



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Automatisk flekksprøyting av ugrasmiddelet glyfosat i stubb og moden byggåker

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 151 | 2022



Therese W. Berge

Divisjon bioteknologi og plantehelse, Avdeling skadedyr og ugras

## TITTEL/TITLE

Automatisk flekksprøyting av ugrasmiddelet glyfosat i stubb og moden byggåker

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Therese W. Berge

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
16.12.2022	8/151/2022	Åpen	8599, 8390-17	18/00478
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03184-0	2464-1162	54	1	

## OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri  
v/Landbruksdirektoratet (tilsagnsnr. 119059)

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

## STIKKORD/KEYWORDS:

Bærekraftig landbruk, flekksprøyting, glyfosat, herbicider, integrert plantevern (IPV), kveke, pesticid, plantevernmiddel, presisjonsplantevern, ugrasmiddel, ugressmiddel

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Korn, plantevern, presisjonsjordbruk, ugras, ugress

## SAMMENDRAG:

Glyfosat er det aktive stoffet i flere ugrasmidler (f.eks. Roundup Eco) og er det mest brukte plantevernmidlet i Norge og globalt. I kornproduksjonen brukes det til å bekjempe ugras i stubbåker, men også i modent bygg mot bl.a. det flerårige grasugraset kveke (*Elymus repens*). Fordi ugras ofte opptrer flekkvis på åkeren, bør man sprøyte glyfosat flekkvis for å spare miljø og ressurser. Hensikten med dette forprosjektet var å teste om flekksprøyting kan automatiseres ved bruk av kommersielt tilgjengelig sensor-teknologi (WeedSeeker, Trimble Navigation Ltd.). Enkelt forklart er WeedSeeker en integrert enhet bestående av sensor, lyskilde, ventil og dyse. WeedSeeker ble opprinnelig utviklet for automatisk flekksprøyting av ugras på harde flater som grusganger, asfalt o.l. Sensoren kan ikke skille mellom plantearter, ei heller ugras og nytteplanter (inkl. prydplanter). Unntaket er hvis det er vesentlig forskjell mellom nytteplantenes og ugrasets evne til å reflektere rødt og nær-infrarødt lys. Det er åpenbart en relativt stor forskjell i denne evnen mellom korn og mange ugras når det nærmer seg tresketid, men også i stubbåker. Vi undersøkte derfor om automatisk flekksprøyting (WeedSeeker) med glyfosat til å bekjempe ugras fungerer i modent bygg og i stubbåker (om høsten). Resultatene gjelder to feltforsøk i modent bygg og to feltforsøk i stubbåker utført over to år. Bruk av WeedSeeker ga 17- 80 % ugraskontroll i modent bygg. I stubb ble det bedre effekt, 67 – 98 %. Til sammenligning ga ordinær breisprøyting 95-100 prosent effekt. I moden bygg ga WeedSeeker 57-63 % reduksjon i glyfosat-forbruket. I stubbåker ble besparelsen større, 79-82 %. Kommersiell tilgjengelig sensor-teknologi for automatisk flekksprøyting medførte en vesentlig reduksjon i forbruk av glyfosat. Men virkningen, spesielt på kveke, var til dels betydelig dårligere enn ordinær breisprøyting. Effekten på ugraset ville sannsynligvis blitt bedre og mindre variabel med mer erfaring med teknologien og et mer praksisnært oppsett enn det var mulig å bruke i dette forprosjektet.

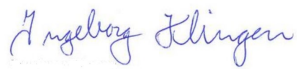


NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge  
FYLKE/COUNTY: Akershus, Viken  
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Ås  
STED/LOKALITET: Ås

GODKJENT /APPROVED



INGEBORG KLINGEN

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



THERESE W. BERGE



# Forord

Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri finansierte forprosjektet «Test av kommersiell teknologi for presisjonsprøyting av glyfosat i kornproduksjon» (tilsagnsnr. 119059) som denne rapporten bygger på.

NIBIO Divisjon bioteknologi og plantehelse planla, gjennomførte og analyserte data innsamlet i feltforsøk. Adigo AS utførte mekatronikk-arbeid innledningsvis i prosjektet og bistod på feltdagene.

Automatisk flekksprøyting kan sies å være en metode for å praktisere prinsipp 6 av de åtte «Generelle prinsipper for integrert plantevern» (jfr. Forskrift om plantevernmidler av 1.6.2015). Prinsipp 6 sier at «Yrkesbrukere bør begrense bruken av plantevernmidler og andre tiltak til det nødvendige, for eksempel ved reduserte doser, redusert antall behandlinger eller *begrenset spredning*, for å sikre akseptabel risiko i vegetasjonen og for å unngå økt risiko for resistensutvikling hos skadegjørere».

Automatisk flekksprøyting av ugras er en metode å utføre «begrenset spredning» av glyfosat og andre ugrasmidler.

# Innhold

Summary.....	6
1 Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Formål.....	9
2 Material og metoder .....	10
2.1 Beskrivelse av WeedSeeker-utstyret .....	10
2.2 Innledende utbedringer.....	10
2.3 Innledende test med WeedSeeker på asfalt .....	11
2.4 Studiemråde og nøkkeldatoer .....	12
2.5 Beskrivelse av sprøyteriggen med WeedSeeker brukt i feltforsøk.....	12
2.6 Beskrivelse av metoder felles for feltforsøkene .....	14
2.6.1 Glyfosat-dose .....	14
2.6.2 Ugrasobservasjoner .....	14
2.7 Feltforsøk i 2016 .....	14
2.7.1 Innsamling og utplantning av kveke-rhizomer .....	14
2.7.2 Feltforsøk i moden byggåker i 2016 (felt MB16).....	14
2.7.3 Feltforsøk i stubbåker i 2016 (felt SB16) .....	15
2.8 Feltforsøk i 2017 .....	16
2.8.1 Innledende arbeid .....	16
2.8.2 Feltforsøk i moden byggåker i 2017 (felt MB17).....	16
2.8.3 Feltforsøk i stubbåker av høsthvete i 2017 (felt SH17) .....	17
2.9 Databehandling .....	18
2.9.1 Grad av ugraskontroll.....	18
2.9.2 Reduksjon i glyfosat-forbruk med WeedSeeker.....	19
3 Resultater .....	20
3.1 Ugraskontroll etter behandling i moden byggåker.....	20
3.2 Ugraskontroll etter behandling i stubbåker .....	21
3.3 Ugraskontroll – oppsummert .....	23
3.4 Forbruk av glyfosat med WeedSeeker.....	25
4 Diskusjon.....	27
4.1 Forbruk av glyfosat .....	27
4.2 Ugraskontroll .....	27
4.3 Andre bruksområder for WeedSeeker enn glyfosat-sprøyting .....	28
4.4 Andre liknende teknologier som WeedSeeker .....	28
4.5 WeedSeeker i dag.....	28
5 Konklusjon .....	29
6 Kilder.....	30
Takk.....	32
Vedlegg.....	33



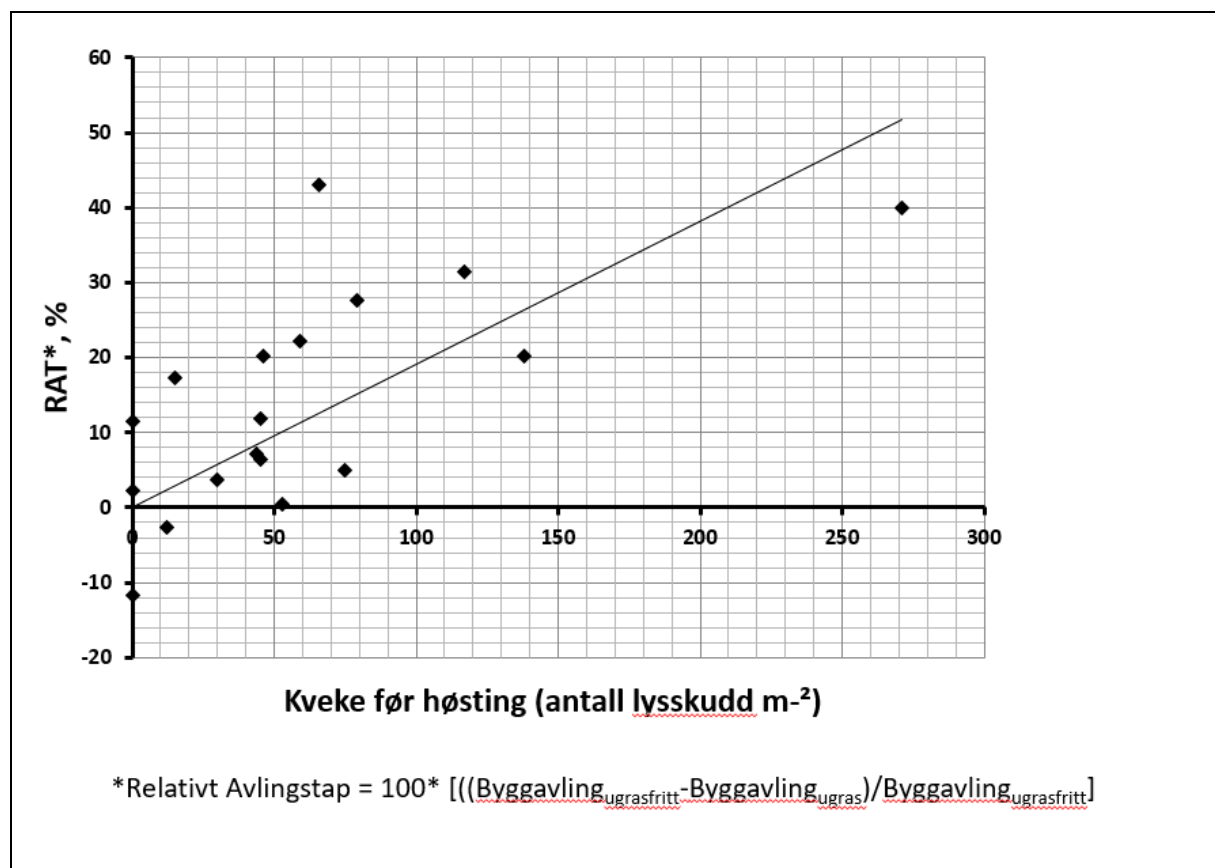
# Summary

Glyphosate is the active ingredient in many herbicide products (e.g. Roundup Eco) and is the most used pesticide in Norway and globally. In cereal production it is used to control weeds in stubble, but also in mature barley against e.g. the perennial grass weed *Elymus repens*. Because weeds usually are heterogeneously distributed within fields, the herbicide should preferably be applied only at the weed patches. This will save resources and reduce unwanted side effects. The aim of this pre-project was to test whether site-specific glyphosate application can be automatized through use of the commercially available sensor technology (WeedSeeker, Trimble Navigation Ltd.). Put simply, WeedSeeker is an embedded sensor, light source, valve and nozzle. WeedSeeker was originally developed for automatized spot spraying of weeds on hard surfaces such as gravel paths and asphalt. The sensor cannot differentiate between plant species, nor weeds and crops plants (incl. ornamentals). An exception is if there is substantial difference in their ability to reflect red and near-infrared light. It appears to be a relatively big difference in this trait between cereals and many weeds at the time close to crop harvest, and as well in stubble fields. Therefore, we investigated whether automatic spot spraying (WeedSeeker) of glyphosate to control weeds is possible in mature barley and in stubble fields (in autumn). Results are based on two field trials in barley and two in stubble fields during two years. Use of WeedSeeker resulted in 17-80% weed control in mature barley. In stubble, results on weed control efficacy were better, 67-98%. Ordinary uniform spraying, however, gave 95-100% control. Use of WeedSeeker gave a reduction of 57-63 % in the glyphosate use in mature barley. In stubble, it was even higher, 79-82% reduction compared to uniform application. Clearly, commercially available sensor technology for automatic spot spraying can give substantial reduction in glyphosate use. The weed control efficacy, however, especially on *E. repens*, was significantly poorer with WeedSeeker than ordinary uniform spraying. The weed control efficacy would probably be better and less variable for WeedSeeker with more experience with the technology. Also, a setup more realistic for practical use than it was possible to do in this pre-project would probably also improve the weed control efficacies.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Uten tiltak mot de flerårige ugrasene kveke og åkertistel ble avlinga redusert med hhv. 10 % og 15 % i danske og nordamerikanske studier i bygg og hvete (Melanders 1994, Moore 1975). Ugras er med andre ord en vesentlig avlingsreduserende faktor, som vist for kveke i vårbygg i **Figur 1.1**. Ifølge rapportene «Økt norsk kornproduksjon – utfordringer og tiltak» (Anonym 2013) og «Utbredelse og potensiell økonomisk og miljømessig nytteverdi med presisjonsjordbruk i Norge» (Korsæth m.fl. 2019) kan bærekraftig intensivering i norsk kornproduksjon nås blant annet ved økt presisjon i plantevern tiltak. Økt presisjon i kjemiske plantevern tiltak betyr at plantevernmidler tilføres kun hvor det er nødvendig, og i optimal dose der det tilføres.



Figur 1.1. Relativt avlingstap (RAT) i vårbygg som funksjon av kvekemengde (antall lysskudd per forsøksrute (1 kvm) før høsting). Kilde: Therese W. Berge (egne data fra feltforsøk på skiftet bak Ås kirke i 2013). Relative yield loss (RAT) in spring barley as a function of the amount of *Elymus repens* (number of aboveground shoots per experimental plot (1 sqm) before harvest. Source: Therese W. Berge (own data from field trial behind Ås church in 2013).

Ugras er ofte flekkvis fordelt på åkeren (f.eks. López-Granados m.fl. 2006; Heijting m.fl. 2007; Hamouz m.fl. 2008; Hamouz & Hamouzová 2022) som vist for rotugras i **Figur 1.2**. Derfor kan ugrastiltak avgrenses til ugrasfleckene, og ikke utføres på hele åkeren. Det er ønskelig med minst mulig bruk av kjemiske plantevernmidler av helse- og miljøsensyn. Presisjonssprøyting vil bidra til å redusere plantevernmidelbruken. Rew m.fl. (1996) beregnet at 34-97 % av arealet i tre høsthveteåkre i Storbritannia kunne unnlates å sprøytes med glyfosat ved bruk av presisjonssprøyting mot kveke. Avhengig av bl.a. ugrasmiddelpris kan slik presisjonssprøyting også gi dyrkeren en økonomisk gevinst.



**Figur 1.2. Ugras opptrer flekkvis – et ideelt utgangspunkt for presisjonssprøyting. Venstre: De flerårige ugrasene åkertistel og kveke i moden hveteåker. Høyre: Nærbilde av åkertistel i stubb. Weeds are often distributed in patches – an ideal situation for precision spraying. Left: The perennial weeds *Cirsium arvense* and *Elymus repens*, in wheat prior harvest. Right: Closeup of *C. arvense* in stubble. Foto/Photo: T. W. Berge.**

Presisjonssprøyting kan grupperes i «kart-basert presisjonssprøyting» og «presisjonssprøyting i sanntid» (López-Granados 2011). I kart-basert presisjonssprøyting skjer kartlegging og sprøyting i to separate arbeidsoperasjoner. Begge typer krever sensor-baserte metoder til å detektere og kartlegge ugraset. For *frøugras* (ugrasplanter spirt fra frø) i korn er det utviklet prototyper av slik sensorteknologi (Wang m.fl. 2007; se flere eksempler i Lati m.fl. 2021 og Gerhards m.fl. 2022), men også kommersielle som for eksempel den norskutviklede kamera-baserte DAT-sensoren (Berge m.fl. 2012; 2022). Det forskes også på kamera-baserte sensorer for *flerårig ugras* (ugrasplanter som kan oppformerer via organ enn frø, f.eks. jordstengler og formeringsrøtter) i korn, spesielt på bruk av droner (UAV) (Rasmussen m.fl. 2016; 2019), og i hvert fall en kommersiell løsning er på plass i Danmark (<https://www.seges.dk/nyheder/thistletool>, sist besøkt 3.oktober 2022). For flerårig ugras i korn mener vi at den kommersielt tilgjengelige WeedSeeker-teknologien kan være en løsning (**Figur 2.1**). WeedSeeker (Trimble Navigation Ltd., tidligere Ntech Industries Ltd.) er først og fremst utviklet for presisjonssprøyting av ugras på 'grå areal' som grusganger, asfalt, jernbane, flyplasser etc. da sensoren ikke kan skjelle mellom plantearter. WeedSeeker er en enhet hvor sensor, lyskilde, ventil og dyse er fullstendig integrert, og monteres på en bom på egnet kjøretøy. Sensoren detekterer grønt levende plantemateriale, og dysen åpner seg idet det forhåndsinnstilte terskelverdien av "grønnhet", dvs. NDVI-verdi, overstiges. Indeksen NDVI er et tall (mellom 0 og 1) basert på en flates evne til å reflektere elektromagnetiske bølger i rød og nærinfrarød del av spektret. Sensoren kalibreres til det aktuelle arealets NDVI-verdi for bakgrunn, dvs. jord, grus, etc. før bruk. Dysen kan også kobles ut slik at man bruker sensoren til å lage et ugraskart. GPS er da nødvendig.

Glyfosat (virkestoffet i bl.a. Roundup Eco) er et systemisk ugrasmiddel som tas opp av blad og overjordiske plantedeler og transporteres med saftstrømmen rundt i planten til vekstpunktene. Her hemmer glyfosat syntesen av aromatiske aminosyrer slik at proteiner (hvor disse aminosyrene inngår), blir mangelvare, og planten dør. Et stort bruksområde for glyfosat i Norge er bekjempelse av åkerugras på kornareal. Enten før tresking i moden byggåker mot kveke, takrør m.m. eller etter tresking om høsten (eller påfølgende vår) mot kveke, flerårige tofrøblada ugras (f.eks. åkerstistel) og *vinterherdige frøugras* (tunrapp, balderbrå m.fl.). Glyfosat er verdens og Norges mest brukte plantevernmiddelet. Det synes å være et økt behov for og bruk av glyfosat med økt omfang av redusert jordarbeiding (Tørresen m.fl. 2012) og omsetningen av glyfosat i Norge har økt ([www.mattilsynet.no](http://www.mattilsynet.no)) samtidig som arealene som ligger i stubb over vinteren har hatt en økning ([www.ssb.no](http://www.ssb.no)). For at WeedSeeker skal



fungere må det være en viss forskjell i refleksjonen av nærinfrarødt og rødt lys mellom ugras og bakgrunnen. Vi antar at kontrasten er stor nok mellom ugras og bakgrunn i moden åker og i stubb (jfr. **Figur 1.2**). For bruk i stubbåker støttes våre antagelser av noen utenlandske studier (Blackshaw m.fl. 1998ab; Young m.fl. 2008; Riar m.fl. 2011).

## 1.2 Formål

Formålet med forprosjektet var å teste om kommersielt tilgjengelig teknologi for automatisk fleksprøyting av glyfosat, WeedSeeker (Trimble Navigation Ltd.), egner seg til å bekjempe ugras i moden byggåker og i stubbåker av korn om høsten etter tresking. Vi estimerte grad av bekjempelse av ugras med WeedSeeker sammenlignet med ordinær breisprøyting og estimerte prosent reduksjon i glyfosat-forbruk.

