingssammanhang etablerad informell arbetsmetod.

De förutsättningar som beskrivs utgör en helhetsbild av de förhållanden som antas råda år 2010. Mark, klimat och odlingsprocessen med inre och yttre ramar och utförandefasen är de viktigaste förutsättningarna.

Tekniken som tas upp i rapporten är en vidareutveckling av dagens konventionella växtodlingsteknik mot en ökad precisionsnivå. Precisionsnivån representerar möjligheten att dela upp fältet i delar och anpassa växtodlingens samtliga arbeten efter varierande behov. Ett avancerat tekniskt system med förarlösa fordon i fält berörs också.

Med ledning av en litteraturgenomgång görs antaganden om vilka effekter var och en av de olika precisionsnivåerna antas ha. Effekterna delas upp i huvudgrupper enligt följande - miljö, biologi, arbetsmiljö, teknik, energi och ekonomi. Effekterna värderas i vissa fall i pengar och i andra fall i värderad nytta (+ eller -). En genomgående förutsättning är att en sammanvägning av dessa olika typer av effekter antas vara möjlig. En känslighetsanalys utgör en viktig komplettering till beskrivning av effekterna.

Den slutliga värderingen visar att det är lämpligt att på lång sikt satsa på en precisionsnivå där det är möjligt att med god säkerhet anpassa alla växtodlingens arbeten till varje 0,5 ha. Det kan åstadkommas efter behov genom ett manuellt eller ett automatiskt alternativ. Ökande tekniska svårigheter och en svår motive-rad höjning av kapitalintensiteten gör att det inte är motiverat att öka noggrannheten ytterligare - åtminstone sett ur studiens 20-åriga framtidsperspektiv. Användning av förarlösa fordon till fältarbeten kan inte motiveras.

Avslutningsvis anges exempel på lämplig teknikutveckling i jordbrukets växtodling. De viktigaste utvecklingsområdena som tas upp är:

- En mycket angelägen forskning mot en utveckling av metoder och teknik för att bestämma rätt grundnivåer för varje arbetsoperation i växtodlingen.
- Utveckling av sensorer för att automatiskt eller manuellt mäta utslagsgivande fältfaktorer.
- Utveckling av beräkningsmodeller som kan ligga till grund för automatisk mätning och reglering.
- Reglerteknik att användas vid manuell eller automatisk reglering.

- Utveckling av teknik som kan användas som verktyg i planeringsarbetet och beslutsfattandet som rör växtodlingen.
- Utveckling av alternativa tekniska system eller delar av system för ny framtida växtodling.

Det som blir helt avgörande för utvecklingen av ny avancerad automatisk teknik är utvecklingen av sensorer. Om rätt faktor och rätt faktorvärde (vid ett visst tillfälle) kan mätas under de mycket varierande förhållanden som råder vid all odling kan också reglering utföras utifrån direkt eller indirekt uppmätt behov.

Utvecklingen av avancerade redskap kan inte ersätta driftsledningsbesluten som, idag och imorgon, tas av den enskilde individen (förare/driftsledare). Det kan gälla beslut om lämplig tidpunkt, val av arbetsprincip och grundnivå på växtodlingsinsatsen. Den noggrannare tekniken kan endast på lång sikt konstrueras för att finjustera insatsen kring ett förinställt grundvärde.

SUMMARY

A study with the title "CROPPING OPERATIONS ADJUSTED TO FIELD REQUIREMENTS. A FUTUROLOGICAL STUDY OF NEW TECHNOLOGY" was performed during June 1989 to June 1990 at the Swedish University of Agricultural Sciences. It concerns a technology assessment carried out at the Dept of Agricultural Engineering. A description of crop farming equipment with improved technical accuracy is given, together with the conditions under which the equipment is designed to work, the effects caused by the new technology and, finally, an assessment and conclusions. An informal technology assessment method is used through the study.

Modern crop farming has been identified as an important reason for increasing water pollution, among other things. Also working environment during field work is said to be more and more stereotype. Among other important things this is caused by the modern crop farming methods that are frequently of a stereotype nature. That is the main reason why this study was initiated.

A review of the most important future conditions is presented as the situation in the year 2010. Soil- and climate conditions and the limits for the crop growing process are the most important sections when the conditions are described.

