

## Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 7 Nr. 58 2012

# Redusert jordarbeiding og konsekvenser for plantevern

## Reduced tillage and consequences for plant protection

Kirsten Semb Tørresen<sup>1</sup>, Ingerd Skow Hofgaard<sup>1</sup>, Ole Martin Eklo<sup>1</sup>, Jan Netland<sup>1</sup>, Lars Olav Brandsæter<sup>1</sup>, Guro Brodal<sup>1</sup>, Oleif Elen<sup>1</sup>, Andrea Ficke<sup>1</sup>, Marit Almvik<sup>1</sup>, Randi Bolli<sup>1</sup>, Marianne Stenrød<sup>1</sup> & Einar Strand<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bioforsk Plantehelse, <sup>2</sup>Bioforsk Øst Apelsvoll/Norsk Landbruksrådgiving

[www.bioforsk.no](http://www.bioforsk.no)







**Hovedkontor/Head office**  
Frederik A. Dahls vei 20  
N-1432 Ås  
Tel.: (+47) 40 60 41 00  
[post@bioforsk.no](mailto:post@bioforsk.no)

**Bioforsk Plantehelse**  
**Bioforsk Plant Health and Plant**  
**Protection Division**  
Høgskoleveien 7, NO-1432 Ås  
Tel.: (+47) 40 60 41 00  
kirsten.torresen@bioforsk.no

*Tittel/Title:*

Redusert jordarbeiding og konsekvenser for plantevern  
Reduced tillage and consequences for plant protection

*Forfatter(e)/Author(s):*

K.S. Tørresen, I.S. Hofgaard, O.M. Eklo, J. Netland, L.O. Brandsæter, G. Brodal, O. Elen, A. Ficke, M. Almvik, R. Bolli, M. Stenrød & E. Strand

<i>Dato/Date:</i> 31.12.2012	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 1110413	<i>Saksnr./Archive No.:</i> 2006/395
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 7(58) 2012	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-00924-5	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 67	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i>

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i>	<i>Kontaktperson/Contact person:</i>
--------------------------------	--------------------------------------

<i>Stikkord/Keywords:</i> Redusert jordarbeiding, ugras, plantesjukdommer, miljøeffekter, mykotoksiner Reduced tillage, weeds, plant diseases, fate of pesticides, mycotoxines	<i>Fagområde/Field of work:</i> Plantehelse og plantevern Plant health and plant protection
--	---

*Sammendrag:*

Plogen har tradisjonelt vært viktig for å få et godt såbed, for innblanding av halmrester og gjødsel i jorda, og for god bekjemping av ugras og sjukdommer. Redusert jordarbeiding uten bruk av plogen, gir imidlertid store miljøfordeler i form av mindre erosjon og utvasking av næringsstoffer. Denne rapporten fokuserer på konsekvenser av ulike jordarbeiding på plantevernssituasjonen i korn. Basert på dagens kunnskap fra norske og internasjonale studier konkluderes det med at redusert jordarbeiding gir økt risiko for utvikling av ugras og plantesjukdommer, samt mykotoksiner. I tillegg kan redusert jordarbeiding føre til økt bruk av kjemiske plantevernmidler som glyfosat, fenoksytyrer og soppmidler. Ugraset og de fleste plantesjukdommer kan som regel bekjempes med plantevernmidler, mens *Fusarium* spp. og mykotoksiner bare delvis kan bekjempes av kjemiske midler. Miljøriskoen av kjemiske plantevernmidler påvirkes av egenskaper til plantevernmidlene. Redusert jordarbeiding fører til økt risiko for transport til grunnvann av fenoksytyrer og lavdosemidler (sulfonylurea-preparater). Risiko for transport til overflatevann av ugrasmidler og soppmidler er minst når åkeren ligger i stubb. Været og klimaet har stor betydning for utvikling av skadegjørerne, risiko for utvikling av mykotoksiner og utvasking av plantevernmidler. Vårpløying kan være gunstig miljømessig sett fordi det kan redusere erosjon og næringsstofftap. Samtidig gir det mindre behov for, og derfor redusert miljørisiko av, plantevernmidler enn andre typer jordarbeiding. Vårpløying egner seg derimot dårlig på stiv leirjord, det fører til større tidspress på våren og risiko for forsinka våronn og derved lavere avling.

*Summary:*

Traditionally it has been important to use the mouldboard plough to obtain a good seedbed, to incorporate straw residues and fertilizer/manure into the soil, and to get a good weed and disease control. Reduced tillage without ploughing provides environmental benefits in terms of less erosion

and leaching of nutrients. This report focuses on the effects of various tillage practices on plant protection in the cereal production. Reduced tillage increases the risk for development of weeds and plant diseases, as well as mycotoxins. In addition, reduced tillage may lead to increased use of pesticides such as glyphosate, phenoxyacids and fungicides. Weeds and most plant diseases can usually be controlled by the use of pesticides. *Fusarium* spp. and mycotoxins are, on the other hand, only partially controlled by fungicides. Environmental risks of pesticides are affected by properties of the pesticides. Decreasing tillage intensity may increase the risk for transport to groundwater of phenoxyacids and sulfonylureas. The risk of transport of herbicides and fungicides to surface water may be reduced in fields with no tillage in autumn. The weather and climate conditions influence the development of pests, risk of mycotoxins and leaching of pesticides. Ploughing in the spring is environmentally favourable because this may reduce erosion and nutrient leaching compared to autumn ploughing. In addition, as a result of less use of pesticides in spring ploughed fields, the risk of transport of pesticides to the environment is reduced. However, spring ploughing is not suitable on heavy clay soils, it leads to more time pressure in spring, increases the risk of delayed seeding, and may thereby lead to lower yields.

Land/Country: Norge/Norway

Fylke/County:

Kommune/Municipality:

Sted/Lokalitet:

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader



Arne Hermansen



Kirsten Semb Tøresen

# 1. Forord

---

Det er ønskelig fra Landbruksmyndighetenes side å utrede fordeler og ulemper ved redusert jordarbeiding (Pkt. 4.8.4 i Handlingsplan for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler 2010-2014). Et prosjekt med dette for øye ble startet i 2010 finansiert av Handlingsplanen for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler 2010-2014. Tittelen på prosjektet er "Kartlegge fordeler og ulemper med redusert jordarbeiding".

Hovedmålet med prosjektet er å finne en integrasjon av kjemiske og dyrkningstekniske tiltak som gir optimal miljøeffekt og ivaretar agronomiske hensyn. Prosjektet har følgende delmål:

1. Analysere hvordan kryssende miljøhensyn best kan ivaretas i korndyrkingen, ut fra eksisterende kunnskap og ekspertvurderinger om hvordan ugras, plantesjukdommer inkl. *Fusarium*/mykotoksiner, og bruk og miljøeffekt av plantevernmidler påvirkes av redusert jordarbeiding
2. Avdekke kunnskapsmangel og foreslå nye prosjekter, teste ulike hypoteser, gjennomføre enkle forsøk og spørreundersøkelse for å fylle disse manglene
3. Formidle til brukerne i etablerte formidlingskanaler (beslutningsstøttesystem i VIPS) forslag til dyrkingsteknikk (jordarbeiding, bruk av plantevernmidler) og virkemidler som gir optimal miljøeffekt

I denne rapporten presenteres dagens kunnskapsstatus om hvordan ulik jordarbeiding påvirker ugras, plantesjukdommer og mykotoksiner, og bruken og miljørisiko av plantevernmidler. Vi vil videre avdekke hvor det er manglende kunnskap og foreslå hvordan disse kunnskapshullene kan fylles.

Prosjektet er et samarbeid mellom Bioforsk Plantehelse, Norsk Landbruksrådgiving og Statens Landbruksforvaltning. Leder for prosjektet er Kirsten Semb Tørresen, Bioforsk Plantehelse. De ulike fagseksjonene i Bioforsk Plantehelse har bidratt med hvert sitt kompetanseområde: ugras (Kirsten Semb Tørresen, Lars Olav Brandsæter og Jan Netland), plantesjukdommer (Ingerd Skow Hofgaard, Guro Brodal, Oleif Elen og Andrea Ficke) og pesticidkjemi (Ole Martin Eklo, Marit Almvik, Marianne Stenrød og Randi Bolli). Einar Strand i Norsk Landbruksrådgiving/Bioforsk har bidratt med verdifulle innspill til rapporten generelt vedrørende jordarbeiding. Vi vil takke Johan Kollerud fra Statens Landbruksforvaltning som har bidratt med innspill angående virkemidler og Erlend Spikkerud, Mattilsynet som har bidratt med statistikk over omsetning av plantevernmidler.

## 2. Innhold

---

1.	Forord.....	5
2.	Innhold.....	6
3.	Sammendrag.....	7
4.	Summary.....	9
5.	Innledning.....	11
6.	Historikk og dagens status.....	13
6.1	Omfang av jordarbeiding.....	13
6.2	Forbruk av kjemiske plantevernmidler.....	14
6.3	Økonomiske og politiske virkemidler.....	18
7.	Effekter av redusert jordarbeiding.....	20
7.1	Jordarbeiding, ugras i korn og bruk av ugrasmidler.....	20
7.1.1	Virkning av jordarbeiding på ulike ugrasgrupper og plantedeler.....	20
7.1.2	Ugrasutvikling ved ulike jordarbeiding til vårkorn.....	21
7.1.3	Ugrasutvikling ved ulike jordarbeiding til høstkorn.....	24
7.1.4	Behov for og virkning av ugrassprøyting ved ulike jordarbeiding.....	25
7.1.5	Resistens mot ugrasmidler.....	26
7.1.6	Hvordan redusere på behovet for ugrassprøyting ved mindre jordarbeiding?.....	27
7.1.7	Kunnskapsmangel - ugras.....	28
7.2	Jordarbeiding, kornsjukdommer, mykotoksiner og bruk av soppmidler.....	30
7.2.1	Planterester som smittekilde for kornsjukdommer.....	30
7.2.2	Effekt på Fusarium og mykotoksiner i korn.....	31
7.2.3	Risikovurdering av mykotoksiner.....	34
7.2.4	Effekt på sjukdommer i hvete.....	35
7.2.5	Effekt på sjukdommer i bygg.....	38
7.2.6	Kunnskapsmangel - kornsjukdommer.....	39
7.3	Jordarbeiding og plantevernmidlers skjebne i jord og vann.....	41
7.3.1	Innledning.....	41
7.3.2	Forsvinningsbilde av ugrasmidler ved ulike jordarbeiding i korndyrking.....	44
7.3.3	Forsvinningsbilde av soppmidler og mykotoksiner ved ulike jordarbeiding i korndyrking.....	47
7.3.4	Risikovurdering.....	51
7.3.5	Kunnskapsmangel - skjebne til plantevernmidler.....	53
8.	Kryssende miljøsensyn - vurdering av ulike jordarbeidingssystemer.....	55
9.	Konklusjon og videre arbeid.....	58
10.	Referanser.....	60

### 3. Sammendrag

---

Plogen har tradisjonelt vært viktig for bl.a. å få et godt såbed, innblanding av halmrester og gjødsel i jorda, få god bekjemping av ugras, samt sanere sjukdomssmitte. En av ulempene med pløying om høsten er større risiko for erosjon og utvasking av næringsstoffer. For å endre jordarbeidingspraksis har det derfor siden slutten av 1980-tallet blitt gitt tilskudd til å la åkeren ligge i stubb (all jordarbeiding (pløying, harving) om våren eller direktesåing) eller foreta lett høstharving. Redusert jordarbeiding (plogfri jordarbeiding: lett høstharving og vårharving med ulike typer harver, direktesåing) gir store miljøfordeler i form av mindre erosjon og utvasking av næringsstoffer. Denne rapporten tar for seg noen av konsekvensene av ulike jordarbeidingsystemer innenfor fagområde plantevern med fokus på utvikling av ugras og plantesjukdommer, inkludert mykotoksiner, og bruk og miljørisiko av plantevernmidler.

Jordarbeiding kan redusere forekomst av ugras, men samtidig stimulere ugrasfrø og vegetative plantedeler til å spire. Utførelsen av jordarbeidingen gjennom f. eks. type jordarbeiding, pløedybde, tidspunkt for jordarbeiding, antall jordarbeidinger, værforhold og ugrasart avgjør hvilken effekt jordarbeidingen har på ugraset. Feltforsøk viser at forekomst av flerårige ugras, men også vinterettårige og toårige ugras som overvintrer, har stor risiko for å øke ved redusert jordarbeiding. Ulike studier har vist ganske entydig at pløying, enten den gjøres om våren eller høsten, gir redusert forekomst av ugras sammenliknet med redusert jordarbeiding. Lett høstharving gir noe mindre ugras enn for eksempel vårharving. Behandling med glyfosat har vært effektivt for å bekjempe overvintrende ugras og forbruket av glyfosat har bl.a. som en følge av dette, gått opp siden slutten av 1980-tallet. Risikoen for utvikling av ugras med resistens mot ugrasmidler øker med redusert jordarbeiding da ugrasfrøene ikke innblandes så dypt i jorda. I Norge er det registrert resistens mot sulfonylurea-herbicer i enkelte frøgrasarter. Det er ikke registrert resistens mot glyfosat i Norge. Det forventes økt bruk av fenoksysyrer som resistensbrytere til sulfonylurea-preparatene og for å bekjempe tofrøblada rotugras.

Hvorvidt, og i hvilken grad, planter angripes av en sykdom avhenger av om smitte er til stede, om vertplanta er mottakelig for sykdommen og om lokale vær- og dyrkingsforhold ligger til rette for utvikling av sykdom. Mange sykdommer i korn forårsakes av sopper som kan vokse og overleve i planterester. Pløying og nedmolding vil begrave infiserte planterester og bidra til raskere nedbryting og redusere smittepresset. Ved redusert eller ingen jordarbeiding, særlig ved ensidig korndyrking, blir infisert stubb og halmrester liggende i øvre jordlag og oppå bakken (smittereservoar). Ved fuktige værforhold kan sykdomssmitten utvikle seg raskt og forårsake tidlige angrep i ny åker. Dette kan øke behovet for plantevernmidler. Omfattende og ensidig bruk av fungicider kan føre til resistens. Det er i seinere år påvist resistens mot strobiluriner hos bladflekkjukdommer i hvete.

De økte forekomstene av *Fusarium* og mykotoksiner som er registrert i norsk korn de seinere årene kan ha sammenheng med økt omfang av redusert jordarbeiding i kombinasjon med fuktige værforhold i vekstsesongen.

Konsentrasjonen av plantevernmidler i miljøet styres i hovedsak av tre prosesser: binding, nedbryting og transport. Disse prosessene påvirkes av faktorer som klima, jord, topografi, dyrkingsteknikk og egenskapene til selve plantevernmidlet som brukes. Risiko for negative effekter i miljøet avhenger av forholdet mellom plantevernmidlets giftighet og konsentrasjon i miljøet. Vurderingen av risiko for miljøeffekter av plantevernmidler ved ulik jordarbeiding blir derfor relativt komplisert. Generelt bindes plantevernmidlene bedre

til jord hvor det foretas redusert jordarbeiding da det ofte er høyere innhold av organisk materiale. Økt innhold av organisk materiale kan gi lavere temperatur, redusert biotilgjengelighet og redusert nedbryting. Her er det noen unntak som f.eks. glyfosat som bindes sterkere til mineraljorda. Hvor godt plantevernmidlet bindes avhenger av mengden og kvaliteten av det organiske materialet i jord. Transport av plantevernmidlet er særlig påvirket av jordarbeiding og innvirkning av nedbørsintensitet, tidspunkt av nedbør i forhold til sprøyting og intervall mellom to nedbørsepisoder. Transporten er også påvirket av plantevernmidlenes egenskaper som vannløselighet, binding og nedbrytingstid. Generelt kan redusert jordarbeiding redusere overflateavrenning mer enn utlekking til drensvann og grunnvann. Ujevn overflate og jord med god aggregatstabilitet og planterester vil redusere tap av plantevernmidler til overflatevann. Imidlertid vil redusert jordarbeiding opprettholde makroporer som vil øke transporten og utlekking av plantevernmidler til drenssystem og grunnvann.