## 2 Material og metoder

### 2.1 Beskrivelse av WeedSeeker-utstyret

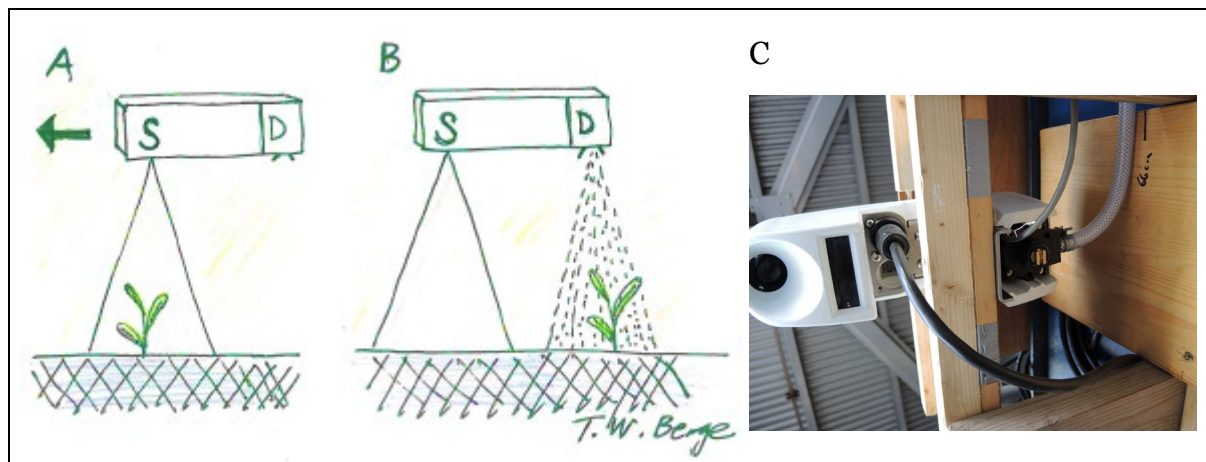
WeedSeeker var tidligere eid av NTech Industries Inc., men er nå eid av Trimble (Trimble 2010a, Trimble 2010b). Vi bestilte WeedSeeker-utstyret fra firmaet Homburg Machinehandel B.V. i Nederland da vi ikke fant noen leverandør i Skandinavia på bestillingstidspunktet (mars 2014). WeedSeeker finnes i to ulike modeller, modell 655 og modell 650. Vi benyttet modell 650.

WeedSeeker detekterer levende plantemateriale, og dysen sprøyter idet det forhåndsinnstilte nivået av ”grønnhet”, dvs. NDVI-verdi, overstiges (**Figur 2.1**). Brukeren kan justere sensorens følsomhet og det gjøres ved å kalibrere til aktuelt areals målte NDVI-verdi for jord, grus, etc. umiddelbart før bruk.

I tillegg til selve WeedSeeker-sensoren, trenger man en Controller som er brukergrensesnittet og som gir strøm og kontrollerer signal til WeedSeeker-sensoren(e). Forhandleren i Nederland anbefalte *WeedCommand Pro* (jfr. **Figur 2.4**) fra firmaet Probotiq i Nederland. Det vanligste er derimot å bruke *WeedSeeker Controller* fra Trimble.

*WeedCommand Pro* lagrer også alle nødvendige data. Under bruk viser den aktuell hastighet, væskemengde (liter per hektar), status (sensor/standby/flush), sensitivitet, GPS signal (satellitter), datalogging (på/av) og dysens stilling (åpen/lukket). Se **Vedlegg** for mer detaljer.

I pakken fra Homburg medfulgte GPS-utstyr med såkalt EGNOS nøyaktighet (dvs. ca. 1 meter), USB-datalogger og programvaren *WeedCommand Reporter* for dokumentasjon og fremstilling av kart. Dette er best egnet til å dokumentere sprøytearbeidet på hele skifter og ikke slik som i våre relativt små forsøksareal i dette forprosjektet.



Figur 2.1. Prinsippskisse (A og B) og bilde (C) av WeedSeeker. Principle schetch (A and B) and photo (C) of WeedSeeker. Pil/arrow=kjøreretning/driving direction; S=sensor (lyskilde + detektor/light source + detector); D=dyse/nozzle. A: LED-lys produserer nærinfrarødt og rødt lys som treffer underlaget, og det reflekterte lyset måles av en detektor. LED light produces near-infrared and red light which hit the surface, and the reflected light is measured by a detector. B: Dyse åpner seg og sprøyter planten. Nozzle opens and sprays the plant. C: WeedSeeker-enheten vi brukte sett fra undersiden. The WeedSeeker-unit we used seen from below. Tegning og foto/Drawing and photo: Therese W. Berge.

### 2.2 Innledende utbedringer

Mekatronikkfirmaet Adigo AS ble engasjert da det viste seg at mottatt utstyr ikke fungerte. Etter feilsøking og kontakt med leverandøren i Nederland, utførte Adigo AS nødvendig oppretting av feilene. Det var en utfordring at bruksanvisningen for *WeedCommand Pro* bare var tilgjengelig på nederlandsk. Etter hvert sendte leverandøren informasjon på engelsk (**Vedlegg**).

## 2.3 Innledende test med WeedSeeker på asfalt

Etter at de innledende utfordringer var løst, testet vi WeedSeeker-utstyret montert på en egnet tralle (jfr. **Figur 2.2**) Det var kun vann på tanken. Det var tydelig at de grønneste løvetannbladene fikk en dusj, mens de høstfargede bladene ikke ble sprøytet (**Figur 2.2**).



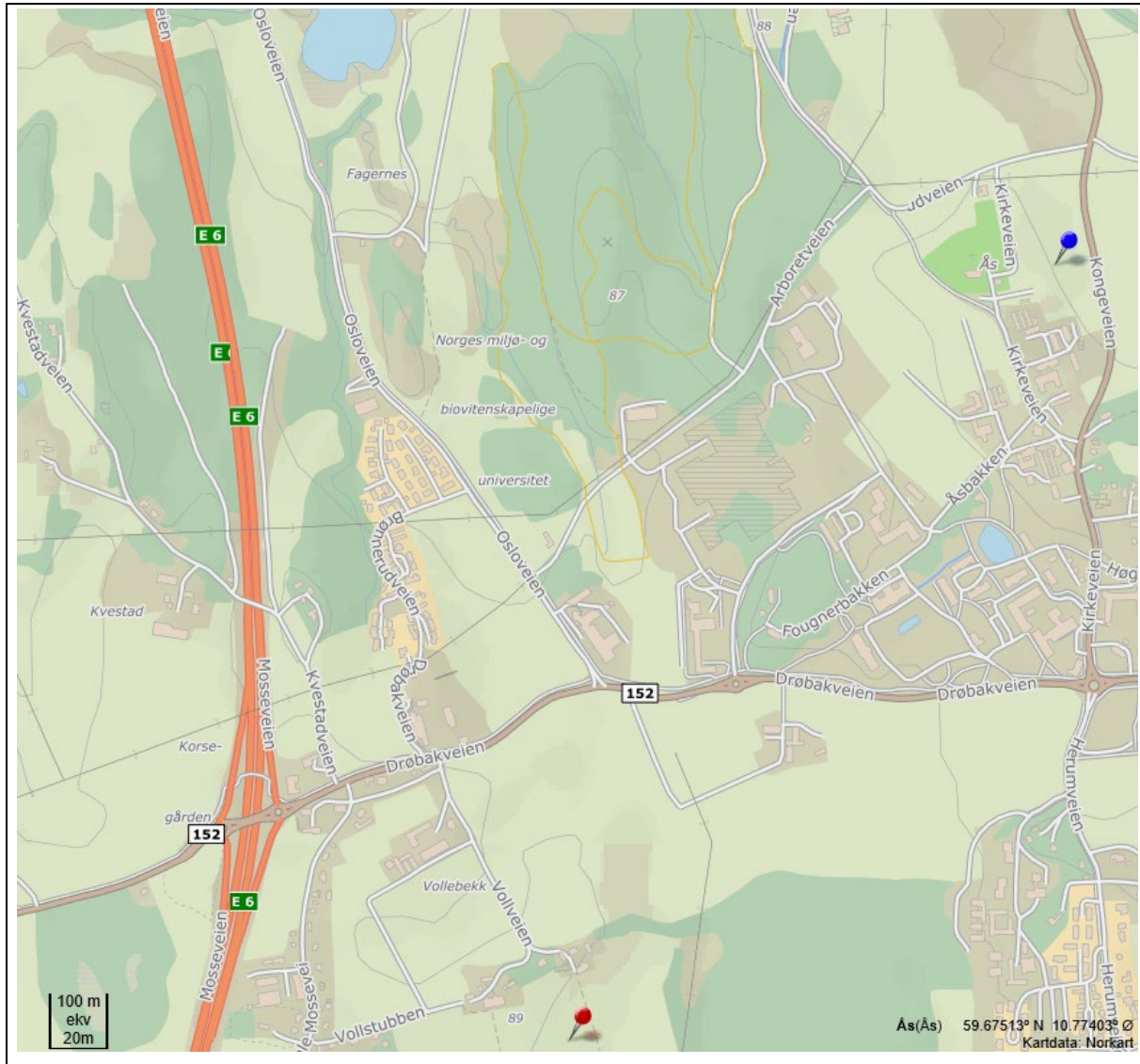
Figur 2.2. WeedSeeker ble innledningsvis testet på asfalt i september 2015. Det var vann på tanken og løvetannblader med antatt ulikt innhold av klorofyll ble lagt på bakken like før vi kjørte over med WeedSeeker. Ved å regulere følsomheten på WeedSeeker-enheten så vi at det grønne bladet ble «dusjet» mens det røde og gule (lite klorofyll) som forventet ikke ble sprøytet.

WeedSeeker was initially tested with water on asphalt in September 2015. Leaves of *Taraxacum* sp. with assumed different levels of chlorophyll content were placed on the ground. By adjusting the sensitivity of the sensor we observed that the green leaf (i.e. highest chlorophyll content) was sprayed while the yellow and red leaves as expected were not sprayed. Foto/Photo: Therese W. Berge.



## 2.4 Studieområde og nøkkeldatoer

Feltforsøkene ble utført på jordene «Kirkejordet» og «Mellomvoll» i Ås kommune (**Figur 2.3**). Nøkkeldatoer m.m. for de fire feltforsøkene er oppsummert i **Tabell 2.1**.



**Figur 2.3.** Feltforsøkene ble utført på Kirkejordet (blå markør) og Mellomvoll (rød markør) i Ås kommune. Markørene viser omtrentlig plassering av forsøkene. Field trials were done at fields Kirkejordet (blue marker) and Mellomvoll (red marker) in Ås. Markers indicate the approximate locations of the field trials.

## 2.5 Beskrivelse av sprøyteriggen med WeedSeeker brukt i feltforsøk

Feltforsøkene med WeedSeeker ble utført med en selvkonstruert rigg montert på traktorens frontlaster (**Figur 2.4**). WeedSeeker-utstyret, GPS og væsketank (lik den på Nor-sprøyta) ble montert på en palle. Væsketanken var den samme som ble benyttet for ordinær breisprøyting i feltforsøkene. I forsøkene var WeedSeeker-enheten  $65 \pm 5$  cm over underlaget, det være seg bakken (stubbåker) eller kornbestandet (modent bygg). Det ble brukt et arbeidstrykk på 3 bar og dysen TECSI 03-110 som fulgte med i forsendelsen fra den nederlandske leverandøren. Kjørehastigheten ved sprøytingen var 5 km/t (unntatt i felt MB16 hvor det var 3 km/t). På forprosjektets nettside på [www.nibio.no](http://www.nibio.no) (<https://nibio.no/prosjekter/test-av-kommersiell-teknologi-for-precisionsprøyting?locationfilter=true>) er det en video som viser utstyret i aksjon.

Tabell 2.1. Oversikt over de fire feltforsøkene og datoer for glyfosatsprøyting og ugrasvurderinger. Field ID number and dates for glyphosate spraying and weed assessments in the four fields trials.

Felt ID	Testsituasjon (sprøytedato)	Ugras	Når ble ugrasvurdering gjort	Beliggenhet
MB16	Modent bygg (11.8.2016)	Planta kveke-rhizomer og andre ugras (bl.a. timotei, tunrapp)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Før sprøyting (11.8.2016)</li> <li>Etter sprøyting (28.9.2016 = ca. 6 uker etter sprøyting)</li> <li>Etter sprøyting (20.10.2016 = Mer enn 2 måneder etter sprøyting)</li> </ul>	Kirkejordet, Ås kommune
SB16	Stubbåker av bygg (30.9.2016)	Planta kveke-rhizomer og og andre ugras (bl.a. spillkorn, timotei, tunrapp)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Før sprøyting (28.9.2016)</li> <li>Etter sprøyting (26.10.2016 = Ca. 4 uker etter sprøyting)</li> </ul>	Kirkejordet, Ås kommune
MB17	Modent bygg (11.8.2017)	Planta kveke-rhizomer <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Før sprøyting (11.8.2017)</li> <li>Etter sprøyting (22.9.2017= Ca. 6 uker etter sprøyting)</li> <li>Etter sprøyting (12.10.2017= Ca. 2 måneder etter sprøyting)</li> </ul>	Kirkejordet, Ås kommune
SH17	Stubbåker av høsthvete (10.10.2017)	Naturlig bestand av kveke, tunrapp og andre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Før sprøyting (11.10.2017)</li> <li>Etter sprøyting (8.11.2017=Knappt 1 måned etter sprøyting)<sup>2</sup></li> <li>Etter sprøyting (24.11.2017=Drøyt 6 uker etter sprøyting)</li> </ul>	Mellomvoll, Ås kommune

1) Pga dårlig oppkomst av kveke-rhizomer plantet i 2017, ble et annet område på samme jorde som hadde kveke benyttet. Dette var den usprøyta stripen (behandling U) fra året før.

2) Det var for tidlig til å vurdere ugraset, derfor ble det kun vurdert om forsøksruta hadde fått en dusj glyfosat eller ikke.



Figur 2.4. Testingen av WeedSeeker i åker ble gjennomført med en selvkonstruert sprøyterigg påmontert traktorens frontlaster. Field tests of WeedSeeker for automatic patch spraying of glyphosate were conducted with a custom-made platform.

Øverst til venstre/Upper left: WeedSeeker-sprøytingen i moden bygg i 2016. WeedSeeker used in barley before harvest in 2016. Foto/Photo: Therese W. Berge.

Øverst til høyre/Upper right: A=WeedSeeker-enhet/unit; B=Væsketank med ugrasmiddel (glyfosat)/Tank with herbicide (glyphosate), C=GPS-antenne/antenna. Foto/Photo: Erling Fløistad.

Nederst til høyre/Bottom right: WeedCommand Pro, kombinert GPS-mottaker/USB-logger og GPS-antenne. Foto/Photo: Therese W. Berge.





## 2.6 Beskrivelse av metoder felles for feltforsøkene

Sensitiviteten til WeedSeeker, dvs. hvor grønt (egentlig klorofyllholdig) det må være for at den skal sprøyte, ble stilt inn ved å holde sensoren over et testområde i samme åker som i feltforsøket og som vi mente kvalifiserte til sprøyting og justerte sensitiviteten fra «av» og gradvis til displayet indikerte «på». Denne prosedyren hadde et innslag av subjektivitet.

Den ordinære breisprøytingen ble utført med en vanlig forsøksprøyte, dvs. Nor-sprøyta (**Figur 2.6**) med en bom med 5 dyser (50 cm avstand mellom dysene), arbeidstrykk 3 bar og dysen XR TeeJet 11003.

Alle forsøksrutene ble målt inn med håndholdt GPS med 10 cm nøyaktighet (Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXH 3.5G kombinert med CPOS-signaler fra Statens kartverk). På den måten kunne vi gjøre registreringer på nøyaktig samme forsøksrute før og etter sprøyting. Posisjonsbestemmelsene ble brukt til å lage kart i GIS-programmet ArcGIS (Esri), og til å måle hvor lange striper som ble sprøytet.

Sprøyting med WeedSeeker og ordinær breisprøyting ble utført på samme dag. Vi veide tanken før og etter sprøyting for å kunne estimere forbruket av glyfosat.

### 2.6.1 Glyfosat-dose

Det ble brukt et glyfosat-preparat med 360 gram virksomt stoff per liter preparat (Glyfonova Pluss, reg. nr. 2004.48.14). Doseringen og væskemengde var ens for WeedSeeker-sprøytingen og ordinær breisprøyting, og lik i alle feltforsøkene: 350 ml preparat per dekar og 22 liter/daa.

### 2.6.2 Ugrasobservasjoner

Observasjon av ugras ble gjort i en ramme med størrelse 0,5 m × 0,5 m (**Figur 2.6**). Vi benyttet dekningsgrad hvor summen av ugras – evt. spesifisert på arter eller gruppe -, barmark og kultur er 100 %. Observasjonene ble gjort før og etter behandling (jfr. **Tabell 2.1**).

## 2.7 Feltforsøk i 2016

### 2.7.1 Innsamling og utplanting av kveke-rhizomer

Det ble høstet rhizomer (jordstengler) fra naturlig bestand av kveke (*Elymus repens*) på Ås om våren (mai 2016) og oppbevart kjølig (4 °C) og mørkt med litt vått papir omkring.

Rett før utplanting, ble rhizomene delt opp i biter à 3 nodier (knopper). Bitene ble plantet på dybde 5 cm og det ble tråkket lett til etter planting. På hvert forsøksrute, ble det plantet enten 5 eller 15 biter, og hver bit ble plassert med ca. 10 cm avstand. Målet var å få to ulike størrelser på kveke-flekkene (i kjøreretningen).

