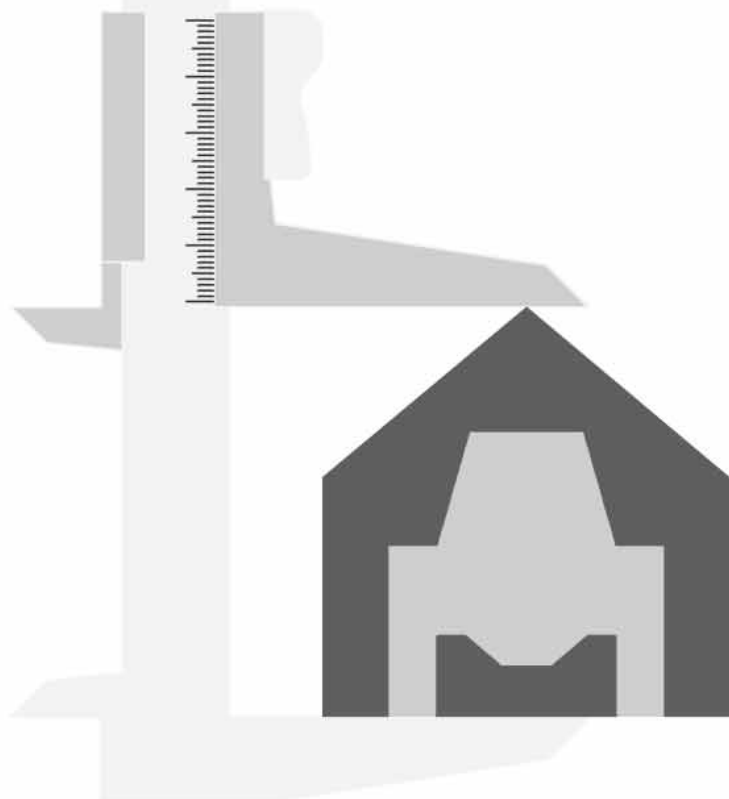




FarmTest - Planteavl nr. 35 - 2004

Strategier for positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse i roer



Strategier for positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse i roer

*Anvendelse af ukrudtskortlægning og marksprøjte
med injektionssystem*

Af Hans Henrik Pedersen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik, Ole Møller Hansen og Jens Erik Jensen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteavl, Henning Tangen Søgaard og Enrico Graglia, Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Bygholm



Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret | Byggeri og Teknik

Udkærvej 15, 8200 Århus N · Tlf. 87 40 50 00 · www.landscentret.dk

Titel: Strategi for positionsbestemt ukudtsbekæmpelse i roer
Forfatter: Konsulent Hans Henrik Pedersen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik
Konsulent Ole Møller Hansen og specialkonsulent Jens Erik Jensen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteavl
Seniorforsker Henning Tangen Søgaard, Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Bygholm, Afdeling for Jordbrugsteknik
Forsker Enrico Graglia, Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Bygholm, Afdeling for Plantebeskyttelse
Review: Landskonsulent Kjeld Vodder Nielsen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik
Layout: Sekretær Marianne Mikkelsen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Byggeri og Teknik
Tryk: Dansk Landbrugsrådgivning
Udgave: 1. udgave 2004
Oplag: 50 stk.
Udgiver: Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret | Byggeri og Teknik
Udkærsvvej 15, Skejby
8200 Århus N
Telefon 8740 5000 • Fax 8740 5010
E-mail farmtest@landscentret.dk
www.landscentret.dk/farmtest
ISSN: 1601-6777

Forord

Med denne FarmTest er det afprøvet, hvor langt man i praksis kan komme med hensyn til en mere målrettet ukrudtsbekæmpelse ved brug af moderne teknologi.

Afdelingerne for Plantebeskyttelse og for Jordbrugsteknik ved Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Bygholm har stillet deres nyeste viden og metoder til rådighed. Digital erkendelse af ukrudt kan på sigt medføre meget væsentlige reduktioner i anvendelsen af ukrudtsmidler. Af denne rapport fremgår det dog, at der er et stykke vej endnu, før metoden er klar til anvendelse i praksis.

Gårdejer Torben Thomsen, Ebberup har gennem to år været demonstrationsvært for positionsbestemt planteavl. Som en væsentlig aktivitet har han søgt at reducere forbruget af ukrudtsmidler i sukkerroer ved brug af GPS og en marksprøjte med injektionssystem, hvor doseringen af flere ukrudtsmidler kan justeres løbende. Vi siger tak for din imødekommenhed og din ihærdige indsats.

Sprøjten med injektionssystem er udlånt af Hardi International, der også har tilpasset slangeføringen på sprøjten, så der ikke er så lang reaktionstid fra midler doseres, til de sprøjtes ud på marken.

Patchwork Technologies har serviceret det efterhånden bedagede injektionssystem, så det har fungeret uden store problemer.

Poul Erik Jørgensen fra LanboFyn har bidraget med vurderinger af bekæmpelsesbehov i den undersøgte sukkerroemark.

Tak til alle for det gode samarbejde, hvor det for begrænsede midler har været muligt at afprøve den nyeste teknik og de nyeste forskningstiltag i praksis.

Ivar Ravn
Dansk Landbrugsrådgivning
Landscentret | Byggeri og Teknik

Skejby, maj 2004

Indhold

Forord	4
1. Sammendrag og konklusion	6
1.1 Ukrudtsgenkendelse ved billedanalyse	6
1.2 Doseringsændringer efter delmarksopdeling	6
1.3 Bekæmpelseeffekt og herbicidforbrug	7
1.4 Positionsbestemt sprøjtning med injektionssprøjte	7
1.5 Reaktions Tid ved doseringsændringer	7
1.6 Håndtering af data	7
1.7 En marksprøjte med injektionssystem giver fleksibilitet	8
2. Indledning og baggrund	9
2.1 Forhåndskendskab til marken kan udnyttes	9
2.2 Fremtiden med robotten	10
3. Formål	11
4. Undersøgelsens metoder	12
4.1 Forsøgsdesign	12
4.1.1 Bestemmelse af ukrudtsforekomst ved digital billedbearbejdning	13
4.1.2 Brug af sensormålinger og landmandens forhåndskendskab til fastlæggelse af doseringer	16
4.1.3 Doseringer fastlagt efter registreringer i marken	18
4.1.4 Ensartede doseringer	18
4.1.5 Doseringsoversigt	18
4.2 Registrering af effekt	19
4.3 Statistisk behandling af ukrudtsdata	19
4.4 Udarbejdelse af doseringkort	20
4.4.1 Håndtering af forsinkelser i injektionssystemet	21
4.5 Udførelsen af sprøjtningen	22
5. Resultater	25
5.1 Automatisk ukrudtsgenkendelse	25
5.2 Effekt af behandlinger	25
6. Diskussion og anbefalinger	27
6.1 Digital ukrudtsgenkendelse	27
6.1.1 Sampling af billeder	28
6.2 Tildelingskort ud fra statiske faktorer, erfaringer fra marken samt markinspektion	29
6.3 Positionsbestemt sprøjtning med injektionssprøjte	29
7. Konklusion	31
8. Litteraturliste	32

1. Sammendrag og konklusion

Det er blevet undersøgt, om der er potentiale for at reducere forbruget af ukrudtsmidler ved brug af positionsbestemt sprøjtning med en sprøjte med injektionssystem, hvor doseringen af flere midler kan varieres automatisk og uafhængigt af hinanden ud fra et doseringskort. Forsøget er gennemført i fabriksroer, da behandlingsindekset og omkostningerne til herbicider er væsentlig større i roer end i de fleste andre afgrøder. Roer er imidlertid meget konkurrencesvage, og det er muligt, at der kan opnås bedre resultater i mere konkurrencestærke afgrøder.

Der er gennemført et storskala forsøg på knap 4 ha, hvor ukrudtet blev bekæmpet positionsbestemt. Doseringsplaner blev udarbejdet efter tre forskellige strategier, herunder artsgenkendelse ved brug af billedanalyse.

Undersøgelsen har vist, at der med de tilgængelige værktøjer skal en meget stor indsats til for at skabe grundlaget for en positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse. Først skal ukrudtsvariationen kortlægges, hvorefter doseringskort skal udarbejdes. I forsøget i denne undersøgelse er der opnået en besparelse på op til 0,25 BI eller 176 kr. pr. ha.

1.1 Ukrudtsgenkendelse ved billedanalyse

Det var med artsgenkendelsesmodellen fra Danmarks JordbrugsForskning muligt at genkende op til 40-50 % af de forekommende ukrudtsplanter af en given art. Den forholdsvis lave bestemmelsesrate hænger sammen med, at ukrudt i roer skal bekæmpes på kimbladsstadiet, hvor muligheden for at skelne arter er mindre end ved planter med løvblade. På forsøgsarealet forekom der ukrudtsarter ud over dem, der blev søgt efter med artsgenkendelsesmodellen. Det betød, at kun 9 til 15 % af alle ukrudtsplanter blev artsbestemt.

Der er behov for at udvikle artsgenkendelsesmodellen, før den kan anvendes i praksis. Modellen skal kunne genkende flere ukrudtsarter. Genkendelsesraten skal øges, og hastigheden for modellen skal forbedres. Endeligt skal fotograferingen automatiseres ved brug af en robot, så det er muligt at kortlægge markens variation bedre uden brug af mandskab. I roer er kravene til metoden imidlertid så store, at der vil gå mange år, før konceptet kan forventes at være anvendeligt. Ukrudtsplanter skal genkendes, før de får løvblad.