Future assumed technological development in modern crop farming is described as four different accuracy levels, where the accuracy represents technology making it possible to divide land into parts ranging from 5-0.005 hectares depending on level. This division makes it possible to adjust each crop farming operation according to the variation of field requirements. A technical system with driverless vehicles is also described.

According to the result of a literature review, effects caused by the new technology are estimated. Effects are divided into the following groups - environment, biology, working environment, technology, energy and economy. To some extent, effects are represented as economic utility and in other cases as non-economic utility. The study is complemented with a sensitivity analysis.

The final assessment and conclusions show that the most appropriate accuracy level in the long term is a level dividing the field into parts each sized half a hectare. This can be done, depending on varying need, using two different methods (accuracy level 2) described in the study. One is called the automatic method with increased use of advanced technical equipment and a little more work. The other is a method where more extra work and a little new technology is used. Increasing technical difficulties and an increase in capital intensity in crop farming as a whole, are the main reasons for not choosing a more accurate level. There is no justification in using driverless vehicles in future field-work.

The study finally gives some examples of appropriate technical development in future crop farming. The most important parts are:

- Developing technology intending to determine the proper basic performance level of each crop farming working operation.
- Developing automatic or non-automatic measurement equipment sensitive to adequate field parameters.

- Developing models as an adequate foundation as regards automatic adjustment of the crop farming process.
- Developing regulation technology to use both in the case of automatic and non-automatic adjustment.
- Developing a tool to be used in the process of making strategic decisions in crop farming management.
- Developing alternative crop farming processes and systems.

The most important issue in future research concerning development of conventional crop farming is to develop measurement equipment. If the adequate field factors and magnitude can be measured under varying conditions it is also possible to make correct adjustment of each crop farming operation - and not before.

Development of advanced crop farming equipment cannot replace decisions usually made by the farmer. Instead, the more accurate technology will, in the long term, only make it possible to adjust the operations according to a basic level that has been programmed in advance.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Aamisepp, A. och Wallgren, B. 1979. Ogräs i stråsäd. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 280, SLU. Uppsala.
- Andersson, M. och Axelsson, S. 1988. Böndernas arbets- och livsvillkor. Examensarbete 4. Lantbrukets informationslära, SLU.
- Andersson, R. 1986. Förluster av kväve och fosfor från åkermark i Sverige. Institutionen för markvetenskap, SLU. Uppsala.
- Anerud, K., Högborg, E., Johansson, L., Kroeker, G. Larsson, A. och Nilsson, P-Å. 1978. växtodlingens grunder. Borås. LT:s förlag.

- Berg, M. 1975. "Methodology", i Perspectives on technology assessment. (Tidskrift).
- Borrough, M., Chen, K. & Christakis, A. (red). 1980. Technology assessment: Creative futures. Perspectives from and beyond the second international congress. New York; North Holland.
- Brink, N. 1985. Vattenvård - valda verk. Avdelningen för vattenvård, SLU. Kompendium 1. Uppsala.
- Brisegård, M., Hane, B. och Lundmark, U. 1989. IMPOSE Navigation of field tractors.
- Databok, 1989. Databok för driftsplanering. Speciella skrifter 37. SLU, Uppsala.
- Elinder, M., Falk, C. Arbets- och maskindata inom jordbruket. Konsulentavdelningen/teknik Maskindata 6. SLU, Uppsala.
- Eriksson, B. 1986. Nederbörds- och humiditetsklimatet i Sverige under vegetationsperioden. SMHI, RMK nr 46. Norrköping.
- Gummesson, G., Olofsson, B., Hallqvist, H., Bengtsson, A., Fogelfors, H. 1988. Kan kemisk bekämpning minskas? Aktuellt från lantbruksuniversitetet 370, SLU. Uppsala.
- Hammar, O. och Henriksson, L. 1987. Vårbruk. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 362, SLU. Uppsala.
- Huhtapalo, Å. 1985. Sådd och såteknik. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt nr 63, SLU. Uppsala.
- Hult, J., Lindqvist, S., Odelberg, W. & Rydberg, S. 1989. Svensk teknikhistoria. Värnamo. Gidlunds.
- Håkansson, I. 1989. Packning av matjordslagret. Vilken packningsgrad är bäst? Sveriges lantbruksuniversitet. Fakta/markväxter nr 1. Uppsala.
- Håkansson, S. Sådd och såteknik - beståndsuppbyggnad. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt nr 63, SLU. Uppsala.