Å la åkeren ligge i stubb (direktesåing, vårharving, vårpløyning) minsker risikoen for erosjon og utlekking av næringsstoffer. Plogfri jordarbeiding øker imidlertid risikoen for utvikling av ugras og plantesjukdommer inkludert *Fusarium* som produserer mykotoksiner, og fører til økt bruk av plantevernmidler som glyfosat, fenoksydrer og soppmidler. Mykotoksiner i kornet utgjør en helserisiko for mennesker og dyr. Ensidig bruk av plantevernmidler og redusert jordarbeiding fører til risiko for raskere utvikling av resistens mot plantevernmidler. Miljørisiko av plantevernmidler avhenger av egenskaper til midlene, jordegenskaper og klima og kan øke eller minke ved redusert jordarbeiding. Vårpløyning er gunstig miljømessig sett, da det både gir redusert erosjon, lite ugras og plantesjukdommer og derved minst behov for plantevernmidler. Vårpløyning egner seg dårligere på stiv leirjord og fører til større tidspress på våren, risiko for forsinka våronn og derved risiko for lavere avling. Høstpløyning gir stor risiko for erosjon/utlekking av næringsstoffer, men virker bra på ugras og plantesjukdommer og gir minst bruk av plantevernmidler. Lett høstharving kommer i en mellomstilling både mht. utvikling av skadegjørere og miljørisiko. Værforholdene er dessuten svært avgjørende for utvikling av sykdommer, mykotoksiner, ugras og effekt og miljørisiko av plantevernmidler.

Siden plogfri jordarbeiding fører til flere utfordringer på plantevernsida, bør det være mulighet for (mer) nyansert bruk av høstpløyning avhengig av erosjonsrisiko og hvor sårbare områdene er. Andre tiltak som fangdammer, grasdekte vannveier, gjødslingstiltak og utbedring av hydrotekniske anlegg bør vurderes for å øke muligheten for høstpløyning. Samtidig bør det stimuleres til mer vårpløyning der det er mulig. Kanskje risikoen for utvikling av mykotoksiner i spesielle områder/år bør tas hensyn til ved utforming av økonomiske virkemidler?

For å redusere på bruk av plantevernmidler er det viktig å tilpasse bruken til behovet. Bedre veiledning for sprøyting med bl.a. glyfosat og soppmidler vil være viktig. Presisjonsjordbruk kan utvikles for å sprøyte der skadegjørerne faktisk er og ha spesielt fokus på områder med stor risiko for erosjon og utlekking av plantevernmidler. Det er viktig å utvikle strategier for bruk av plantevernmidler slik at utvikling av resistens mot plantevernmidler kan forhindres. Bruk av integrert plantevern, inkludert et godt vekstskifte, vil være viktig for å redusere bruk av plantevernmidler og forhindre utvikling av plantevernmiddelresistens, men det trengs mer kunnskap om dette. Det er også behov for mer kunnskap om uskadeliggjøring av soppsmitte i planterester og transport av soppmidler inkl. metabolitter, glyfosat, lavdosemidler og mykotoksiner i jord og vann. I framtida kan et endra klima og usikkerhet til tilgangen på effektive plantevernmidler gi ytterligere utfordringer ved endret jordarbeiding.



## 4. Summary

---

The mouldboard plough has traditionally been important to achieve a good seedbed, incorporate straw residues and fertiliser/manure into the soil, and to obtain a good weed and disease control. Ploughing in the autumn may increase the risk of erosion and leaching of nutrients to the environment. To change tillage practices, the farmers have since the late 1980s been given grants to omit tillage in the autumn, or alternatively to solely perform light stubble cultivation. Reduced tillage (ploughless tillage: light autumn stubble cultivation and spring harrowing with various types of harrows, direct seeding) provides significant environmental benefits in the form of reduced erosion and leaching of nutrients. This report outlines some of the effects of different tillage systems on crop protection, with focus on the development of weeds and plant diseases, including mycotoxins. In addition, the effects of different tillage systems on the use of pesticides, and the environmental risks involved, are discussed.

Tillage can reduce weed infestation, but also stimulate weed seeds and vegetative plant parts to germinate. How tillage is performed (e.g. type of equipment, time and number of tillage treatments, ploughing depth), weather conditions and weed species present determine the effect of tillage on weeds. Field experiments have shown that perennial weeds, as well as winter annual and biennial weeds that survive during winter, are likely to increase with reduced tillage. Various studies clearly demonstrated that ploughing, whether it is done in spring or autumn, results in the least weed infestation compared to reduced tillage. Glyphosate effectively controls overwintering weeds. The consumption of glyphosate has been increasing since the late 1980's partly as a result of increased use in reduced tillage fields. The risk of developing herbicide resistance increases with reduced tillage, because weed seeds are not incorporated deep into the soil. Development of herbicide resistance has been observed for sulfonylurea herbicides in Norway, but glyphosate resistance has not been detected. Increased use of phenoxyacids is expected to prevent sulfonylurea-resistance and to control broadleaved perennial weeds.

The extent to which plants will be attacked by diseases depends on the presence of inoculum, availability of susceptible host plants and whether the local weather and growing conditions are favourable for disease development. Many fungi that cause diseases in cereals can grow and survive in plant residues. Fields where reduced or no tillage are performed have much stubble and straw residue in the upper soil layers and on top of the soil, which under special conditions can increase the risk of fungal infection in the subsequent crop. Ploughing and mulching will bury infected crop residues and contribute to faster degradation, and thereby reduce the inoculum pressure. Increased use of reduced tillage enhances the risk of development of a number of cereal diseases. This may further increase the need for pesticide use.

The increased occurrence of *Fusarium* mycotoxins registered in Norwegian grains in recent years may be due to the more widespread use of reduced tillage in combination with wet conditions, especially during the period of cereal flowering.

The concentration of pesticides in the environment is controlled mainly by three processes: sorption, degradation and transport. These processes are influenced by various factors such as climate, soil, topography, crop management and characteristics of the pesticides used. The risk of adverse environmental effects depends on the relationship between toxicity of the pesticide and its accumulation in the environment. Consequently, it is relatively complicated to evaluate the risk of environmental effects of pesticides at various tillage systems. In general, pesticides are sorbed more to the soil in fields with

minimum tillage since this soil often has higher content of organic matter. Increased levels of organic matter can result in lower temperatures, reduced bio-availability and reduced degradation of pesticides. There are some exceptions such as glyphosate which sorb strongly to mineral soil. The degree of sorption of pesticides depends on the amount and quality of the organic matter in soil. Transport of pesticides is particularly affected by tillage, rainfall intensity, timing of rainfall in relation to spraying, and interval between two rainfall events. The transport is also affected by the pesticide properties such as solubility, sorption and degradation. In general, minimum tillage reduces surface runoff more than leaching into drainage water and groundwater. Uneven soil surface, soil with good aggregate stability, as well as crop residues covering the soil, will reduce losses of pesticides to surface waters. However, reduced tillage can result in maintenance of macropores which increases transport and leaching of pesticides to the drainage system and groundwater.

No tillage in autumn (direct seeding, spring harrowing, spring ploughing) reduces the risk of erosion and leaching of nutrients. However, reduced tillage increases the risk for development of weeds and plant diseases including *Fusarium* that produce mycotoxins, and may lead to increased use of pesticides such as glyphosate, phenoxyacids and fungicides. Mycotoxins in grain constitute a health risk for humans and animals. Indiscriminate use of pesticides and reduced tillage increase the risk of pesticide resistance development. Environmental risks of pesticides depend on the pesticide characteristics, soil properties and climate, and may increase or decrease with reduced tillage. Spring ploughing is environmentally beneficial with minimised risk of erosion, development of weeds and plant diseases and with less need for pesticides. Spring ploughing is, however, difficult on heavy clay soils, gives more time pressure during the spring, and may result in reduced yields. Although, autumn ploughing increases the risk of erosion and leaching of nutrients, it involves less use of pesticides and helps to control weeds and diseases. Light autumn harrowing is in an intermediate position both with regard to development of weeds and diseases and environmental risks. Weather conditions are critical for development of diseases, mycotoxins and weeds. In addition, it affects the efficacy and environmental loads of pesticides.

Ploughless tillage leads to several challenges concerning plant health and plant protection. Therefore, it should be possible with more use of autumn ploughing in Norway taking into account the risk for erosion and the vulnerability of different areas. Other measures such as catch ponds, grass-covered waterways, fertilization measures and remediation of hydro technical facilities, should be considered to increase the potential for autumn ploughing. Spring ploughing without the use of glyphosate should be stimulated when possible. Maybe the risk of the development of mycotoxins in specific areas or years should be taken into account when developing economic instruments?

To reduce the use of pesticides, it is important to spray when and where it is needed. Better guidance for plant protection (VIPS), such as use of glyphosate and fungicides, is important. Precision agriculture can be developed to spray only where weeds or other pests actually are present in the field. It is especially important to reduce use of pesticides as much as possible on areas with high risk for leaching of pesticides and erosion. Strategies to prevent the development of pesticide resistance should be developed and implemented. The use of integrated pest management (IPM), including a good crop rotation, will be important to reduce the use of pesticides and to prevent resistance development. Further knowledge is needed within this field. In addition, there is a need for further knowledge regarding how to eradicate fungal inoculum on plant residues, as well as how pesticides and mycotoxins are transported in soil and water. In the future, climate change and uncertainty concerning availability of effective pesticides may provide additional challenges when performing reduced tillage practices.

## 5. Innledning

Når plogen kom var det et enormt framskritt for landbruket. Plogen gjorde det lettere å dyrke jorda og har tradisjonelt vært viktig for å få et godt såbed, sørge for innblanding av gjødsel og halmrester i jorda, og dermed sanering av sjukdomssmitte og ikke minst for bekjemping av ugras, spesielt flerårige arter. Ved å kutte ut plogen økes innhold av organisk innhold i øverste jordlag, jordstrukturen endres og det blir mer makroporer, plogsålen reduseres, bæreevnen blir større, mens det ofte blir seinere opptørking og kaldere i jorda om våren (bl.a. Bechmann *et al.* 2011). Å la åkeren ligge i stubb ved ikke å jordarbeide om høsten gir store miljøfordeler i form av mindre erosjon og utvasking av næringsstoffer. Ut fra økonomiske hensyn og politiske føringer dyrkes korn i store sammenhengende jordbruksområder med liten grad av vekstskifte, og med til dels lite jordarbeiding ut fra miljøhensyn. Det har blitt og blir gitt tilskudd til å la åkeren overvintre i stubb eller foreta lett høstharving. Selve begrepet redusert jordarbeiding defineres her som plogfri jordarbeiding og det kan være alt fra lett høstharving, vårharving til direktesåing (ingen jordarbeiding utenom såmaskinen). Pløying om våren er ikke innenfor den tradisjonelle definisjonen av redusert jordarbeiding, men det ivaretar ønsket om mindre risiko for erosjon og utvasking av næringsstoff. Oversikt over ulike jordarbeidingstyper brukt i denne rapporten er vist i tabell 5.1. Harving høst eller vår kan gjøres med ulike typer harver alt fra rotorharver, skålharver, stubbkultivatorer til tindeharver. Pløying gjøres med vanlig plog og snur jorda, noe harvene ikke gjør. I tillegg kommer stubbharving etterfulgt av pløying - en metode mye brukt tidligere mot rotugras.

**Tabell 5.1.** Oversikt over ulike jordarbeidingstyper brukt i denne rapporten

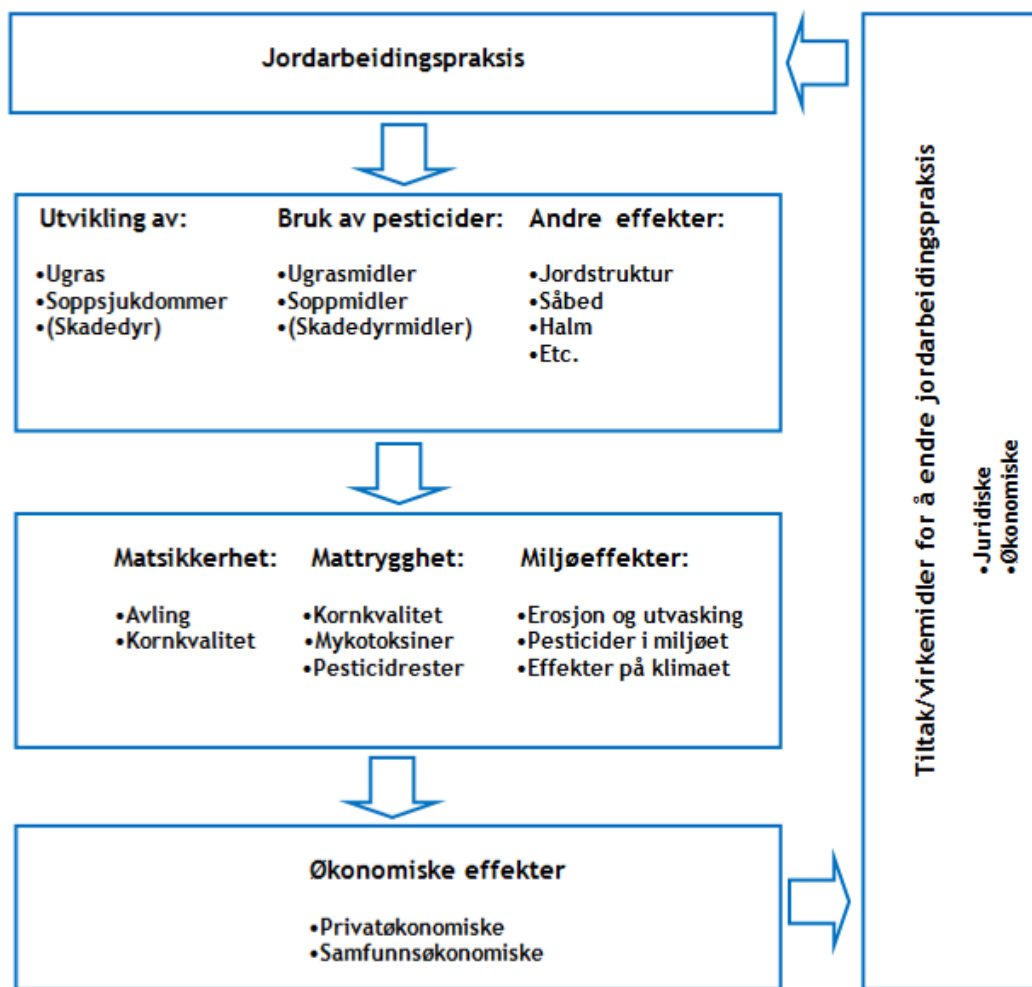
Jordarbeiding	Overvintring i stubb	Redusert jordarbeiding Plogfri jordarbeiding
Høstpløying + vårharving	Nei	Nei
Høstharving (lett*) + vårharving	Nei	Ja
Vårpløying + vårharving	Ja	Nei
Vårharving	Ja	Ja
Direktesåing	Ja	Ja

\*For at harvinga skal defineres som lett må det være minst 25 eller 30 % halmdekke på overflata.

Forsøk fra mange år tilbake har vist at plogen er viktig for bekjemping av flerårig ugras, spesielt er effekten godt dokumentert for ugrasarten kveke (eks. Njøs & Ekeberg 1980). På 1990-tallet gjennomførte Planteforsk Plantevernet (nå Bioforsk Plantehelse) en forsøksserie der effekt av jordarbeiding ( redusert jordarbeiding, vår- og høstpløying), i kombinasjon med ulike sprøytestrategier, ble undersøkt med hensyn på utvikling av ugras, plantesjukdommer inkl. *Fusarium* og mykotoksiner, skadedyr og nyttedyr (Andersen 1999, Tørresen *et al.* 1999, Elen 2002, Tørresen & Skuterud 2002a, Andersen 2003, Elen 2003, Tørresen *et al.* 2003). I disse forsøkene ble det registrert en økt forekomst av visse plantesjukdommer og ugras ved redusert jordarbeiding, mens skadedyr var mindre påvirket. I de oppløyde forsøksrutene var det et klart økt behov for glyfosat og frøugrasmidler mot ugras. Dette forklarer at bruken av glyfosat har økt sterkt i de seinere år. Miljøeffekten av glyfosat er undersøkt i ulike prosjekter, bl.a. i det forskningsråds-finansierte prosjektet REDUCE og et prosjekt for Mattilsynet (Stenrød *et al.* 2007). Det har

i seinere tid vært mye fokus på *Fusarium* og utvikling av mykotoksiner i korn og flere prosjekter ved Bioforsk PlanteHelse er i gang på dette området.