I mere konkurrencestærke afgrøder vil konceptet formodentlig hurtigere kunne blive anvendeligt, såfremt alle væsentlige ukrudtsarter kan bestemmes, og logistikken omkring konceptet bliver optimeret, så en herbicidbesparelse ikke bliver udhulet i omkostninger til fotografering og databehandling.

1.2 Doseringsændringer efter delmarksopdeling

Der blev også udarbejdet doseringskort ud fra forhåndskendskab og diverse målinger i marken, dels i et forsøgsled, hvor driftslederen og konsulent inspicerede marken og i

et led, hvor marken ikke blev inspiceret inden sprøjtning. Det viste sig, at driftslederens opfattelse af ukrudtsforekomsten ved de første sprøjtninger i nogen udstrækning kunne benyttes som grundlag for at variere doseringen af ukrudtsmidler. Ukrudtet forekom i varierende intensitet, men de fleste arter var til stede i hele marken. Markinspektionen før 2. sprøjtning viste sig nyttig, idet der blev erkendt en problemukrudtsart (snerlepileurt), som ellers ikke var forventet på dette tidspunkt.

1.3 Bekæmpelseseffekt og herbicidforbrug

Generelt var sluteffekten af herbicidbehandlingerne ikke tilfredsstillende i nogen af de fire forsøgsled. Dette skyldes, at anden sprøjtning blev udsat på grund af vejrliget, hvorved mange ukrudtsplanter blev for store.

Det laveste behandlingsindeks på 2,24 blev opnået i forsøgsleddet, hvor doseringskort blev udarbejdet uden inspektion i marken. Dette var 10 % lavere end i leddet med ensartede doseringer. Det svarer til en besparelse på 176 kr. pr. ha.

Ved registrering af ukrudt midt i juni kunne der ikke konstateres statistisk sikre forskelle i totalantallet af ukrudt ved de fire forskellige strategier. Dog var der signifikant flere vejpileurt i forsøgsleddet, hvor doseringer var bestemt ved billedgenkendelse. Det skyldes sandsynligvis, at vejpileurt ikke er blevet erkendt ved fotooptagelsen, og at middelvalget dermed ikke har været tilpasset forekomsten af vejpileurt.

1.4 Positionsbestemt sprøjtning med injektionssprøjte

2003 var andet år, hvor sprøjten med injektionssystem blev benyttet på ejendommen. Der var enkelte problemer med tilstoppede injektionspumper og slanger. Problemerne skyldtes primært, at mulighederne for rengøring af injektionssystemet ikke var gode nok. Når først pumperne er justeret ind, er det enkelt at køre med sprøjten. Det voldte ikke betjeningsproblemer for de tre chauffører, der benyttede den.

1.5 Reaktionstid ved doseringsændringer

På en injektionssprøjte er det vigtigt, at doseringsændringer sker hurtigst muligt og til samme tid på tværs af hele sprøjtebommen. Den benyttede sprøjte var optimeret med tynde slanger og bomrør. Reaktionslængden ved 150 liter pr. ha var 20 til 30 meter. Der kan ikke umiddelbart kompenseres for denne reaktionstid i edb-program eller i styringscomputere. For at undgå ubehandlede områder blev der udlagt bufferzoner på ca. 20 meter omkring de områder, der skulle have høj dosering. Desuden blev kørselsretningen ændret fra sprøjtning til sprøjtning, så det ikke var de samme områder, der var ramt af denne forsinkelse.

1.6 Håndtering af data

Det kræver en betydelig arbejdsindsats at udarbejde doseringskort. Hvis der desuden skal foretages detaljerede registreringer i marken, skal denne indsats også belønnes.

I dette forsøg tog det ekstra lang tid at udarbejde doseringskort, da der skulle laves doseringskort for fire midler til hver af de fire forsøgsled. Ved normal praksis, hvor der kun skal laves et sæt doseringskort, vurderes tidsforbruget til dette at være 20 minutter pr. mark. Hvis der kun foretages varierede doseringer af enkelte midler, er tidsforbruget mindre.

Programmet Patchwork Office, der blev anvendt til udarbejdelse af doseringskort, er udviklet for år tilbage, og da der kun er ganske få, der bruger det til injektionssprøjter, er det ikke sandsynligt, at programmet vil blive opgraderet med henblik på en forøgelse af dets effektivitet.

1.7 En marksprøjte med injektionssystem giver fleksibilitet

Positionsbestemte doseringer er ikke drivkraften for den landmand, der investerer i en sprøjte med injektionssystem. Et injektionssystem giver fleksibilitet, da der ikke skal planlægges tankblandinger hjemmefra. Doseringer af hver enkelt middel kan fastlægges, lige inden sprøjtningen påbegyndes, og man kan hurtigt skifte midler, når forskellige afgrøder skal sprøjtes.

2. Indledning og baggrund

Traditionelt er de fleste marker blevet betragtet som ensartede, hvad angår tildeling af for eksempel pesticider, gødning og kalk. Det er dog velkendt, at ukrudtet ikke er jævnt fordelt i marken, hverken med hensyn til arter og tæthed. Nogle arter står i pletter med tydelige afgrænsninger. Dette gælder særligt for rod ukrudsarter. Andre er fordelt over hele marken, men med meget varierende tæthed. Det burde derfor give god mening at variere herbicidmængden henover marken af hensyn til både økonomi og miljø. Når dette ikke altid er tilfældet, skyldes det, at den ukrudsregistrering, der er nødvendig for en efterfølgende positionsbestemt herbicidsprøjtning, ofte er meget omkostningstung. Udgifterne til registrering af ukrudt kan således ikke opvejes af de mulige besparelser ved det reducerede herbicidforbrug.

2.1 Forhåndskendskab til marken kan udnyttes

Landmanden, driftslederen eller andre personer, der er knyttet til den daglige drift, har ofte erfaring for, hvor i marken der er særlige ukrudsproblemer. Visse ukrudsarter er for eksempel specielt hyppige i lavninger og andre på tørre områder. Ved at kombinere denne viden med tidligere års udbyttekort, kan marken opdeles i managementzoner. Inden for hver zone vurderes ukrudtstrykket, og der tages efterfølgende stilling til en zonevis behandling. Denne fremgangsmåde er forsøgsvist blevet benyttet. I forhold til en egentlig ukrudsregistrering i grid viste resultaterne, at de mest dominerende arter blev fundet, men at der blev fundet færre ukrudsarter. Samtidig blev ukrudtstætheden i mange tilfælde overvurderet ved en zoneregistrering. Metoden bliver dog fremhævet som et reelt og meget tidsbesparende alternativ til gridoptællinger.

Et andet alternativ til en direkte ukrudsregistrering er at forsøge at estimere ukrudts-sammensætningen ud fra fysiske forhold, typisk relateret til jordbunden. Et omfattende dansk studie af sammenhængen mellem jordbundsforhold og tilstedeværelsen af ukrudsarter viste, at der for enkelte arter kan være en sammenhæng mellem deres tilstedeværelse og for eksempel pH-værdien eller lerindholdet, men at det overvejende er sædskiftet, der er bestemmende for ukrudtsfloraen på en mark.

Ligeledes har jordens ledningsevne, EM-38 målinger, været forsøgt brugt som et indirekte mål for tætheden af de enkelte ukrudsarter. I den pågældende undersøgelse fandtes en sådan sammenhæng kun for en enkelt art. Den manglende sammenhæng kan skyldes metodiske problemer med en manglende opdeling af humus- og lerpartikler. Ukrudtsbestanden i en mark vil ofte være resultatet af et kompliceret samspil mellem driftshistorie, den aktuelle afgrøde, geofysiske forhold og vejr. Man vil derfor næppe opnå en tilfredsstillende ukrudtsbekæmpelse, hvis kun en enkelt af disse faktorer ligger til grund for behandlingen.

2.2 Fremtiden med robotten

Med udviklingen af robotteknologi, visionsystemer til ukrudtsgenkendelse og avanceret sprøjteteknologi er der realistiske forventninger om, at man i fremtiden vil kunne basere sin ukrudtsbekæmpelse på det faktiske antal ukrudtsplanter i marken, og det helt ned på individniveau efter princippet: *En plante - en dråbe*.

3. Formål

Denne undersøgelse belyser mulighederne for at reducere herbicidanvendelsen i fabriksroer ved brug af en injektionssprøjte, der løbende kan variere doseringen af flere herbicider uafhængigt af hinanden.

Undersøgelsen belyser desuden forskellige strategier til at fastlægge positionsbestemte doseringer af herbicider i fabriksroer. Herunder belyses det, om et digitalt billedbehandlingssystem udviklet ved Danmarks JordbrugsForskning er et brugbart værktøj til vurdering af variationen i ukrudtsbestanden sammenlignet med manuelle metoder til en sådan vurdering.

4. Undersøgelsens metoder

4.1 Forsøgsdesign

Blandt andet på baggrund af erfaringer fra undersøgelser af ukrudtssprøjtning i fabriksroer i 2002 blev der udarbejdet en forsøgsplan. Forsøget følger det såkaldte "stribeforsøgsdesign", hvor hver behandling gennemføres i en bane i hele markens længde. Hver bane er 12 meter bred, svarende til en halv bombredde af sprøjten. En skitse af forsøget ses i figur 1.