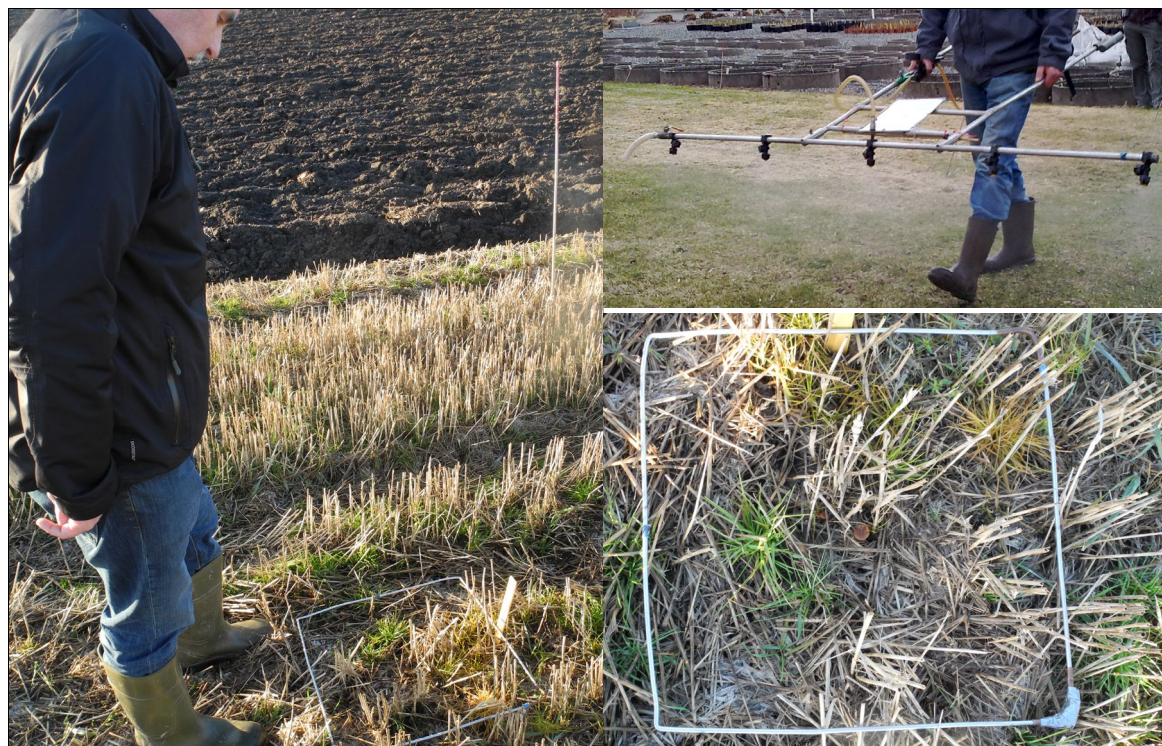
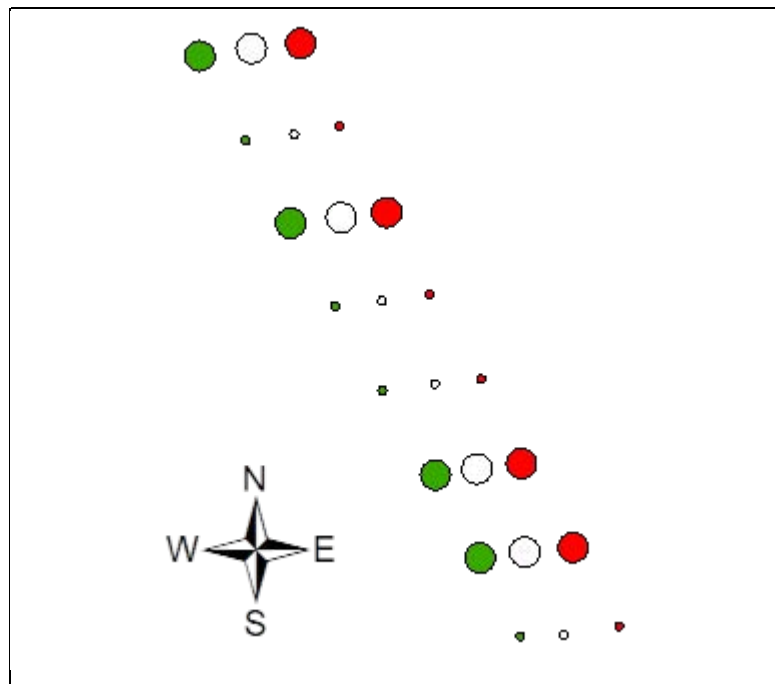
Feltene for moden byggåker og stubbåker ble plantet samtidig.

### 2.7.2 Feltforsøk i moden byggåker i 2016 (felt MB16)

For hver av de tre behandlingene ble det anlagt åtte forsøksruter (repetisjoner). De tre behandlingene var automatisk flekksprøyting med WeedSeeker (**WS**), ubehandlet (**U**) og ordinær breisprøyting (**BS**). Alle ruter med samme behandling lå etter hverandre. Det var ca. 10 meter mellom hver forsøksrute i kjøreretningen, og ca. 3 meter på tvers av kjøreretningen (**Figur 2.5**).

Det ble gjort ugrasregistreringer tre ganger: en gang før og to ganger etter sprøyting (**Tabell 2.1**).

Figur 2.5. Felt/trial MB16.  
Tegnforklaring/Legend: Grønn/green  
=WeedSeeker;  
Rød/red=breisprøyta/uniformly  
sprayed;  
Hvite/white=ubehandlet/untreated;  
Store/large symbol = 15 biter/rhizome  
pieces med kveke-rhizomer plantet;  
Små/small symbol=5 biter/rhizom  
pieces med kveke-rhizomer plantet.  
Det var ca. 10 meter mellom hver  
forsøkerute i kjøreretningen og ca. 3  
meter på tvers av kjøreretningen. It  
was about 10 m between each plot in  
the driving direction and about 3 m  
distance across the driving direction.



Figur 2.6. Ordinær breisprøyting ble utført med forsøkssprøyte (Nor-sprøyta). Ugrasregistreringene ble gjort i 0,25 kvm (50 cm x 50 cm) store rammer. Her fra ugrasregistrering i stubbåker i 2017. Ordinary uniform spraying was conducted with a plot sprayer (Nor-sprøyta). Weeds were registered in frames of size 0.25 sqm (50 cm by 50 cm). Here from weed registrations in stubble in 2017. Foto/photo: Therese W. Berge

### 2.7.3 Feltforsøk i stubbåker i 2016 (felt SB16)

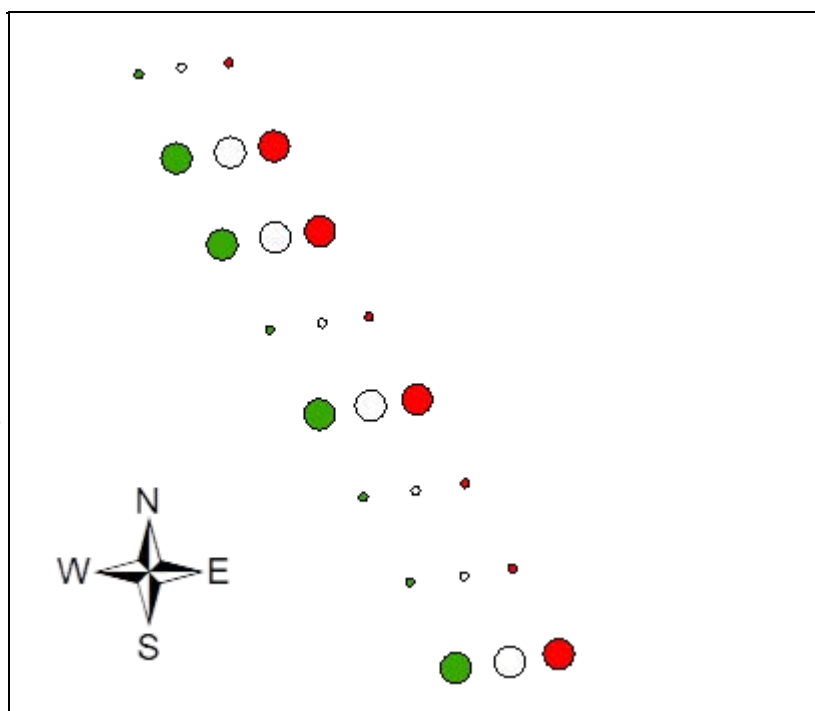
For hver av de tre behandlingene ble det ble anlagt åtte forsøkeruter (gjentak). De tre behandlingene var automatisk flekksprøyting med WeedSeeker (**WS**), Ubehandlet (**U**) og breisprøyting (**BS**). Alle

ruter med samme behandling lå etter hverandre. Det var ca. 10 meter mellom hver forsøkerute i kjøreretningen, og ca. 3 meter på tvers av kjøreretningen (**Figur 2.7**).

Det ble gjort ugrasregistreringer to ganger: en gang før og en gang etter sprøyting (**Tabell 2.1**).

Figur 2.7. Felt/trial SB16.

Tegnforklaring/Legend: Grønn/green =WeedSeeker;  
Rød/red=breisprøyta/uniformly sprayed;  
Hvite/white=ubehandlet/untreated;  
Store/large symbol = 15 biter/rhizome pieces med kveke-rhizomer plantet;  
Små/small symbol=5 biter/rhizome pieces med kveke-rhizomer plantet.  
Det var ca. 10 meter mellom hver forsøkerute i kjøreretningen og ca. 3 meter på tvers av kjøreretningen. *It was about 10 m between each plot in the driving direction and about 3 m distance across the driving direction.*



## 2.8 Feltforsøk i 2017

### 2.8.1 Innledende arbeid

Det ble høstet rhizomer fra en naturlig bestand av kveke (*Elymus repens*) på jordene på Østre Voll i Ås, (øst for skifte nr. 30 (økologisk)) den 12. mai 2017. Rhizomene ble oppbevart på kjølig som beskrevet for 2016 inntil utplanting.

Rhizomene ble plantet 12. og 13. mai. Planting av rhizomene ble utført litt annerledes enn året før: dybde = 5 cm , 3-5 nodier per bit (ca. 10 cm lang), 15 biter og med ca 10 cm avstand mellom bitene i alle forsøksruter, hver rute fikk dermed kveke-striper på ca. 150 cm.

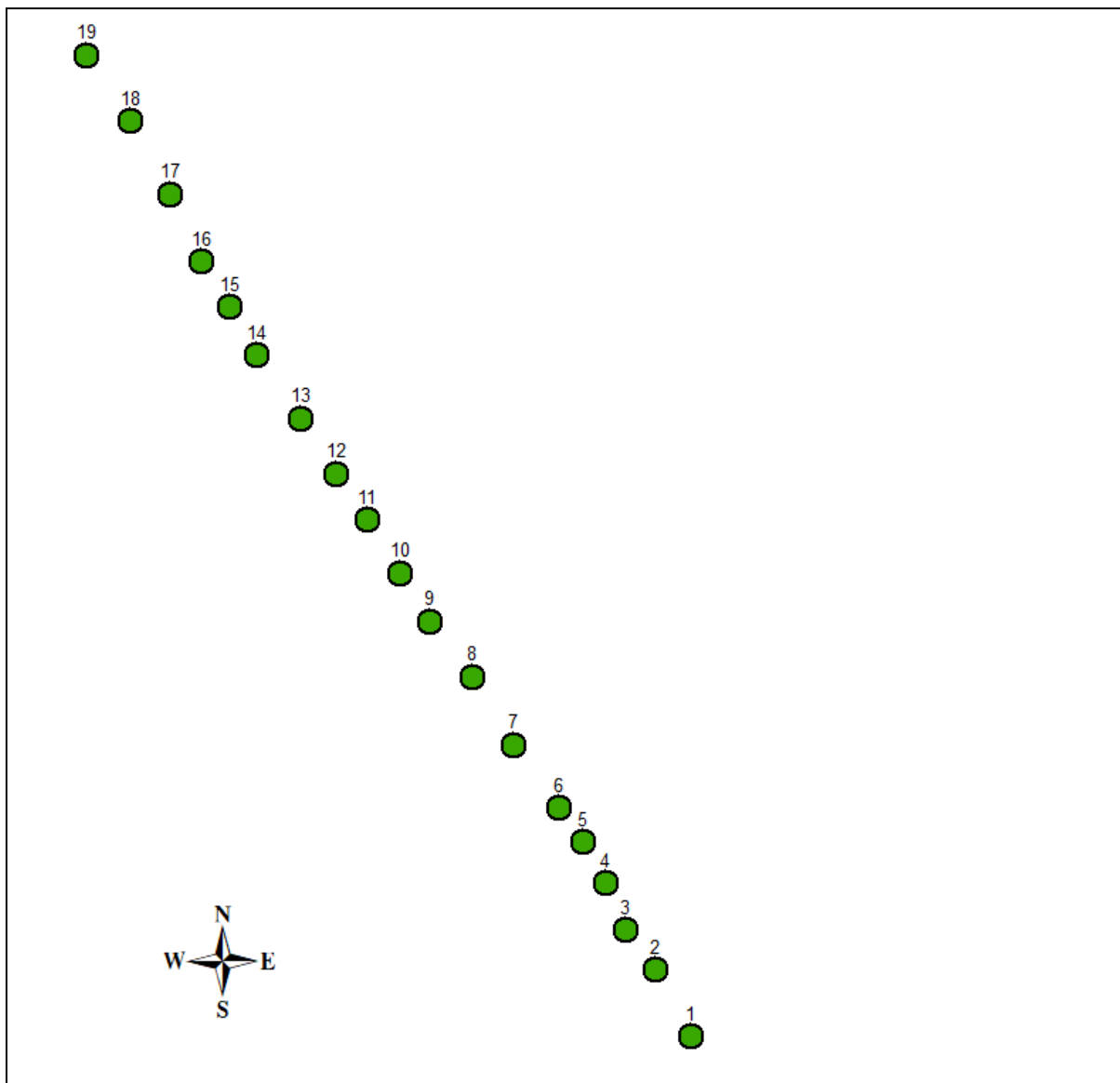
Som i 2016 ble det anlagt 8 gjentak per behandling for hvert felt, begge felt på Kirkejordet. På det ene feltet ble det plantet med 10 m mellom forsøksrutene, på det andre 8 m mellom (pga plassmangel).

Når vårbygget var begynt å modne (2. august 2017), ble det gjort en vurdering av dekningsgrad av korn, kveke og sum ugras på de 48 punktene (3 ulike behandlinger × 8 gjentak × 2 felt). **Det viste seg at tilslaget av kveke var svært dårlig, så vi måtte forkaste dette forsøksarealet.**

### 2.8.2 Feltforsøk i moden byggåker i 2017 (felt MB17)

Ettersom vi måtte forkaste det planlagte arealet (som beskrevet i forrige avsnitt), måtte vi forenkle forsøksplanen og tilpasse den til en naturlig bestand av kveke et annet sted på samme jorde (Kirkejordet). (Denne populasjonen var for øvrig sannsynligvis det ubehandla leddet fra 2016 (vurdert på kart i ArcGIS)).

I dette feltet fikk vi ikke plass til ubehandlet og breisprøytet ledd, så kun WeedSeeker ble testet. Det ble anlagt 19 forsøksruter etter hverandre innenfor en distanse på ca. 40 meter (**Figur 2.8**).



Figur 2.8. Felt/trial MB17. Feltet var ca. 40 m langt. Avstanden mellom de 19 forsøksrutene varierte fra ca. 1,5 m til 3 m. Trial was about 40 m long. Distance between the 19 experimental plots varied from about 1.5 m to 3 m. Tegnforklaring/Legend: Grønn/green=flekksprøyta med WeedSeeker/patch sprayed with WeedSeeker.

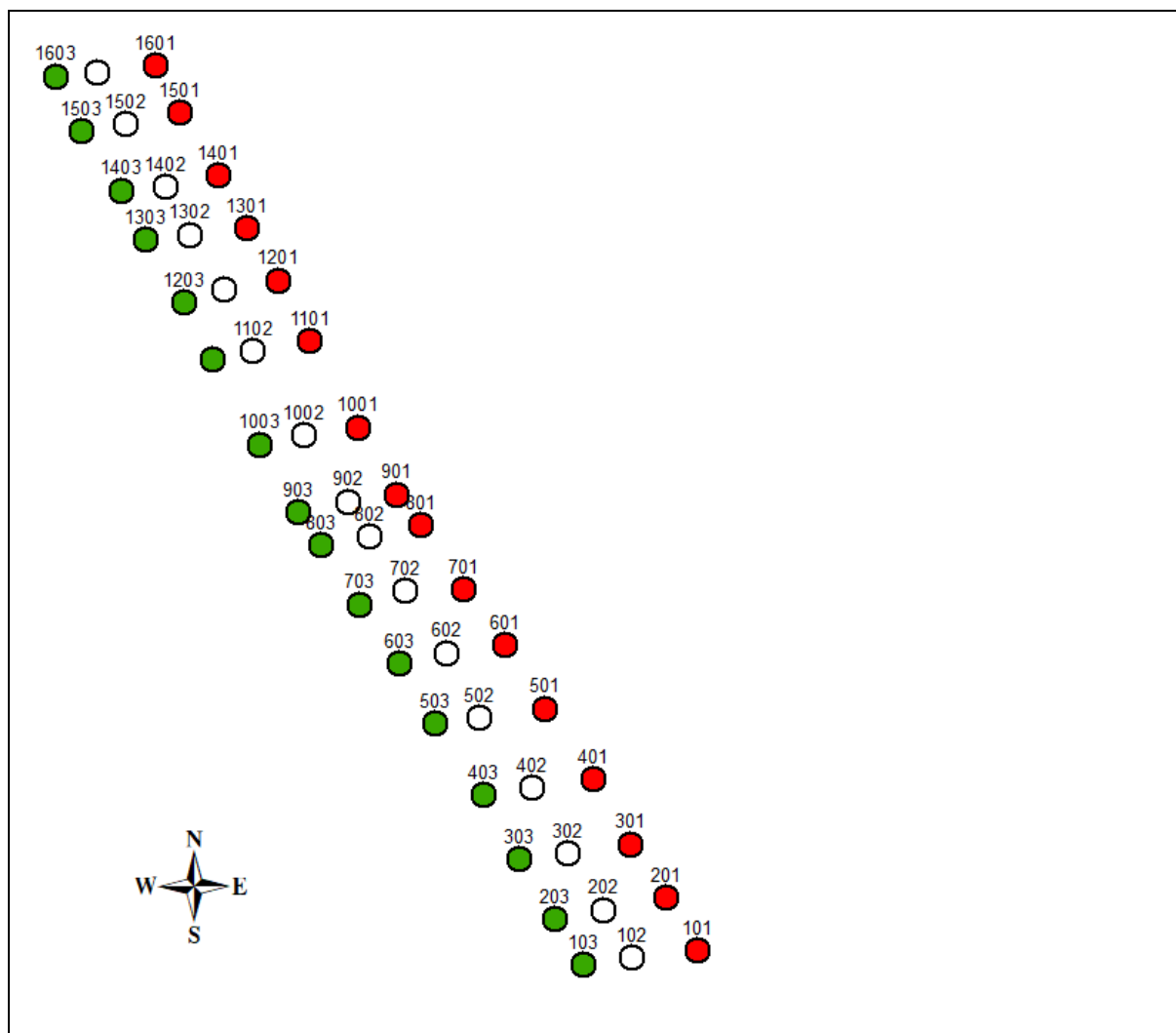
Det ble gjort ugrasregistreringer tre ganger: en gang før og to ganger etter sprøyting med WeedSeeker (**Tabell 2.1**). Ugrasregistreringene ble gjort i rammer med størrelse 50 cm x 50 cm (**Figur 2.6**). Det var prosent dekning av kveke som ble brukt.

### 2.8.3 Feltforsøk i stubbåker av høsthvete i 2017 (felt SH17)

Ettersom vi måtte forkaste det planlagte arealet (som beskrevet i avsnitt 2.8.1), ble feltforsøket utført i stubbåker av høsthvete med mye kveke naturlig. Det var på jordet «Mellomvoll» på Ås.

Det ble anlagt 16 forsøksruter (dvs. 16 gjentak) for hver av de tre behandlingene. De tre behandlingene var automatisk flekksprøyting med WeedSeeker (**WS**), ubehandlet (**U**) og breisprøyting (**BS**). Alle ruter med samme behandling lå etter hverandre innen et strekk på drøyt 100 m (**Figur 2.9**).