Det er allerede mye kunnskap om erosjon og utvasking av næringsstoffer. Figur 5.1 viser prinsipiell sammenheng mellom jordarbeidingspraksis, utvikling av skadegjørere inkludert mykotoksiner, bruk av plantevernmidler og effekter på miljøet, avlinga og andre agronomiske effekter, mattrygghet, økonomi og virkemidler/tiltak som påvirker dette. Dette diskuteres nærmere i rapporten ut fra dagens kunnskapsstatus. Vi fokuserer på skadegjørere, bruk og miljørisiko av plantevernmidler som endres ved redusert jordarbeiding. Bruken av skadedyrmidler er minimal i korn, og siden redusert jordarbeiding i liten grad påvirker skadedyr (med unntak av snegl), har vi valgt å ikke inkludere skadedyr i denne rapporten. Pløying krever mye energi og dieselbruk og påvirker effekt på klimaet (drivhusgasser). Vi vil her ikke diskutere ytterligere effekter av jordarbeiding på klimaet. Vi vil i denne rapporten foreslå områder for mer omfattende studier der vi ser at det er behov for mer kunnskap.

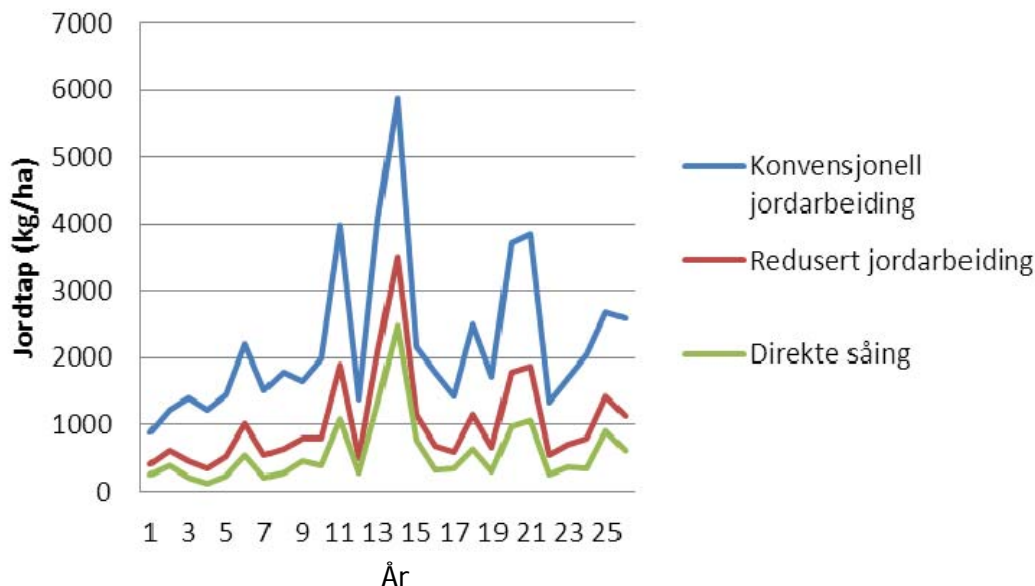


**Figur 5.1.** Sammenheng mellom jordarbeidingspraksis, utvikling av skadegjørere (og mykotoksiner), bruk av plantevernmidler, effekt på miljø, matsikkerhet/avling, mattrygghet, økonomi og tiltak/virkemidler som kan påvirke dette.

## 6. Historikk og dagens status

### 6.1 Omfang av jordarbeiding

Plogen har lenge vært brukt i landbruket. På 1980-tallet ble det økt fokus på jorderosjon og tap av næringsstoffer fra jordbruksarealer til vassdrag og ut i Nordsjøen og det ble dermed også mer oppmerksomhet rundt negative sider ved slik jordarbeiding. Valg av jordarbeidingssystem har stor betydning for erosjonen i sårbare områder og det viktigste i den sammenhengen er å redusere jordarbeidingen om høsten. Arealer som jordarbeides om høsten er mer erosjonsutsatt ved avrenningsepisoder om høsten og gjennom vinterperioden. Fig. 6.1. viser simulert jordtap med modellen PRAESS ved ulike jordarbeiding.



**Fig. 6.1** Jordtap (i kg/ha, 1 ha=10 daa) ved ulike jordarbeiding simulert over 26 år med PRAESS (Pesticide Risk Assessment Exposure Simulation Shell) basert på historiske klimadata for årene 1975-2000 med dyrking av vårkorn på Syverud, Ås (Eklo *et al.* 2008).

For å redusere problemene med erosjon og utvasking har det siden 1989 blitt gitt tilskudd (se Kap. 6.3) for å redusere jordarbeidinga om høsten og dette har ført til at andelen høstpløyd areal ble redusert fra 82 % i 1989 til 57 % i 1997 (Fig. 6.2). I de siste årene har høstpløyd areal holdt seg på 50-55 %, men med en ytterligere nedgang til 40 % i 2011 (Bye *et al.* 2012). Andelen høstharva areal ligger på godt under 10 %, med 2 % i 2011. Areal som ligger i stubb har holdt seg stabilt i flere år på ca. 40 %, men har økt svakt de siste årene til omtrent 57 % i 2011. Åker som ligger i stubb gjennom vinteren kan enten pløyes, harves eller direktesåes om våren (Bilde 6.1). Fordi statistikken fra Statistisk Sentralbyrå ikke skiller mellom ulike jordarbeidingspraksis om våren, vet en ikke eksakt areal med redusert jordarbeiding uten bruk av plog. Areal med direktesåing er trolig marginalt og lå på mellom 0,9 og 1,7 % i årene 1996-2002 (Bye *et al.* 2000 & 2006). Inntrykket vårt er at areal som vårpløyes ser ut til å ha økt på bekostning av kun vårharving.



Bilde 6.1. Ulik harving og pløying i feltforsøk. Foto: Till Seehusen, Bioforsk.

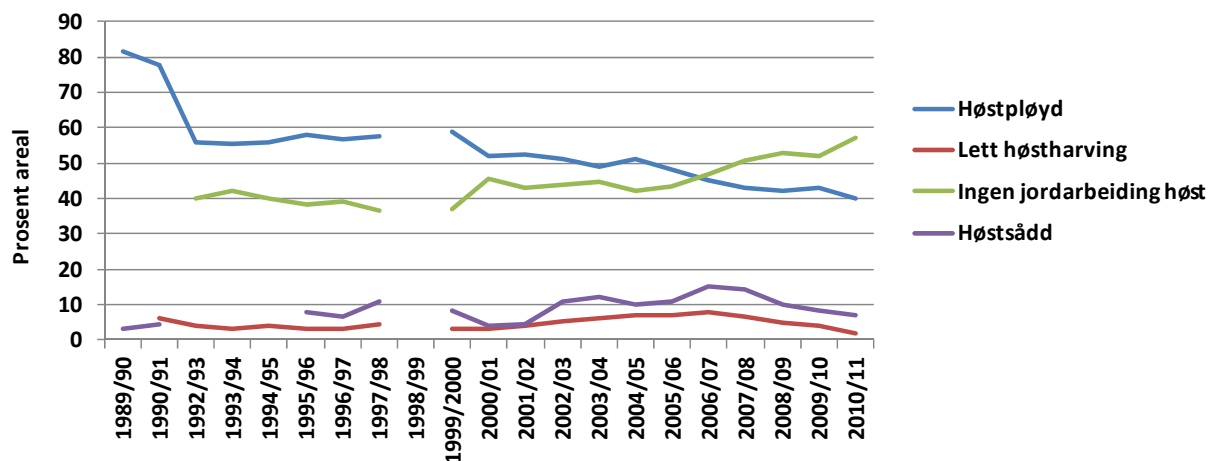
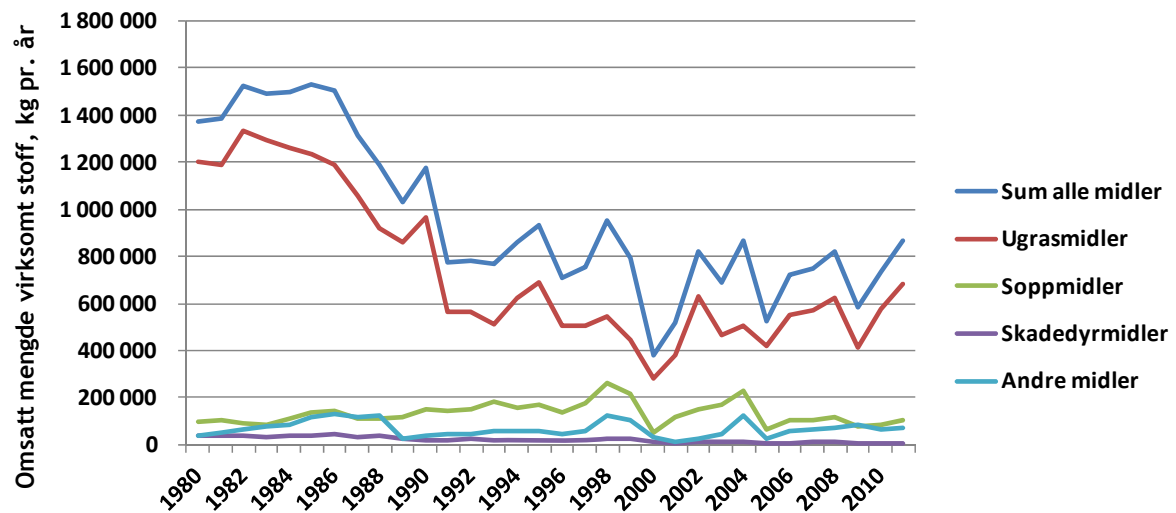


Fig. 6.2. Prosentvis andel av korn- og oljevekstareal som høstpløyes (inkludert høstsådd), høstharves, eller ligger i stubb til våren, samt høstsådd areal for hele landet i perioden 1989-2011. Kilde: Statens Landbruksforvaltning og Statistisk Sentralbyrå (Bye *et al.* 2000, 2006, 2010, 2011 & 2012). Brudd i kurve indikerer manglende verdier.

## 6.2 Forbruk av kjemiske plantevernmidler

Forbruk av plantevernmidler målt som omsatt mengde virksomt stoff fra importør/norsk produsent og til distributør/forhandler er nærmest halvert de 10 siste årene i forhold til 1980-nivå. Omsatt mengde er uavhengig av bruksområde og angir ikke det egentlige forbruket. Varslede avgiftsendringer kan føre til øking i omsetningen enkelte år, som for eksempel i 1998-99 og 2004 og dermed mindre omsetning året etterpå (Mattilsynet 2011). Av omsatt mengde plantevernmidler de siste 10 år utgjør ugrasmidler størsteparten (vel 70 %), etterfulgt av soppmidler (17 %), andre preparater (8 %) og skadedyrmidler (1 %) (Fig. 6.3). Det største totale forbruket og beregnet risiko av kjemiske plantevernmidler i Norge skjer innenfor kornproduksjonen, der ugrasmiddel står for den største andelen (Refsgaard *et al.* 2006). I denne rapporten brukes begrepene ugrasmidler, soppmidler og

skadedyrmidler om de virksomme stoffene, mens en bruker begrepet preparater om selve handelspreparatene.

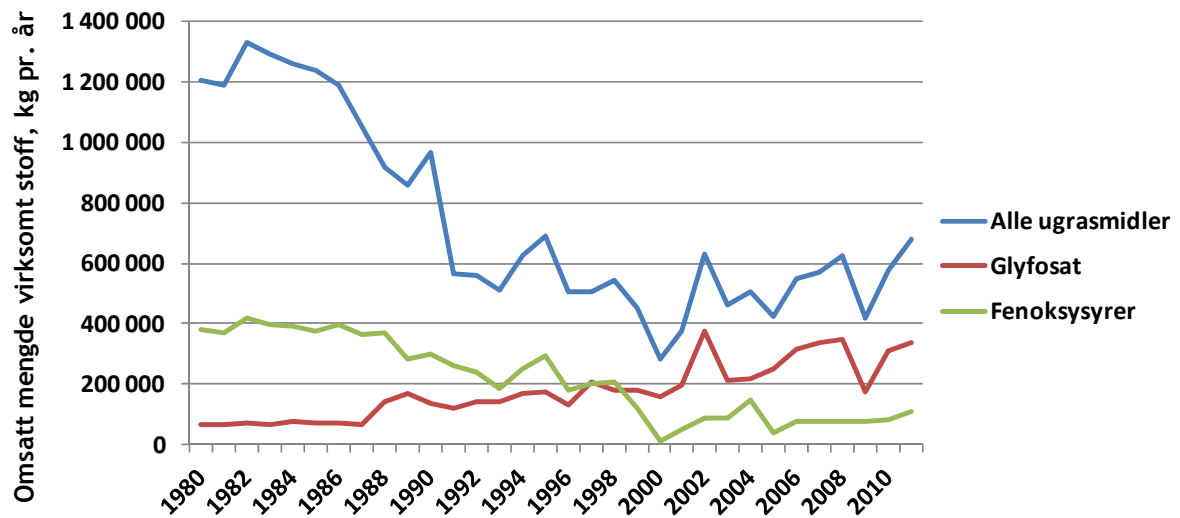


**Figur 6.3.** Omsetning av ulike typer plantevernmidler fra 1980 og fram til 2011. Kilde: Mattilsynet (Statens landbrukstilsyn 2001, Mattilsynet 2006, 2011 og 2012 og E. Spikkerud pers. med.).

Av ugrasmidlene er det glyfosat som utgjør størst omsatt mengde pr. år. Andelen av glyfosat i forhold til andre ugrasmidler (totalforbruk, alle kulturvekster og andre bruksområder) har økt de siste årene og ligger nå på omtrent 55 % (Fig. 6.4, Bilde 6.2). Den delen av det økte forbruket i jordbruket skyldes hovedsakelig større arealer med redusert jordarbeiding, og dermed større behov for direktetiltak mot ugras, og at glyfosatpreparater har blitt billigere. Glyfosat har imidlertid flere bruksområder utenom jordbruk, som langs jernbane og veier/under kraftlinjer og i privathager. Dosen som brukes av glyfosat er stor sammenliknet med for eksempel lavdosemidler (sulfonyleureapreparater), som brukes mot frøugras i korn, og derfor slår bruken av glyfosat sterkt ut på statistikken. Omsatt mengde av lavdosemidler utgjør bare 0,3 % av omsatt mengde ugrasmidler (beregnet ut fra omsetningsstatistikken fra Mattilsynet for de siste 15 år). Lavdosemidlene sprøytes imidlertid på et større areal (67 % av kornarealet i 2011) enn glyfosat (24 % av kornarealet i 2011, men stor variasjon mellom år) (Aarstad & Bjørlo 2012). Tidligere undersøkelser har vist at sprøyting mot rotugras øker med økende grad av redusert jordarbeiding. Ved høstpløying sprøytes ca. 20 % av arealet mot rotugras, når jordarbeidinga gjøres om våren ca. 30 % og ca. 50 % ved direktesåing (Fig. 6.5, Gundersen *et al.* 2009). Sprøyting mot rotugras omfatter hovedsakelig glyfosatsprøyting mot kveke, men også sprøyting med fenoksyryrer (MCPA, mekoprop, og tidligere også diklorprop) i vekstsesongen mot tofrøblada rotugras inngår her. Omsatt mengde fenoksyryrer har imidlertid gått ned over de siste 20 årene (Fig. 6.4). Ved mer bruk av fenoksyryrer som resistensbryter kan man imidlertid forvente økt bruk av slike preparater fremover, mer om dette lenger bak.