Hver behandling består af fire gentagelser. Forsøgsarealet er ca. 4 ha.



Figur 1. Forsøget blev anlagt i en mark med meget stor jordbundsvariation. En del af variationen giver anledning til afgrødevariation, som det kan ses på dette luftfoto fra 1999. På billedet ses, hvordan de fire behandlinger og tre gentagelser var placeret i marken.

Middelvalg

I forsøget blev der anvendt de midler, som forsøgsværten har valgt til marken. Midlerne var; Goltix (Metamitron, 700 gram pr. liter), Betanal (Phenmedipham, 160 gram pr. liter), Ethosan (Ethofumesat, 500 gram pr. liter) samt Safari (Triflusaluron-methyl, 500 gram pr. kg).

Forsøgsplan

Den første sprøjtning blev gennemført ensartet i alle led. Ved anden, tredje og fjerde sprøjtning blev der gennemført forskellige forsøgsbehandlinger.

Forsøgsplan for anden til fjerde sprøjtning

1. Positionsbestemt på baggrund af ukrudtskortlægning ved hjælp af foto og ukrudts-genkendelse med dosis delvist bestemt med Planteværn Online (afsnit 4.1.1).
2. Positionsbestemt uden markinspektion (afsnit 4.1.2).
3. Positionsbestemt med markinspektion (afsnit 4.1.3).
4. Ensartet tildeling (afsnit 4.1.4).

4.1.1 Bestemmelse af ukrudtsforekomst ved digital billedbearbejdning

Formålet med forsøgsled 1 var at undersøge, i hvor stor udstrækning automatiseret ukrudts-genkendelse kan anvendes i praksis til kortlægning af frøukrudt.

Genkendelse af ukrudtsplanter ved hjælp af active shape modeller

I forsøgsled 1 blev der forud for første sprøjtning foretaget en afdækning af 11 områder i hver af de tre gentagelser (striber). Formålet var at skåne ukrudtet for første sprøjtning, så det inden anden sprøjtning kunne nå at blive lidt større end ukrudtet på resten af marken. Dermed ville der nemlig være større chance for en succesfuld genkendelse af ukrudtet ved den automatiserede metode.

Der blev både den 28. april og den 13. maj taget 594 farvebilleder af ukrudtsbestandene på forsøgsarealet (tre striber med hver 11 felter à 18 billeder).

Billederne blev taget lodret ovenfra og dækkede hver ca. 15 cm x 18 cm på jordoverfladen, se eksempel i figur 2.

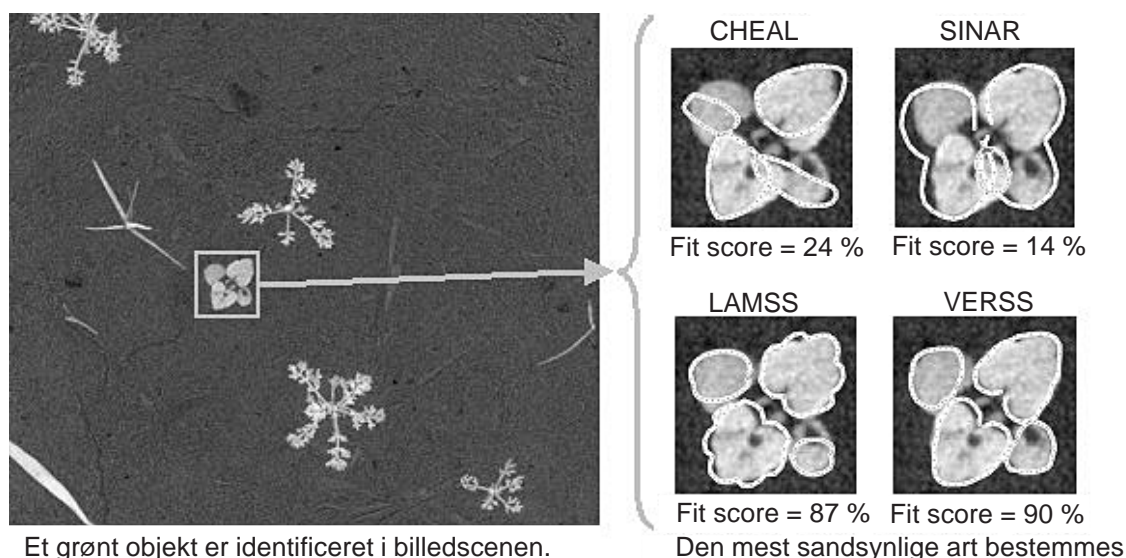


Figur 2. Eksempel på ukrudtsbillede.

Billederne blev umiddelbart efter optagelsen analyseret for forekomsten af ukrudt ved hjælp af en automatiseret digital billedbehandlingsproces i en computer ved Danmarks JordbrugsForskning.

Billedbehandlingsprogrammet var på forsøgstidspunktet i stand til at genkende i alt 12 ukrudtsarter. Forsøgsværten forventede, at de dominerende ukrudtsarter ville være: Vejpileurt, snerlepileurt, kamille, burrenerre og fuglegræs. Heraf var de tre arter, nemlig snerlepileurt, kamille og fuglegræs, blandt de 12 arter, der kunne genkendes af billedbehandlingsprogrammet. Ved billedbehandlingen blev der søgt specifikt efter de tre ukrudtsarter, mens øvrige ikke identificerede ukrudtsplanter blev opgjort i en rest-kategori.

Det automatiske billedbehandlingsprogram, der blev anvendt i forbindelse med forsøget, er udviklet af Danmarks JordbrugsForskning og er baseret på såkaldte active shape modeller (en model for hver ukrudtsart). Modellerne er blevet udviklet på basis af et stort antal farvebilleder af naturligt forekommende ukrudt og indeholder kompakt information om de forskellige ukrudtsarters hovedformer og mulige formvariationer, se figur 3.



Figur 3. Ved den automatiske ukrudtsgenkendelse undersøges, i hvor stor udstrækning en given ukrudtsplante stemmer overens med de forskellige arter i databasen.

På grundlag af modellerne for de enkelte arter er billedbehandlingsprogrammet i stand til at genkende ukrudtsplanter i billeder med en ukendt forekomst af ukrudt. Programmet gennemsøger de optagne billeder for grønne objekter, som kan være ukrudtsplanter på kimbladsstadiet. Derefter analyserer programmet hver af de grønne objekter med henblik på en artsbestemmelse.

Billedbehandlingsmodellen er beskrevet af Søgaard, H.T., Heisel, T., (2002).

Resultater af den digitale genkendelse af ukrudtsarter fremgår af afsnit 5.1.1.

Bestemmelse af middel og dosis

For hvert af de 33 fotopunkter blev de identificerede arter indtastet i beslutningsstøttesystemet Planteværn Online (www.landscentret.dk/plantevaern-online) sammen med deres størrelse og antal pr. m², se figur 4. Hver beregning medfører et antal løsningsmuligheder. Blandt mulighederne er valgt den billigste, som indeholder de midler, der er til rådighed i forsøgsmarken, se figur 5.

Da der i alle registreringspunkter var mange uidentificerede ukrudtsplanter, blev det vurderet, at det ville være meget risikabelt at basere doseringen alene på tre eller færre bestemte arter. Derfor blev der indført en regel om ikke at tildele mindre end halvdelen af dosis i forsøgsled 4, samt at inddrage antallet af ubestemte ukrudtsplanter, så der var en vis sikkerhed for effekt på eventuelle svært bekæmpelige, men uidentificerede ukrudtsplanter. Denne lidt forsigtige strategi blev valgt, da roer er meget følsomme for ukrudt. Og da hvert forsøgsled dækker omkring 1 ha, vil et svigt i effekten betyde store tab for forsøgsværten.

Efter bestemmelsen af middel og dosis i hvert punkt blev der foretaget udglatning til hele forsøgsarealet.

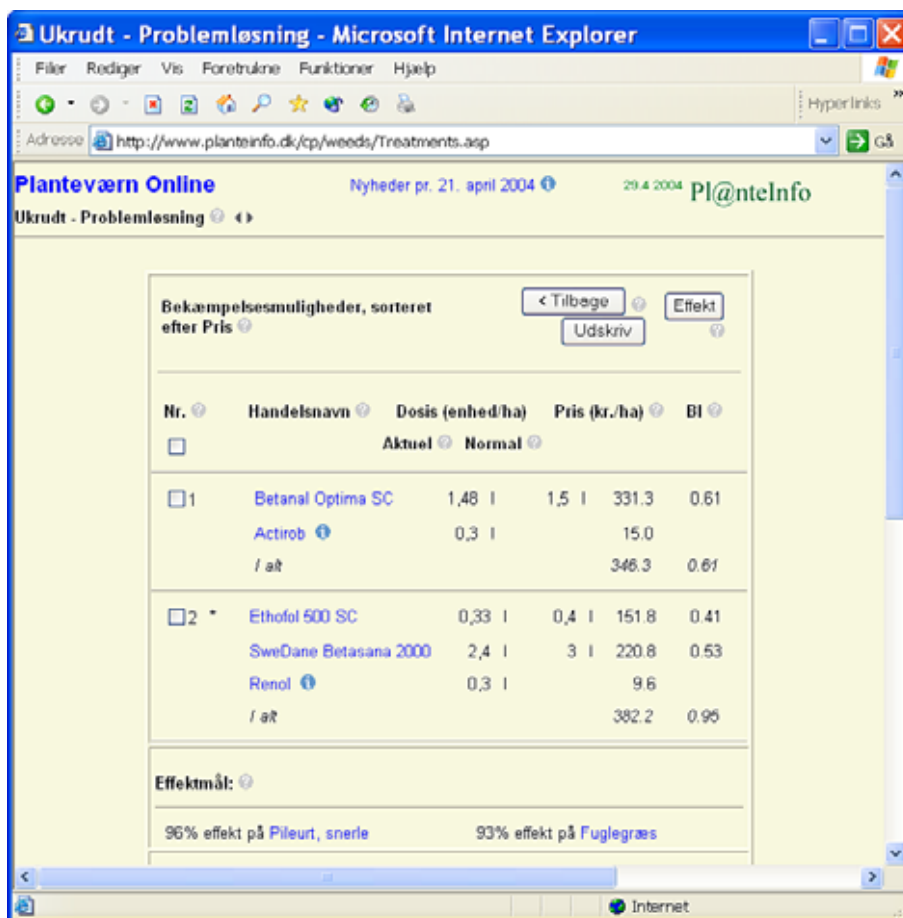
The screenshot shows the 'Planteværn Online - Ukrudt' interface in Microsoft Internet Explorer. The browser address bar shows <http://www.planteinfo.dk/cp/weeds/Parameters.asp>. The page title is 'Planteværn Online' with a date of '29.4.2004'. The main heading is 'Ukrudt - Problemløsning'. Below this, there are several sections for inputting data for calculations:

- Forudsætninger for beregning**: Includes dropdowns for 'Afgøde' (set to 'Bederoer'), 'Udlæg' (set to 'Ingen'), 'Forventet udbytte' (set to 'Bruges ikke'), and 'Vækststadiet' (set to '12. 2 blade udfoldet (1. blødder)').
- Vækstbetingelser**: Includes a dropdown for 'Jordtype' (set to '3. Grov lerblandet sand').
- Ukrudt, fundet ved markinspektion**: A table with columns for 'Ukrudtsarter', 'Udviklingsstrin', 'Tæthed', 'Behov', and 'Slet'.

Ukrudtsarter	Udviklingsstrin	Tæthed	Behov	Slet
Pileurt, snerte	2 blade	11 - 40 pl./m ²	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Fuglegræs	2 blade	2 - 10 pl./m ²	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Vælg	Vælg	Vælg	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
- Betingelser for beregning**: Includes a dropdown for 'Find bedste bekæmpelsesmuligheder m.h.t.' (set to 'Pris').

At the bottom, there are buttons for 'Gem indstillinger for denne side' and 'Behandlingsmuligheder'.

Figur 4. Indberetningsbillede fra Planteværn Online ukrudt.



Figur 5. Resultatbillede fra Planteværn Online ukrudt.

4.1.2 Brug af sensormålinger og landmandens forhåndskendskab til fastlæggelse af doseringer

Formålet med forsøgsled 2 var at undersøge, i hvor stor udstrækning det er muligt at lave tildelingskort ud fra erfaringer fra marken og kort over blandt andet ledningsevne, højde og udbytte.

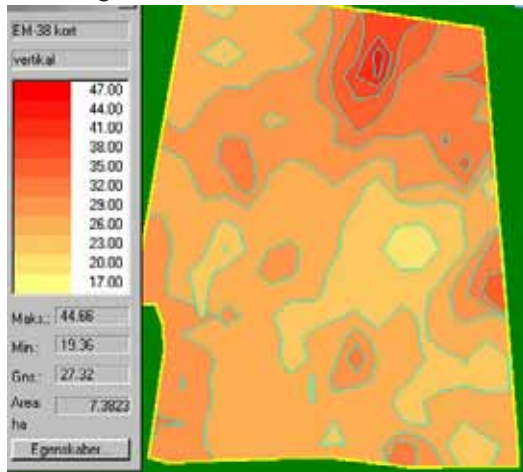
Det viste sig, at forsøgsværtens opfattelse af ukrudtsforekomsten i en vis udstrækning var sammenfaldende med ledningsevнемålinger, idet området med den højeste ledningsevne, på grund af højere lerindhold end normalt, var kraftigt inficeret med navnlig pileurt.

Opdelingen af marken blev forholdsvis grov og ukompliceret. Til gengæld blev det gjort på ganske få minutter.

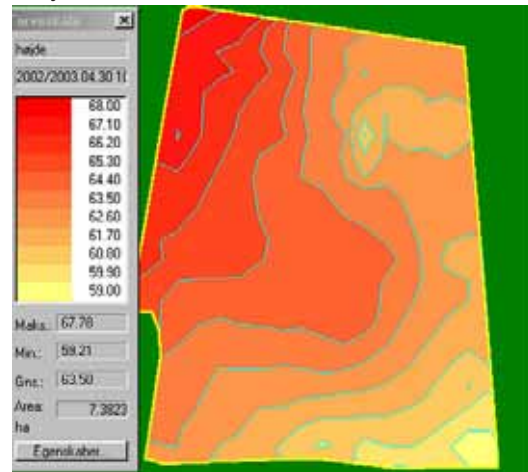
Ud fra skitsen over ukrudtsfordelingen blev der udarbejdet tildelingskort. For 2. og 3. sprøjtning blev doseringen af Betanal varieret fra 0,8 til 1,2 liter pr. ha. Der var ikke grundlag for at variere dosis af Goltix og Ethosan. Ved 4. sprøjtning blev Safari varieret fra 5 til 15 gram pr. ha, Ethosan fra 0,05 til 0,1 liter pr. ha og Betanal fra 0,5 til 1,0 liter pr. ha.

Kort over variation i ledningsevne og højde fremgår af figur 6.

Ledningsevnekort



Højdekort



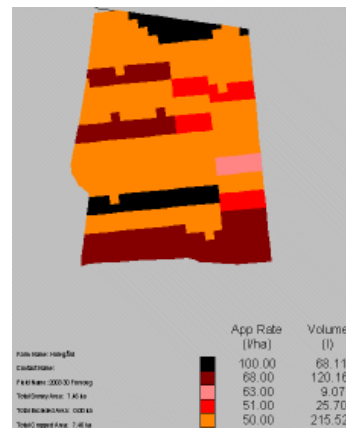
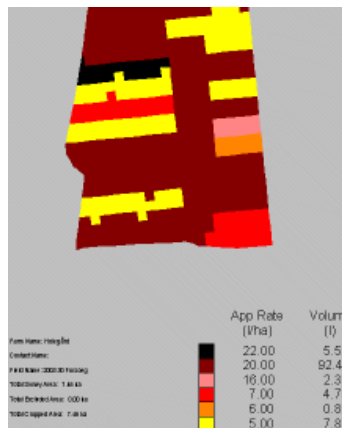
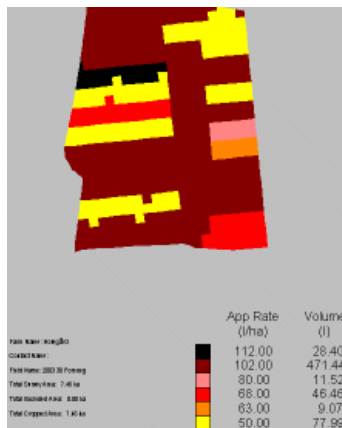
Figur 6. Det blev i forsøgets led 2 forsøgt at forudsige variation i ukrudtsforekomst ud fra forhåndsviden herunder jordens ledningsevne og markens højdevariation, se afsnit 4.1.2.

Led 1 Doseringer bestemt ud fra ukrudtsforekomst fotograferet i små områder/punkter.

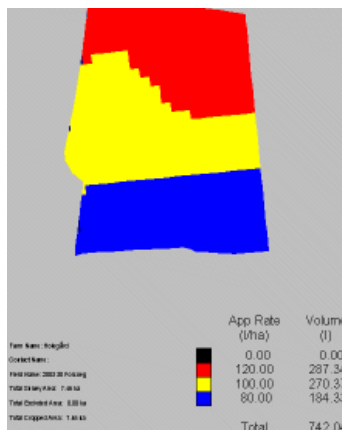
Betanal

Ethosan

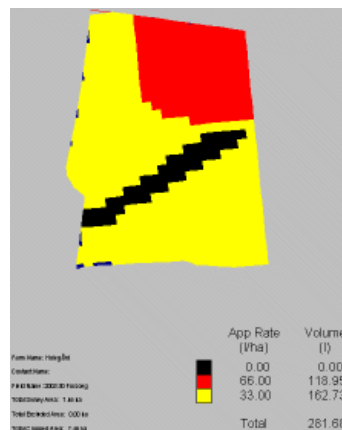
Goltix



Led 2 Dosering bestemt uden inspektion i mark, kun Betanal blev varieret.



Led 3 Dosering bestemt med inspektion i mark, kun Safari blev varieret. (cl opløsning pr. ha).



Figur 7. Doseringkort for de midler, der blev varieret i dosering ved den anden sprøjtning for led 1, 2 og 3. Doseringer er angivet i centiliter pr. ha, og ikke i liter pr. ha, som angivet i tegnforklaringer.

4.1.3 Doseringer fastlagt efter registreringer i marken

I forsøgsled 3 blev det ukrudtskort, der blev udarbejdet til forsøgsled 2, benyttet som udgangspunkt, hvorefter der blev gennemført en markinspektion, hvor ukrudtets antal og artssammensætning blev vurderet. Forsøgsled 3 er således en nuancering af forsøgsled 2.