- Karlqvist, A. 1983. Teknik och samhälle - en systemanalytisk introduktion, våren 1983. Tema T Rapport 4. Linköping.
- Kritz, G. 1983. Såbäddar för vårstråsäd. Inst för markvetenskap, Avdelningen för jordbearbetning. Rapport nr 65, SLU. Uppsala.
- KSLA. 1989. Minskad bekämpning i jordbruket, möjligheter och konsekvenser. Kungliga Skog- och Lantbruksakademien, Rapport nr 3. Stockholm.
- Larsson, S. 1979. Sätidsförsök med korn och havre i Bergslagen. Institutionen för växtodling. Rapport 78, SLU. Uppsala.
- Liljas, E. 1988. Profarm. Förbättrad väderinformation i jordbruk. Behov och möjligheter. Forsknings och utvecklingssektionen SMHI nr 72. Norrköping.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävetens rörelser och fördelning i marken II. Metoder för mineralkväveprovtagning och -analys. Institutionen för markvetenskap. Rapport 137, SLU. Uppsala.
- Lindhult, E. 1984. Inledning till teknikvärdering. Kompendium. Kungliga Tekniska Högskolan. Stockholm.
- Lännevall, T. 1989. Företagens investeringar i ny teknik. Institutionen för ekonomi. Rapport 17, SLU. Uppsala.
- Mattson, R. 1978. Jordbrukets utveckling i Sverige. Aktuellt från lantbruksuniversitetet, allmänt nr 258.
- Nitsch, U. 1982. Hur ser jordbrukare på sitt arbete och på informationen? Inst för ekonomi och statistik. Rapport 196, SLU.
- Nitsch, U. 1990. Böndernas grundläggande behov. Konsulentavdelningens rapporter, 161. SLU. Uppsala.
- Office of technology assessment. 1981. Annual report to the congress for 1980. OTA-A-131.
- Petrini, F. och Törnqvist, G. 1984. Jordbrukets strukturekonomi. (Sveriges lantbruksuniversitet, speciella skrifter 20). 98 s. Uppsala.

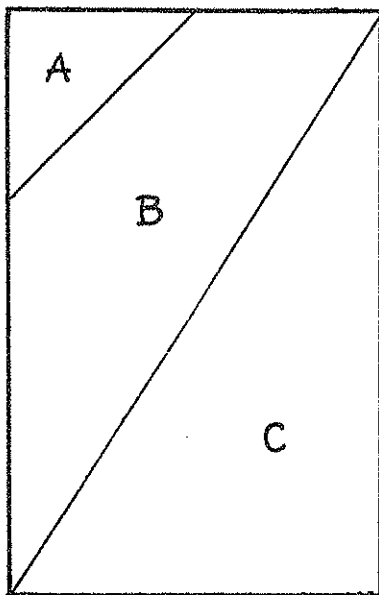
- Porter, A. et al. 1980. A guide-book for technology assessment and impact analysis. New York; North Holland.
- Renius, K.T. 1986. Tendencies in European tractor development. CSAM summer meeting. Beijing/China.
- SCB. 1985. Skördevariationer i de objektiva skördeuppskattningarna. Konsulentavdelningens rapporter nr 63. SLU, Uppsala.
- SJFR. 1985. SJFR inventerar...
- SJFR. 1985. SJFR föreslår...
- Torstensson, L. 1987. Kemiska bekämpningsmedel - transport, bindning och nedbrytning i marken. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 357, SLU. Uppsala.
- Personliga meddelanden från
- Nybrant, T. 1989. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbruksteknik.

BERÄKNINGSUNDERLAG FÖR BEDÖMNING AV EFFEKTER AV EN MER NOGGRANN KONVENTIONELL VÄXTODLINGSTEKNIK

Genom hela studien utförs beräkningar med utgångspunkt från exempelgården som beskrivs närmare i rapporten. Utgångsläget för fältberäkningarna är sammanfattningsvis:

- ett 5 ha stort fält placerat i slättlandskap
- konventionell spannmålsodling förutsätts
- under exempelåret kornodling på exempelfältet
- för området "normal" nederbörd under växtsäsongen.

Exempelområdet antas ha en variation av odlingsförutsättningarna enligt Fig. I nedan.



A: 0,5 ha *fjnm* →

B: 2,0 ha *mmhll* → *mmhml*

C: 2,5 ha → *nmhsl*

Figur I. Beskrivning av jordartsvariationen på det konstruerade exempelområdet.