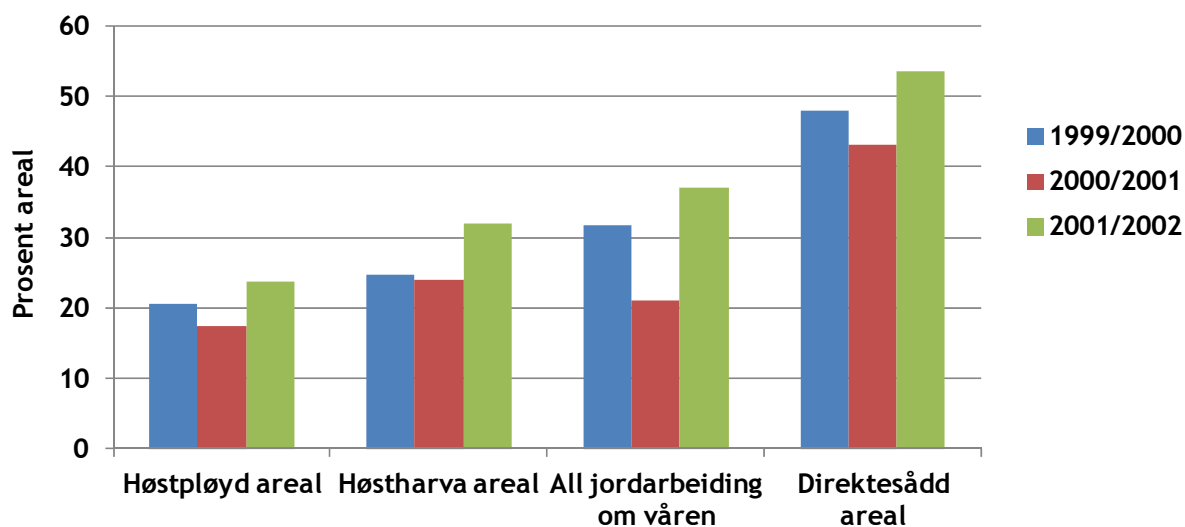


Bilde 6.2. Stubbsprøyting med glyfosat. Foto: Marit Almvik, Bioforsk.



Figur 6.4. Omsetning av glyfosat (inkludert glyfosat-trimesium som var på markedet tidligere) og fenoksysyrer (MCPA/MCPA-ester, mekoprop-p/mekoprop, diklorprop/diklorprop-p) fra 1980 og fram til 2011 sammenliknet med omsetning av alle ugrasmidler. Kilde: Mattilsynet (Statens landbrukstilsyn 2001, Mattilsynet 2006, 2011 og 2012 og E. Spikkerud pers. med.).



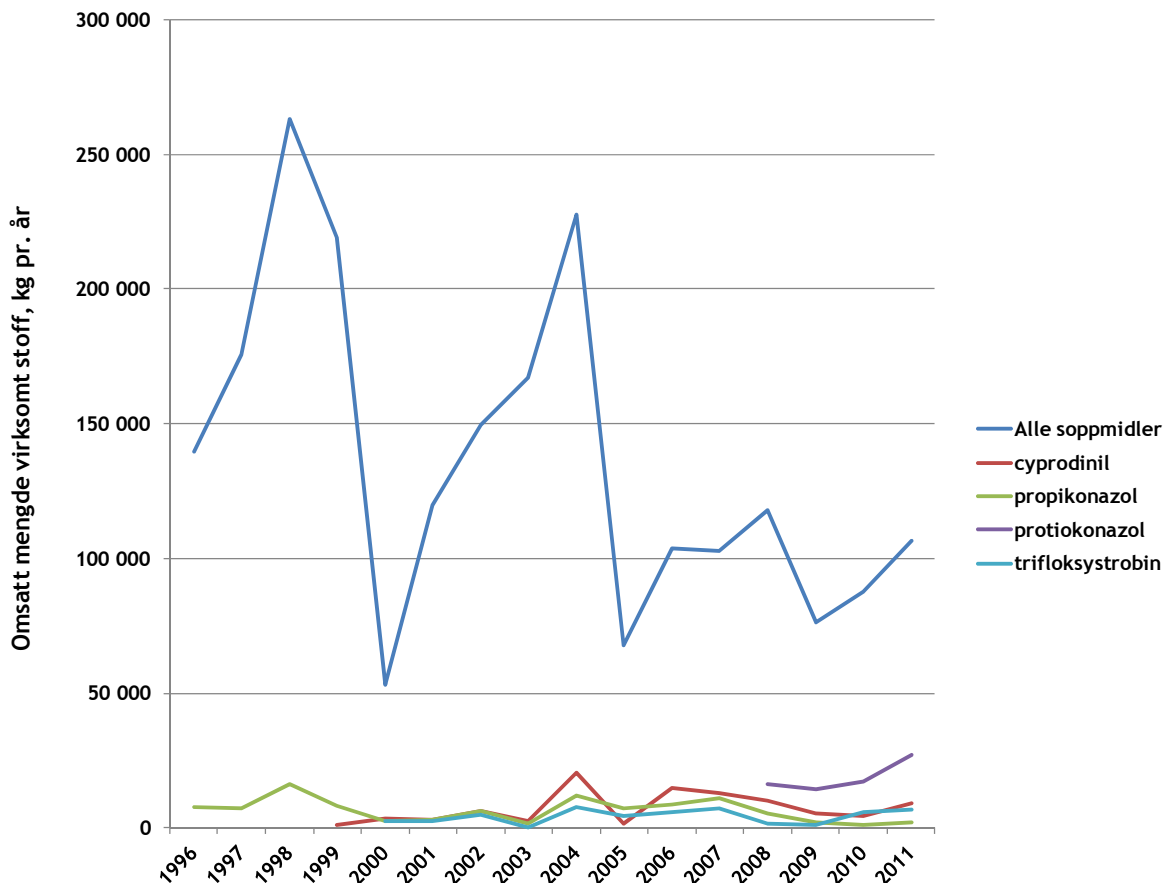


**Figur 6.5.** Prosentvis andel av kornarealet som er sprøytet mot rotugras gruppert etter jordarbeidingsmetode 1999-2002. Kilde: Gundersen *et al.* (2009).

Andelen av kornarealet som sprøytes med soppmidler er forskjellig for kornartene. Inntil relativt nylig har havre vanligvis ikke blitt behandlet med soppmidler, men i 2011 ble nær 24 % av havrearealet behandlet med soppmidler. I bygg ble 64 % av arealet ble sprøytet i 2011. Størst forbruk av soppmidler har vi i vår- og høsthvete der ca. 85 % av arealet ble behandlet i 2011 (Aarstad & Bjørlo 2012). Protiokonazol (inngår i preparatene Proline og Delaro) ble i 2007 godkjent for bruk i korn og er det eneste soppmidlet som har en viss virkning mot aksfusariose (*Fusarium* spp.). Protiokonazol brukes imidlertid også mot en rekke andre sykdommer og i 2011 var Proline det mest brukte preparatet i korn (Aarstad & Bjørlo 2012, Mattilsynet 2012). Figur 6.6 viser omsetning (omsatt kg virksomt stoff pr. år) av alle soppmidler totalt og enkelte soppmidler brukt i korn. Mesteparten av soppmidlene brukes i andre vekster der potet utgjør det største bruksområdet.

I områder med mye *Fusarium*-angrep og havredyrking ser vi nå at en del havre sprøytes med protiokonazol. Ved et av kornmottaka i Solør-Odal ble arealene bak ca. 70 % av den leverte havren i 2010 sprøytet med Proline (Strand pers. med.). På grunn av store problemer med *Fusarium* spp. i havre de senere år, kan en forvente en fremtidig økning i andel av havrearealet som behandles med soppmidler.

Kun en liten del av kornarealet sprøytes med skadedyrmedler, og i 2011 med middels-mye sprøyting, ble ca. 4 % av havrearealet og ca. 27 % av vårhvetearealet sprøytet med skadedyrmedler (Aarstad & Bjørlo 2012). Vekstregulatorer blir oftest mest brukt i høsthvete, mens i 2011 ble 30 % av høsthvetearealet og 25-30 % av vårkornarealet behandlet med slike preparater (Aarstad & Bjørlo 2012).



**Figur 6.6.** Omsetning av alle soppmidler og enkelte soppmidler brukt i korn (trifloksystrobin, protriokonazol, cyprodinil og propikonazol) fra 1996 og fram til 2011. Kilde: Mattilsynet (Statens landbruksstilsyn 2001, Mattilsynet 2006, 2011 og 2012).

### 6.3 Økonomiske og politiske virkemidler

Det har blitt gitt tilskudd til å la åkeren overvintre i stubb siden 1989. I rapporten Jordbruk og miljø - Tilstand og utvikling i 2009 (Gundersen *et al.* 2009) går det fram at "Tiltak retta mot avrenning til vassdrag er eit prioritert område i Regionale miljøprogram. Det omfattar ei rekkje tiltak som fram til 2004 var del av den nasjonale ordninga med tilskot til endra jordarbeiding, og som frå 2005 er ført vidare i regionale miljøprogram. I Regionale miljøprogram vil tiltaka variere mellom fylka. Det betyr t.d. at kornareal i fylke utan tilskot til avrenningstiltak ikke kan bli klassifisert etter metodar for jordarbeiding." I mange fylker har det, i tillegg til å la åkeren ligge i stubb, i seinere år blitt gitt tilskudd til lett høstharving ved dyrking av høstkorn og vårkorn. Krav til % halmdekning varierer fra 25 til 30 %.

Effekten av disse tiltakene er tydelige (Bye *et al.* 2012). Fra 2000 til 2011 økte arealet som lå i stubb fra 37 % til 57 %. Av kornarealene var 78 % i erosjonsklasse 1 og 2 (lav og middels erosjonsrisiko). Mesteparten (71 %) av tilskuddsarealene i 2011 hadde liten til middels erosjonsrisiko, mens bare 29 % omfatta areal med stor eller svært stor erosjonsrisiko (erosjonsklasse 3 og 4). Dette kan i praksis bety at tilskuddsordningen bidrar til at store arealer ligger i stubb uten at det gir vesentlig mindre erosjon (Bechmann *et al.* 2011). Her må vi likevel ta i betraktning at arealer i erosjonsklasse 2 som ligger i stubb i noen tilfeller kan bidra med vesentlige reduksjoner i erosjon og tilførsel av næringsstoffer i spesielt sårbare vassdrag.

Flere fylker gir gjennom Regionale miljøprogram dessuten tilskudd til ugrasharving for å redusere bruk av ugrassprøyting i korn- og oljevekster. De fleste fylkene har i den forbindelse satt krav om at arealet ikke skal sprøytes mot ugras i perioden mellom såing og høsting (Gundersen *et al.* 2009). Dette tiltaket påvirker altså ikke jordarbeidinga om høsten, men vil trolig kunne føre til økt behov for høstsprøyting. Ugrasharving er sannsynligvis mindre aktuelt ved redusert jordarbeiding siden ugrasharvinga ikke er så effektiv dersom såbedet er ujevnt, har mye halm og dersom det er større overvintrende ugras til stede. Tindene på en ugrasharv går så grunt og harvinga gjøres på et slikt tidspunkt at det trolig ikke fører til økt erosjonsrisiko eller tap av næringsstoff. Vi diskuterer ikke effekten av ugrasharving videre i denne rapporten.

## 7. Effekter av redusert jordarbeiding

---

### 7.1 Jordarbeiding, ugras i korn og bruk av ugrasmidler

#### 7.1.1 Virkning av jordarbeiding på ulike ugrasgrupper og plantedeler

Ugrasartene deles ofte inn i biologiske grupper avhengig av levetid, formeringsmåte og type rotsystem (for eksempel Korsmo *et al.* 1986). Sommerrettårige arter spirer mest på våren og forsommeren, produserer frø og dør samme år. Vinterrettårige arter kan også spire vår og forsommer og produsere frø samme år, men kan også spire på høsten, overvintre, og sette blomst og produsere frø året etter. Toårige arter kan spire som vinterrettårige, men trenger oftest en vinter for å initiere blomsterdannelse og produsere frø. Flerårig ugras, som normalt lever lenger enn to år, deles inn i to undergrupper - stedbundne arter (kalles også «engugras») og vandrende arter (kalles også «rotugras»). Flerårig stedbundne ugras formerer seg mest med frø, men kan i noen tilfeller, spesielt hvis rota deles opp, spres og oppformerer ved skuddskyting fra vegetative plantedeler. De vandrende ugrasene, spres ved frø som de fleste andre arter, men kan også formere seg med vegetative formeringsorganer som overjordiske stengelutløpere (krypsoleie (*Ranunculus repens*)), jordstengler/rhizomer (kveke (*Elytrigia repens*), hestehov (*Tussilago farfara*), åkersnelle (*Equisetum arvense*), stornesle (*Urtica dioica*)), formeringsrøtter (åkertistel (*Cirsium arvense*), åkerdylle (*Sonchus arvensis*)), knoller (åkersvinerot (*Stachys palustris*)) eller andre typer organer. Hva slags biologisk gruppe ugrasartene tilhører bestemmer mye hvordan de reagerer på jordarbeiding.

Jordarbeiding begraver frø og plantedeler som ligger på overflata, i ulik grad. Samtidig stimuleres andre frø til å spire ved lysimpulser, bedret oksygentilgang og endring i andre forhold som fremmer bryting av frøhvile og spiring (Håkansson 2003, Vleeshouwers & Kropff 2000). Om spirene når jordoverflata og blir til nye ugrasplanter avhenger av blant annet ugrasart og jorddyptet frøet spirer fra. Arter med store frø spirer som regel fra større dyp enn småfrøa arter. Dyp nedgraving ved pløying reduserer spiringa til de ulike artene i varierende grad, men uansett art vil spirene sjelden nå jordoverflata. Dyp nedgraving fører til at frøene går inn i frøhvile slik at de ikke spirer selv om forholdene ellers er gunstige. Det vil da kreves visse forhold for å bryte frøhvilen. Frøhvile og ugunstige forhold for spiring gjør at frøene kan leve mange år i jorda. Pløying fører til at frøgraset ofte bare har en generasjon på to år. Der det ikke blir pløyd er det normale en generasjon per år. Dette er en av grunnene til at resistensutvikling oftere skjer ved redusert jordarbeiding enn der det blir pløyd når ugrasmiddelbruken ellers er den samme (se Kap. 7.1.5). Den andre grunnen er at et større antall frø ligger så grunt at det spirer fram flere planter. En større variasjonsbredde blir eksponert og et større antall per generasjon av individ som er resistente eller har økt toleranse vil få mulighet til å produsere frø.

Uten jordarbeiding om høsten vil overvintrende ugras få mulighet til uforstyrret å vokse og overvintre til neste år. Harving fører til en viss reduksjon av overvintrende ugras pga. at plantedeler kuttes opp og blir begravd. Harving kan også føre til omplanting av overvintrende arter, som bare gir en viss forsinkning i veksten. Eksempel på slike ugras er balderbrå (*Tripleurospermum inodorum*) og tunrapp (*Poa annua*). Kveke som har et omfattende rhizomsystem som kuttes opp ved harving, vil spire fra rhizombiter. Bare ved gjentatt harving kombinert med dyp pløying, vil kvekemengden bli redusert. Pløying fører til mer begravning av overvintrende ugras og lite omplanting, og har bedre effekt på overvintrende ugras enn harving.

Effekt av jordarbeiding på ugras som spirer fra frø avhenger også av tilførselen av frø, dvs. hvor effektiv ugrasbekjempingen er i vekstsesongen før ugraset rekker å sette frø. Dersom frøproduksjon forhindres fører harving til mindre oppspiring enn pløying pga. lite tilførsel av frø fra dypere lag. Frøbanken i dypere lag vil derimot være mer stabil når den ikke utsettes for jordarbeiding. Forsøk har vist at ca. 40 % av frøa i dypere jordlag overlevde etter 6 år ved plogfri jordarbeiding, sett i forhold til antall levedyktige frø ved oppstart av forsøket (Tørresen & Skuterud 2002b). Direktesåing/ingen jordarbeiding vil i enda mindre grad stimulere frø i dypere/grunnere jordlag til å spire, men frø av arter som spirer fra jordoverflata (for eksempel balderbrå) kan stimuleres. Ingen jordarbeiding om høsten kan føre til at ugraset får tid til å frø seg om høsten og derved føre til mer ugras. Eksempel på slike arter er stivdylle (*Sonchus asper*), balderbrå, tunrapp m.fl.