Markinspektionen viste, at der ikke helt kunne konstateres de forskelle i marken, der var regnet med i forsøgsled 2. Den største ukrudtspopulation var dog i den forventede ende af marken.

Ved inspektionen blev der konstateret en del vejpileurt, hvilket medførte, at der ved 2. og 3. sprøjtning blev tildelt Safari i forhold hertil. Da der ikke i praksis kunne konstateres forskelle i populationens følsomhed overfor Betanal, blev der valgt at dosere dette middel ensartet over hele arealet. Ved 4. sprøjtning blev der gradueret Ethosan fra 0,05 til 0,15 liter pr. ha og Betanal fra 0,5 til 1,0 liter pr. ha.

4.1.4 Ensartede doseringer

Forsøgsled 4 blev behandlet ensartet. Dosis blev bestemt i fællesskab mellem forsøgsværten Torben Thomsen og planteavlskonsulent Poul Erik Jørgensen. Dosis blev bestemt ud fra markinspektioner. Dosis blev således bestemt ud fra et relativt nuanceret kendskab til ukrudtsforekomsten. Dette var egentlig ikke tilsigtet, men helt naturligt for en professionel landmand.

4.1.5 Doseringsoversigt

I tabel 1 ses en oversigt over doseringer i de fire led på de fire behandlingstidspunkter. I figur 7 ses eksempler på doseringskort.

Tabel 1. Doseringer ved fire strategier og fire sprøjtetidspunkter.

	Forsøgsled	Goltix, l/ha	Ethosan, l/ha	Betanal, l/ha	Safari, g/ha
1. sprøjtning	alle led, ensartet	0,25	0,05	0,7	0
2. sprøjtning	1-foto	0,5-1	0,05-0,2	0,5-1	0
	2-uden inspektion	1	0,1	0,8-1,2	0
	3-med inspektion	1	0,15	1	0-20
	4-ensartet	1	0,15	1	0
3. sprøjtning	1-foto	0,5-1,0	0,1-0,2	0,75-1,15	5-15
	2-uden inspektion	0,5	0,15	0,8-1,2	15
	3-med inspektion	0,5	0,2	1	10-20
	4-ensartet	0,5	0,2	1	15
4. sprøjtning	1-foto	0,25	0,1	0,75	10
	2-uden inspektion	0,25	0,05-0,1	0,5-1	5-15
	3-med inspektion	0,25	0,05-0,1	0,5-1	5-15
	4-ensartet	0,25	0,1	0,75	10
Variation, dosering i alt	1-foto	1,75-2,65	0,25-0,35	3,04-3,86	25-35
	2-uden inspektion	2	0,4-0,45	2,9-4,1	20-30
	3-med inspektion	2	0,45-0,55	3,2-3,7	15-55
	4-ensartet	2	0,5	3,45	25
Gennemsnit, dosering i alt	1-foto	1,92	0,54	3,58	28,8
	2-uden inspektion	2	0,42	3,48	24,6
	3-med inspektion	2	0,49	3,39	34,7
	4-ensartet	2	0,5	3,45	40

4.2 Registrering af effekt

Effekten af behandlingerne blev registreret den 12. juni 2003. I hver parcel blev der udvalgt 12 områder, hvor ukrudt blev registreret på artsniveau som antal planter på en tælleflade, der var 1 m². Hvert punkt blev positioneret med GPS. Umiddelbart efter registreringen blev forsøgsarealet radrenset, hvilket er normal praksis på ejendommen. Det var derfor ikke relevant at registrere ukrudt senere i sæsonen.

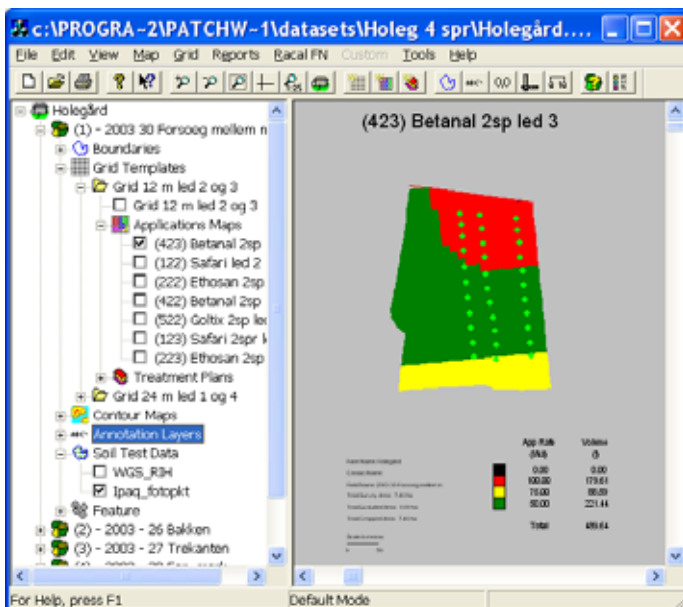
4.3 Statistisk behandling af ukrudtsdata

Da der ikke var ubehandlede parceller på arealet, udtrykker den optalte mængde ukrudt en kombination af den naturligt forekommende ukrudtsbestand i et givet punkt og effekten af herbicidbehandlingerne. Det foreliggende forsøg gav ikke mulighed for at skelne mellem disse.

Data fra de i alt 132 registreringspunkter (4 led × 3 gentagelser × 11 punkter pr. parcel) blev analyseret på flere forskellige måder:

1. Der blev udregnet simple gennemsnit for hvert enkelt led.
2. Der blev foretaget en tosidet variansanalyse, hvor ukrudtstallet blev modelleret som værende afhængigt af led og gentagelse. Denne analyse blev gennemført dels for det totale antal ukrudt pr. m² og dels for hver enkelt art. For at tage hensyn til, at ukrudtsantal er en diskret variabel, blev data kvadratrodstransformeret før analysen, og resultaterne transformeret tilbage til den oprindelige skala.
3. Der blev desuden lavet supplerende analyser med henblik på at undersøge, om der var systematik i ukrudtstallene i forhold til positionen i marken.
4. Det blev undersøgt, om der var statistisk sikker sammenhæng mellem restukrudtsmængden af de enkelte arter i et givet punkt og de herbiciddoser, som havde været valgt i punktet.

4.4 Udarbejdelse af doseringskort



Figur 8. Programmet Patchwork blev benyttet til at lave doseringskort til Raven injektionssystemet.

Doseringskort til injektionssprøjten blev udarbejdet i programmet Patchwork. Det er det eneste program, der er i stand til at pakke flere doseringskort sammen til en opgave og overføre instruktionerne til computeren, der styrer de varierede doseringer i marken.

Patchwork-programmet ligner i opbygning andre kortprogrammer, der kan benyttes til at håndtere kort i landbruget. I venstre side kan man til- og fravælge oplysninger, der bliver vist i højre side af billedet (figur 8). Programmet har rige muligheder for at importere data og kort i forskellige formater.

Det er forholdsvis tidskrævende at udarbejde de fornødne filer til injektionssystemet. Da der skal planlægges for op til fem midler og ikke blot for et, vil det være mere krævede at planlægge til en injektionssprøjte end til en almindelig sprøjte, hvor der kan planlægges en varieret dosering af en tankblanding.

De funktioner, der skal udføres, i programmet Patchwork ved opstart på en ny mark, er følgende:

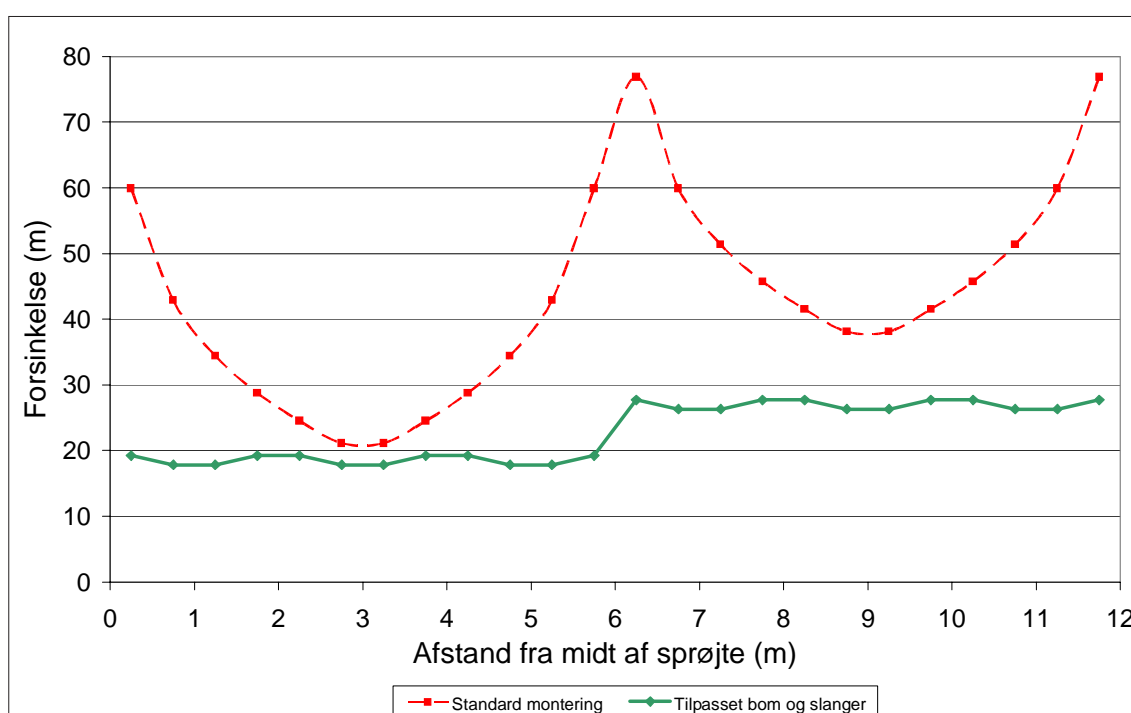
- Markgrænse skal importeres fra en ny opmåling eller fra et andet kortmateriale.
- Doseringsgrid skal dannes (valgfri størrelse og rotering).
- For hvert middel skal laves et doseringskort ved at indtegne doseringer i grid eller ved at importere en doseringsfil.
- For hvert middel laves herefter en tegnforklaring, hvoraf forbrug af hvert middel fremgår.
- Instruktionsfil dannes ved, at doseringskort knyttes til pumper.
- Instruktionsfil overføres til PCMCIA-kort, der kan indlæses i Raven AMS computeren i traktoren.