Det ble gjort ugrasregistreringer to ganger: en gang før og en gang etter sprøyting (**Tabell 2.1**). Ugrasregistreringene ble gjort i rammer med størrelse 50 cm x 50 cm (**Figur 2.6**). Det var prosent dekning som ble brukt.



Figur 2.9 Felt/trial SH17. Feltet var ca. 105 m langt. Avstanden mellom de 16 gjentakene varierte fra ca. 5 m til 10 m. Avstanden mellom forsøksrutene innen samme gjentak var ca. 2,5-3 m. Trial was about 105 m long. Distance between the 16 replicates varied from about 5 m to 10 m. Distance between the experimental plots within same replicate was about 2.5-3 m. Tegnforklaring/Legend: Grønn/green =WeedSeeker; Rød/red=breisprøyt/uniformly sprayed; Hvite/white=ubehandlet/untreated.

## 2.9 Databehandling

### 2.9.1 Grad av ugraskontroll

Statistisk analyse ble utført i Minitab ® 17.1.0. Variansanalyse (ANOVA General Linear Model) med gjentak og behandling (WeedSeeker, Ubehandlet eller Breisprøyet) med ugrasdekning før sprøyting som 'covariate'. Det ble benyttet Tukey sammenligningstest for å avdekke signifikante forskjeller mellom behandlingene (signifikansnivå 0,05).

I tillegg sammenlignet vi de to behandlingene WeedSeeker og Breisprøyet med hverandre (med paired t-test) ettersom det er den mest interessante sammenligningen.

Forutsetninger for analysene (normalfordelte residualer og homogen varians) ble sjekket med visuell inspeksjon av residualplott.



I felt MB17 som inneholdt kun én behandling (WeedSeeker), ble datasettet analysert med paired t-test: 'Før behandling' versus '6 uker etter behandling' og 'Før behandling' versus '2 måneder etter behandling'.

## 2.9.2 Reduksjon i glyfosat-forbruk med WeedSeeker

Dysen TECSI 03-110 som fulgte med WeedSeeker-utstyret fra den nederlandske leverandøren, ble brukt. Da denne dysen er en flatdysen med 110° vinkel vil arbeidsbredden til WeedSeeker-behandlingen, dvs. bredden på sprøytedraget, variere systematisk med WeedSeeker-enhetens høyde over plantebestanden. Med denne dysen og høyde over underlaget på 60-70 cm, var bredden på sprøytedraget ca. 1,7 – 2,0 m. Men det var kun den sentrale midterste delen av sprøytedraget som fikk riktig planlagt dose (på kantene blir dosen lavere). **I ettertid ble det estimert at bredden med riktig dose var ca. 1/3 av full bredde, dvs. 0,57-0,67 m, for høyde 60-70 cm over underlaget.**

WeedSeeker (modell 650) har et synsfelt på 65°, og burde i våre forsøk egentlig hatt en dyse med 65° vinkel av type 'even'. Da ville arbeidsbredden ( $a$ ) til WeedSeeker vært 0,76-0,89 m for høyde 60-70 cm over underlaget og da med full dose av planlagt dose i hele arbeidsbredden.

Estimatene på reduksjon i forbruk av glyfosat med WeedSeeker er basert på bruk av dyse med 65° vinkel og høyde 65 ± 5 cm over underlaget. Arbeidshøyden til WeedSeeker ble satt til 65 ± 5 cm i beregningene.

Lengden på sprøytedragene ( $l$ ) ble målt i felt og i GIS-program (ArcGIS). Arbeidsarealet for sprøytingen ( $A$ ) er gitt ved:  $A = a \times l$ .

Vi hadde veid væsketanken før og etter sprøytingen for å kunne estimere glyfosatforbruk per arbeidsareal ( $GF$ ) for WeedSeeker:  $GF_{WeedSeeker} = \text{forbruk i kg}/A_{WeedSeeker}$ .

Likewise er glyfosatforbruk per arbeidsareal for breisprøyting gitt ved:  $GF_{Breisprøyting} = \text{forbruk i kg}/A_{Breisprøyting}$ .

Relativ reduksjon i forbruk med bruk av WeedSeeker,  $RG_{WeedSeeker}$ , ble beregnet slik:

$$RG_{WeedSeeker} (\%) = 100 - ((GF_{WeedSeeker}/GF_{Breisprøyting}) * 100) \quad (\text{likning 1})$$

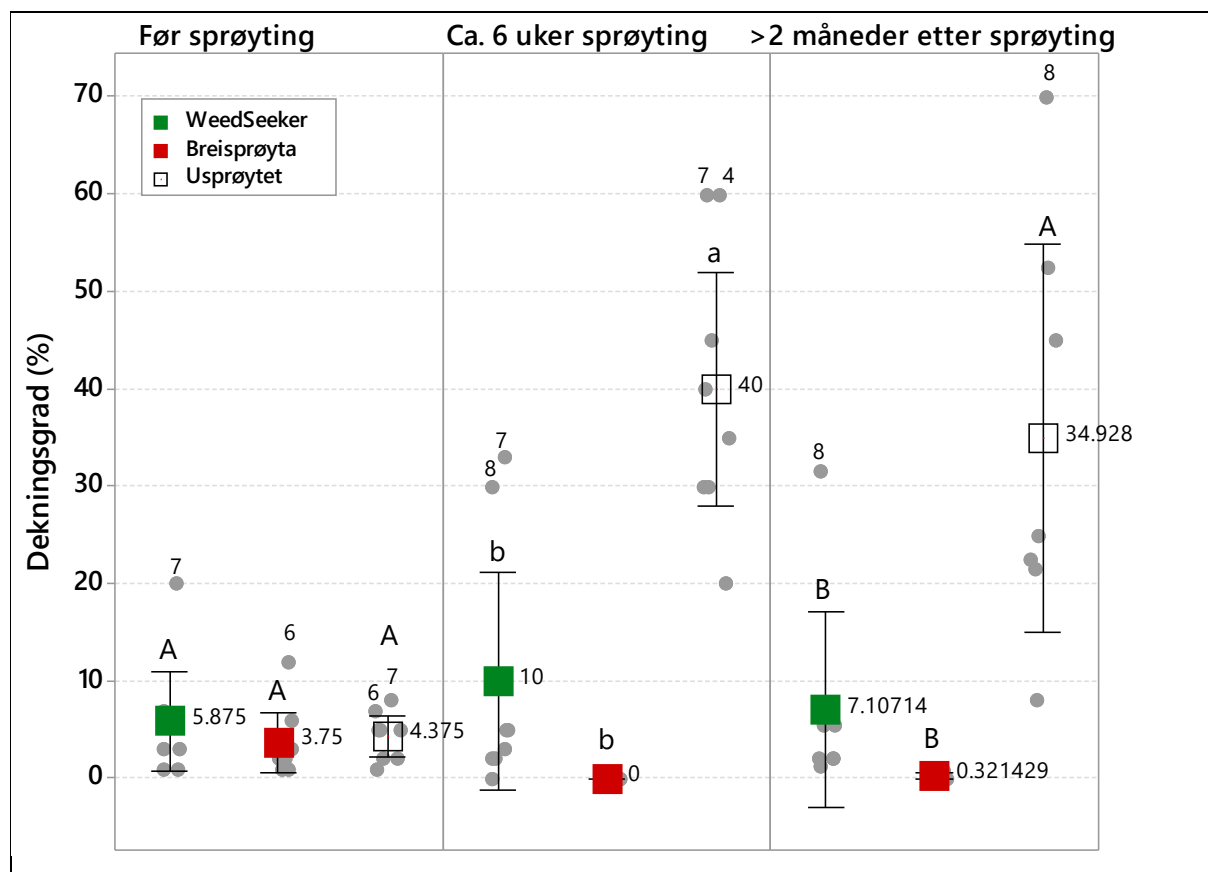
## 3 Resultater

### 3.1 Ugraskontroll etter behandling i moden byggåker

Både ca. 6 uker etter og mer enn 2 måneder etter sprøytingen, hadde ubehandlet ledd (U) signifikant høyere total ugrasdekning enn både WS (p-verdi  $\leq 0.005$ ) og BS (p-verdi  $\leq 0.001$ ), mens WS og BS ikke var sikkert forskjellig (p-verdi  $\geq 0.258$ ). (Figur 3.1).

I den parvise t-testen for observasjoner ca. 6 uker etter sprøyting var det nær sikker forskjell mellom BS og WS (p-verdi = 0.061), men denne tendensen var borte mer enn 2 måneder etter sprøyting (p-verdi = 0.125).

Regnet i prosent ugraskontroll vurdert ca. 6 uker etter og mer enn 2 måneder etter sprøytingen for WeedSeeker (WS) var hhv 75 % og 79,7 %. Tilsvarende tall for breisprøyting (BS) var hhv 100 % og 99.1 % (Figur 3.5).

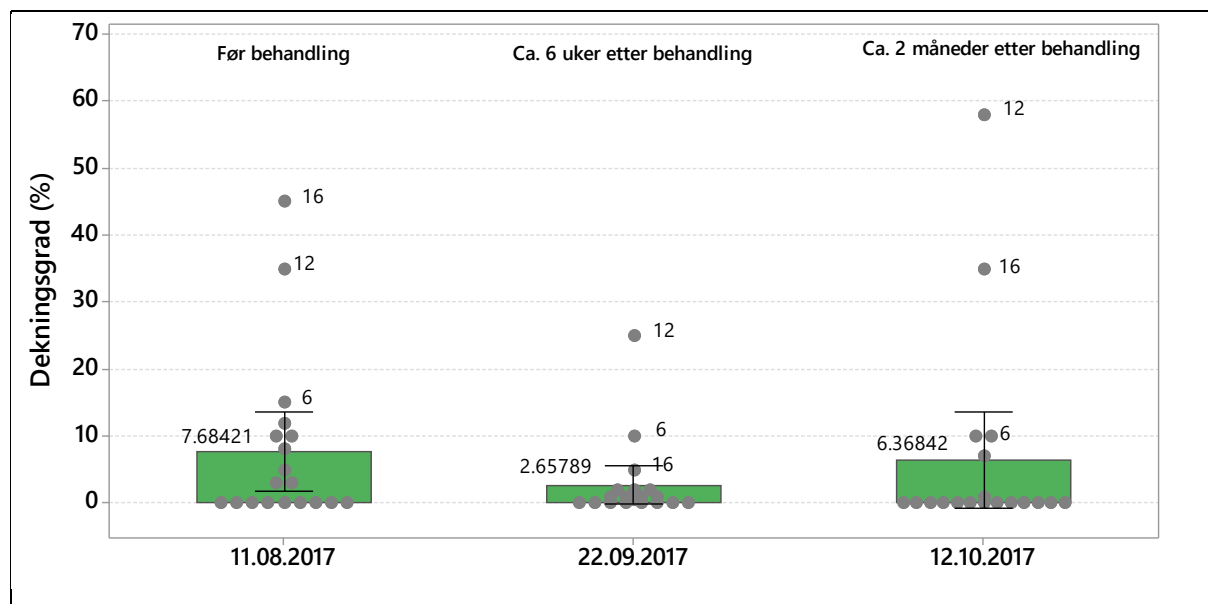


Figur 3.1. Dekningsgrad av sum ugras før, ca. 6 uker etter og mer enn 2 måneder etter tre ulike behandlinger i modent bygg i 2016 (felt MB16). Behandlingene var automatisk fleksksprøyting av glyfosat med WeedSeeker, ordinær breisprøyting av glyfosat og usprøyta kontroll. Tegnforklaring: Fargede bokser = gjennomsnittsverdi med 95% konfidensintervall; grå sirkler = enkeltobservasjonene, hvorav noen er merket med gjentaknr. Gjennomsnittverdier i samme panel som ikke deler samme bokstav er signifikant forskjellig (Tukey-test, p-verdi 0,05). Coverage of sum weeds before, about 6 weeks after and more than 2 months after three different treatments in barley pre-harvest in 2016 (trial MB16). Glyphosate treatments were use of WeedSeeker (green), ordinary blanket application (red) and untreated control (transparent). Legend: Coloured boxes = mean value with 95% confidence interval; grey circles = individual data points, where some are labelled with their replicate No. Mean values within same panel not sharing same letter are significantly different from each other (Tukey-test, p-value 0.05).

I det andre feltet i moden bygg, MB17, ble virkningen av sprøytingen vurdert ca. 6 uker og ca. 2 måneder etter sprøytingen. (I dette feltet fikk vi ikke plass til ubehandlet og breisprøytet ledd, jfr. avsnitt 2.8.2).

I **Figur 3.2** ser vi at det var to ruter, nr. 12 og 16, som hadde spesielt høye verdier av dekningsgrad av kveke før behandling. Etter sprøytingen var det fortsatt høye verdier på rute nr. 12 og 16.

En sammenligning mellom gjennomsnittlig kvekedekning før behandling og ca. 6 uker etterpå viste at det var signifikant nedgang (p-verdi = 0.031). Men det var ingen signifikant forskjell mellom før behandling og ca. 2 måneder senere på (p-verdi = 0.439).



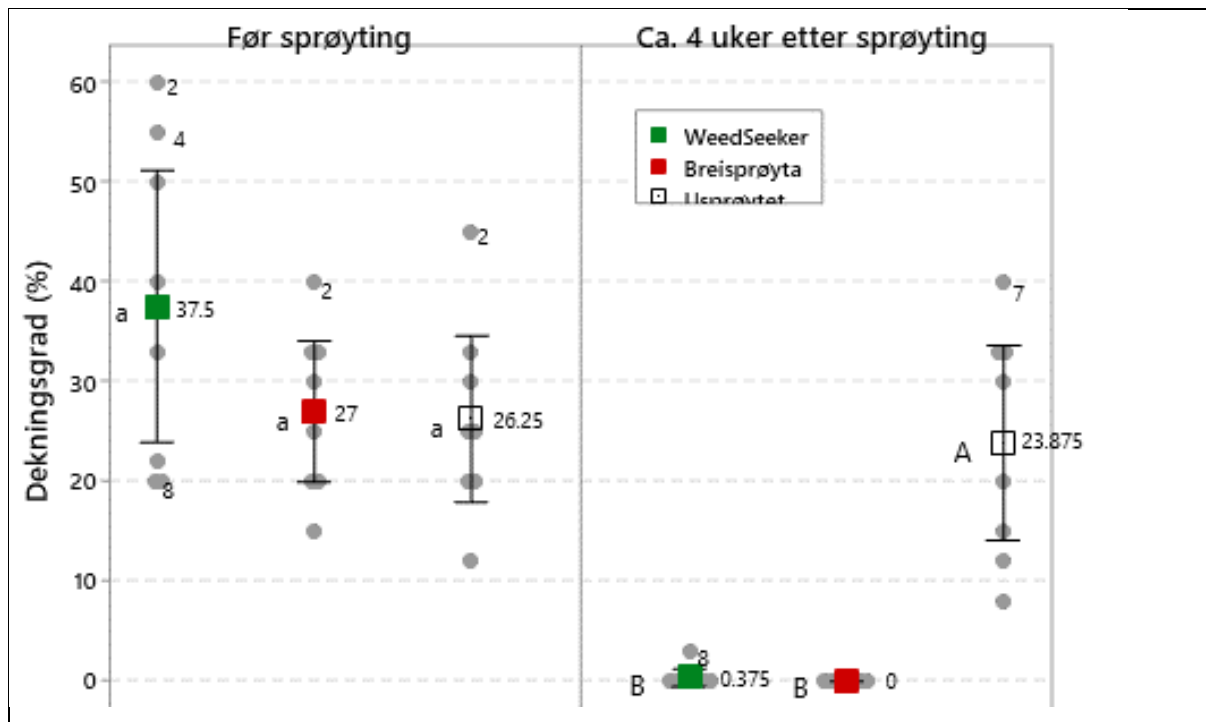
Figur 3.2. Dekningsgrad av kveke før, ca. 6 uker etter og ca. 2 måneder etter automatisk flekssprøyting av glyfosat med WeedSeeker i modent bygg i 2017 (felt MB17). Tegnforklaring: Grønne søyler = gjennomsnittsverdi med 95% konfidensintervall; grå sirkler = enkeltobservasjonene (hvor forsøksrute nr. 6, 12 og 16 er merket). Coverage of *Elymus repens* before, about 6 weeks after and more than 2 months after glyphosate treatment with Weedseeker in barley pre-harvest in 2017 (trial MB17). Legend: Green bars = mean value with 95% confidence interval; grey circles = individual data points, where plot nos. 6, 12 and 16 are labelled.

### 3.2 Ugraskontroll etter behandling i stubbbåker

I felt SB16, ble virkningen av sprøytingen vurdert ca. 4 uker sprøyting (**Figur 3.3**).

På dette tidspunktet hadde som forventet ubehandlet kontroll (U) signifikant høyere total ugrasdekning enn både WS og BS (p-verdi  $\leq 0.0001$ ), mens WS og BS ikke var sikkert forskjellig (p-verdi = 0.889). Dette resultatet ble bekreftet av den parvise t-testen (p-verdi = 0,351).

Omregnet i prosent ugraskontroll var den høy for både WS og BS, med hhv 98,4 % og 100 % kontroll (**Figur 3.5**).