Utgångsläget (precisionsnivå 1 år 2010) består vidare av ett utförande av samtliga växtodlingsinsatser med en och samma medelbehandling av hela fältet. De mer noggranna alternativen (nivå 2 o 3) består av en uppdelning av insatserna i *flera olika utförandenivåer inom ett fält*. Vid en jämförelse mellan de olika precisionsnivåerna är den totala insatsen ungefärligen lika stor för samtliga alternativ. Det

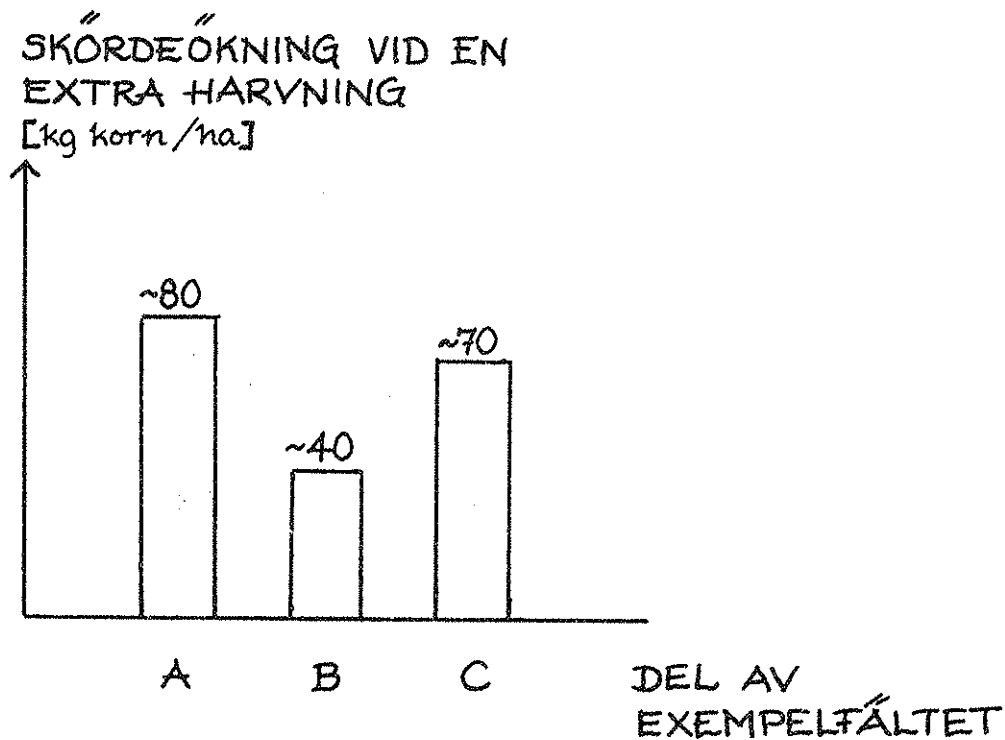
som i huvudsak skiljer dessa åt är däremot effektiviteten i utnyttjandet av insatta resurser. Utifrån dessa förutsättningar beräknas effekterna av en förbättrad fördelning av växtodlingsinsatserna inom ett fält. Bilagan tar endast upp en jämförelse mellan noggrannhetsnivåerna 1 och 2.

Bedömningen av de effekter som en förbättrad insatsfördelning inom ett fält ger upphov till, har utförts för följande insatser:

- Jordbearbetning och sådd
- Tillförsel av växtnäring
- Ogräsbekämpning
- Svampbekämpning, (endast kommentarer)