4.4.1 Håndtering af forsinkelser i injektionssystemet

På en injektionssprøjte sker der en forsinkelse, fra et middel indsprøjtes i væskestrømmen, til midlet sprøjtes ud ved dyserne. På den benyttede sprøjte er slangeføringen optimeret for at mindske denne reaktionslængde.

Sprøjtning blev udført med en vandmængde på 150 liter pr. ha. Forsinkelsen er ved denne vandmængde ca. 20-30 meter. (figur 9).

I FarmTest Planteavl nr. 2 – "Marksprøjter med injektionssystem og GPS" (Pedersen, og Laursen, 2001) blev reaktionslængden for den samme sprøjte målt, inden slangeføringen var optimeret. Reaktionslængden ved 150 liter pr. ha var op til 90 meter. Dette stemmer fint overens med den teoretiske forsinkelse ifølge figur 9.



Figur 9. Teoretisk forsinkelse fra herbicid indsprøjtes i væskestrømmen, til det bliver sprøjtet ud ved dyserne for den benyttede sprøjte ved en væskemængde på 150 liter pr. ha. Figuren viser forsinkelsen på en side af sprøjten henholdsvis ved standard og optimeret slange og bommontering.

Der er ikke i Patchwork-programmet funktioner, der gør det muligt automatisk at kompensere for denne forsinkelse.

Der blev i forsøget kompenseret for forsinkelsen på to måder.

Kørselsretningen blev ændret fra kørsel til kørsel. Der blev således kørt i modsat retning ved 3. sprøjtning i forhold til 2. og 4. sprøjtning. Da doseringskortene havde ensartede doseringsvariationer fra en sprøjtning til den følgende, blev resultatet, at det ikke hver gang var de samme områder, der blev fejlagtigt doseret som følge af forsinkelser i injektionssystemet.

For led 1 blev doseringerne bestemt ud fra de felter, hvor der blev taget billeder. Disse punkter blev forskudt 20 meter mod kørselsretningen, inden doseringerne blev udjævnt henover marken. Dermed fik computersystemet, der styrede doseringerne, tidligere besked om de ændringer, der skulle foretages i doseringerne.

For led 2 og 3 blev doseringerne indtegnet manuelt ud fra en opdeling af marken i behandlingszoner. For områder, der skulle have høje doseringer, blev der udlagt bufferzoner på ca. 20 meter.

4.5 Udførelsen af sprøjtningen

Hvert led var 12 meter bredt svarende til en halv bombredde. Gentagelser var systematisk anlagt, så led 1 og 2 først blev sprøjtet med en side af sprøjten, hvorefter de samme spor blev gennemkørt med den anden del af bommen åbnet. Herved blev led 3 og 4 sprøjtet.

Sprøjten, som blev benyttet, var en 24 meter Hardi trailersprøjte udlånt af Hardi International (figur 10). Sprøjten er monteret med et injektionssystem med fem injektionsbeholdere (figur 11). Den ene beholder er beregnet til høje doseringer og blev i forsøget alene benyttet til at dosere penetreringsolie. Med de fire øvrige pumper blev de fire herbicider doseret.

Som det fremgår af figur 12, er der i traktoren monteret to computere udover Hardi Pilot computeren, der benyttes til at betjene sprøjten.



Figur 10. Forsøget blev udført med en 24 meter Hardi trailersprøjte. På sprøjten var monteret et Raven injektionssystem med fem doseringspumper.



Figur 11. Hver doseringsenhed består af en beholder, der indeholder koncentreret sprøjtemiddel og en pumpe, der doserer midlet.



Figur 12. Computerne i traktorens cockpit.
 Raven SCS 750 (øverst til højre) kontrollerer doseringen fra de fem doseringspumper.
 Raven AMS (nederst til højre) er systemets datacomputer, der holder styr på doseringskort.
 Hardi Pilot (til venstre) styrer sprøjtens funktioner.

De tre chauffører, der har kørt med sprøjtten, har kunnet betjene systemet efter en kort instruktion. Der er udarbejdet doseringskort for enkelte marker udover de marker, hvor der er foretaget forsøg. I de resterende marker har chaufføren manuelt justeret doseringer, hvor de har vurderet, at der er behov for dette. Det er let at justere doseringerne for de enkelte pumper på SCS 750 computeren.

Teknisk stabilitet af injektionssystemet

Pumperne blev droslet meget ned, for at de kunne dosere så lave doseringer, som det var krævet. Fremkørselshastigheden var 5 km/t, og i forsøgsarealet var arbejdsbredden kun 12 meter. Doseringen af midler var mellem 0,05 liter pr. ha (Ethosan) og 1,2 liter pr. ha (Betanal), hvilket svarer til mellem 5 og 120 ml pr. minut. Pumpernes normale arbejdsområde er: 10 og 1.200 ml pr. minut. Landmanden førte regnskab med, at de mængder, der blev hældt i injektionsbeholdere, stemte overens med de mængder, der ifølge computerne blev doseret ud. Der blev ikke fundet væsentlige uoverensstemmelser.

I sæsonen 2002 benyttede landmanden også injektionssystemet. Da var der dog en række elektriske og mekaniske problemer med systemet. Med hjælp fra Patchwork Technologies blev systemet i forsøget til 2003-sæsonen, hvor systemet kørte forholdsvis stabilt. Der har dog været problemer med, at doseringspumperne tilstoppede efter, at de i en periode ikke havde været brugt. Der var problemer med pumpen, der doserede Safari, som er et pulver, der blev opslæmmet i vand i en beholder med omrører. Der var også problemer med pumpen, der doserede Goltix, som er et meget tyktflydende middel.

Problemerne med tilstoppede pumper skyldes, at det er vanskeligt at rengøre det benyttede injektionssystem. Slangerne er monteret, så man ved brug af trykluft kan blæse doseringssystemet rent. Rengøring alene ved hjælp af trykluft er næppe hensigtsmæssigt. Herved indtørres herbicidrester i slanger og pumper. Slangere og pumper bør skyldes gennem med vand gerne tilsat et rengøringsmiddel.

Positionering

Den benyttede GPS-antenne modtager ikke korrektionssignaler. Den har en forventet unøjagtighed på maksimalt ca. 5 meter. Denne nøjagtighed er tilstrækkelig til denne anvendelse.

5. Resultater

5.1 Automatisk ukrudtsgenkendelse

Med billederne fra den 28. april var programmet i stand til at genkende ukrudtsplanterne med omkring 40-50 % succes for de tre arter, der blev søgt efter. Det vil sige, at 40-50 % af de forekommende ukrudtsplanter af en given art blev korrekt genkendt.

Ukrudtsplanterne havde endnu ikke sat de første løvblade og var derfor vanskelige at identificere. Nogle planter var desuden vanskelige at genkende på grund af en afvigende farve og form, som muligvis skyldes den anvendte plastikoverdækning i forsøget. Med billederne fra den 13. maj var genkendelsesraten lavere end med billederne fra den 28. april. Dette skyldes givetvis, at mange planter var påvirket af herbicidbehandlingen og derfor havde afvigende farve og form.

Med den nuværende version af beregningsmodellen og en 1,9 GHz Pentium 4 computer tog det ca. 2 timer at analysere de 594 billeder fra optagelserne den 28. april, mens det tog op mod 8 timer at analysere optagelserne fra den 13. maj, hvor ukrudtstætheden var noget højere. Analysetiden pr. billede afhænger både af, hvor mange planter, der skal artsbestemmes i hvert billede, samt hvor mange arter, der søges efter i hvert billede.

Bestemmelse af ukrudtsarter

I tabel 2 ses resultatet af de to fotograferinger. Det ses, at der ved begge fotograferinger er et stort antal ukrudtsplanter, der ikke er artsbestemt.

Tabel 2. Gennemsnitligt antal ukrudtsplanter for 33 registreringsflader ved første og anden fotografering. I parenteser angivet mindste og største antal for de 594 billeder.

Fotografering	Antal pr. m ²				I alt
	Kamille	Snerlepileurt	Fuglegræs	Andre	
1	0 (0-2)	2 (0-11)	0 (0-5)	18 (0-98)	21 (2-103)
2	0 (0-2)	6 (0-22)	2 (0-15)	80 (22-286)	88 (27-298)

Ved første fotograferinger kunne ca. 15 % af samtlige ukrudtsplanter artsbestemmes, mens ca. 9 % af ukrudtsplanterne kunne artsbestemmes ved anden fotografering.