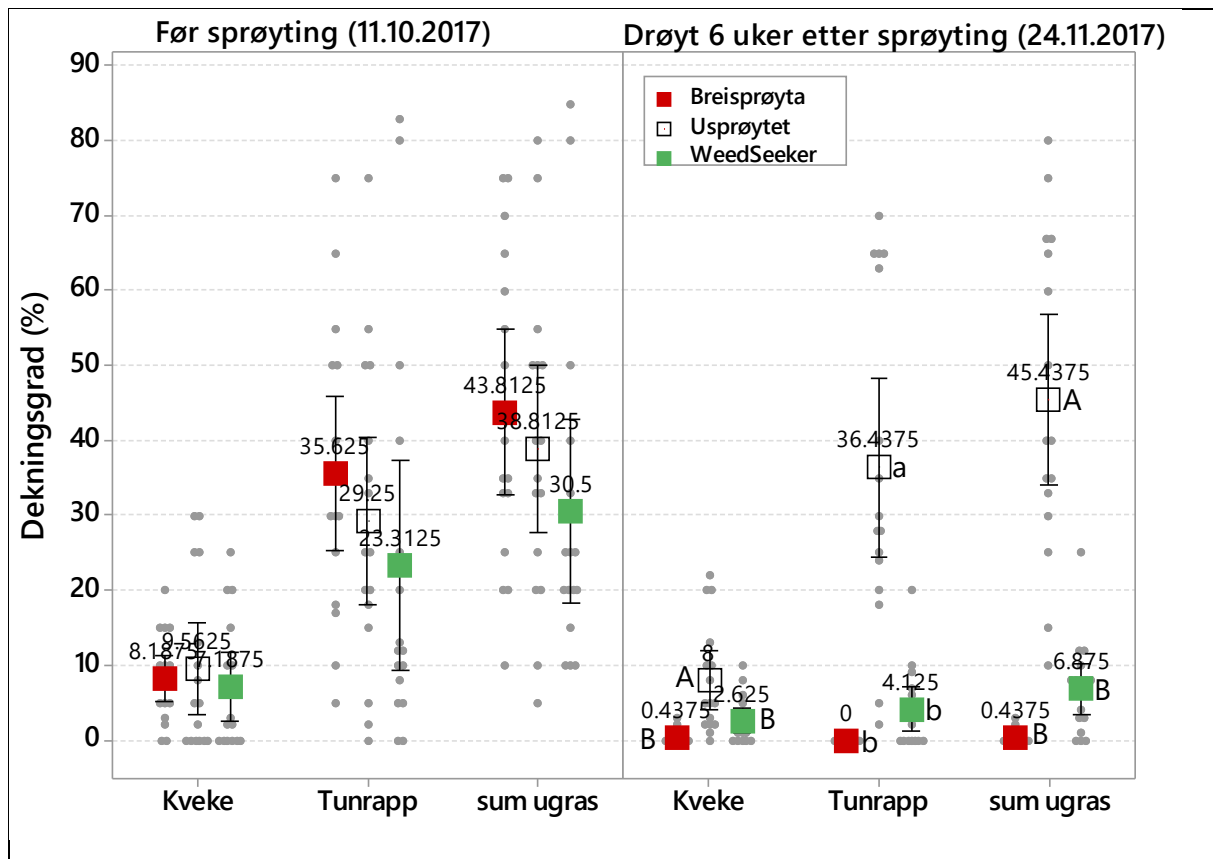
Figur 3.3. Dekningsgrad av sum ugras før og ca. 4 uker etter tre ulike behandlinger i stubbåker av bygg om høsten i 2016 (felt SB16). Behandlingene var automatisk fleksprøyting av glyfosat med WeedSeeker, ordinær breisprøyting av glyfosat og usprøyta. Tegnforklaring: Fargede bokser = gjennomsnittsverdi med 95% konfidensintervall; grå sirkler = enkeltobservasjonene (med «gjentak» nr. 2, 4, 7 og 8 merket). Gjennomsnittverdier i samme panel som ikke deler samme bokstav er signifikant forskjellig (Tukey-test, p-verdi 0,05). Coverage of sum weeds before and about 4 weeks after three different treatments in stubble of barley in autumn 2016 (trial SB16). Glyphosate treatments were use of WeedSeeker (green), ordinary blanket application (red) and untreated control (transparent). Legend: Coloured boxes = mean value with 95% confidence interval; grey circles = individual data points, where some are labelled with their replicate No. Mean values within same panel not sharing same letter are significantly different from each other (Tukey-test, p-value 0.05).

I den andre feltet i stubb, felt SH17, ble virkningen av sprøytingen vurdert drøyt 6 uker etter sprøyting. I dette feltet var det naturlig å skjelve mellom kveke, tunrapp og sum ugras. Bekjempelsen av kveke var dårligere enn for tunrapp for både WS og BS (Figur 3.4).

Som forventet hadde ubehandlet kontroll (U) signifikant høyere dekningsgrad i de tre ugraskategoriene enn både WS og BS (p-verdi  $\leq 0,001$ ).

Mellom WS og BS var det ikke sikre forskjeller i dekningsgrad for sum ugras og tunrapp (p-verdi  $\geq 0,208$ ). Men de parvise t-testene for sum ugras og tunrapp viste at WS resulterte i høyere dekning enn BS for både sum ugras (p-verdi  $\leq 0,001$ ) og tunrapp (p-verdi = 0,009). For kveke hadde WS nær signifikant høyere dekningsgrad enn BS (p-verdi = 0,064). Dette ble bekreftet av den parvise t-testen (p-verdi = 0,018).

Omregnet i prosent ugraskontroll var den dårligere for WS enn BS, med hhv, 67,2 - 88,7 % og 94,5 - 100 % kontroll (Figur 3.5).



Figur 3.4. Dekningsgrad av kveke, tunrapp, og sum ugras før og drøyt 6 uker etter tre ulike behandlinger i stubbåker av høsthvete om høsten i 2017 (felt SH17). Behandlingene var automatisk flekksprøyting av glyfosat med WeedSeeker, ordinær breisprøyting av glyfosat og usprøytet. Tegnforklaring: Fargede bokser = gjennomsnittsverdi med 95% konfidensintervall; grå sirkler = enkeltobservasjonene. Gjennomsnittverdier i samme panel som ikke deler samme bokstav er signifikant forskjellig (Tukey-test, p-verdi 0,05). (Parvis t-test viste at WS ga høyere ugrasdekning enn BS)

Coverage of *Elymus repens*, *Poa annua*, and sum weeds before and about 6 weeks after three different treatments in stubble of barley in autumn 2017 (trial SB17). Glyphosate treatments were use of WeedSeeker (green), ordinary blanket application (red) and untreated control (transparent). Legend: Coloured boxes = mean value with 95% confidence interval; grey circles = individual data points. Mean values within same panel not sharing same letter are significantly different from each other (Tukey-test, p-value 0.05). (Paired t-test showed that WS gave higher weed cover than BS).

### 3.3 Ugraskontroll – oppsummert

**Tabell 3.1** og **Figur 3.5** oppsummerer resultatene for kontrolleffekt på ugras av de tre behandlingene automatisk flekksprøyting med WeedSeeker, ubehandlet kontroll og ordinær breisprøyting i de fire feltforsøkene.

**Figur 3.5** oppsummerer gjennomsnittlig kontrolleffekt på ugras ved bruk av WeedSeeker (WS) og breisprøyting (BS). Bortsett fra felt MB17, er estimatene basert på sammenligning mellom ugrassituasjonen i ubehandlet ledd og de to sprøyta leddene, dvs. WeedSeeker og ordinær breisprøyting.

I modent bygg ga bruk av WeedSeeker variabel ugraskontroll, fra ca. 17 til 80 %. For ordinær breisprøyting var effekten utmerket, ca. 99-100 %.

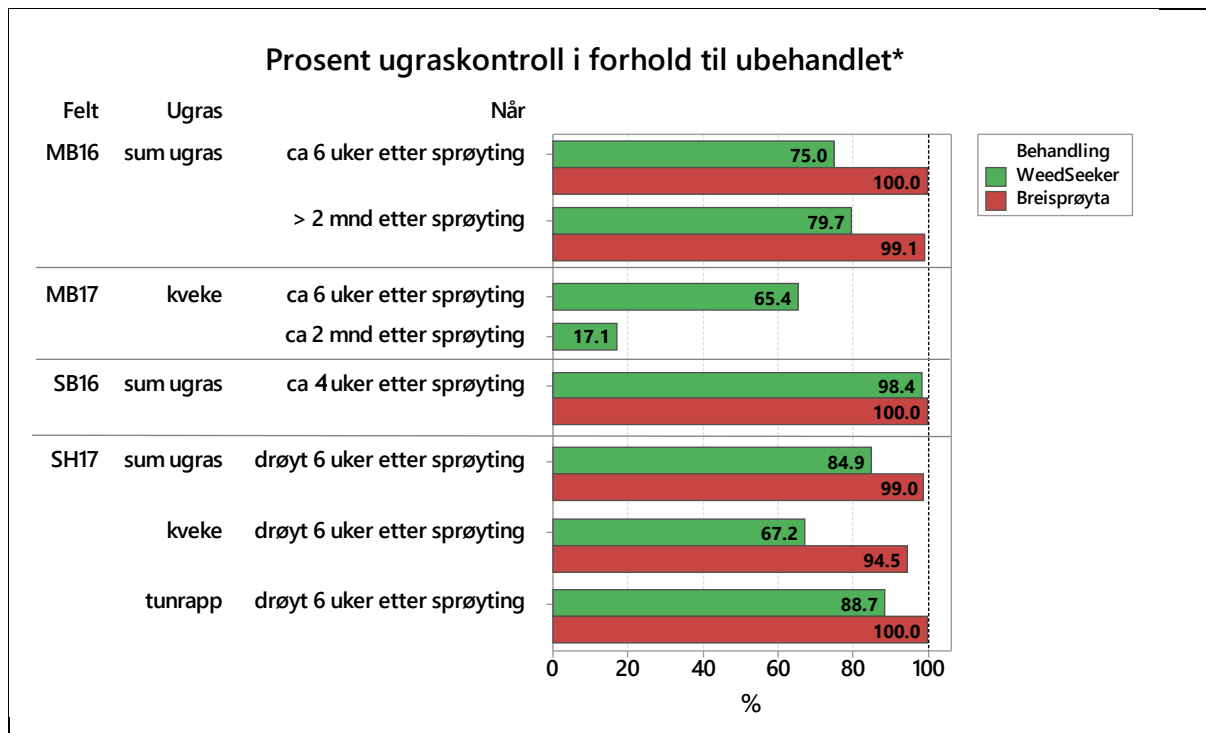
I stubbåker ga bruk av WeedSeeker bedre ugraskontroll, ca. 67 – 98 %. For ordinær breisprøyting var den ca. 95-100 %.

Både i modent bygg og stubbåker var det effekten på kveke som var dårligst.



Tabell 3.1. Gjennomsnittlig ugrasmengde før og etter behandling per behandling og felt. Behandlingene var automatisk flekksprøyting med WeedSeeker, ubehandlet og ordinær breisprøyting. Behandlinger som ikke deler samme bokstav er signifikant forskjellig (Tukey parvis sammenligningstest, signifikansnivå 0,05). MB16 og MB17 er i modent bygg, SB16 og SH17 er i stubbåker av hhv bygg og hvete. Mean weediness before and after treatment per treatment and trial. Glyphosate treatments were use of WeedSeeker, ordinary blanket application and untreated control. Mean values within same panel not sharing same letter are significantly different from each other (Tukey-test, p-value 0.05). MB16 og MB17 were in pre-harvest barley, SB16 og SH17 were in stubble of barley and wheat, respectively.

Situasjon	Felt	Ugras	Behandling (antall gjentak)	Gj.snittlig ugrasmengde før behandling (% dekning)	Gj.snittlig ugrasmengde etter behandling (% dekning)	
Før tresking	MB16	Sum ugras	WeedSeeker (8)	5,9 a	Ca. 6 uker etter behandling: 10,0 b	
			Ubehandlet (8)	4,4 a	40,0 a	
			Breisprøytet (8)	3,8 a	0,0 b	
		Sum ugras	WeedSeeker (7)	5,9 A	Mer enn 2 måned etter behandling: 7,1 B	
			Ubehandlet (7)	4,4 A	34,9 A	
			Breisprøytet (7)	3,8 A	0,3 B	
	MB17	Kveke	WeedSeeker (19)	7,7	Ca. 6 uker etter behandling: 2,7 Ca. 2 måned etter behandling: 6,4	
	Stubb	SB16	Sum ugras	WeedSeeker (8)	37,5 a	Ca. 4 uker etter behandling: 0,4 B
				Ubehandlet (8)	26,3 a	0,0 B
Breisprøytet (8)				27,0 a	23,9 A	
SH17		Sum ugras	WeedSeeker (16)	30,5 A	Drøyt 6 uker etter behandling: 6,9 B	
			Ubehandlet (16)	38,8 A	45,4 A	
			Breisprøytet (16)	43,8 A	0,4 B	
		Tunrapp	WeedSeeker (16)	23,3 a	Drøyt 6 uker etter behandling: 4,1 b	
			Ubehandlet (16)	29,3 a	36,4 a	
			Breisprøytet (16)	35,6 a	0,0 b	
Kveke		WeedSeeker (16)	7,2 A	Drøyt 6 uker etter behandling: 2,6 B		
		Ubehandlet (16)	9,6 A	8,0 A		
		Breisprøytet (16)	8,2 A	0,4 B		



Figur 3.5. Gjennomsnittlig kontrolleffekt etter automatisk fleksksprøyting av glyfosat med WeedSeeker og ordinær breisprøyting. Bortsett fra felt MB17, er estimatene basert på sammenligning mellom ugrassituasjonen i ubehandlet ledd og de to sprøyta leddene på de aktuelle vurderingstidspunktene etter sprøyting. \*) I felt MB17 er estimatene basert på ugrasdekning før og etter behandling ettersom feltet inkluderte kun behandling WeedSeeker (jfr. avsnitt 2.8.2).

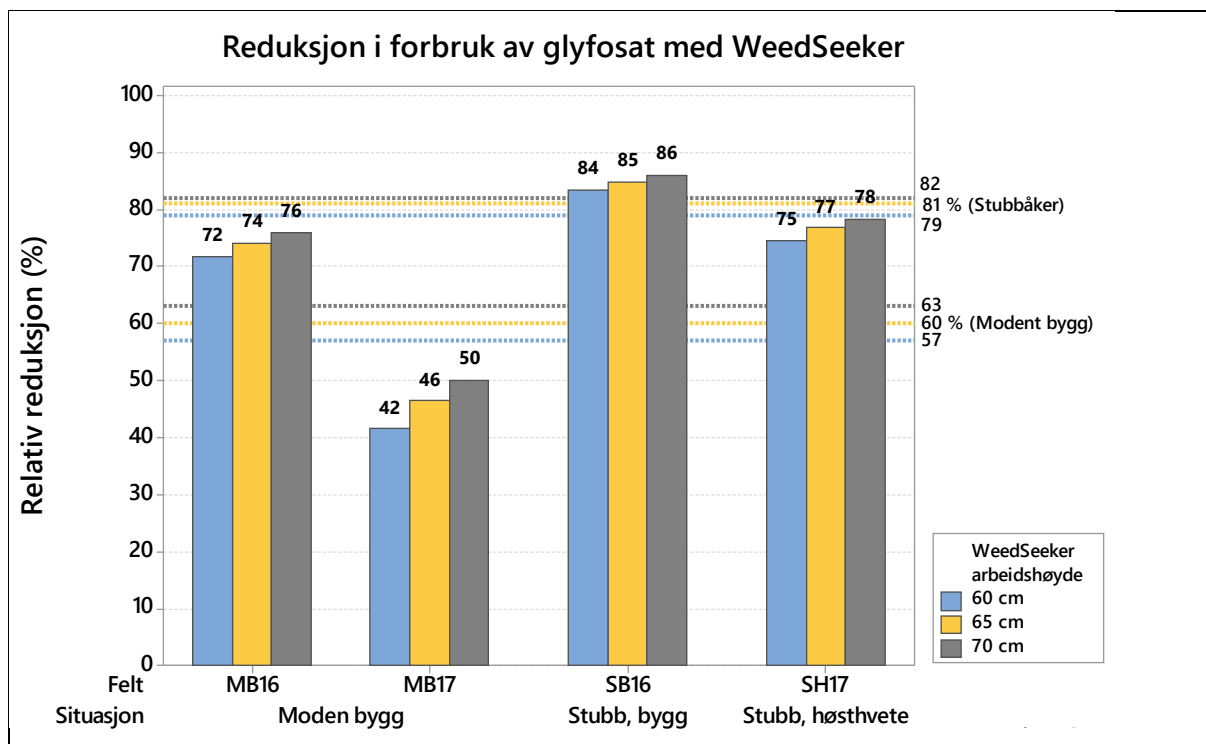
Mean weed control efficacy after glyphosate treatment with WeedSeeker and ordinary blanket application. Except trial MB17, estimates are based on comparison of weediness in untreated control and the two sprayed plots for the actual assessments after spraying. In trial MB17 estimates are based on weediness before and after use of WeedSeeker since trial only included WeedSeeker (cf. section 2.8.2).

### 3.4 Forbruk av glyfosat med WeedSeeker

Relativ reduksjonen i forbruk av glyfosat ( $RG_{\text{WeedSeeker}}$ , jfr. ligning 1) var størst i felt SB16 og minst i felt MB17 (**Figur 3.6**). Reduksjonen per felt var uansett betydelig og varierte mellom  $46 \pm 4$  % (felt MB17) og  $85 \pm 1$  % (felt SB16).

For bruksområdet modent bygg, ble gjennomsnittlig relativ reduksjon estimert til 57 %, 60 % og 63 % for arbeidshøyde på hhv 60, 65, og 70 cm.

For bruksområdet stubbåker, var estimatene høyere og gjennomsnittlig reduksjon var 79 %, 81 % og 82 % for arbeidshøyde på hhv 60, 65 og 70 cm.



Figur 3.6. Relativ reduksjon i forbruk av glyfosat (ordinær breisprøyting = 0 %) i de fire forsøksfeltene i modent bygg og stubbåker, og som funksjon av arbeidshøyde på WeedSeeker (60-70 cm), og dermed arbeidsbredden (76-89 cm). Verdiene på høyre akse er gjennomsnittsverdier for de to bruksområdene modent bygg og stubb (per arbeidshøyde). Relative reduction in glyphosate usage (ordinary blanket application = 0 %) in the four trials pre-harvest or stubble, and as function of the height of the WeedSeeker (60-70 cm), and hence the working swath width (76-89 cm). Values at the right axis are mean values for the two uses (per height).

## 4 Diskusjon

### 4.1 Forbruk av glyfosat

Sammenlignet med vanlig breisprøyting ga flekksprøyting med WeedSeeker betydelig reduksjon i glyfosat-forbruket. I de to feltene i moden bygg ble det ca. 74 og 46 % reduksjon. I de to stubbåkerfeltene var reduksjonen ca. 85 og 77 %.

Dette var i overensstemmelse med resultater for kveke i moden høsthvete i Storbritannia (Rew m.fl., 1996) og for bl.a. kveke og åkertistel i stubbåker i Canada (Blackshaw m. fl., 1998a) og USA (Young m. fl., 2008). Rew med fl. (1996, Tabell 5) fant at potensiell reduksjon i glyfosat-forbruk ville variert mellom 34 og 97 % for tre åkre med moden høsthvete hvis de hadde blitt flekksprøytet mot kveke. Blackshaw m.fl. (1998a) rapporterte at flekksprøyting av glyfosat mot kveke og av klopuralid (virkestoffet i bl.a. Matrigon) mot åkertistel i stubb (av vårhvete med redusert jordarbeiding) medførte hhv. 50-78 % og 71-80 % reduksjon i ugrasmiddel-forbruk sammenlignet med vanlig breisprøyting. Young med fl. (2008) rapporterte en gjennomsnittlig reduksjon i ugrasmiddel på 42 % ved bruk av WeedSeeker mot frøgraset russesoda (*Salsola tragus*) i fire stubbåkre av vårhvete i USA.

Med bruk av WeedSeeker er det først og fremst hvor stor del av åkeren som er infisert med ugras som bestemmer forbruket av ugrasmiddel. Men brukernes kalibrering av sensoren vil antagelig også påvirke forbruket (og dermed grad av bekjempelse).

### 4.2 Ugraskontroll

Resultatene i forprosjektet viste at bekjempelsen av ugraset var mer variabel etter bruk av WeedSeeker enn vanlig breisprøyting. I modent bygg ga bruk av WeedSeeker en ugraskontroll på 17- 80 %. I stubb ble det bedre kontroll, 67 – 98 %. Til sammenligning ga ordinær breisprøyting 95-100 % effekt. Utenlandske studier i stubb, som har benyttet et mer praksisnært oppsett med flere WeedSeeker-enheter og dermed bredere arbeidsbredde, rapporterte lik kontrolleffekt på ugraset med WeedSeeker som etter breisprøyting (Riar med fl., 2011; Young med fl., 2008).