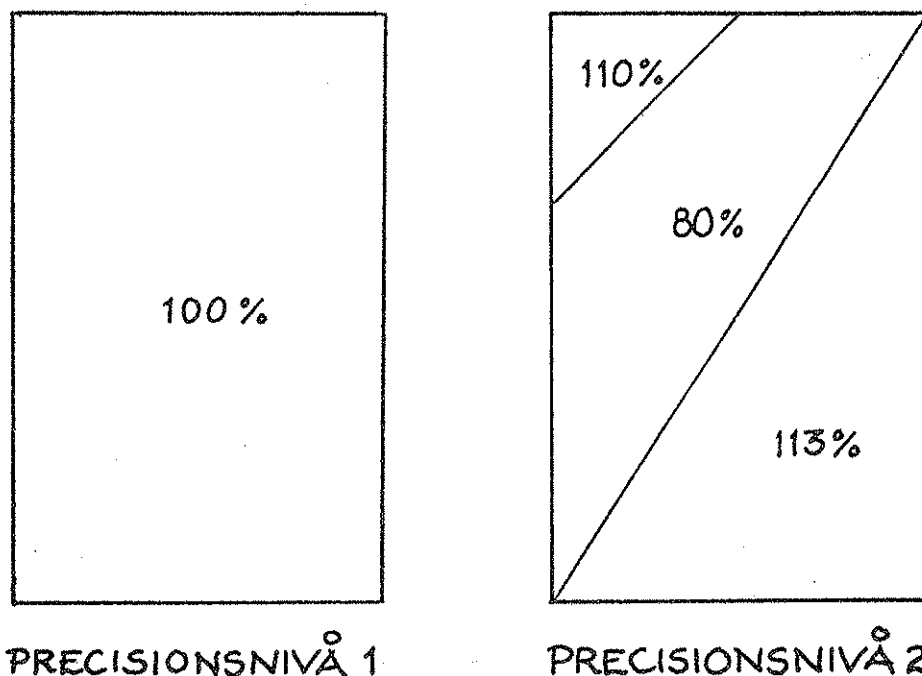
Jordbearbetning och sådd

Exempelfältet uppvisar en variation av jordbearbetningsbehovet enligt Figur II nedan.



Figur II. Skörderespons för en extra harvning på exempelfältet beroende av fältvariationer (efter Hammar 1987).

En uppdelning av harvningsutförandet i tre olika nivåer inom fältet förbättrar skördeutbytet med ca 10 kg/ha jämfört med en medelbehandling av hela fältet. I Figur III visas hur bearbetningen utförts på exempelfältet beroende på val av precisionsnivå.



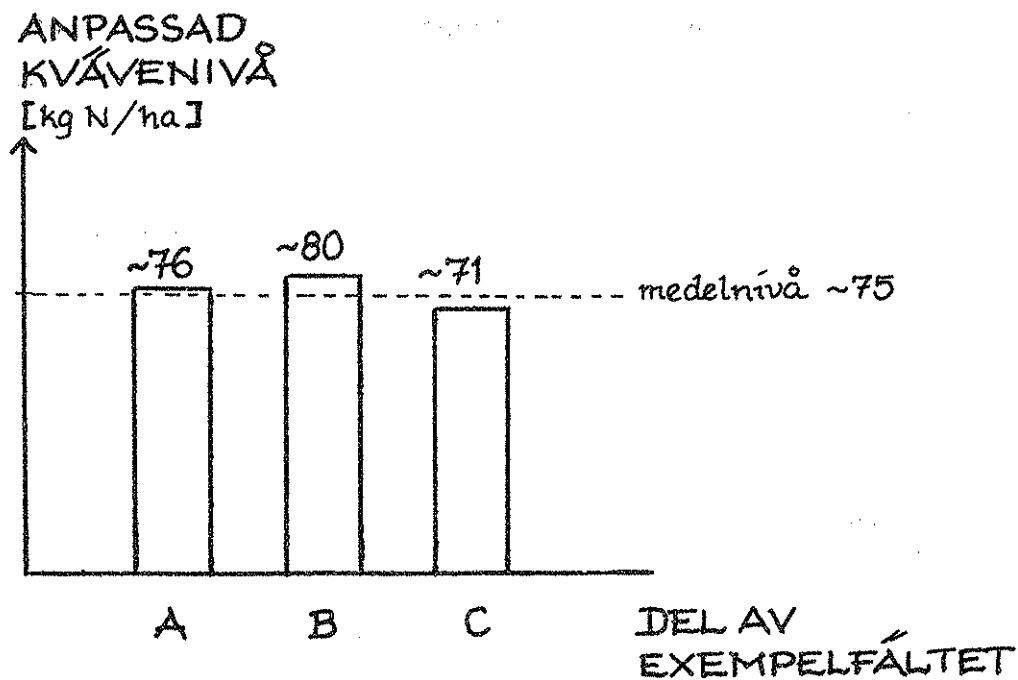
Figur III. Utförandenivåer vid såbäddsberedningen på exempelfältet med precisionsnivå 1 och 2.

Till detta antas vissa kvalitetsförbättringar tack vare jämnare uppkomst m m.