5.2 Effekt af behandlinger

Generelt var sluteffekten af herbicidbehandlingerne ikke tilfredsstillende i nogen af de fire forsøgsled. Årsagen skal søges i det faktum, at 2. sprøjtning blev udsat på grund af vejrliget, hvorved mange ukrudtsplanter blev for store. Der er stor sandsynlighed for, at de planter, som blev optalt ved forsøgets afslutning, har været til stede på arealet siden anden sprøjtning. Sluteffekten af de fire forskellige strategier ses i tabel 3.

Tabel 3. Forbrug af ukrudtsmiddel, behandlingsindeks og restukrudt ved tre strategier for ukrudtsbekæmpelse i roer.

	Behandlingsindeks	Kemikalieomkostning, kr. pr. ha	Antal ukrudt pr. m ² optalt medio juni	
			Tokimbladet ¹⁾	Vejpileurt ¹⁾
1. Varieret, fotobestemmelse	2,43	1.385	28 a	10 a
2. Varieret, markkort	2,24	1.305	23 a	3 b
3. Varieret, markkort + markinspektion	2,41	1.416	21 a	3 b
4. Ensartet dosering	2,50	1.481	18 a	2 b

¹⁾ Gennemsnit efterfulgt af samme bogstav er ikke signifikant forskellige.

Det fremgår, at behandlingsindekset har varieret fra 2,24 i forsøgsled 2 til 2,50 i forsøgsled 4 svarende til en reduktion på 10 %. Det var umiddelbart forventet, at behandlingsindekset i forsøgsled 1 til 3 kunne nedsættes mere, end hvad resultaterne viser. Årsagen til, at potentialet ikke er nået, skyldes først og fremmest, at doserne bevidst blev holdt til den høje side for ikke at risikere en meget utilfredsstillende bekæmpelse.

Ved registrering af ukrudt midt i juni kunne der ikke konstateres statistisk sikre forskelle i totalantallet af ukrudt ved de fire forskellige strategier, se tabel 3. Ved analyse af enkeltarter var konklusionen den samme, bortset fra at der var signifikant flere vejpileurt i forsøgsled 1. Det skyldes sandsynligvis, at vejpileurt ikke er blevet erkendt ved fotooptagelsen, og at middelvalget dermed ikke har været tilpasset forekomsten af vejpileurt.

Der blev ikke fundet sikre sammenhænge mellem position i marken og ukrudtsforekomsten, og der blev ved den statistiske analyse heller ikke fundet statistisk sikker sammenhæng mellem middelvalg og doseringer og ukrudtstillingerne.

Der er ikke bestemt udbytte ved de forskellige behandlinger, men erfaringen viser, at der sjældent vil kunne konstateres udbytteforskelle i sådanne forsøg.

6. Diskussion og anbefalinger

6.1 Digital ukrudtsgenkendelse

Behandlingsindekset og kemikalieomkostningerne til ukrudtbekæmpelse er væsentlig større i roer end i de fleste andre afgrøder. Der er dermed for roer et potentiale i at foretage en mere målrettet anvendelse af herbicider. Brug af en digital billedbehandlingsmodel i roer er imidlertid vanskelig på grund af, at:

- Ukrudtet skal bekæmpes på kimbladsstadiet. Flere ukrudtsarter kan ikke bekæmpes med de tilgængelige roemidler, hvis planterne har fået løvblade.
- Ukrudtet bekæmpes ved flere sprøjtninger fordelt over ca. en måned. Ukrudtsplanterne kan blive skadet af de første sprøjtninger, men de dør ikke altid. Sådanne forkrøblede planter kan være meget vanskelige at erkende ved en digital model, der er udviklet på baggrund af sunde planter.

Ved den første fotografering har modellen bestemt 40-50 % af de forekommende ukrudtsplanter korrekt. Ved den anden fotografering var genkendelsesraten lavere. I forsøget blev anvendt en plastoverdækning før 1. fotografering. Denne skulle skåne ukrudtsplanterne mod den 1. sprøjtning. Plastoverdækningen kan imidlertid have skadet ukrudtsplanterne.

De opnåede erkendelsesrater er for lave til, at modellen p.t. kan benyttes i sukkerroer. I andre mere konkurrencestærke afgrøder, hvor ukrudt kan bekæmpes med succes på løvbladsstadiet, kan modellen vise sig velegnet.

Videreudviklingen af billedbehandlingsprogrammet bør især have fokus på, at:

- Sætte programmet i stand til at genkende de 60 hyppigste forekomne ukrudtsarter i Danmark.
- Forbedre genkendelsesraten for visse af de 19 ukrudtsarter, for hvilke der allerede eksisterer modeller.
- Øge hastigheden i genkendelsesprocessen.

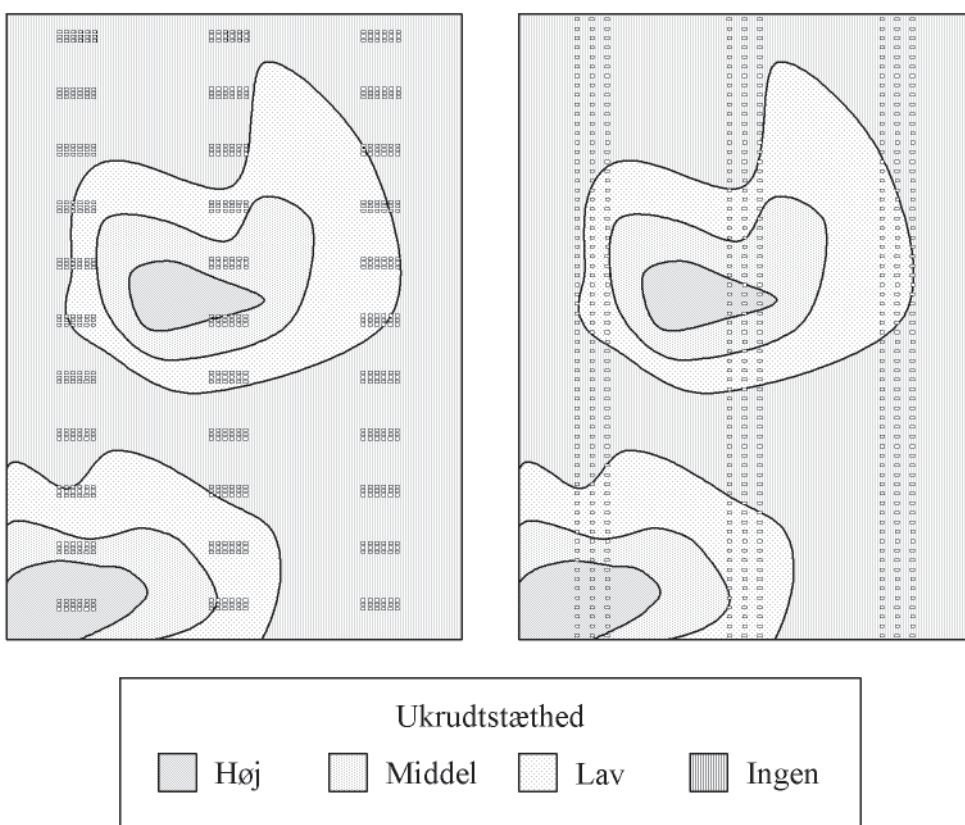
Angående punkt 1 og 2 består opgaven blandt andet i at præsentere programmet for et stort antal billedeksempler af forskellige ukrudtsarter, så eksisterende ukrudtsmodeller kan forbedres, og nye kan opbygges. Hvilke af de eksisterende modeller, der bør forbedres, afhænger af den ønskede genkendelsesrate og arternes betydning og udbredelse. Med hensyn til forøgelse af genkendelsesraten, men også med hensyn til forøgelse af genkendeshastigheden, er der desuden behov for en forbedring af det metodiske i genkendelsesprocessen, hvilket indebærer ændringer i selve programmet. Hvad angår hastigheden, vil noget af løsningen dog ligge i at anvende de til stadighed hurtigere computere, som lanceres.

6.1.1 Sampling af billeder

Billeder af ukrudt blev optaget manuelt i forsøget. Af praktiske grunde blev billederne optaget i 3 x 11 "klynger" à hver 18 billeder som skitseret i figur 1 til venstre. Hver klynge af billeder blev taget inden for et felt på 4 x 1 meter.

Da mange ukrudtsarter har tendens til at forekomme i pletter, vil billederne fra et givet optagefelt mere eller mindre repræsentere samme ukrudtstæthed, mens variationen i ukrudtstæthed mellem optagefelterne ikke registreres.

På sigt vil optagelser kunne foretages af en robot, som for eksempel API-køretøjet, der udvikles ved Danmarks JordbrugsForskning. Hermed er man fritstillet med hensyn til placering af optagelser. For at opnå et bedre billede af variationen i ukrudtstæthed op igennem en given stribe i marken, bør billedoptagelserne fordeles mere jævnt, som illustreret i figur 13 til højre.



Figur 13. Fotooptagelserne var i det aktuelle forsøg placeret i klynger som illustreret på markskitse til venstre. Dette skyldes, at fotografering foregik manuelt. Ved en automatiseret fotooptagelse bør optagelser spredes mere jævnt over marken, som illustreret til højre i figuren. I figuren er indtegnet en tænkt ukrudtsfordeling uden sammenhæng med det aktuelle forsøg.