Hvorfor ble effekten dårligere med WeedSeeker enn etter breisprøyting i våre forsøk? Både i moden bygg og stubbåker var det effekten på kveke som var dårligst. Årsaken kan ligge i dosen og/eller sensitiviteten til sensoren (at kalibreringen ikke var godt nok tilpasset kveke), men også upresis georeferering av registreringsrammene for ugras kunne spilt inn. I en tidligere versjon av tilsvarende utstyr uten aktiv lyskilde ('Detectspray') fant Blackshaw med fl. (1998b) at type ugras og mengde ugras påvirket utstyrets evne til å detektere (og dermed) sprøyte i stubb. Det var særlig gras-arter med få blader og/eller få små planter av tofrøblada arter per arealenhet som ble dårligere detektert. Om dette var tilfelle i våre forsøk forblir ukjent. Kveke krever normalt høyere glyfosat-dose enn de andre ugrasartene i forsøkene. Som forklart i Metode-kapittelet var det bare den midterste ca. 0,6 m brede delen av sprøytedraget som mottok full dose av den planlagte dosen (utenfor dette 0,6 m brede «båndet» var dosen lavere). Dette ble dessverre ikke klarlagt før etter at alle feltregistreringer av ugras var ferdig. Nøyaktig plassering av reg.rrammene var derfor ekstremt viktig for den estimerte ugraseffekten. Jensen (2015) testet ugraseffekten av glyfosat på balderbrå i et kontrollert forsøk med WeedSeeker-teknologi. Sammenlignet med ordinær breisprøyting varierte ugrasbekjempelsen med plassering av testplantene under «dusjen». (Men de sentralt plasserte plantene definert som målarealet i denne danske studien oppnådde lik effekt som breisprøyting).

I søknadsfasen planla vi et oppsett med flere WeedSeeker-sensorer på bommen. Da det viste seg at vi ikke kunne bruke forprosjektet til kjøp av utstyr, måtte vi «klare oss» med én WeedSeeker-sensor (finansiert av NIBIOs grunnbevilgning). Vår vurdering er at med et mer praksisnært oppsett, f.eks. én WeedSeeker for hver halvmeter bom og en mer egnet dyse ('even'), ville gitt en ugrasbekjempelse mer

lik den etter ordinær breisprøyting, men med vesentlig mindre forbruk av glyfosat. Eksempel på praktisk bruk av WeedSeeker på en amerikansk gård er beskrevet i Yorgey m.fl. (2016). På denne gården, som produserer hvete, bygg og noe havre, brukes en 40-fot (drøyt 12 meter) bred bom relativt tett besatt med WeedSeeker-enheter (sannsynligvis under 0,5 m mellom hver) til å sprøyte glyfosat, men også andre dyrere ugrasmidler som 2,4-D, i stubbåker. Dyrkeren mener det til tross for en god del vedlikehold av enhetene og at bommen er relativt smal (den vanlige åkersprøyta på 103 fot (drøyt 31 meter) er verdt å fleksprøyte fordi han sparer mye ugrasmiddel.

### 4.3 Andre bruksområder for WeedSeeker enn glyfosat-sprøyting

Teknologi av den type som WeedSeeker representerer er ikke begrenset til glyfosat. I prinsippet kan alle syntetiske ugrasmidler og andre væsker med ugrasdrepende effekt benyttes så lenge utstyret tåler den aktuelle væska og preparatet er tillatt brukt i kulturen. Riar m.fl. (2011), Young med fl. (2008) og Kömives (2016) testet flere andre ugrasmidler i tillegg til glyfosat i sine studier med bruk av WeedSeeker i stubbåker. Kömives (2016) testet også bruk av skjermet WeedSeeker-sprøyting av glyfosat mot ugras mellom maisrader.

Sensoren i WeedSeeker kan brukes til å kun kartlegge ugras. Sui med fl. (2008) demonstrerte dette i bomull. GreenSeeker (Trimble) er i prinsippet sensor-delen av WeedSeeker. Merotto m. fl. (2012) fant at GreenSeeker fungerte godt til å kartlegge ugras mellom radene i mais. De rapporterte at NDVI-verdiene målt med GreenSeeker var godt korrelert med ugrasets dekningsgrad og noe svakere med ugrasets tørrvekt.

### 4.4 Andre liknende teknologier som WeedSeeker

WEEDit (Rometron BV, Steenderen, Nederland) er et konkurrerende og prinsipielt likt system som WeedSeeker. Hver WEEDit-enhet dekker et relativt smalt område, i størrelsesorden 0,8 m, slik at en trenger mange enheter for å dekke den fulle bredden av ei åkersprøyte. For noen år siden vant Amazone pris for sin åkersprøyte UX AmaSpot på landbruksmessen Agritechnica (Tande, 2015). Dette er et samarbeid med leverandøren av Weedit (Rometron BV) og består sannsynligvis av Weedit-enheter. Ifølge fabrikanten ser hver sensor en bredde på 1 meter og monteres derfor med 1 meters mellomrom på bommen. Bruksområdet for UX AmaSpot er automatisk fleksprøyting av ugras i stubb eller åpen jord, men breisprøyting med variabel dose er også mulig ifølge leverandøren.

Se ellers avsnittet «Presisjonssprøyting» i rapporten «Alternativer til glyfosat i korn og grasmark» (Tørresen m.fl., 2018) for andre teknologier på FoU-stadiet.

### 4.5 WeedSeeker i dag

En ny versjon av WeedSeeker ble lansert i 2019, *WeedSeeker 2*. Den har bredere synsvinkel og er ISOBUS-kompatibel (Trimble, 2019).



## 5 Konklusjon

WeedSeeker ble opprinnelig utviklet for automatisk fleksksprøyting av ugras på grusganger, asfalt, jernbane og lignende, det vil si på areal hvor det ikke vokser nytte- eller pryddplanter. WeedSeeker kan altså i utgangspunktet ikke skjelne mellom ugras og nytteplanter. Unntaket er i situasjoner hvor det er stor forskjell i nytteplantenes og ugrasets reflekterte NDVI-verdi (en indeks-verdi basert på objektets refleksjon av nærinfrarødt og rødt lys). En slik relativt stor kontrast i NDVI-verdi mellom nytteplante og ugras er sannsynlig når kornet nærmer seg tresketid og i stubbåker.

I lys av formålet med forprosjektet er konklusjonen at:

- WeedSeeker fungerer til automatisk fleksksprøyting av glyfosat mot ugras i moden byggåker. Dette er ikke vist tidligere.
- WeedSeeker fungerer til automatisk fleksksprøyting av glyfosat mot ugras i stubbåker. Dette er vist en rekke ganger tidligere i utenlandske studier.

Ugrasbekjempelsen etter bruk av WeedSeeker var ikke alltid like god som for vanlig breisprøyting, spesielt mot kveke. Årsaken er sannsynligvis at forsøksdesignet og dysen på WeedSeekeren ikke var optimale i forhold til hverandre.

## 6 Kilder

- Anonym. 2013. Økt norsk kornproduksjon – Utfordringer og tiltak - Rapport fra ekspertgruppe. ([https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/lmd/vedlegg/brosjyrer\\_veiledere\\_rapporter/korn\\_rapp\\_030213.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/lmd/vedlegg/brosjyrer_veiledere_rapporter/korn_rapp_030213.pdf)).
- Berge, T. W., Goldberg S., Kaspersen, K. & Netland, J. 2012. Towards machine vision based site-specific weed management in cereals. *Computers and Electronics in Agriculture* 81: 79-86.
- Berge, T. W., Torp, T., Urdal, F. & Vallestad, M. 2022. Sensor technology for precision weeding in cereals. Evaluation of a novel convolutional neural network to estimate weed cover, crop cover and soil cover in near-ground red-green-blue images. *NIBIO Rapport 8 (134)*, 26 s. (<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/3031834>)
- Blackshaw, R. E., Molnar, L. J. & Lindwall, C. W. 1998a. Merits of a weed-sensing sprayer to control weeds in conservation fallow and cropping systems. *Weed Science* 46: 120-126.
- Blackshaw, R. E., Molnar, L. J., Chevalier, D. F. & Lindwall, C. W. 1998b. Factors affecting the operation of the weed-sensing Detectspray system. *Weed Science* 46: 127-131.
- Gerhards, R., Andujar Sanchez, D., Hamouz, P., Peteinatos, G. G., Christensen, S. & Fernandez - Quintanilla, C. 2022. Advances in site-specific weed management in agriculture – A review. *Weed Research* 62: 123-133.
- Hamouz, P., Nováková, K., Soukup, J. & Holec, J. 2008. Detection of *Cirsium arvense* L. in winter wheat using a multispectral imaging system. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI*: 167-170.
- Hamouz, P. & Hamouzová, K. 2022. Analysis of sampling precision in low-density weed populations. *Precision Agriculture* 23: 603-621.
- Heijting, S., Van der Werf, W., Kruijer, W. & Stein, A. 2007. Testing the spatial significance of weed patterns in arable land using Mead's test. *Weed Research*, 47: 396-405.
- Jensen, P K. 2015. Target precision and biological efficacy of two nozzles used for precision weed control. *Precision Agriculture* 16: 705-717.
- Korsæth, A., Lindgaard, H. J., Veidal, A. & Asheim, L. J. 2019. Utbredelse og potensiell økonomisk og miljømessig nytteverdi med presisjonsjordbruk i Norge. *NIBIO Rapport 5 (41)*. (<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2591261>).
- Kömives, T. 2016. Report on the feasibility and benefits of spot spraying, *Julius-Kühn-Archiv* 2016 No.455, pp.162-171, DOI 10.5073/jka.2016.455.35.
- Lati, R. N., Rasmussen, J., Andujar, D., Dorado, J., Berge, T. W., Wellhausen, C., ... & Christensen, S. 2021. Site-specific weed management – constraints and opportunities for the weed research community: Insights from a workshop. *Weed Research* 61(3): 147-153.
- López-Granados, F. 2011. Weed detection for site-specific weed management: mapping and real-time approaches. *Weed Research* 51: 1-11.
- López-Granados, F., Peña-Barragán, J. M., Jurado-Expósito, M. & García-Torres, L. 2006. Using remote sensing for identification of late-season grassy weeds patches in wheat (*Triticum aestivum* L.) for precision agriculture. *Weed Science* 54: 346-353.
- Melander, B. 1994. Modeling the effects of *Elymus repens* (L) Gould competition on yield of cereals, peas and oilseed rape. *Weed Research* 34: 99-108.

- Merotto Jr., A., Bredemeier, C., Vidal, R.A., Goulart, I.C.G.R., Bortoli, E.D. & Anderson, N.L. 2012. Reflectance indices as a diagnostic tool for weed control performed by multipurpose equipment in precision agriculture. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 30 (2): 437-447.
- Moore, R. 1975. The biology of Canadian weeds - *Cirsium arvense* (L.) Scop. *Canadian Journal of Plant Science* 55: 1033-1048.
- Rasmussen, J., Nielsen, J., Olsen, S.I., Pedersen, K.S., Jensen, J.E. & Streibig, J.C. 2016. Droner til monitorering af flerårigt ukrudt i korn. Bekæmpelsesmiddel-forskning nr. 165, oktober 2016. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet. (<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/10/978-87-93529-12-0.pdf>).
- Rasmussen, J., Nielsen, J., Streibig, J.C., Jensen, S.I., Pedersen, K.S. & Olsen, J.E. 2019. Pre-harvest weed mapping of *Cirsium arvense* in wheat and barley with off-the-shelf UAVs. *Precision Agriculture* 20: 983-999.
- Rew, L.J., Cussans, G.W., Mugglestone, M.A. & Miller, P.C.H. 1996. A technique for mapping the spatial distribution of *Elymus repens*, with estimates of the potential reduction in herbicide usage from patch spraying. *Weed Research* 36: 283-292.
- Riar, D.S., Ball, D.A., Yenish, J.P. & Burke, I.C. 2011. Light-activated, sensor-controlled sprayer provides effective postemergence control of broadleaf weeds in fallow. *Weed Technology* 25:447-453.
- Sui, R., Thomasson, J. A., Hanks, J. & Wooten, J. 2008. Ground-based system for weed mapping in cotton. *Computers and Electronics in Agriculture* 60: 31-38.
- Tande, O. 2015. Amazone med AmaSpot og EasyCheck. Nyhet 09.10.2015 i web-avisen til Bedre Gårdsdrift. (<http://gardsdrift.no/amazone-med-amaspot-og-easycheck>).
- Trimble, 2010a. Datasheet WeedSeeker System. <http://www.hydronav.com/pdf/Document-475151.pdf>.
- Trimble, 2010b. WeedSeeker® Automatic Spot Spray System. Installation and operation guide. 650/655 Sensor, 150/151 Controller, Version 1.00, Revision E, August 2010, Part Number 500-1-021. <https://docplayer.net/42044513-Installation-and-operation-guide.html>.
- Trimble, 2019. WeedSeeker 2 -Spot spray system. ([https://agriculture.trimble.com/wp-content/uploads/2020/03/022503-1773\\_WeedSeeker2\\_Flyer\\_USL\\_0219\\_LR.pdf](https://agriculture.trimble.com/wp-content/uploads/2020/03/022503-1773_WeedSeeker2_Flyer_USL_0219_LR.pdf)).
- Tørresen, K.S., Hofgaard, I.S., Eklo, O.M., Netland, J., Brandsæter, L.O., Brodal, G., Elen, O., Ficke, A., Almvik, M., Bolli, R., Stenrød, M. & Strand, E. 2012. Redusert jordarbeiding og konsekvenser for plantevern. *Bioforsk Rapport* 7 (58), 67 s. (<https://core.ac.uk/download/pdf/285987898.pdf>)
- Tørresen, K.S., Brandsæter, L.O., Netland, J., Berge, T.W., Ringselle, B. & Strand, E. 2018. Alternativer til glyfosat i korn og grasmark. *NIBIO Rapport* 4 (79), 66 s. (<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2561440>).
- Wang, N., Zhang, N., Wei, J., Stoll, Q. & Peterson, D.E. 2007. A real-time, embedded, weed-detection system for use in wheat fields. *Biosystems Engineering* 98: 276 - 285.
- Young, F.L., Yenish, J.P., Launchbaugh, G.K., McGrew, L.L. & Alldredge, J.R. 2008. Postharvest control of Russian thistle (*Salsola tragus*) with a reduced herbicide applicator in the Pacific Northwest. *Weed Technology* 22:156-159.
- Yorgey, G., Kantor, S., Painter, K., Roe, D., Davis, H. & Bernacchi, L. 2016. Flex cropping and precision agriculture technologies, Bill Jepsen. Farmer-to-Farmer Case Study. A Pacific Northwest Extension Publication, PNW 681. Washington State University (<https://rex.libraries.wsu.edu/esploro/outputs/99900501099001842?skipUsageReporting=true>).

# Takk

En stor takk til Kjell Wærnhus (NIBIO) for hans jobb med å sprøyte og utføre ugrasregistreringer i feltforsøkene.

Torgrim Aalvik Lien (Adigo AS) takkes for hans bidrag med å få WeedSeeker til å fungere og med praktisk hjelp til å gjennomføre sprøyting med WeedSeeker.

Takk til Jonas Wærnhus for hans arbeid med den første mobile testplattformen og til Samuel Habte for innsamling og planting av kveke-rhizomer og GPS-målinger i feltforsøkene.

Takk til Erling Fløistad (NIBIO) for fotografering og videopptak i forbindelse med feltarbeid.

Nøkkelord:	Presisjonsjordbruk, presisjonslandbruk, presisjonsplantevern, automatisk flekksprøyting, ugras, ugress, kveke, glyfosat, integrert plantevern (IPV), ugrasmiddel, ugressmiddel
Key words:	Precision farming, precision agriculture, precision plant protection, automatic patch spraying, weeds, Elymus repens, glyphosate, integrated pest management (IPM), herbicide

Vedlegg

# WEEDCOMMAND<sup>PRO</sup>

User manual



## Table of contents

1. Working principle.....	2
2. Operation.....	3
3. Machine info.....	4
4. Hectare counter.....	6
5. Menu.....	7
6. Putting into service.....	11
7. Normal use.....	18
8. Data logging.....	19
9. GPS settings.....	20

## 1. Working principle

WeedCommand PRO is a total system for locally applying crop protection products based on the WeedSeeker™ sensor technology. The system consists of sensors, a controller and a control box. A typical installation is shown in Figure 1.

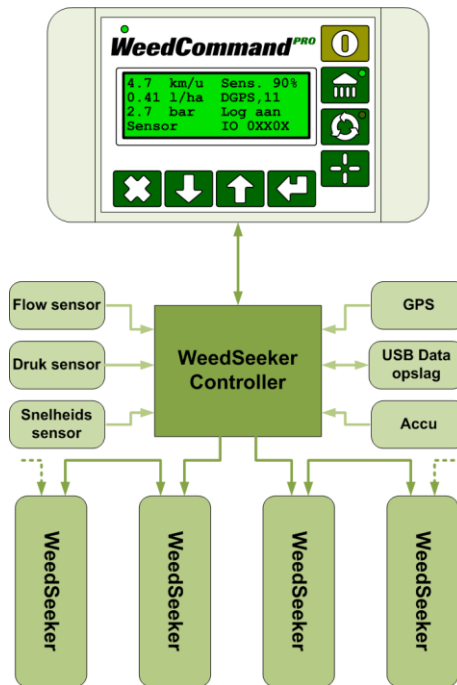


Figure 1. System diagram.

The WeedSeeker Controller has sensors for measuring the driving speed, fluid pressure (optional) and flow. Additional system options include GPS and USB data storage for recording local details of the operation. The WeedSeeker sensors are activated by the controller. As an optional extra, so-called 'data-log cartridges' can be placed into the sensors in order to check the on/off status of these sensors. The system runs on a 12 Volts battery via a control box, which has one cable to connect it to the controller.

Via the control box, the user may select one of the following settings:

*Standby* – the system is ready for use, but spraying stops after the sensors detect green plants. This function is used for transport, among other things.

*Sensor* – the system sprays only when the sensors detect green plants.

*Flushing* – the system sprays continuously, irrespective of any sensor detections.

*Calibrating* – this function is used for calibrating the sensors in relation to the soil.



## 2. Bediening

Het systeem wordt bediend vanaf de bedieningskast (display). Figuur 2 geeft de display weer.