Någon ytterligare reglering av sådjup (utöver den indirekta regleringen vid såbäddsberedningen) och antal kärnor/m² antas inte vara motiverade. Förutsätter att en lyckad ogräsbekämpning utförs.

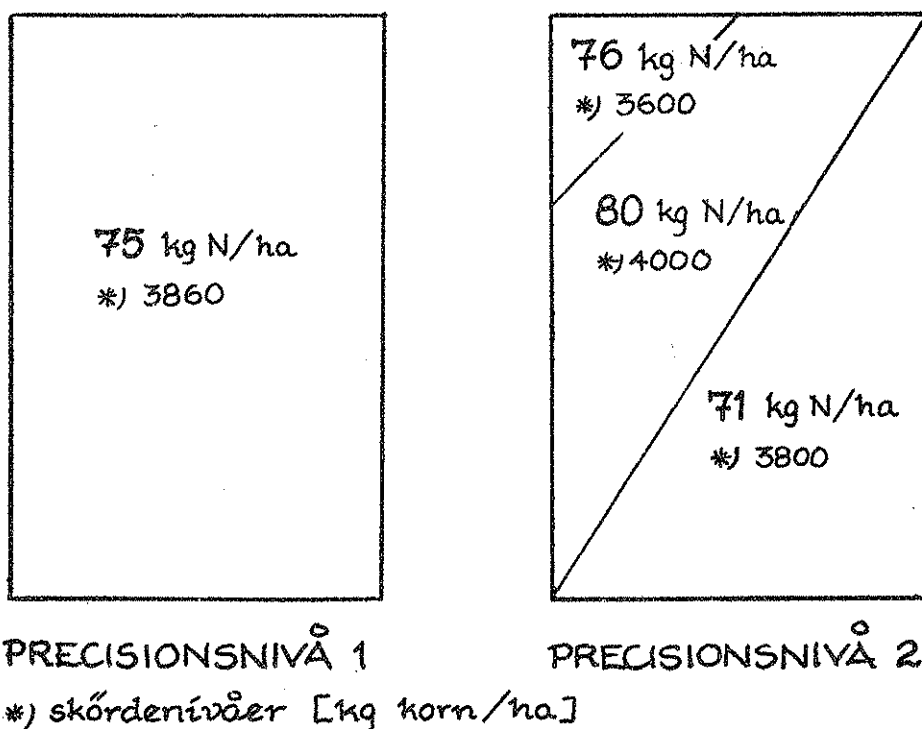
Tillförsel av växtnäring

Det uppmätta behovet av kväve varierar inom exempelfältet enligt Figur IV nedan.



Figur IV. Inom exempelfältet varierande kvävebehov i jämförelse med hela fältets medelbehov.

Enligt behovsanalysen som är gjord på exempelfältet är lämplig skiftesanpassad kvävenivå 75 kg N/ha (motsvarar precisionsnivå 1). I figuren nedan visas dessutom hur samma totala mängd kväve fördelar sig inom fälten när tre olika behovsnivåer kunnat konstateras - motsvarar precisionsnivå 2 (Databok, 1989).



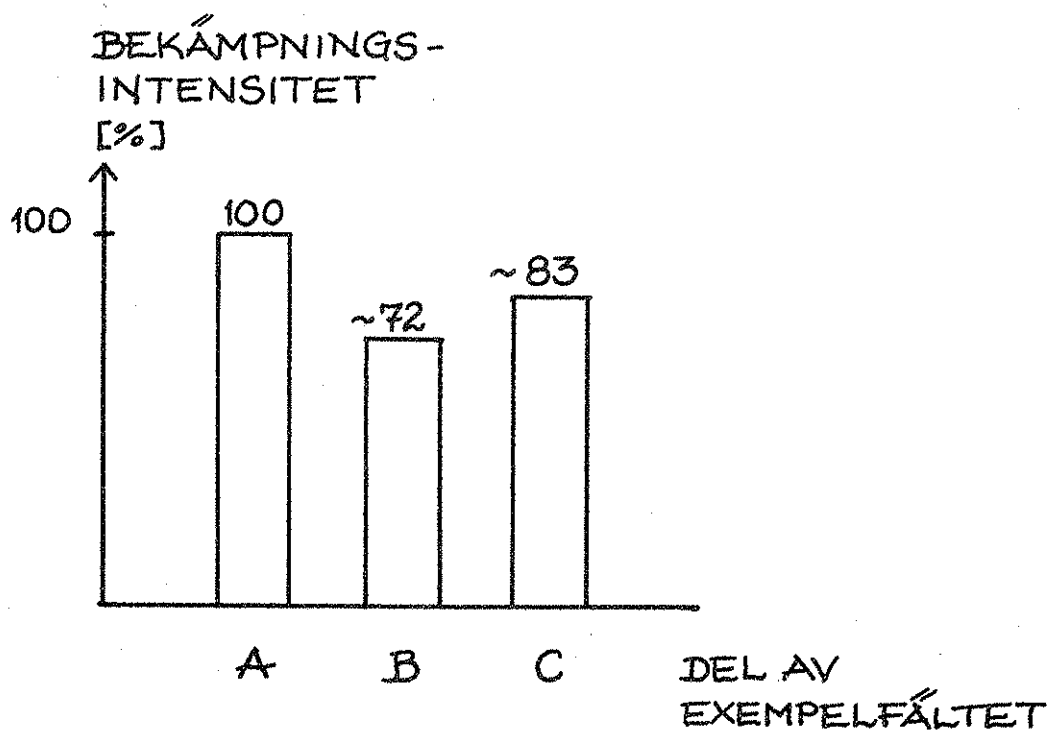
Figur V. Utförandenivåer vid spridning av kväve på exempelfältet med precisionsnivå 1 och 2.