### 7.1.2 Ugrasutvikling ved ulik jordarbeiding til vårkorn

Hvordan ugraset utvikler seg ved ulik jordarbeiding avhenger av tilgang på effektive ugrasmidler og forhold under sprøyting og andre plantekultur tiltak. Dyp pløying er viktig for bekjemping av kveke - dette ble vist i et langvarig forsøk anlagt på leirjord så tidlig som i 1939 (Børresen & Njøs 1994), og på andre jordarter (Marti 1984, Ekeberg *et al.* 1985). Høstpløying er funnet å gi noe bedre kvekekontroll enn vårpløying i et forsøk på lettleire (Njøs & Ekeberg 1980). Storruteforsøk under mer praktiske forhold (Skuterud *et al.* 1996) og feltforsøk med og uten plantevernmidler (Tørresen & Skuterud 2002a, Tørresen *et al.* 2003) bekrefter dette og viser også at ugras som overvintrer som planter, dvs. vinterrettårige, toårige og flerårige arter øker når jordarbeidinga minker. For sommerrettårige arter varierer det med art hvordan de reagerer på jordarbeiding. En prinsipiell oversikt på bakgrunn av disse forsøkene, praktiske erfaringer og andre nordiske forsøk er vist i Tabell 7.1.

Mer konkret viste storskalafeltene fra 1990-tallet der bonden sprøytet "etter behov" (dvs. slik han ville gjort i praksis) at flerårige arter økte spesielt på kun vårharva ledd, sammenlikna med høstharva, vårpløyde og høstpløyde ledd (Skuterud *et al.* 1996). Vinterrettårige og toårige arter økte både ved vår- og høstharving i forhold til pløyde ledd (vår eller høst), mens sommerrettårige arter økte på vår- og høstharva ledd og vårpløyde ledd i forhold til høstpløyde og høstharva + vårpløyde ledd. Alt i alt viste disse forsøkene en betraktelig bedring av ugrassituasjonen på høstharva (nesten 40 % reduksjon av biomassen, mens antall planter kun ble redusert med 17 %) i forhold til vårharva ledd, og vårpløying var litt bedre (ca. 25 % reduksjon) sett i forhold til høstharving. Best effekt på ugraset hadde høstpløying (med valgfri stubbharving) med 28 % av ugrasmassen og ca. 35 % av antall ugrasplanter i forhold til kun vårharva. Enkeltartene reagerte svært forskjellig på jordarbeiding. Nyere langvarige forsøk viser også at ugraset øker med plogfri jordarbeiding (bl. a. Riley *et al.* 2005, Riley *et al.* 2009). To langvarige forsøk fra 1988/89 til 2001 i Trøndelag viser en økning av ugras som kveke, åkerdylle, åkertistel og tunrapp på plogfri jordarbeiding og det ble derfor sprøytet etter behov med glyfosat (i 10 av 13 år eller 8 av 12 år på upløyde ruter) og frøugrasssprøyting ble utført årlig (Riley *et al.* 2005). Riley *et al.* (2009) rapporterer fra fire langvarige (16-30 år) jordarbeidingsforsøk øst for Oslofjorden og konkluderer bl.a. med at avlinga kan opprettholdes dersom flerårige ugras sprøytes jevnlig med ugrasmidler.

**Tabell 7.1.** Effekt av jordarbeidingspraksis på mengde/risiko for utvikling (0, \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\* (max)) av viktige ugrasarter.

	Sommerettårige arter Varierer med art	Vinterettårige + toårige arter	Kveke	Tofrø-blada rotugras	Engugras
<b>Høstpløying</b>	***	*	*	**	0
<b>Vårpløying</b>	***	*	*(*)	*(*)	0
<b>Lett høstharving<sup>1)</sup></b>	****	**	***	***	*
<b>Vårharving</b>	****	***	****	****	**
<b>Direktesåing</b>	**(*)	****	****	****	****
<b>Ugrasarter<sup>2)</sup>:</b>					
<b>Øker v/minkende jordarb.</b>	Spill-havre Stivdylle Linbendel Klengemaure	Balderbrå Tunrapp Knereverumpe Vassarve Gjetertaske Rødtvetann Åkerminneblom Åkersvineblom	<b>Flerårig vandrende:</b> Kveke Storkvein	Åkertistel Åkerdylle Åkersvinerot	<b>Flerårig stedbunde:</b> Rødkløver Timotei Løvetann Markrapp Burot
<b>Reduseres v/minkende jordarb.</b>	Meldestokk Då-arter (+ v/vårpløying) Åkerstemorsblom				

<sup>1)</sup> Tilskuddsordningen til lett høstharving forutsetter min. 25 eller 30 % halmdekke

<sup>2)</sup> Botanisk navn på ugrasartene:

Sommerettårige arter: Meldestokk (*Chenopodium album*), då-arter (*Galeopsis* spp.), åkerstemorsblom (*Viola arvensis*), spillfrø av havre (*Avena sativa*), stivdylle (*Sonchus asper*), linbendel (*Spergula arvensis*), klengemaure (*Galium aparine*)

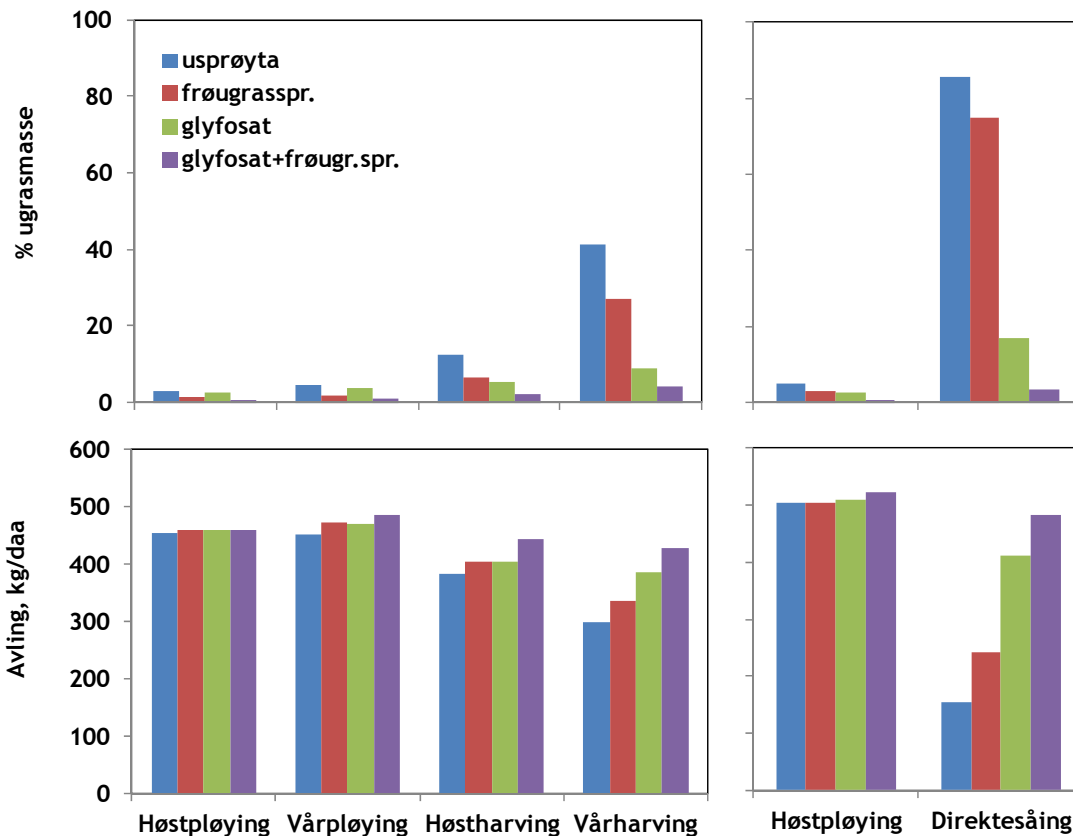
Vinterettårige/toårige arter: Balderbrå (*Tripleurospermum inodorum*), tunrapp (*Poa annua*), knereverumpe (*Alopecurus geniculatus*), vassarve (*Stellaria media*), gjetertaske (*Capsella bursa-pastoris*), rødtvetann (*Lamium purpureum*), åkerminneblom (*Myosotis arvensis*), åkersvineblom (*Senecio vulgaris*)

Flerårige vandrende arter: Kveke (*Elytrigia repens*), storkvein (*Agrostis gigantea*), åkertistel (*Cirsium arvense*), åkerdylle (*Sonchus arvensis*), åkersvinerot (*Stachys palustris*)

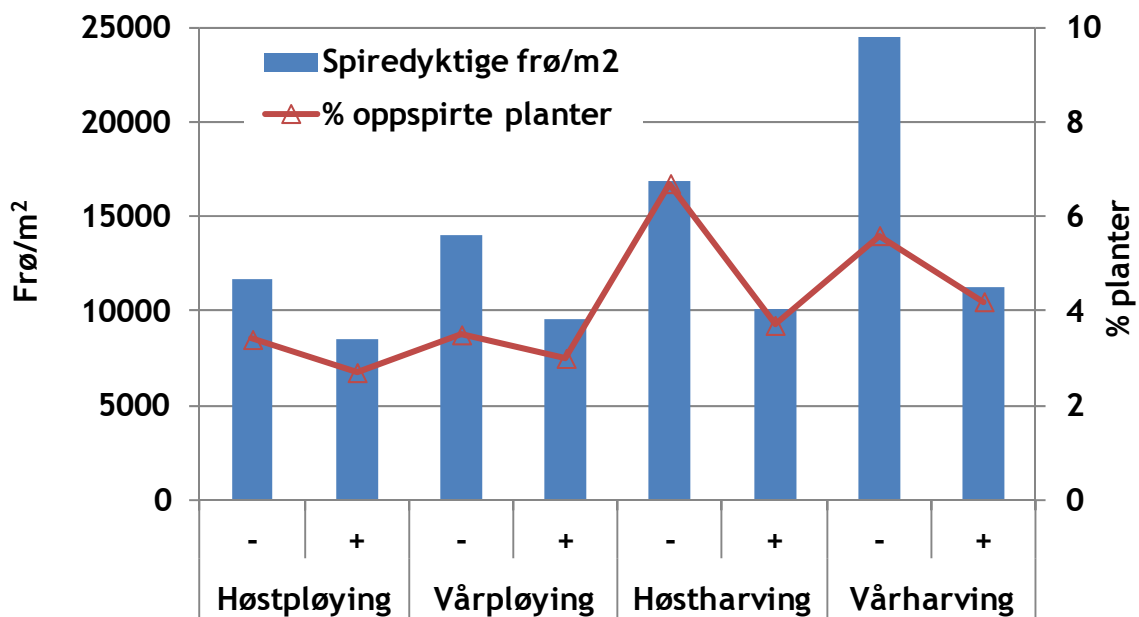
Engugras: rødkløver (*Trifolium pratense*), timotei (*Phleum pratense*), løvetann (*Taraxacum officinale*), markrapp (*Poa trivialis*), burot (*Artemisia vulgaris*)

Forsøk der jordarbeiding ble kombinert med ulike ugrasssprøyting, viste generelt en økning av antall ugrassplanter og biomasse av ugras med minkende jordarbeiding (Tørresen *et al.* 1999, Tørresen & Skuterud 2002a, Tørresen *et al.* 2003). De sommerettårige artene økte på harva ledd i forhold til pløyd ledd (liten forskjell på om harvinga ble gjort vår eller høst), mens vinterettårige +toårige og flerårige arter økte mer på vårharva enn på høstharva ledd, og enda mer på direktesådde ledd. Flerårige arter utgjorde en stor del av ugrassbiomassen på vårharva og direktesådde ledd, selv om antall planter var relativt få. I disse forsøkene var ugrassmengden på vårpløyd ledd betraktelig mindre enn på kun harva eller direktesådde ledd og kun marginalt høyere enn på høstpløyd ledd. På usprøytet ledd ble det svært lav avling etter hvert både på direktesådde ledd og vårharva ledd. Sprøyting med både glyfosat (1/2 kvekedose, 50 g glyfosat pr. daa) og frøugrasmidler (normaldose) gjorde at ugrassnivå på direktesådde ledd ble omtrent som på usprøytet høstpløyd ledd og avlinga ble opprettholdt (Figur 7.1). Med minimal tilførsel av nye frø i disse langvarige forsøkene med sprøyting med normaldose av frøugrasmidler holdt frøbanken seg omtrent konstant i forhold til høstpløyd ledd (Figur 7.2, Tørresen 2003). Uten frøugrasssprøyting

økte tilførselen av nye frø mer ved minkende jordarbeiding med tilsvarende økning i frøbanken som konsekvens. I disse forsøkene økte mengden oppspirte planter med minkende jordarbeiding, men det er til enhver tid kun en liten %-andel av frøbanken spirte. Dette viser at en har et stort reservoar av frø til seinere år.



**Figur 7.1.** Ugrasbiomasse (100 % =korn+ugras) før tresking og avling etter ulike ugrassprøyting og jordarbeiding i langvarige forsøksfelt 1993-1997/2000. Frøgrassprøyting: normaldose av et frøgrasmiddel. Glyfosat: 50 g glyfosat/daa (ca. ½ kvekedose). Ledd som ble høstpløyd, høstharvet eller vårpløyd ble i tillegg vårharvet før såing om våren. Gjennomsnitt over felt og år (n=25 (4 jordarbeidingsledd) og 14 (2 jordarbeidingsledd)). Figur fra Stenrød *et al.* 2007 (Omarbeidet etter Tørresen *et al.* (1999 og 2003)).



**Figur 7.2** Frøbanken om høsten (gj.snitt av registreringer 3 og 6 år etter oppstart av forsøk) og % oppspirte planter påfølgende vår i 3 felt med 4 ulike jordarbeidingsstrategier med og uten frøgrasssprøyting. Sum alle ugrasarter utenom flerårig vandrende ugras. Etter Tørresen (2003).

### 7.1.3 Ugrasutvikling ved ulike jordarbeiding til høstkorn

I høstkorn med høstpløying vil normalt mer vinterrettårige og toårige arter dominere i forhold til i vårkorn. Eksempler på arter i høstkorn er balderbrå, tunrapp og rødtvetann. Sommerrettårige arter blir mindre viktige enn i vårkorn, med noen unntak: åkerstemorsblom og klengemaure. Klengemaure, men ikke åkerstemorsblom, øker også med redusert jordarbeiding i vårkorn. For høstkorn har en ikke liknende norske forsøk som i vårkorn å støtte seg til, men på bakgrunn av biologisk kunnskap antar vi at dersom en reduserer på jordarbeidinga i høstkorn, vil trolig mange av de samme artene dominere som ved redusert jordarbeiding i vårkorn. Erfaring fra høstkorn er at det er vanskelig å drive med redusert jordarbeiding når det er mye ugras der, spesielt bekjemping av kveke er vanskelig (Bakkegard *et al.* 2007). Det blir ofte for kort tid mellom høsting, sprøyting og ny såing til å få god effekt.

Mange utenlandske studier av redusert jordarbeiding er gjort i høstkorn. Særlig i Europa med mer ensidig dyrking av høstkorn har en problemer med tunrapp og markrapp som oss, men også andre og mer aggressive grasugras enn de vi har som åkerreverumpe (*Alopecurus myosuroides*) og åkerkvein (*Apera spica-venti*). I Danmark regnes etablering av disse grasartene samt klengemaure som de største problemene ved redusert jordarbeiding (Melander *et al.* 2010). Disse artene fremmes av ensidig høsthvtedyking, frøene har kort levetid i jord og redusert jordarbeiding vil holde frøene i øverste lag hvor de kan spire ifra. Videre regner en med dårligere virkning av jordherbicer pga. mer innhold av organisk materiale i jorda og rask utvikling av resistens mot grasugrasmidler. I Storbritannia er åkerreverumpe så problematisk at noen stiller seg spørsmålet om en må slutte å dyrke høsthvete (Lutman & Moss 2010). Det blir anbefalt å veksle på å dyrke høstkorn og vårkorn for å bekjempe denne ugrasarten (Davies *et al.* 2006). Åkerkvein er mer knytta til lette jordarter og er problematisk i Danmark, Sør-Sverige og sentral-Europa (Melander *et al.* 2008 & 2010). Begge artene fins også i Sør-Sverige (Fogelfors, pers. med.) og ved et varmere klima og med mer høstkorndyrking og redusert jordarbeiding kan de trolig bli problematiske også i Norge. Danskene regner ikke flerårig ugras som kveke, åkertistel og



åkerdylle som et stort problem ved redusert jordarbeiding, siden de fortløpende bekjempes med kjemiske middel (Melander *et al.* 2010). I Norge skaper kveka et større problem for høstkorndyrkinga, men mot åkertistel og åkerdylle har en gode alternativer i høstkorn.