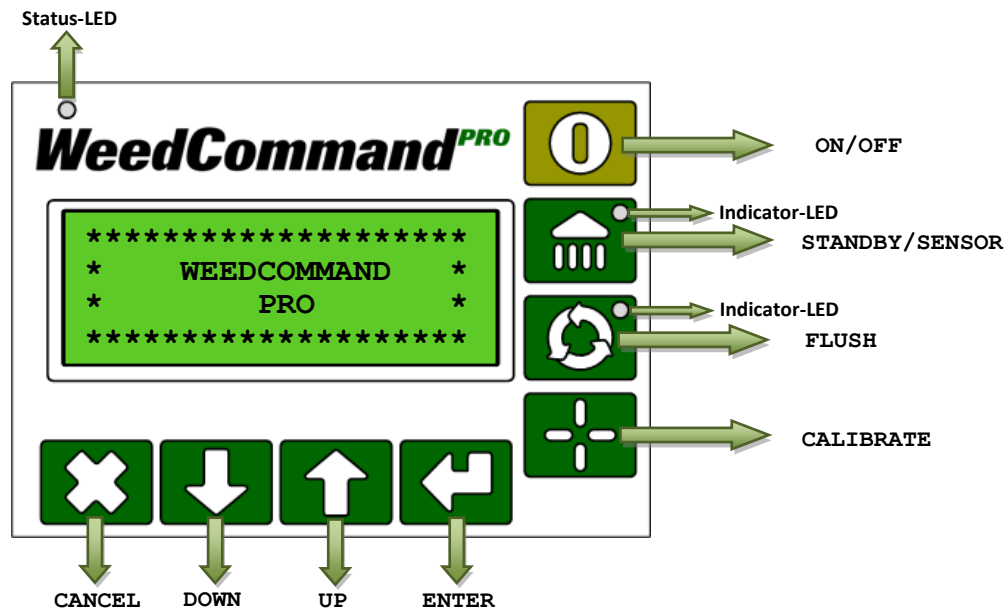


Figure 2. Display with skin-covered keys, LCD and indicator LEDs.

The two-coloured status LED is at the top left. It is blinking red while the system is warming up and green when the system is in *Standby* mode. The LED is (continuously) on green when the system is in *Sensor* or *Flushing* mode.

On the display are also eight skin-covered keys, two of which have an indication LED. The keys represent the following functions:

- ♣ **ON/OFF** – Push and hold this key for three seconds to turn the entire system (including the controller) on or off.
- ♣ **STANDBY/SENSOR** – Push this key to put the system into the *Sensor* or *Standby* mode. The indicator LED of this key is green when the system is in *Sensor* mode.
- ♣ **FLUSH** – Push this key to turn the *Flushing* mode on or off. The indicator LED of this key will light up after *Flushing* has been activated.
- ♣ **CANCEL** – Use this key to return one level in the menu structure or to abort the input of a value. This key is also used to enter into the simulation mode (see chapter 3) or to reset the hectare counter (see chapter 4).
- ♣ **DOWN** – Use this key to navigate through the menu structure or the input of values. This key is also used to reduce the sensor sensitivity while in the main screen (see chapter 3).
- ♣ **UP** – Use this key to navigate through the menu structure or the input of values. This key is also used to increase the sensor sensitivity.
- ♣ **ENTER** – Use this key to call up the hectare counter or the menu, and to select from the menu options. This key is also used to confirm the input of figures.

Any settings that have been changed are stored in the memory (EEPROM) for future use. The settings will remain intact following a power cut.

### 3. Main display

After the system start-up using the **ON/OFF** key, the display will look as follows (Figure 3).

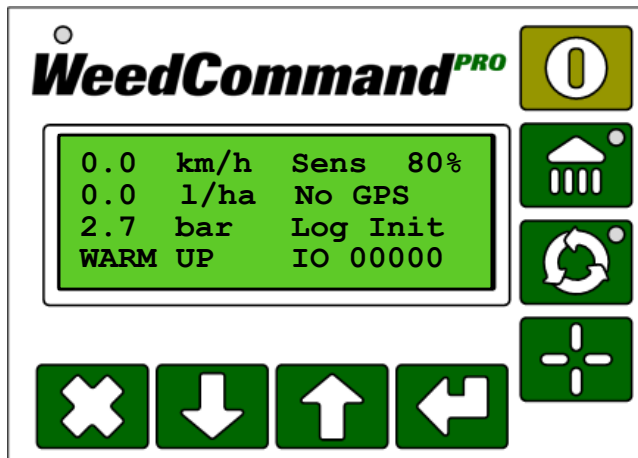


Figure 3. The main display.

The left-hand column of the main display shows (from top to bottom) the actual driving speed (in km/h), the actual product consumption (in l/ha), the fluid pressure<sup>1</sup> (in bar) and the system mode (in this case **WARMING UP**) . The right-hand column of the main display shows the sensor sensitivity setting (**Sens**, in percentages), the GPS status, the data-log status and the status of the sensors<sup>2</sup> (**IO**).

After warming up, the system will automatically perform a calibration for the soil surface and then turn into the *Standby* mode (**STANDBY** will appear at the bottom left). Use the UP (↑) or DOWN (↓) keys to increase or decrease the sensor sensitivity after the warm-up and calibration process. The status of the GPS receiver can be read after it has been connected to the system. It may read:

**GPS Init** – The GPS receiver has been initiated but the number of satellites is insufficient for reliable positioning.

**GPS X** – The GPS receiver gets information from X satellites. X may vary, depending on the time of the day and/or any obstruction of the GPS signal caused by e.g. buildings.

**DGPS X** – The receiver gets information from X satellites and makes use of a differential correction source (often EGNOS) for an even more accurate positioning.

**No GPS** – The GPS receiver is not connected or recognised (see chapter 9) for the correct GPS setting.

The data logging status (in this case **Log Init**) indicates the current position of the automatic data logger. See chapter 8 for a further explanation.

The sensor status shows whether or not a sensor is spraying at that point in time. The number '1' means a spraying sensor, and '0' means that spraying by that sensor has stopped. The first number corresponds with the leftmost sensor. The number of 'zeros' and 'ones' depends on the number of sensors connected to the system.

<sup>1</sup> Showing the fluid pressure if a pressure sensor has been fitted.

<sup>2</sup> The sensor status can only be shown if the so-called 'data-logging cartridges' have been fitted.

The ENTER (↵) key has two functions: briefly push the key for the hectare counter to appear (see chapter 4) or push and hold the key for three seconds for the menu (see chapter 5) to appear.

Push and hold the CANCEL (X) key for three seconds to enter the simulation mode for the purpose of testing the system. In that case, irrespective of the information received from the sensors, the driving speed can be set at a fixed value. With the system in simulation mode, the driving speed on the display is followed by an asterisk (\*). Push and hold the CANCEL (X) key for three seconds once again to exit the simulation mode. The system automatically exits the simulation mode after the measured driving speed exceeds 1 km/h.

## 4. Hectare counter

Push the ENTER (↵) key in the main display for the hectare counter to appear (Figure 4).

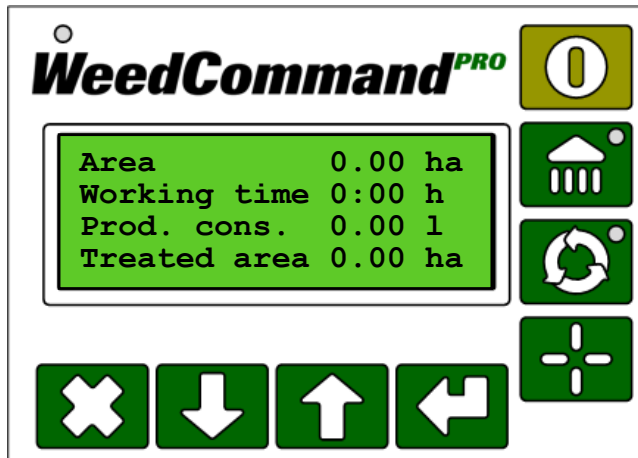


Figure 4. Display with the hectare counter.

The display shows the tilled surface area, the time it took, the product consumption and the treated surface area<sup>3</sup>. The counters run from the time the machine is put on *Sensor* or *Flushing*. The tilled surface area is the total area that has been tilled (sprayed or unsprayed), the treated surface area is the area that has been sprayed only.

---

Push and hold the CANCEL (×) key for three seconds to reset the counters.

A request for confirmation follows; push the ENTER (↵) key to reset the counters back to zero, or push the CANCEL (×) key to retain the counter values.

---

<sup>3</sup> The so-called 'data-logging cartridges' must be fitted for the treated surface area to be shown.

## 5. Menu

Push and hold the ENTER (↵) key in the main display for three seconds to enter the menu that will allow the user to change the settings or check the status of the system. All menu screens are discussed in this chapter. Figure 5 shows a diagram of the menu structure.

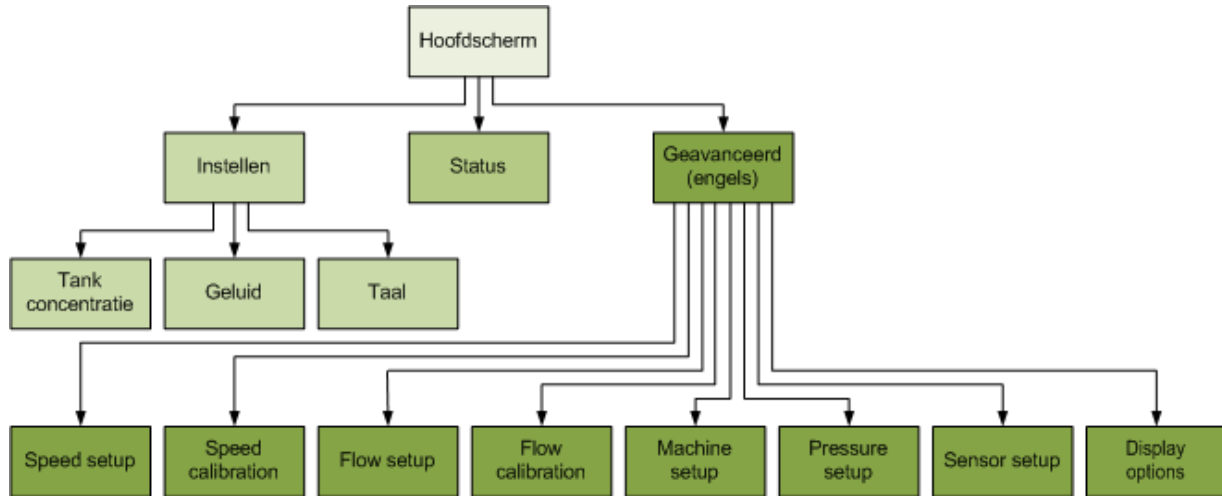


Figure 5. Diagram of the menu structure.

### Main menu

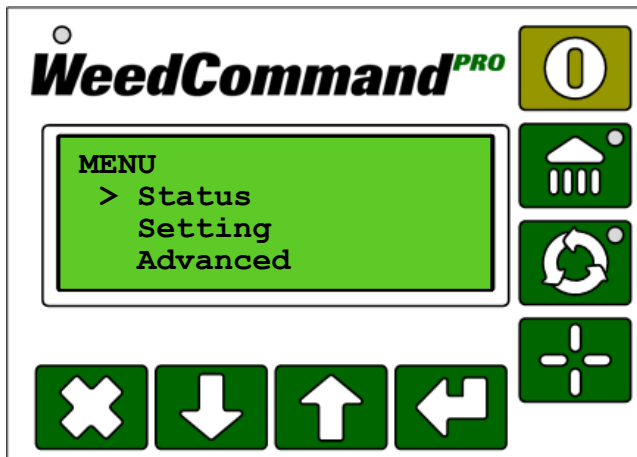


Figure 6. The main menu

When accessing the menu structure, the main menu will be shown first (Figure 6). The main menu has three menu options. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to navigate through the menu. Push the ENTER (↵) key to select a menu option or push the CANCEL (X) key to return to the main display.

---

→ Push and hold the ENTER (↵) key for three seconds to enter the **Advanced** menu.

---

## Status

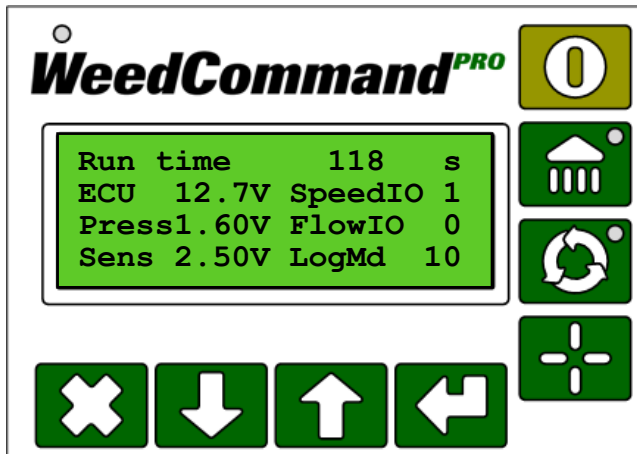


Figure 7. The status screen.

The status screen (Figure 7) shows the actual status of the system. The **Run time** is the time lapsed from the system start-up. In the first column are shown the input voltage (battery) of the system (**ECU** = Electronic Control Unit), the analogue voltage of the pressure sensor (**Press**) and the sensitivity setting voltage of the sensors (**Sens**). In the second column are shown the status (high or low, **0** or **1**) of the speedometer (**SpeedIO**) and the flow sensor (**FlowIO**). The status of the data logger is shown below the second column (**LogMd**), but this is for the purpose of servicing only. Push the CANCEL (×) key to return to the main menu.

## Setting

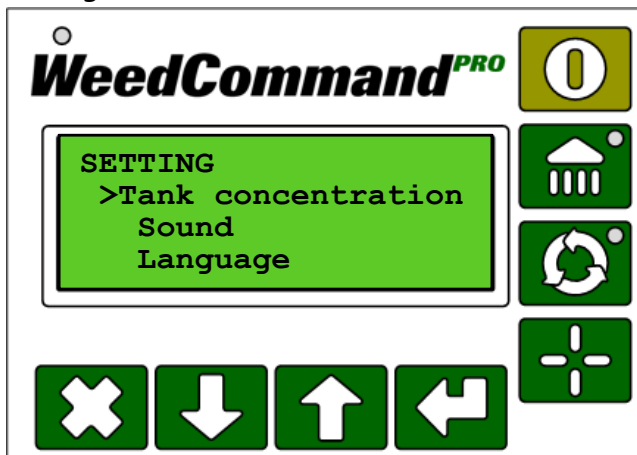


Figure 8. The setting menu.

The setting menu (Figure 8) has three options. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to navigate through the menu. Push the ENTER (↵) key to select a menu option or push the CANCEL (×) key to select a menu option or push the CANCEL.



### Tank concentration

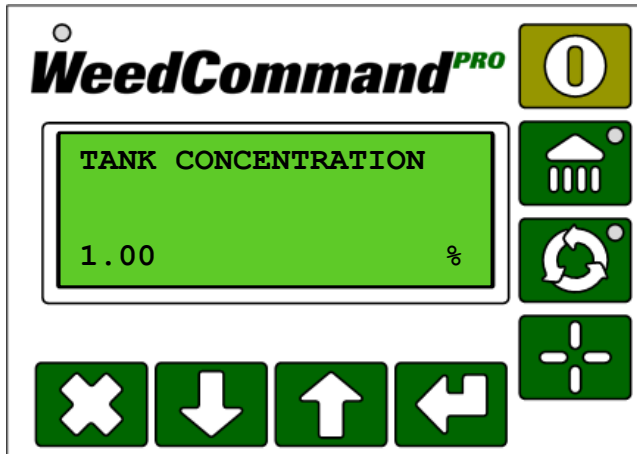


Figure 9. Screen for setting the tank concentration.

Use the 'Tank concentration' screen (Figure 9) for setting the product concentration. This is the concentration of the 'pure' pesticide in the carrier liquid (water). Setting the correct value is important for correctly showing the product consumption. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to increase or decrease the value. Push the ENTER (↵) key to confirm the value or the CANCEL (×) key to return to the main menu without confirmation of the value.

### Sound

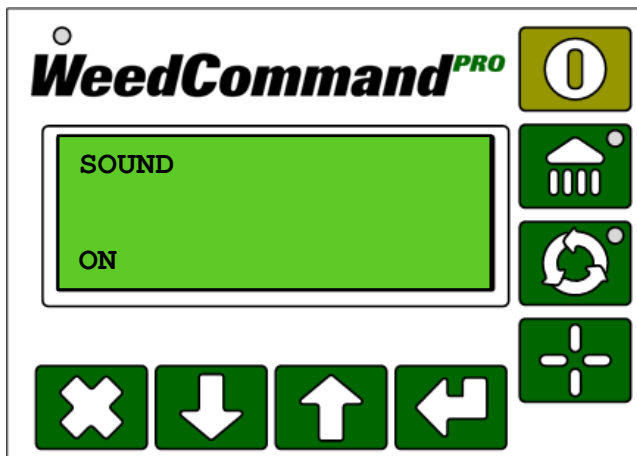


Figure 10. Screen for setting the sound.

Use the 'Sound' screen (Figure 10) to turn the sound on or off. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to change the selection. Push the ENTER (↵) key to confirm the value or the CANCEL (×) key to return to the main menu without confirmation of the value.

## Language

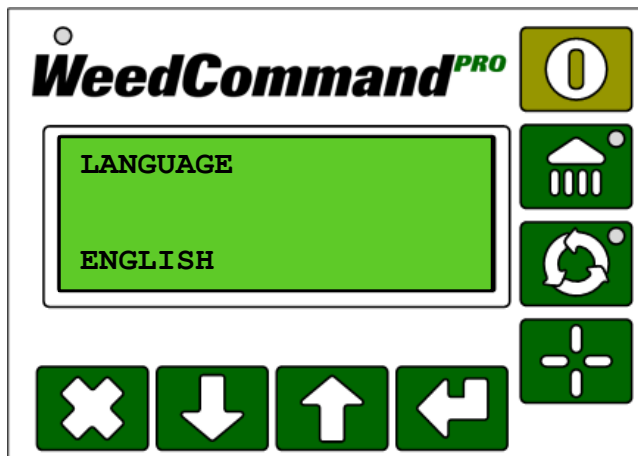


Figure 11. Screen for setting the language.

Use the 'Language' screen (Figure 11) to set the language. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to change the selection. Push the ENTER (↵) key to confirm the value or the CANCEL key to return to the main menu without confirmation of the value.

## Advanced

As a rule, the advanced menu is only used at the time when the system is put into operation. For that reason, go to chapter 6, 'Putting into service', for a full explanation of the menu options.

## 6. Putting into service

Calibrate the system at the time it is put into operation. Calibrate the system with the 'advanced' menu accessed via the main menu.