Den noggrannare fördelningen av kväve inom exempelfältet (enligt nivå 2) ger en skördeökning på ca 10 kg/ha jämfört med en medelbehandling av fältet.

I studien tas skördeförbättringar tack vare minskad dubbelspridning och ojämn lokal fördelning upp. Genom en exaktare teknik kan minskningen av liggsäd vid vändteg m m uppnås. På det viset kan skördebortfall minskas. Högre kvalitet för en del av skörden och en begränsad inbesparing av växtnäringen kan också åstadkommas.

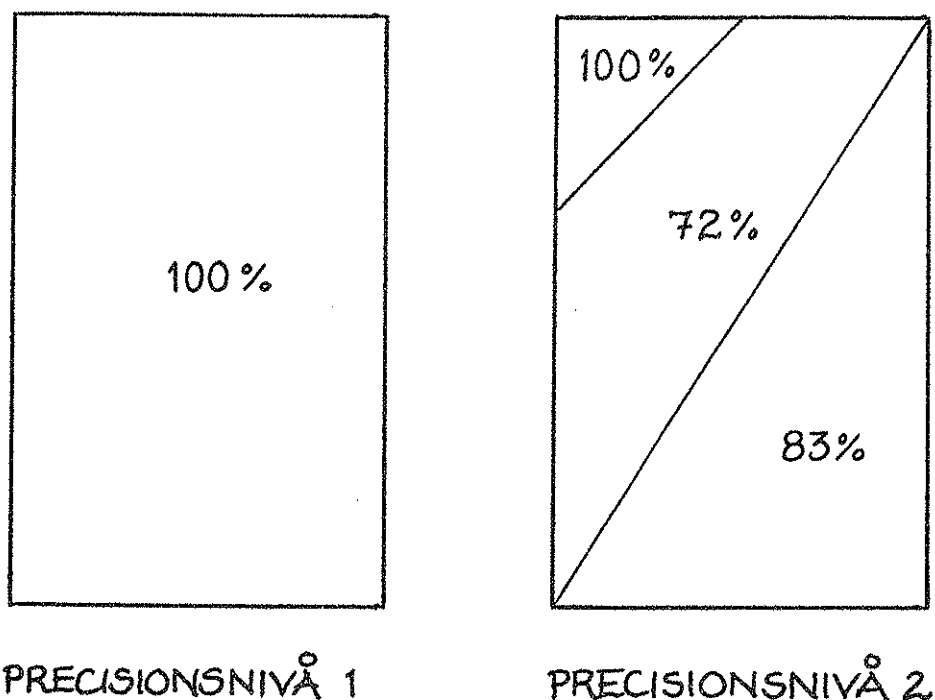
Ogräsbekämpning

Behovet av kemisk bekämpning mot ogräs har antagits variera. På vissa delar av fältet kan bekämpningsintensiteten sänkas jämfört med medelintensiteten i nivå 1. Det innebär att även om bekämpningsintensiteten sänks bibehålls fullgod ogräseffekt inom hela fältet med nivå 2.