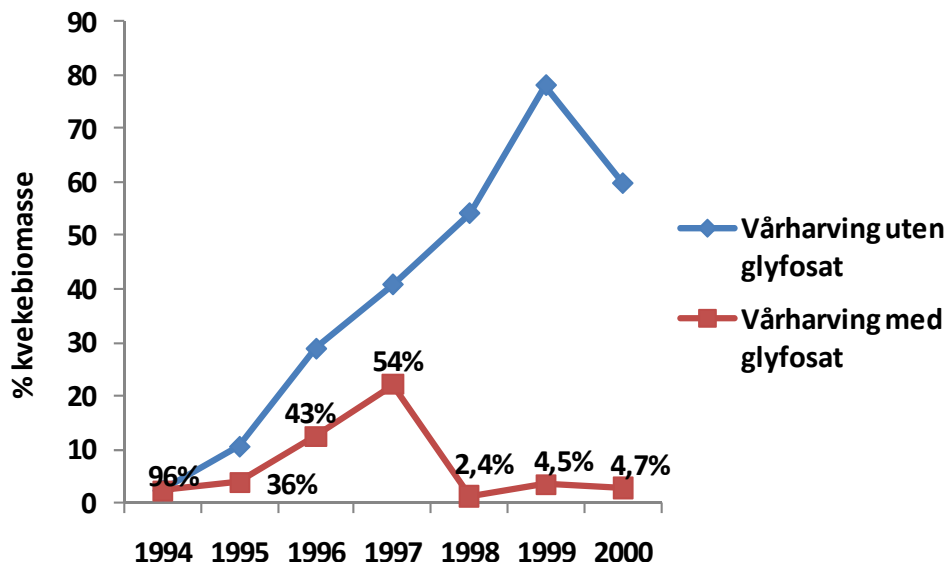
#### 7.1.4 Behov for og virkning av ugrassprøyting ved ulik jordarbeiding

Hvordan en lykkes med redusert jordarbeiding avhenger av ugrasmengde og tilgang på og virkning av ugrasmidlene. Ugraset kan bekjempes kjemisk med glyfosat (kveke, andre flerårige arter, overvintrende vinterettårige- og toårige arter, både gras- og tofrøblada arter), frøugrasmidler (en- og tofrøblada arter), og fenoksyryrer (tofrøblada rotugras).

For glyfosat anbefaler en ulik dose avhengig av ugrasart og delvis ut fra sprøytetidspunkt:

- Kveke - I moden byggåker 200-300 ml/daa, behandlingsfrist 7 dager
- Kveke - I stubben om høsten eller om våren:
  - 300-400 ml/daa ved store kvekemengder og ca. hvert 4-5. år når en pløyer
  - 150-200 ml/daa årlig ved redusert jordarbeiding og små mengder
- Overvintrende frøugras (tunrapp, balderbrå, knereverumpe, m.fl.) 150-200 ml/daa
- Tofrøblada rotugras 600-800 ml/daa (men ofte vel så gunstig med sprøyting med fenoksyryrer i vekstsesongen)

Sprøyting i moden åker eller i stubben om høsten gir ofte best resultat og mest langvarig virkning på kveka. Det er viktig at kveka har minst 3-4 blad for å få god effekt. Det vil si at det bør gå 3-4 uker etter høsting eller lett høstharving før en sprøyter. Det bør videre gå en viss tid fra sprøyting til jordarbeiding utføres for få god virkning - helst 14 dager om høsten (alternativt 7 dager) og 3-4 dager om våren. Sein høsting (Figur 7.3) eller høstkorndyrking gjør det derfor vanskelig med kvekebekjemping. Dette kan gjøre at en bør pløye eller sprøyte i moden bygg åker eller om våren før våronn. I eksempelet under ble det sprøytet med ½ kvekedose. Det er mulig kvekebekjempinga hadde blitt litt bedre med full dose.



**Figur 7.3** Eksempel på dårlig effekt av glyfosat på kveke (% kvekebiomasse i forhold til total plantemasse) etter høstsprøyting (høsten 1994-96) på et felt med sein høsting (oftest etter 1. september) på ledd med vårharving. Høsten 1997 ble det sprøytet i moden byggåker og om våren (1999-2000) med bra effekt. Prosent kveke på vårharva ledd med glyfosat i forhold til ledd uten glyfosat er markert i figuren. Omarbeidet etter Tørresen *et al.* (2003).

Før såing av høstkorn er problemet at det ofte ikke blir tid til kvekebekjemping om høsten. Alternativet er å bekjempe i forkulturen (i moden bygg med glyfosat, i potet eller grønnsaker med propakvizafor (Agil), sykloksydin (Focus Ultra), eller mekanisk bekjemping) eller stubbe høyt (for å få mye bladmasse av kveke å sprøyte på) og sprøyte like etter tresking. En annen mulighet er å sprøyte etter såing, men før oppspiring av høstkorn ved direktesåing. Dette er risikabelt, det er viktig at såfura er godt lukket, men metoden anbefales ikke på skarp sandjord og myrjord (Bakkegard *et al.* 2007).

Det er ikke nok med kun glyfosatsprøyting fordi ugraset spirer på nytt etter jordarbeiding i forbindelse med såing, derfor er frøgrasmidler også ofte nødvendige. Tofrøblada frøgras har en gode muligheter til å bekjempe kjemisk i vår- og høstkorn med mange preparater om våren/forsommeren. Ettfrøblada frøgras som tunrapp, markrapp og knereverumpe har en også muligheter til å bekjempe om våren med jodsulfuron + mesosulfuron (Atlantis) eller jodsulfuron (Hussar OD) eller alternativt om høsten med Atlantis eller prosulfokarb (Boxer). Disse grasugras-preparatene virker også på flere tofrøblada arter. Noen mener tunrapp er et problem, da Hussar i bygg virker for dårlig da maksdosen der er kun 7,5 ml/daa, mot 10 ml/daa i hvete og rug. Det er viktig å ikke sprøyte tunrapp for seint. Glyfosat om høsten har god effekt i doser på 100 ml/daa, men ny tunrapp som spirer etterpå bør bekjempe på annen måte. Forsøk i potter med tunrapp, knereverumpe, vassarve, balderbrå og haremat har tidligere vist at for å forhindre produksjon av spiredyktige frø er det viktig at glyfosatsprøyting utføres ved blomstring av ugraset, mens sprøyting 10 og 20 dager etter full blomstring hadde minimal effekt på antall spiredyktige frø (Semb & Skuterud 1996). Dette viser at sprøyting på frøgras i stubben bør gjøres så snart som mulig etter høsting, og kanskje er en da allerede for seint ute.

Mot tofrøblada rotugras er det best virkning av fenoksysyrer (MCPA, mekoprop-p) i vekstsesongen når kornet har ca. 5 blad og ugraset har store rosetter. Tidspunktet er viktig og sprøyting bør utføres seinere enn frøgrassprøytinga. Andre preparater kan også ha god effekt hvis det gjort på gunstig tidspunkt for eksempel tribenuron-metyl (Express, bl.a. finske resultater, H. Jalli, pers. med.). Glyfosat i moden byggåker har god effekt på åkertistel, men er kun tillatt mot kveke og takrør. Tofrøblada rotugras kan bekjempe med høye doser glyfosat, men arter som åkertistel og åkerdylle visner ned tidlig på høsten slik at effekten av glyfosat i stubben om høsten ikke er så bra mot disse artene.

### 7.1.5 Resistens mot ugrasmidler

Hypig bruk av preparater med samme virkemekanisme gir økt fare for utvikling av resistens (motstandsdyktighet) overfor ugrasmidlene. Vi har fått stor utbredelse av resistens mot frøgrasmidler av typen sulfonylurea (ALS-hemmere), og areal med redusert jordarbeiding er spesielt utsatt (Wærnhus & Netland 2010). Ved redusert jordarbeiding blandes frø i et grunnere jordlag enn ved pløying, det blir kortere omløpstid på frøene og dermed raskere utvikling av resistens.

Den utbredte bruken av glyfosat, og at en ikke har kjemiske alternativer kan også representere en fare. På verdensbasis er nå 24 arter resistente mot glyfosat og nylig er det bl.a. påvist glyfosatresistens i tunrapp i USA (Heap 2012). I USA er 11 ugrasarter resistente mot glyfosat. Svært ensidig bruk av glyfosat i store genmodifiserte kulturer som mais og soyabønne er mye av årsaken til dette. Det er mer fare for resistens mot glyfosat i frøgras ved redusert jordarbeiding enn i ugrasarter som formerer seg mest vegetativt. Men en bør likevel ha fokus på om for eksempel kveke utvikler resistens. Dette ble undersøkt i Norge for noen år tilbake og da viste ulike økotypen av kveke kun ulik toleranse overfor glyfosat (Tørresen & Skuterud 2004).

### *7.1.6 Hvordan redusere på behovet for ugrassprøyting ved mindre jordarbeiding?*

Tradisjonelt har det meste av jordarbeidinga i korndyrking blitt gjennomført om høsten. Jordarbeiding om høsten har en betydelig reduserende effekt særlig på flerårig ugras. Når en reduserer høstjordearbeidingen har dette bl.a. som konsekvens at forbruket av ugrasmiddel har økt. Det kan være flere måter å redusere behovet for ugrasmiddel ved redusert jordarbeiding om høsten.

*Reduserte doser.* En bør utnytte mulighetene for å redusere dosen etter ugrasarter og forhold rundt sprøyting. VIPS-Ugras er et beslutningsstøtteverktøy som kan brukes til dette og her inngår både frøugrasmidler, fenoksysyrer og glyfosat. I et nylig avsluttet prosjekt ble det for ulike ugrasarter undersøkt om dosen av glyfosat kan reduseres ved bestemte klimaforhold rundt sprøyting og dersom konkurranseevnen til kornet økes (ved å øke såmengden og så i to retninger (kryssåing)). Kveke bør sprøytes når den har minst 3-4 blad, mens frøugras som tunrapp og balderbrå bekjempes bedre jo mindre de er. Temperatur rundt sprøyting er også viktig og sprøyter en for seint blir effekten dårligere. Klarer en å sprøyte glyfosat optimalt mht. ugrasarter, utviklingsstadium til ugraset og ved høy temperatur kan en klare seg med lavere dose.

*Presisjonsprøyting.* Kornåkre med innslag av flerårig ugras (åkertistel, kveke, m. fl.) blir ofte sprøyta med fenoksysyrer på 5-bladstadiet eller med glyfosat like før høsting (bygg), eller etter høsting i stubben (øvrige kornarter). Ofte sprøytes da hele åkeren med samme dose, selv om ugraset er flekkvis fordelt (det er vanskelig å skjelne nyspirte spillfrø av korn fra kveke i stubb). Bioforsk Plantehele, DAT A/S og Adigo AS samarbeider om å utvikle en kamera- og bildeanalyseenhet som skal brukes til stedsspesifikk sprøyting mot frøugras i korn. Bioforsk Øst har over flere år arbeidet med bruk av fjernanalyse (observasjoner fra mikrofly og helikopter) for kartlegging av ulike egenskaper til kornplanter i vekst (gjødslingsbehov, avlings- og kvalitetsprognoser). Begge disse systemene vil med relativt enkle grep kunne modifiseres til å kartlegge flerårig ugras i moden åker. Digitale kart over ugrasfordelingen på enkeltskifter vil kunne brukes til stedsspesifikk sprøyting. Ugrassprøyting tilpasset det faktiske behov har et stort potensial for å redusere forbruket av midler mot flerårig ugras.

*Pløying om våren.* I Sverige anbefales det å pløye på våren isteden for høsten for å bekjempe åkertistel (Pedersen & Gustavsson 2003). Dette, sammen med brakking før pløying, er undersøkt i et nylig avsluttet prosjekt ved Bioforsk Plantehele for bekjemping av de flerårige artene kveke, åkertistel, åkerdylle og åkersvinerot. Foreløpige resultater viser at vårpløying gir bedre effekt på åkertistel og åkerdylle enn høstpløying, mens pløyetidspunkt ikke spiller noen rolle for bekjemping av kveke og åkersvinerot. I disse forsøkene ble vår- og høstpløying gjort til samme dyp. I tidligere jordarbeidingsforsøk ble det pløyd litt grunnere om våren enn om høsten, noe som trolig forklarer hvorfor vårpløying ga litt dårligere effekt på ugraset enn høstpløying. Om vårpløying egner seg vil bl.a. også være avhengig av jordart. Brakking før pløying ga i det nylig avsluttede prosjektet bedre effekt på kveke og åkersvinerot enn kun pløying, mens tidspunktet (høst eller vår) hadde liten betydning for effekten. Brakking om våren fører til forsinka våronn og gir som regel redusert avling og er derfor mindre aktuelt enn brakking om høsten. Brakking om høsten etterfulgt av pløying var lenge den tradisjonelle jordarbeidinga som bekjemper kveke. Denne metoden gir mye jorderosjon og er derfor mindre aktuell.

*Øke kornets konkurranseevne.* Utenlandske forsøk viser at ensartet såmønster (smal radavstand slik at avstand mellom radene er lik avstand mellom frø i raden) og økt tetthet av vårhete kan øke vårhvetens konkurranseevne betydelig overfor ettårige ugras (Olsen *et al.* 2006). Upubliserte forsøk ved Bioforsk Plantehele fra 1970-tallet viser at å kombinere kryssåing og økt plantetetthet reduserte veksten til kveke med 65 % (Skuterud,

pers. med.). Foreløpige resultater i et nylig avsluttet prosjekt ved Bioforsk Plantehelset viser en mye mindre reduksjon spesielt hvis det ikke var pløyd (0-35 %) av kryssåing (+10 kg såkorn på tvers av normalt sådd med 20 kg såkorn pr. daa, eller 15 + 15 kg pr. daa i hver sin retning) på kveke og frøugras. Kryssåing betyr mer kjøring og tidsbruk noe som gjør det vanskelig i praksis.

*Utnyttelse av vekstskifte.* Utnyttelse av vekstskifte der korn inngår sammen med andre kulturer for å bekjempe ugras er lite undersøkt i Norge i konvensjonell dyrking. I utlandet som for eksempel Canada (Derksen *et al.* 1993) hevdes det at redusert jordarbeiding ikke fører til mer behov for ugrasbekjemping, men der var vekstskifte med andre kulturer enn korn praktisert. Trolig vil flerårige engvekster i vekstskiftet redusere på mengden av frøugras (Sjursen 2001), men i mindre grad flerårige ugras. Potet med andre muligheter for bekjemping av bl.a. kveke med radrensing og andre herbicider enn glyfosat vil trolig være med på å redusere på behovet for glyfosat i korn. I erter, oljevekster og flere andre tofrøblada kulturer har en alternative kvekemidler som kan brukes til å veksle på med bruk av glyfosat til bekjemping av kveke. Mulighetene for kjemisk bekjemping av tofrøblada ugras er derimot noe mer begrensa i disse kulturene, men i noen av disse kulturene kan en bruke mekanisk bekjemping. Vekster som krever en annen og relativt dyr maskinpark i tillegg til korn vil trolig sette en begrensning på omfanget av vekstskifte. Vekstskifte kun mellom kornarter kan ha noe betydning for ugraset da ulike kornarter har noe ulike konkurransevne overfor ugraset (Skuterud 1977) og litt forskjellige typer ugrasmidler godkjent. For eksempel er noen flere ugrasmidler godkjent i hvete enn i havre, mens vårhvete er mindre konkurransesterk mot ugraset enn havre og bygg. Bygg konkurrerer bedre tidligere i vekstsesongen, mens havre er en bedre konkurrent seinere. Danske forsøk viser av innslag av vårkorn i vekstskifte med mye høstkorn kan redusere forekomst av noen vinterrettårige grasarter (Melander *et al.* 2008).