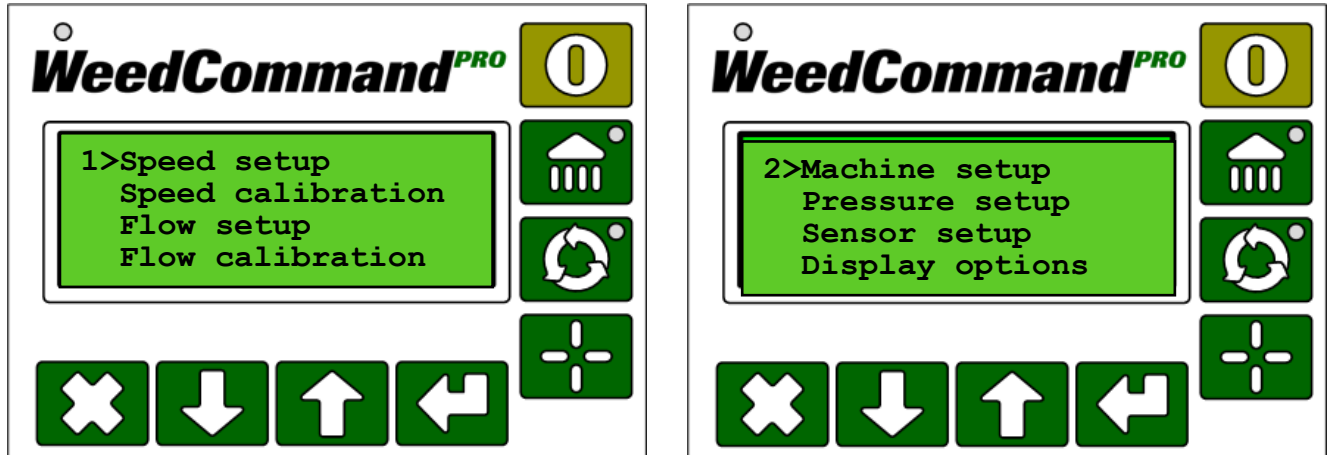


Figure 12. The 'advanced' menu; two screens

The 'advanced' menu (Figure 12) has two screens. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to navigate through the menu. Push the ENTER (↓) key to select a menu option or push the CANCEL (×) key to return to the main menu.

### ***Speed setup/calibration***

The system has been fitted with a sensor for measuring the forward speed of the machine. The sensor emits electric pulses which are translated into speed through a microprocessor. *Set* or *calibrate* the number of pulses for every metre via de menu option **Speed setup** or **Speed calibration**:

#### *Speed Setup*

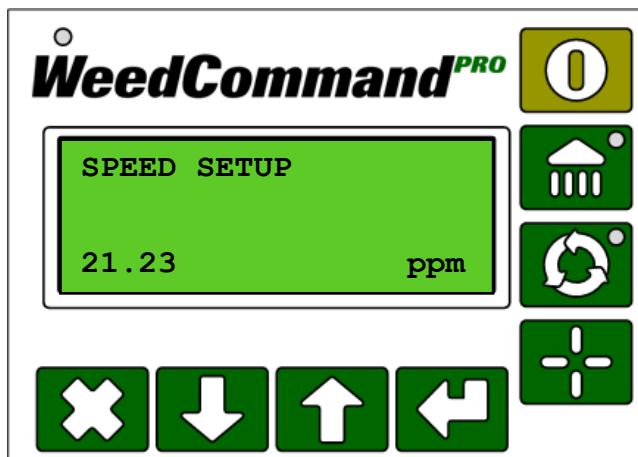


Figure 13. Screen for setting the speed.

Go to this screen to set the number of pulses per metre (**ppm**) (Figure 13). Use the UP(↑) and DOWN(↓) menu keys to increase or decrease the value. Push the ENTER (↵) key to confirm the value or the CANCEL (×) key to return to the menu without confirmation of the value

---

→ This screen can only be used if the value is known. To *calibrate* the value (if the value is not known) see *Speed calibration* below.

---

#### Speed calibration

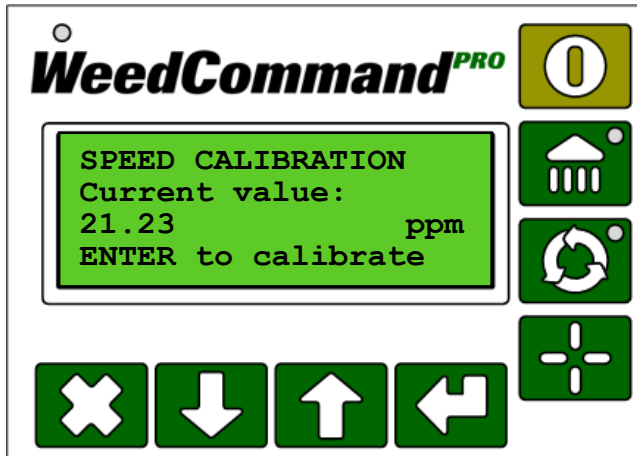


Figure 14. Screen for calibrating the speed.

Use this screen (Figure 14) to calibrate the number of pulses per metre. The current number of pulses per metre (**ppm**) is shown in the third line. Drive 25 metres in a straight line for the calibration process. Push the ENTER (↵) key to start the calibration process or push the CANCEL (×) key to return to the main menu without completing the calibration process. After pushing the ENTER (↵) key, the following menu will appear:

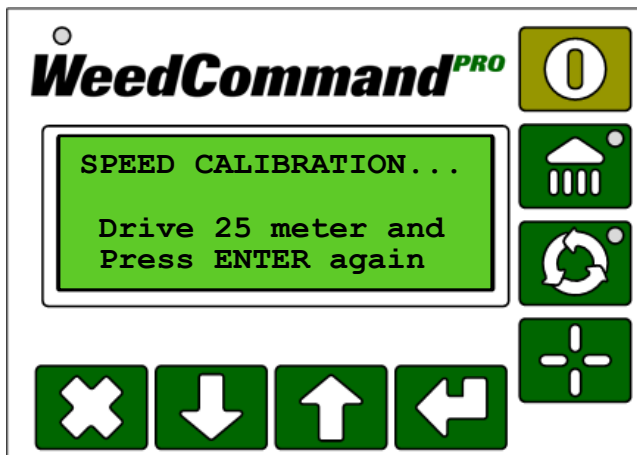


Figure 15. Speed calibration.

Drive the machine for 25 metres in a straight line and then push the ENTER (↵) key once again. The new, calibrated value (**ppm**) is subsequently saved. Push the CANCEL (×) key to abort the calibration process and retain the current value.

### **Flow setup/calibration**

A sensor has been fitted to measure the flow of liquid. The sensor emits electric pulses, which are translated by a microprocessor into the flow volume. *Set* or *calibrate* the number of pulses for every litre of liquid passing the sensor via the menu option **Flow setup** or **Flow calibration**:

#### *Flow setup*

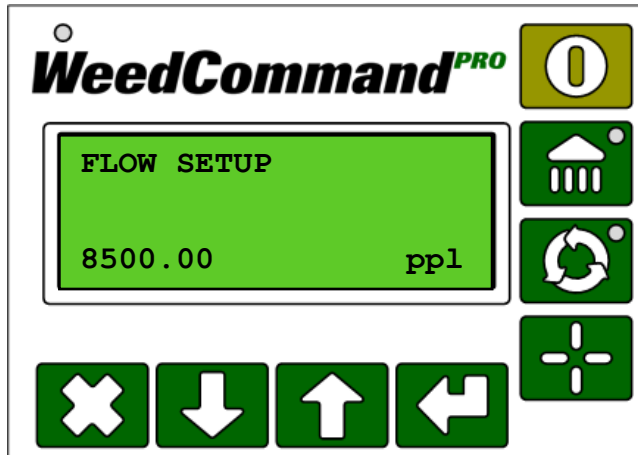


Figure 16. Screen for setting the flow meter

Use this screen (Figure 16) to set the number of pulses per litre (**pp1**) of passing liquid. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to increase or decrease the value. Push the ENTER (↵) key to confirm the value or the CANCEL (×) key to return to the menu without confirmation of the value.

---

→ This screen can only be used if the value is known. To *calibrate* the value (if the value is not known) see *Flow calibration* below.

---

## Flow calibration

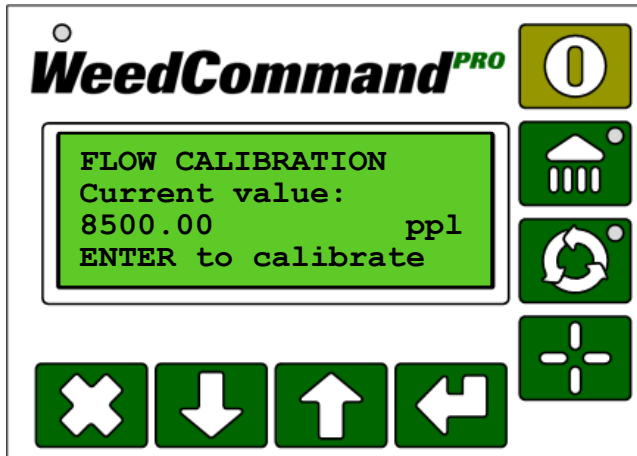


Figure 17. Screen for calibrating the flow.

Use this screen (Figure 14) to calibrate the number of pulses per litre. The current number of pulses per litre (**ppl**) is shown in the third line. Spray one litre of liquid for the calibration process. The easiest way is by detaching all but one of the sensors and placing a measuring jug under the remaining one. Using the **FLUSH** button, spray until the measuring jug contains exactly one litre of liquid.

Push the ENTER (←) key to start the calibration process or push the CANCEL (X) key to return to the menu without completing the calibration process. After pushing the ENTER (←) key, the following menu will appear:

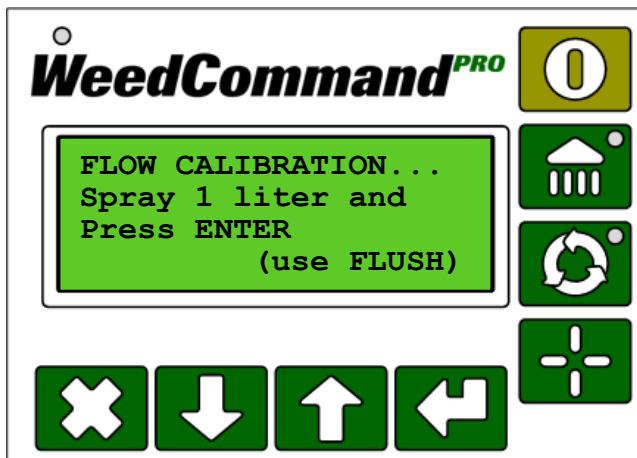


Figure 18. Flow calibration.

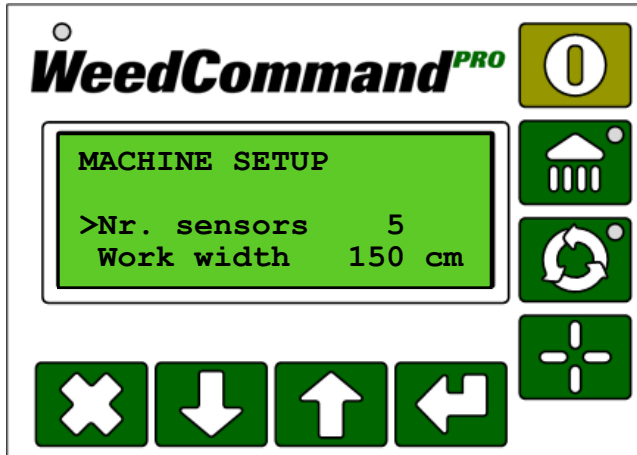
After spraying one litre of liquid, push the ENTER (←) key once again. The new, calibrated value (**ppl**) is subsequently stored in the memory. Push the CANCEL (X) key to abort the calibration process and retain the current value.



### Machine Setup

Use the 'Machine setup' screen to set the number of sensors and the total working width of the machine:

#### Setting the depth



Figuur 19. Het scherm voor het instellen van het aantal sensoren en de werkbreedte.

The number of sensors and the total working width can be set. To begin with, the number of sensors must be entered (an arrow (>) precedes **Nr. sensors**). Next, enter the working width (the arrow (>) precedes **Work width**). Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to increase or decrease the value. Push the ENTER (↵) key to confirm the values or the CANCEL (×) key to return to the menu without confirmation of the values.

### Pressure setup

The machine may have been fitted (optional) with a pressure sensor for measuring the liquid pressure. This sensor emits an analogue electrical current between 0 and 5 Volts. The offset and the scale factor can be set:

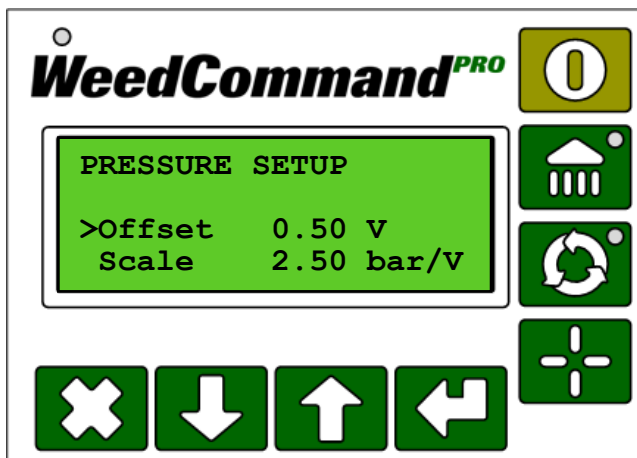


Figure 20. Screen for setting the pressure sensor.

The offset (**Offset**) is the voltage of the sensor at 0 bar (use the Status screen, see chapter 5). The scale (**Scale**) can be copied from the sensor documentation.

To begin with, the offset must be entered (an arrow (>) precedes **Offset**). Next, enter the scale (the arrow (>) precedes **Scale**). Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to increase or decrease the values. Push the ENTER (↵) key to confirm the values or the CANCEL (×) key to return to the menu without confirmation of the values.

### Sensor Setup

The WeedSeeker sensors are able to bring the moment of opening the nozzles in line with the driving speed. At a high driving speed, the nozzles must open sooner than at a low driving speed to release the product exactly onto the plant. The machine has three speed settings: low, medium and high; enter the settings in the screen (Figure 21).

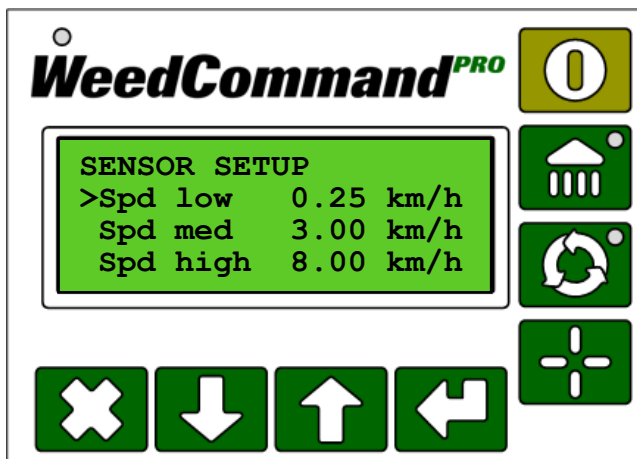


Figure 21. Screen for setting the speed thresholds for the timing of opening the nozzles.

Also read the documentation of the WeedSeeker sensor for setting the speed thresholds. If the measured speed drops below the lowest speed (**Spd low**), the nozzles will automatically close as the machine is in *Sensor* mode.

The arrow (>) indicates the speed (low, medium or high) that is allowed. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to increase or decrease the values. Push the ENTER (↵) key to confirm the values or the CANCEL (×) key to return to the menu without confirmation of the values.

### Display options

The system can be fitted with a pressure sensor and data-log cartridges (optional). Use the 'Display options' menu to activate or de-activate these extras in the display (Figure 22).

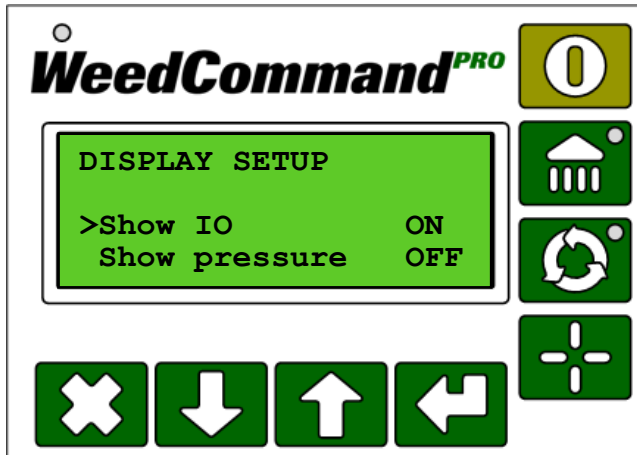


Figure 22. Screen for setting the optional information for the pressure sensor and/or the data-log cartridges.

The arrow (>) indicates the options that are allowed. Use the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys to increase or decrease the values. Push the ENTER (↵) key to confirm the values or the CANCEL (×) key to return to the menu without confirmation of the values.

## 7. Normal use

The operation is very simple after the system has been calibrated. Before starting the job, push and hold the **ON/OFF** key for three seconds. This will bring on the main display. After a 20-second warm-up, the system will be ready for use. Make sure the tank concentration has been set correctly and that the hectare counter is reset, if necessary (see chapter 4, Hectare counter).

As the work is in progress, it will be possible to calibrate the sensors by pushing the **CALIBRATION** key and to adjust the sensitivity of the sensors (large/small plants) by pushing the UP (↑) and DOWN (↓) menu keys in the main display.

Data logging will start automatically while spraying (in the *Sensor* or *Flushing* mode) if the machine has been fitted with a USB stick and GPS. The data files on the USB stick can be used e.g. for creating a picture of precision spraying of crop protection products.

## 8. Data logging

To enable data logging, the machine must be fitted with this option as well as a GPS receiver and a USB stick. The USB stick must be formatted in the FAT32 file system. This can be done simply by clicking the right mouse button on the file storage location in Windows™ Explorer (for instance *Removable Disk (F:)*) and then selecting the 'format' option. See chapter 8 for the GPS settings.

The system will detect any presence of a USB stick at start-up. Detecting and initialising is shown with the message **Log Init** in the main display. The message **No Stick** will appear if no USB stick has been detected. The message **Stick OK** will appear if a USB stick has been detected but no data-log option is present.

After the successful detection and with the presence of the data-log option, the system will first wait for a valid GPS signal in order to set the time and date of the logging file in a correct manner. After receiving a valid GPS signal, the system will show the message **Log Pause** or **Logging**.

The machine will automatically save the positioning data of the spraying process once every second. The following conditions must be met:

- The machine is in *Sensor* or *Flushing* mode.
- A GPS signal is available.

The USB stick will store numbered files every time the machine is turned on and data is available. Data is in the form of text files (.txt), which can be read and processed in e.g. Microsoft™ Excel. The files are date and time-stamped with the first valid GPS signal (NB: in Greenwich Mean Time with no correction for daylight saving outside the standard time period).

The saved data include time, location (WGS84 coordinates), GPS quality (GPS/DGPS), no. of satellites, machine mode (*Sensor* or *Flushing*), fluid pressure, current use (l/ha) and cumulative values for product consumption, and tilled and treated area.



## 9. GPS settings

In order to set the GPS receiver, use e.g. the configuration tools that come with the receiver. The settings on the GPS receiver must be as follows:

### **Communication – RS232**

Baud rate	9600 bps
Flow control	none
Data bits	8
Stop bits	1
Parity	none

### **Messages**

The system is using NMEA messages for determining time and place. These are internationally standardised messages that work on just about any GPS receiver. Setting for the following messages is required:

GPRMC – time and location. These are only used for determining the date and time of the log file.

Preferred setting is once every five seconds, but not faster than every second.

GPGGA – location with info about the signal quality. After receiving this message, the data-log information is built up and saved on the USB stick. Setting on once every second. It may be slower, if so required (fewer sizable log files), but not faster than once every second.

---

→ Turn all other messages off for the best results.

---



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.