Figur VI. Exempelfältets antagna variation av ogräsbekämpningsbehov, inom ramen för bibehållen ogräseffekt.

Ogräsbekämpningen har utförts efter varierande bekämpningsbehov enligt Figur VII.



Figur VII. Utförandenivåer vid kemisk ogräsbekämpning på exempelfältet med precisionsnivå 1 och 2.

Några direkta skördeökningar tack vare bättre fördelning av ogräsbekämpningen inom exempelfältet har inte ansetts trolig. Vissa kvalitetsförbättringar och en viss minskning av använd mängd bekämpningsmedel har dock tillskrivits det noggrannare utförandet.

Svampbekämpning

Exempelfältet med placering i Uppsala har visat sig ha ett behov av i genomsnitt 0,3 svampbekämpningar/ha vid kornodling (Databok, 1989). Vid de tillfällen som det uppkommer behov av svampbekämpning av stråsäd antas bekämpningen utföras lika över ett helt fält. Således tas inte någon positiv effekt upp för en teknik som fördelar bekämpningsmedlet bättre inom fältet.

UTGIFTER FÖR NY TEKNIK OCH BEHOV AV EXTRA ARBETE - PRECISIONSNIVÅ 2 OCH 3

Utgifterna för ny teknik som antas komma till användning i precisionsnivå 2 och 3 presenteras i denna bilaga. När det gäller nivå 2 görs skillnad mellan automatiskt och manuellt alternativ (enligt beskrivning i studien). För precisionsnivå 3 anges endast en antagen totalsumma som grundar sig på en förbättring av det automatiska alternativet i nivå 2.

Storleken på de antagna ökade utgifterna för ny teknik presenteras som en utgift för varje 100 ha stor gård med spannmålsodling. Den tekniska utrustningen som beskrivs i studien finns ej tillgänglig i dag (1990). Storleken på utgifterna representerar värdet av det tillägg som krävs för varje maskin vid val av en större noggrannhet - jämfört med en medelbehandling av varje fält år 2010 (precisionsnivå 1).

Behovet av extra insatser av arbete presenteras också för varje alternativ nedan.

Precisionsnivå 2 - automatiskt alternativ

Precisionsnivå 2 motsvarar enligt beskrivningen i studien en noggrannhet där alla fältarbeten kan anpassas till varierande behov för varje ~0,5 ha. Detta automatiska alternativ använder en separat positioneringsutrustning till hjälp för att orientera ett fordon med redskap på ett fält. Följande tekniska utrustning antas krävas:

	<u>kr/100 ha</u>
Positioneringssystem	62 000/2
Dataenhet i fordon	15 000
Sensorer och reglerutrustning	
- jordbearbetning och sådd	10 000
- växtnäringstillförsel	20 000
- bekämpningsmedelstillförsel	22 000
- allmänna funktioner (bl a djupregl, hastighet)	5 000
Summa	<u>103 000 kr/100 ha</u>

Krav på ökad noggrannhet vid användning av den avancerade tekniska utrustningen medför ökat behov av arbete. Ökningen antas bli i storleksordningen 0,5 h/ha (jämfört med nivå 1).

Precisionsnivå 2 - manuellt alternativ

Även här är noggrannhet motsvarande ~0,5 ha. Mer extraarbete sätts in och därav följer mindre totalandel teknik.

Följande tekniska utrustning antas krävas:

	<u>kr/100 ha</u>
Manöverenhet i fordon (manuell)	5 000
Reglerteknik	
- jordbearbetning och sådd	5 000
- växtnäringstillförsel	5 000
- bekämpningsmedelstillförsel	7 000
- allmänna funktioner	2 000
Summa	<u>24 000 kr/100 ha</u>

Behovsanalysen måste i detta alternativ utföras genom ökad insats av arbete. Detta är den främsta orsaken till den relativt stora ökningen av arbetsbehovet med ca 1,3 h/ha (jämfört med nivå 1).

Precisionsnivå 3

Denna nivå innebär en förbättring av precisionsnivå 2, automatiskt alternativ. För att nå upp till föreslagen noggrannhet ~0,005 ha antas det krävas teknik motsvarande ett värde av ca 180 000 kr/100 ha.

Teknikens ökade komplexitet ställer ännu något högre krav (än precisionsnivå 2) på noggrannhet vid hanteringen. Det medför ett behov av en extra arbetsinsats motsvarande 0,7h/ha jämfört med utgångsläget (nivå 1).