*Integrert plantevern (IPM).* I integrert plantevern kombineres mange ulike forebyggende og direkte tiltak for å bekjempe ugraset. Det er viktig å kjenne biologien til ugrasartene og se på hele livssyklusen til ugraset i dyrkingssystemet. Dette bør tas hensyn til i utvikling av integrerte bekjempingssystemer. I EU skal alle bøndene innen 2014 ha tatt i bruk prinsippene for integrert plantevern (EU 2009). I Norge skal i følge Handlingsplan for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler (2010-2014) 50 % av bøndene ha tatt i bruk integrert plantevern i løpet av 2014 og 70 % av bøndene skal ha gode kunnskaper om integrert plantevern.

### 7.1.7 Kunnskapsmangel - ugras

Det er behov for mer kunnskap om ugrasutvikling og ugrasbekjemping ved redusert jordarbeiding i høstkorn under norske forhold. Spesielt trenger en å vite mer om bekjemping av kveke.

VIPS-Ugras kan brukes for å oppnå mer behovsprøvet sprøyting i vår og høstkorn. Men det er fortsatt behov for kunnskap på hvordan redusere (sprøyte etter behov) bruk av plantevernmidler avhengig av ugrasfloraen, værforhold, jordtype, vekstskifte, sort og såmåte. Det trolig et stort potensial i å redusere bruken av glyfosat ved fleksprøyting (presisjonssprøyting). Det er behov for å utarbeide og prøve ut ulike strategier for sprøyting og jordarbeiding (for eksempel reduserte doser, full dose ved behov, pløye ved behov). Det kan også tenkes at ulike nyere harver har ulike effekt på ugraset og dette bør undersøkes nærmere. En trenger mer kunnskap hvordan bekjempe ugras og opprettholde avlinga slik at miljøbelastningen blir minst mulig.

En trenger å vite mer hvordan forbygge resistens mot plantevernmidler. Dersom kveke blir resistent mot glyfosat, kan en, slik det ser ut i dag, si farvel til redusert jordarbeiding.

Betydning av reduserte doser for utvikling av ulike typer resistens må undersøkes, likeså omfanget av resistens mot frøgrasmidler og effekten av redusert jordarbeiding på utviklingen av resistens.

Det foreligger mye kunnskap om integrert plantevern allerede, men vi trenger mer forskning og utprøving av prinsipper for integrert plantevern i praksis, samt at kunnskapen må formidles til bøndene. En bør se ugrasbekjempingen i sammenheng med hele dyrkingssystemet: utvikling og bekjemping av andre skadegjørere, andre dyrkingstekniske tiltak som vekstskifte, sortsvalg, såtid, gjødsling, grøfting med mer.

Utnyttelse av vekstskifte og økologiske metoder trengs å undersøkes mer. Vekstskiftet i konvensjonell drift er ofte dårlig. Kanskje kan kunnskapen i økologisk landbruk utnyttes her. Vi har antatt i Norge at redusert jordarbeiding er vanskelig i økologisk drift fordi en ikke kan bruke plantevernmidler. I USA prøver en ut redusert jordarbeiding i deler av vekstskiftet i økologisk landbruk (Mohler, pers. med.). Kanskje kan en gjøre det samme i Norge. Peigné *et al.* (2007) har i en review artikkel tatt for seg om redusert jordarbeiding er mulig i økologisk dyrking og konkluderer med at valg av vekstskifte, veksling på jordarbeidingsdyp avhengig av kultur, og tiltak for å redusere pakking kan være en mulighet i økologisk landbruk. De mener også at tilnærminger på bruk av redusert jordarbeiding bl.a. med bruk av flerårige underkulturer, mekanisk bekjemping av underkulturen, veksling på jordarbeidinga og kontrollert kjøring krever ytterligere praktisk utprøving før en kan anbefale redusert jordarbeiding i økologisk dyrking. Å veksle på jordarbeidingsmetode kan gi mindre ugras enn kun en jordarbeidingstype år etter år (Kettler *et al.* 2000, Nakamoto *et al.* 2006).

Det bør også undersøkes hvor mye tidspunkt og type jordarbeiding har å si for klimagassutslipp - kan en vårpløye så kan en fortsatt gjøre mye med ugraset, men effekten av vårpløying på utslipp av klimagasser er ikke kjent. Det er også viktig å klargjøre hvor mye bruk av kjemiske ugrasmidler bidrar til utslipp av klimagasser. I Tyskland førte bruk av herbicider til i gjennomsnitt 4,4 % mer utslipp av CO<sub>2</sub> målt pr. arealenhet enn uten bruk av herbicider i dyrkingssystem med høstkorn. Men høyere avlinger førte til at CO<sub>2</sub> utslippet pr. kg korn ble redusert med 36,4 % (Deike *et al.* 2008). Her må selve produksjonen, transporten og effekten av selve bruken av herbicider på jorden tas hensyn til. Det bør utarbeides et klimagass-regnskap for ulike mekaniske og kjemiske ugrastiltak, både i konvensjonell og økologisk drift. Generelt er det viktig å lage scenarier for C-balanse der vekstskifte, sorter, såmåte/-mengde og direkte tiltak (biologisk bekjemping, brakking, radrensing, ugrasharving, flammning, kjemisk bekjemping osv.) blir trukket inn.

## 7.2 Jordarbeiding, kornsjukdommer, mykotoksiner og bruk av soppmidler

### 7.2.1 Planterester som smittekilde for kornsjukdommer

Hvorvidt, og i hvilken grad, sjukdommer vil angripe planter avhenger av om smitte (inokulum) er til stede, om det dyrkes en mottagelig vertplante og om lokale vær- og dyrkingsforhold er gunstige for utvikling av sjukdom. Jordarbeidingsmetode har betydning for mengde infiserte planterester på bakken (smittekilde).

Redusert eller ingen jordarbeiding medfører mye stubb og halmrester i øvre jordlag og oppå bakken. Mange sjukdommer i korn forårsakes av sopper som kan vokse og overleve i planterester (tabell 7.2) og en av de viktigste utfordringene med redusert jordarbeiding er derfor at infisert stubb og halm på bakken utgjør et "smittereservoar" (primærsmitte) som kan utvikle seg raskt og forårsake tidlige angrep i ny åker (Bailey 1996, Bockus & Shroyer 1998, Jordan & Hutcheon 2003, Davies *et al.* 2006). Det tar lenger tid for planterester å bli brutt ned når de blir liggende på overflata enn om de blir pløyd ned. Redusert jordarbeiding gir dermed plantepatogene sopper mulighet til å overleve og utvikle seg i en lenger periode enn ved pløying (Bailey & Duczek 1996, Bockus & Shroyer 1998, Fernandez *et al.* 1999). Pløying er en gammel velkjent metode for å forhindre at sjukdomsorganismer skal utvikles og spres (Sumner *et al.* 1981). Grundig jordarbeiding er et av de viktigste forebyggende tiltakene i integrert bekjempelse av plantesjukdommer (Krupinsky *et al.* 2002).

Tabell 7.2. Kornsjukdommer som er vanlig forekommende i Norge og som forårsakes av sopp som vokser og overlever på planterester og/eller i jord.

Kornart	Kornsjukdom	Sopp som forårsaker sjukdommene
<b>Alle</b>	Aksfusariose	<i>Fusarium</i> spp.
	Bipolaris-brunfleck	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
<b>Hvete</b>	Hvetebladprikk	<i>Septoria tritici</i>
	Hveteaksprikk	<i>Stagonospora nodorum</i>
	Hvetebrunfleck	<i>Drechslera tritici-repentis</i> (DTR)
	Hvetestripesjuke	<i>Cephalosporium graminis</i>
	Rotdreper	<i>Gäumannomyces graminis</i>
	Stråknækker	<i>Pseudocercospora herpotricoides</i>
<b>Bygg</b>	Byggbrunfleck	<i>Drechslera teres</i>
	Grå øyefleck	<i>Rhynchosporium secalis</i>
	Spraglefleck	<i>Ramularia collo-cygni</i>
<b>Havre</b>	Havrebrunfleck	<i>Drechslera avenae</i>
	Havrebladfleck	<i>Stagonospora avenae</i>

Nedbryting av plantemateriale påvirkes av værforhold, jordtype og jordegenskaper. Planteresters betydning som smittekilde for sjukdommer avhenger av både mengde og alder på planterestene, forekomst av ugrasmidler, temperatur og fuktighet under og mellom vekstsesongene (Fernandez *et al.* 1999). Regionale forhold og års-variasjoner vil også virke inn. Generelt kan en si at hyppig regn og høy luftfuktighet kombinert med temperaturer over 10-15 °C øker risikoen for oppformering av soppssmitte og utvikling av angrep på planter.

De ulike sjukdomsorganismenes biologi og sprednings-/overlevelsesmåter, samt hvor vertsspesifikke de er, har også betydning for hvor mye de påvirkes av jordarbeidingsmetoder. Sopper kan spres over korte avstander (noen cm) i en åker ved hjelp av hyfer og mycel (tråder og nettverk av soppceller) eller noen meter ved hjelp av sporer (ukjønna konidiesporer). Noen av soppene kan også spres over lengre avstander (km) med vind gjennom lufta ved hjelp av luftbårne sporer (kjønna askosporer). Ved fuktige forhold spres bladfleksjukdommer raskt oppover i bestandet med konidiesporer, og fra plante til plante, i flere omganger (sekundærsmitte) i løpet av vekstsesongen (Figur 7.7). Slike polysykliske sjukdommer vil kunne utvikle sterke angrep på relativt kort tid når forholdene for sopp utvikling er gode. Noen soppjukdommer, som blant annet aksfusariose, hveteaksprikk og hvetebladprikk utvikler i tillegg til konidiesporer, askosporer, som kan spres over lange avstander, og kan på den måten infisere planter over store områder.

Foruten å øke smittepresset, vil redusert eller ingen jordarbeiding påvirke lokale dyrkingsforhold i den enkelte åker. Mye stubb og halmrester i øvre jordlag og oppå bakken, kan medføre redusert jordtemperatur og økt jordfuktighet. Dette vil sammen med endringer i jordstruktur, innhold av organisk materiale osv, påvirke innhold av og aktivitet hos mikroorganismer og samspill mellom disse (Sturz *et al.* 1997). Sjukdommer som har vært mindre dominerende ved konvensjonell jordarbeiding, vil kunne blomstre opp ved redusert jordarbeiding.

Det er rapportert fra mange land at redusert jordarbeiding har ført til økte angrep av soppjukdommer i korn og dermed økt sprøyting med soppmidler. Det er også rapportert, blant annet fra relativt tørre områder, om tilfeller hvor redusert jordarbeiding ikke har gitt økte sjukdomsangrep (Schuh 1990, Sturz *et al.* 1997, Bailey & Duczek 1996, Davies *et al.* 2006).

I det følgende omtales effekter av redusert jordarbeiding på aksfusariose (*Fusarium*, inkl. mykotoksiner), bladfleksjukdommer i hvete og byggbrunfleck og grå øyefleck i bygg. Det er mot disse sjukdommene det først og fremst benyttes kjemiske plantevernmidler i Norge. Omtalene bygger delvis på norske studier der slike finnes, men er for øvrig basert på studier fra andre land.

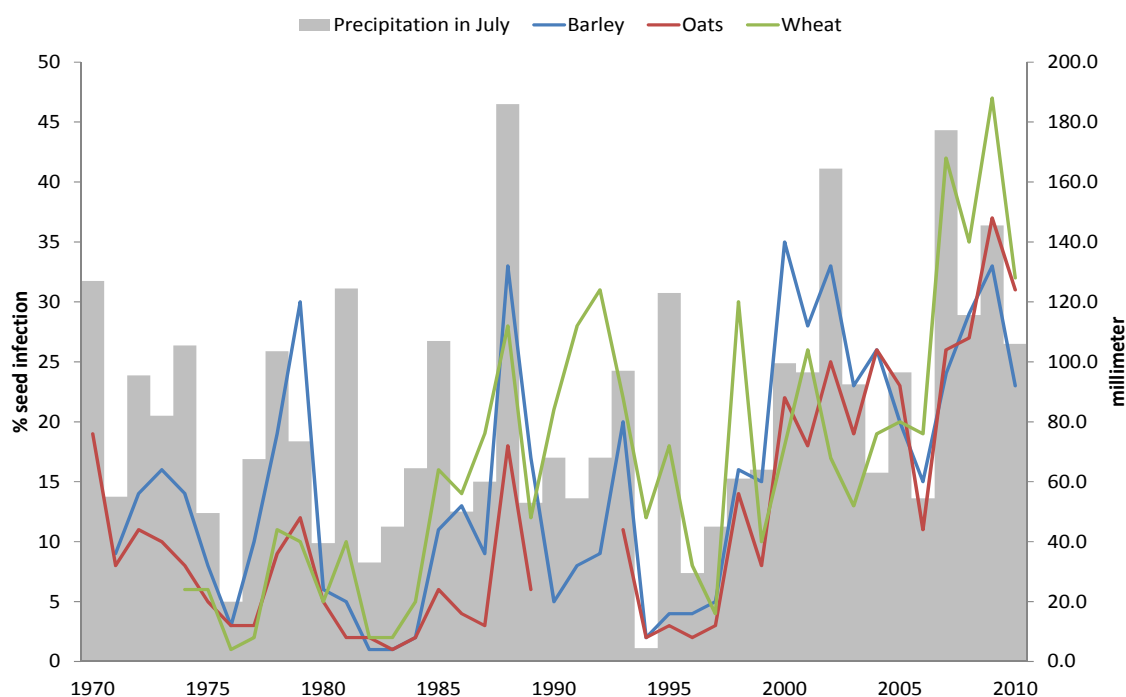
### 7.2.2 Effekt på *Fusarium* og mykotoksiner i korn

*Fusarium* er en stor soppsekt med mange arter som kan forårsake fusariose i akset på hvete og bygg (aksfusariose) og i risla i havre (bilde 7.1). *Fusarium* overlever på planterester, i jord og på såkorn/frø. Såkornsmitte anses ikke å ha særlig betydning når det er rikelig med smitte fra planterester. I tillegg til å redusere avlingsmengde, kvalitet og gi nedsatt spireevne, kan mange *Fusarium*-arter produsere en rekke forskjellige mykotoksiner (soppgifter) som kan være giftige for mennesker og dyr. *Fusarium*-infisert korn kan derfor være mindre egnet til mat og fôr. De seinere årene er det registrert økte og til dels høye forekomster av mykotoksiner (soppgifter) i korn i Norge og i mange andre land. Aksfusariose har derfor blitt en av de viktigste kornsjukdommene både i Norge og i de store korndyrkingsområdene i verden, blant annet i Europa og i Nord-Amerika. Det er særlig trichothecenene DON (deoxynivalenol) og T2/HT2 som har fått størst oppmerksomhet. Andre toksiner som er relativt vanlig er zearalenon (ZEA, østrogenhermer) og enniatiner.

I en sammenstilling av angrepsgrad av fusariose (*Fusarium/Microdochium*) i norsk såkorn gjennom 41 år (over 70 000 såkornpartier) framgår det at smittenivået har økt betydelig de siste 10-15 årene i forhold til tidligere (figur 7.4). Så godt som alle såkornpartier



**Bilde 7.1.** Angrep av *Fusarium* i havrerisler og i hvetearer, og oransje sporemasser av *Fusarium* i hvetearer. Foto: Jafar Razzaghian, Bioforsk.



**Figur 7.4.** Årlig gjennomsnittlig angrepsgrad av fusariose (*Fusarium/Microdochium*) på norsk såkorn av havre (rød linje), bygg (blå linje) og vårhvete (grønn linje), samt nedbør i juli (grå stolper) 1970 - 2010. Data mangler for bygg 1970, for havre 1990-1992 og for vårhvete 1970-1973 (Brodal *et al.* upublisert).

(sertifisert og egenavl) analyseres for smitte og angrepene er i stor grad representative for *Fusarium*-forekomster i norsk korn generelt.

Vekst og utvikling av *Fusarium* påvirkes av vær og dyrkingsforhold. Dersom det er smitte til stede vil fuktig og varmt vær, særlig i kornplantenes blomstringsperiode, gi økt risiko for angrep og utvikling av mykotoksiner (Kriss *et al.* 2010). Det antas at økt nedbør i vekstsesongen de siste 10 årene, særlig omkring vårkornets blomstring (juli) og utover i matingsperioden har vært en viktig medvirkende årsak til de økte angrepene i Norge (figur 7.4). I tillegg vil sein tresking som følge av fuktige forhold utover høsten øke risikoen for utvikling av *Fusarium* og mykotoksiner (bl.a. DON og ZEA).