Brug af foto og artsgenkendelse gav i dette forsøg en meget begrænset besparelse i herbicidforbruget i forhold til leddet med de ensartede doseringer. Det skyldes ikke selve konceptet, men de store usikkerheder i processerne mod dannelsen af doseringskort. Der var dels mange ukrudtsplanter, der ikke blev bestemt. Og der var langt færre registreringsfelter end nødvendigt. Derfor blev der indført beslutningsregler om en laveste herbicidmængde pr. ha, uanset hvilke og hvor mange ukrudtsplanter der forekom. Dette skete af hensyn til risikoen for tab for forsøgsværten.

Hvis der blev optaget flere billeder, der kunne registrere flere arter med større sikkerhed i kimbladsstadiet, så ville det være muligt at variere doseringer mere og dermed opnå en væsentlig større herbicidbesparelse.

En videre udvikling af metoden er dermed ønskelig. Kortlægningen bør stort set foretages samtidig med sprøjtningen, da en forsinkelse af sprøjtetidspunktet resulterer i et større herbicidforbrug på grund af større ukrudtsplanter.

I roer er kravene til metoden så store, at der vil gå mange år, før konceptet kan forventes anvendeligt. I mere konkurrencestærke afgrøder vil konceptet formodentligt være anvendeligt, såfremt alle væsentlige ukrudtsarter kan bestemmes, og logistikken omkring konceptet bliver optimeret, så en besparelse ikke bliver udhulet i omkostninger til fotografering og databehandling.

6.2 Tildelingskort ud fra statiske faktorer, erfaringer fra marken samt markinspektion

I forsøgsled 2 blev der lavet tildelingskort ud fra eksisterende kortmateriale og forhåndskendskab til marken. Formålet var at benytte den eksisterende viden om marken og udnytte en eventuel sammenhæng mellem statiske faktorer og ukrudtsforekomst til på en hurtig og effektiv måde at lave et tildelingskort.

Opdelingen af marken blev relativ grov, og mulighederne for at nå store besparelser var derfor begrænsede. Alligevel endte det med, at dette led blev det billigste.

I forsøgsled 3, hvor der blev gennemført en markinspektion, blev forbruget øget, fordi der blev gjort observationer, der tydede på et større behov i nogle områder. Der blev ikke tilsvarende reduceret i andre områder. Årsagen skal delvist findes i, at man under en markinspektion bemærker, når man finder overraskelser i det ukrudt, der observeres, men i mindre udstrækning er opmærksom på de områder, hvor der ikke findes så meget. Derudover er det meget tidskrævende at danne sig et overblik over forekomsten, og derfor reducerer man kun doseringen, der hvor man er helt sikker på, at det er berettiget.

En markinspektion inden for en overskuelig tid pr. arealenhed må derfor ikke forventes at kunne munde ud i et tilstrækkeligt nuanceret tildelingskort. Markinspektionen kan derimod virke som en kontrol af, om de tildelingskort, der er lavet ud fra statiske faktorer og forhåndskendskab, holder i praksis.

6.3 Positionsbestemt sprøjtning med injektionssprøjte

Projektet tog udgangspunkt i, at Hardi International for år tilbage havde monteret et injektionssystem på en sprøjte. Dette system kan benyttes til at variere doseringer i forbindelse med GPS. I Danmark er der monteret injektionssystem på en del marksprøjter. De fleste er leveret af Danfoil. Disse systemer lader sig imidlertid ikke styre ved brug af GPS. Maskinstationer og andre, der har investeret i disse sprøjter, har primært gjort det for at opnå fleksibilitet med hensyn til midler. Det er hurtigt at skifte midler, og man risikerer ikke at have opblandede rester af sprøjtevæske, når man er færdig med at sprøjte.

Det benyttede injektionssystem er ca. 8 år gammelt, og der var specielt i sæsonen 2002 nogle indkøringsvanskeligheder. Disse blev løst ved en grundig gennemgang af sprøjten før 2003-sæsonen.

Betjening af sprøjten med de tre computere i traktorkabinen har ikke voldt vanskeligheder. Når først pumperne er justeret ind, er det enkelt at køre med sprøjten.

Forsinkelse af doseringer

Doseringsændringer bør ske hurtigst muligt og til samme tid på tværs af hele sprøjtebommen. Den benyttede sprøjte var monteret med tyndere slanger og bomrør, end det er standard. Dermed blev reaktionslængden ved 150 liter pr. ha reduceret fra maksimalt 80 meter til mellem 20 og 30 meter. Ved en større væskemængde er det muligt at opnå en hurtigere reaktion.

Med sprøjten er det muligt at justere doseringer for større områder (delmarker). Såfremt små pletter skal doseres med et givet middel, er det nødvendigt dosere op i god tid før. Med en reaktionslængde på 20 til 30 meter er det dog muligt at foretage reguleringer manuelt ud fra de observationer, chaufføren gør i marken.

Udarbejdelse af doseringskort

Ved udarbejdelse af doseringskort er det nødvendigt at tage højde for sprøjtes reaktionslængde. Det er nødvendigt at lave bufferzoner rundt om de områder, der skal have høj dosering af et middel. Der ligger ikke funktioner, der automatisk kan kompensere for dette, hverken i Raven computerne eller i Patchwork-programmet.

Det kræver en betydelig arbejdsindsats at udarbejde doseringskort. Hvis der desuden skal foretages detaljerede registreringer i marken, skal denne indsats også aflønnes.

I dette forsøg tog det specielt lang tid at udarbejde doseringskort, da der skulle laves doseringskort for fire midler til hvert af de fire led. Ved normal praksis, hvor der kun skal laves et sæt doseringsfiler, vurderes tidsforbruget til dette at være 20 minutter pr. mark. Hvis der kun foretages varierede doseringer af enkelte midler, er tidsforbruget mindre.

Programmet Patchwork Office er udviklet for år tilbage. Der er få, måske ingen udover værten for vores forsøg, der i praksis benytter programmet til at planlægge doseringer til et injektionssystem. Det er derfor ikke sandsynligt, at programmet vil blive opgraderet med henblik på at forbedre den brugsmæssige effektivitet.

Injektionssystem giver fleksibilitet

Forsøgsværten har aftale med Hardi International om at låne sprøjten i yderligere et år. Han forventer til næste sæson at benytte den i roerne igen. Han vil sandsynligvis ikke udarbejde doseringskort, da arbejdet med dette er for tidskrævende. Derimod vil han bruge systemets fleksibilitet til at vente med at beslutte sig for de endelige doseringer, til lige før han starter med at sprøjte de enkelte marker. Desuden vil han manuelt variere doseringer, hvis han under sprøjtningen finder grund til dette. Da han kun selv sprøjter nogle af markerne, vil han med denne strategi næppe nå hele potentialet i en positionsbestemt tildeling.

7. Konklusion

Undersøgelserne illustrerer, at med de nuværende værktøjer skal der en meget stor indsats til for at skabe grundlaget for en positionsbestemt ukrudtsbekæmpelse, der medfører større besparelser i herbicidforbruget. I forsøget er der opnået en besparelse på 0,25 BI ved positionsbestemt sprøjtning ud fra kortmateriale og erfaringer fra marken. Det er samtidig den mindst tidskrævende metode.

Besparelserne er imidlertid så små og procedurerne med håndtering af data så tidskrævende, at det i forsøgsmarken ikke har været rentabelt at benytte denne strategi.

Hvis kortmateriale og erfaring kombineres med en markinspektion, risikerer man at øge dosis i de områder, hvor der findes svært bekæmpelige arter uden samtidig at reducere effekten i områder med mindre ukrudtstryk. Årsagen er, at det er tidskrævende at skabe sig et generelt overblik over ukrudtsforekomsten i marken, men hurtigere at finde eventuelle områder med relativt større forekomst af ukrudt.

Metoderne til billedoptagelse og billedanalyse skal videreudvikles for at kunne anvendes i praksis. Der er behov for, at kunne genkende flere arter i et meget tidligt vækststadium, samt at øge hastigheden i genkendelsesproceduren.

Endelig er der behov for at reducere tidsforbruget ved udarbejdelse af tildelingskort samt at udvikle softwaren, så der blandt andet kan tages højde for injektionssprøjtens reaktionslængde.

8. Litteraturliste

Pedersen, H.H. og Laursen, C.H. 2001. *Marksprøjter med injektionssystem og GPS*. FarmTest – Planteavl nr. 2. pp 25.

http://www.landscentret.dk/bygningerogmaskiner/informationsserier/farmtest/Injektions-system_afs.htm

Søgaard, H.T., Heisel, T., 2002. *Weed Classification by Active Shape Models*. Proc. AgEng 2002, International Conference on Agricultural Engineering, Budapest, Hungary, part 1, p. 20-21

Internetadresser:

Hardi Skandinavien: www.hardi.dk

Raven Industries: www.ravenind.com

API projekt: Autonom Platform og Informationssystem til registrering af afgrøde og ukrudt: www.cs.auc.dk/~api/

Råd om positionsbestemt planteavl: www.landscentret.dk/gps

FarmTest – Dansk Landbrugsrådgivning: www.landscentret.dk/farmtest

Planteværn Online: www.landscentret.dk/Plantevaern-online

Positionsbestemt plantebeskyttelse ved Bonn Universitet:
www.precision-plant-protect.uni-bonn.de og www.ikg.uni-bonn.de/weedscanner