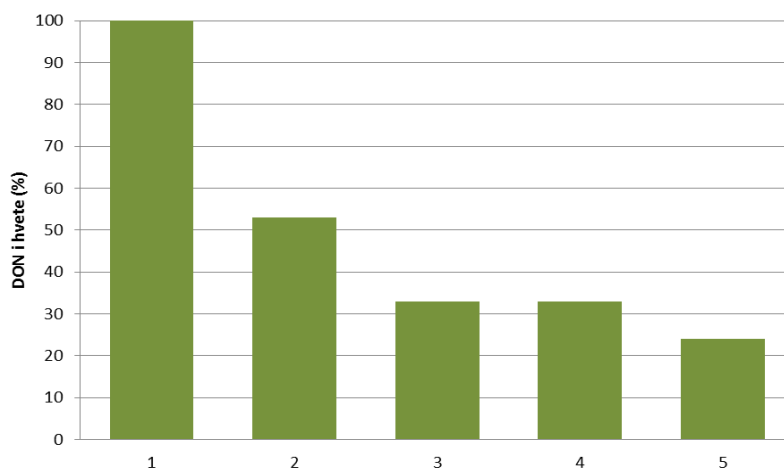
Samtidig med økte angrep av fusariose og økte forekomster av mykotoksinet DON i norsk korn (Hofgaard *et al.* 2010) er det observert økt utbredelse av *Fusarium*-arten *Fusarium graminearum* (Aamot *et al.* 2008). Det er denne arten som i hovedsak produserer DON. Økt utbredelse og betydning av *F. graminearum* er i seinere år også rapportert fra flere andre europeiske land (Xu *et al.* 2005, Chandelier *et al.* 2011, Nielsen *et al.* 2012). Det er i Norge registrert høyere temperaturer om våren de seinere årene, sammenliknet med gjennomsnittstemperaturer 20 år tilbake (Rafoss 2009). Det kan spekuleres i om dette har gitt *F. graminearum* bedre mulighet til å overleve og produsere smitte i norske kornåkre. *Fusarium langsethiae*, som er vanlig spesielt i havre, er viktigste produsent av mykotoksinerne T2 og HT2. Denne arten ser ut til å trives under noe tørrere værforhold (Edwards 2009). Vi har registrert at havre med lavt innhold av DON kan ha høyt innhold av T2/HT2 og omvendt, at havre med høyt innhold av DON vanligvis har lavt innhold av T2/HT2.

Parallelt med økt utbredelse av fusariose, inkludert *F. graminearum*, og økte forekomster av mykotoksinet DON i Norge, har kornarealet som har ligget i stubb over vinteren økt fra 37 % i år 2000 til omtrent 57 % i 2011 (figur 6.2, Bye *et al.* 2012). Redusert jordarbeiding i områder på Østlandet med ensidig korndyrking, med få muligheter for alternative vekster, vil nødvendigvis øke smittepresset av *Fusarium*. Henriksen (1999) viste i undersøkelser på 1990-tallet at redusert jordarbeiding i kombinasjon med ensidig korndyrking kunne føre til økte nivåer av *Fusarium*-smitte og dermed øke risikoen for aksfusariose og videre utvikling av mykotoksiner.

En rekke undersøkelser fra diverse land har vist at risikoen for angrep av aksfusariose og utvikling av mykotoksiner øker ved redusert jordarbeiding og dyrking av korn etter korn (Dill-Macky & Jones 2000; Champeil *et al.* 2004, Beyer *et al.* 2006, Guo *et al.* 2010). I USA advarte Wilcoxson *et al.* (1988) mot økning i aksfusariose og DON ved redusert jordarbeiding («conservation tillage»), noe som slo til for fullt i «upper Great Plains» i 1993 og etterfølgende år (McMullen *et al.* 1997). Sammenstilling av data fra en rekke studier viste at tydelig mindre DON-utvikling i hvete fra pløyde forsøksfelt i forhold til felt med redusert eller ingen jordarbeiding ved mais som forgrøde (Beyer *et al.* 2006; figur 7.5). Imidlertid er det også i enkelte tilfeller rapportert om lavere angrep av aksfusariose i direktesådd åker, i forhold til åker med redusert jordarbeiding (Fernandez *et al.* 2005).

*Fusarium graminearum* kan overleve i planterester av hvete i over to år (Pereyra *et al.* 2004), men utvikling av ascosporer er bare funnet i infiserte planterester på jordoverflata (Inch & Gilbert 2003). Fra Finland er det rapportert om økt risiko for toksinene T2 og HT2 ved ensidig havredyrking, kombinert med redusert jordarbeiding (Parikka *et al.* 2008). I England ble det påvist signifikant reduksjon av HT2+T2 i havre ved pløying og annen forgrøde enn korn, derimot ble det ikke funnet noen effekt av pløying på skifter med korn som forgrøde (Edwards 2009). Det er videre vist at flere *Fusarium*-arter kan overleve på planterester av en rekke tofrøbladede plantearter, inkludert ugras (Pereyra & Dill-Macky 2008, Guo *et al.* 2010, Landschoot *et al.* 2011). Vekstskifte vil derfor ikke nødvendigvis gi en god smittesanerende effekt og grundig jordarbeiding må kanskje til for å redusere smittepresset. Studier av Koch *et al.* (2006) indikerte at relativ betydning av jordarbeiding økte med økende smittepress.

Målrettet behandling mot *Fusarium* med «riktig» fungicid (pr. i dag kun protiokonazol), til riktig tidspunkt (blomstring) har vist seg å kunne halvere forekomsten av mykotoksinet DON i høsta korn (Elen *et al.* 2009, Beyer *et al.* 2006, figur 7.5). Derimot ser det ut til at protiokonazol ikke kan redusere utvikling av HT2 og T2 toksiner i havre (data fra Bioforsk, upublisert). Ved sprøyting med andre typer fungicider mot soppsjukdommer fram mot aksskyting er det rapportert om økt innhold av *Fusarium* (Henriksen & Elen 2005).



Forgrøde mais	+	+	-	+	+
Fungicid	-	+	-	-	-
Pløying	-	-	-	+	-
Moderat resistent sort	-	-	-	-	+

**Figur 7.5.** Relativt innhold av deoksynivalenol (DON) i hvete etter mais som forgrøde i forhold til hvete ved ulike dyrkingsforhold (+-fungicidbehandling (triazol), pløying vs. redusert/ingen jordarbeiding og sortsvalg). Et sammendrag av data fra 17 ulike publikasjoner (år 1985-2005). Tall hentet fra Beyer *et al.* 2006.

I dyrkingsveiledere utarbeidet i diverse land (bl.a. Sverige, Danmark, England, Canada) og i en egen veiledning for EU, omtales planterester oppå bakken som viktigste smittekilde for *Fusarium*, og pløying som et av de viktigste tiltakene for å redusere risiko for innhold av mykotoksiner i kornet. Det er nærliggende å forklare de økte forekomstene av *Fusarium* og mykotoksiner i Norge de seinere årene med økt smittepress fra planterester som følge av en økning i arealer med redusert jordarbeiding og ensidig korndyrking kombinert med værforhold som har fremmet utvikling av sjukdomsangrep.

Som nevnt i avsnitt 6.2 har forbruket av protriokonazol økt betydelig de siste årene. En viktig årsak til dette er behandling for å redusere angrep av *Fusarium* og utvikling av mykotoksiner, inkludert havre, som tidligere vanligvis ikke har blitt sprøytet med fungicider.

Økte forekomster av aksfusariose og DON i Canadisk hvete er satt i sammenheng med bruk av glyfosat (Fernandez *et al.* 2009). Det ble ikke funnet en slik sammenheng i en norsk undersøkelse for ca. 10 år siden (Henriksen & Elen 2005).

### 7.2.3 Risikovurdering av mykotoksiner

Ulike *Fusarium*-arter kan produsere en rekke ulike mykotoksiner. I en undersøkelse utført av Bioforsk Plantehelse i årene 2004-2009, ble innhold av 17 ulike mykotoksiner analysert i kornprøver (ca. 200 kornprøver av vårhvete og 300 av havre) innsamlet fra norske korndyrkere. Forekomst av mykotoksinet DON over  $45 \mu\text{g kg}^{-1}$  ble registrert i mer enn 90 % av kornprøvene. Dette mykotoksinet produseres av *Fusarium*-artene *F. graminearum* og *F. culmorum*. Generelt varierte innhold av DON i kornprøvene mellom ulike år, og det ble dessuten funnet variasjon i DON nivå mellom ulike lokaliteter. I vårhvete lå medianverdien for DON på rundt  $300 \mu\text{g kg}^{-1}$ , mens i havre ble det registrert en noe høyere medianverdi.

Konsentrasjoner av DON over 1 000 µg kg<sup>-1</sup> ble registrert i ca. 20 % av vårhveteprovne og i ca. 30 % av havreprovne. Enkelte havreprøver hadde et DON-innhold på over 10 000 µg per kilo. De fleste partiene av havre inneholdt dessuten mykotoksinene HT2 og T2. En konsentrasjon av HT2+T2 over 200 µg kg<sup>-1</sup> ble målt i mer enn 30 % av havreprovne, mens det knapt ble gjort funn av HT2+T2 i vårhvetete. Mykotoksinene HT2 og T2 produseres blant annet av soppartene *Fusarium langsethiae* og *Fusarium sporotrichioides*. Maksimalt innhold for HT2+T2 i en havreprøve ble registrert til å være nærmere 2 500 µg kg<sup>-1</sup>.

Inntak av mykotoksin-kontaminert korn kan blant annet føre til nedsatt immunforsvar, nedsatt vekst, diaré og oppkast (D'Mello *et al.* 1999). Korn fra *Fusarium*-angrepne planter kan derfor være uegnet til mat og fôr. Mattilsynet har (i henhold til EU's regelverk) fastsatt grenseverdier for innhold av enkelte *Fusarium*-toksiner i korn og kornprodukter til mat og fôr. Gjeldende grenseverdi for DON i ubearbeidet mathvete er 1250 µg kg<sup>-1</sup>, mens en grenseverdi på 1750 µg kg<sup>-1</sup> er fastsatt for ubearbeidet havre til mat. For mykotoksinene HT2 og T2 er det diskutert en grenseverdi på 1000 µg kg<sup>-1</sup> i ubearbeidet havre. Dersom alle kornprovne som ble analysert for mykotoksiner i undersøkelsen utført ved Bioforsk Plantehelse i perioden 2004-2009 skulle vært brukt til mat, ville gjeldende grenseverdier for DON vært overskredet i ca. 10 % av provne. Figur 7.6 viser medianverdier for innhold av DON i havre som er levert til kornmottakene fra 2011 (beregnet på kommunenivå). Siden det ikke er funnet noen sammenheng mellom innhold av mykotoksinene DON og HT2/T2 i havre, bør det vurderes om kornprøver av havre i tillegg skal analyseres for innhold av HT2/T2.

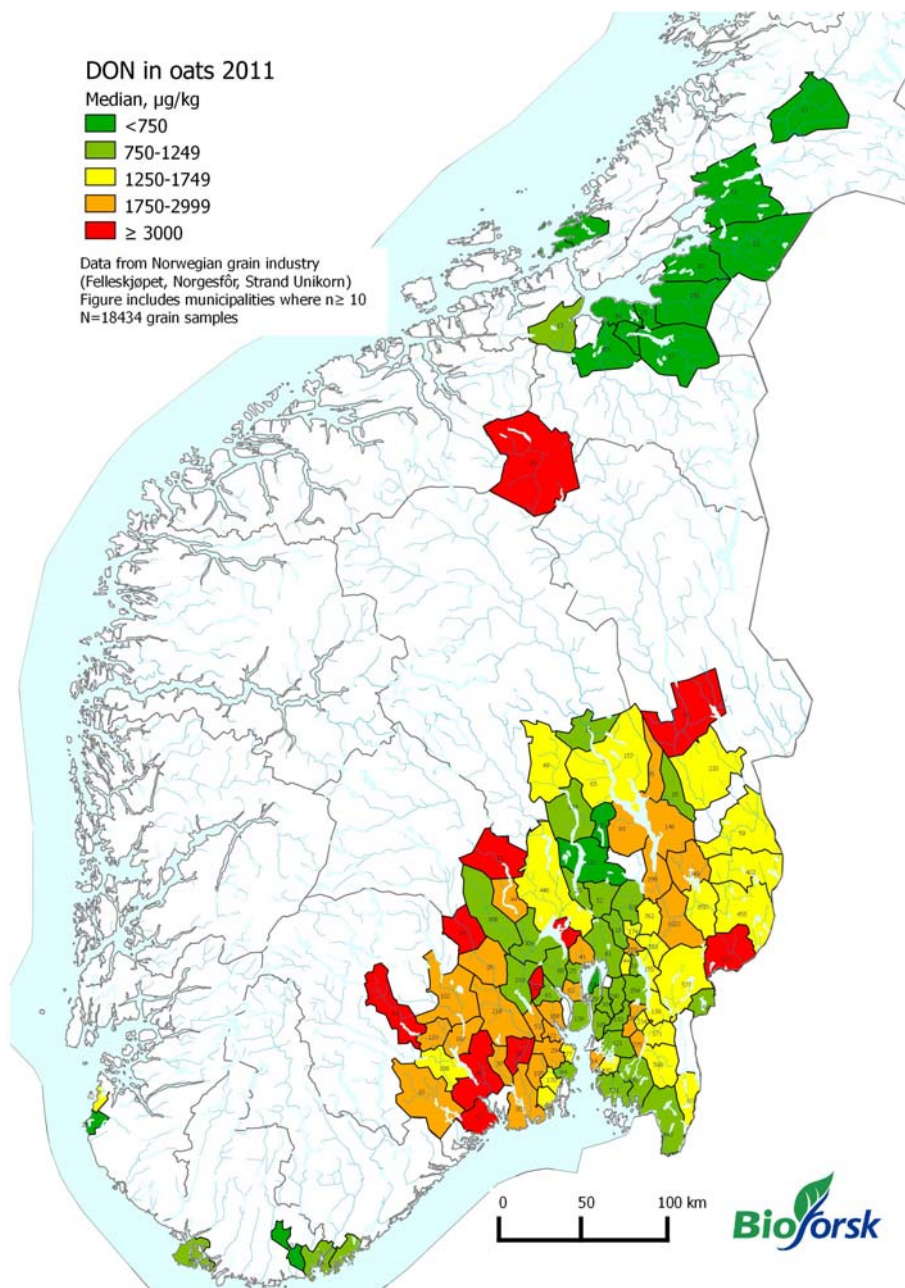
#### 7.2.4 Effekt på sjukdommer i hvete

I Norge er hveteaksprikk (forårsaket av *Stagonospora nodorum*) den vanligst forekommende sjukdommen i det som utgjør «bladfleksjukdoms-komplekset» i hvete. I tillegg finner vi hvetebladprikk (forårsaket av *Septoria tritici*), som er den mest utbredte i de fleste andre europeiske land, samt hvetebrunfleck (forårsaket av *Drechslera tritici-repentis*, også kalt DTR) som er vanlig i mange land. Hvetebladprikk er i gjennomsnitt over flere år registrert i ca. 30 % av åkrene på Sør-Østlandet og 15 % på Nord-Østlandet. Hvetebrunfleck (DTR) er mindre vanlig enn hvetebladprikk (Ficke, upublisert). I tillegg til å overleve i planterester og spres med sporer i den enkelte åker kan alle disse tre sjukdommene spres med sporer gjennom lufta.

Vi har ingen norske studier av bladfleksjukdommer i hvete i forbindelse med ulike typer jordarbeiding. Undersøkelser fra andre land har vist at redusert jordarbeiding kan ha ulik effekt på disse sjukdommene, men de fleste studiene har konkludert med at infiserte planterester på bakken er viktigste primære smittekilde, og at redusert jordarbeiding derfor kan forårsake vesentlig større angrep og avlingstap enn om planterestene pløyes ned (King *et al.* 1983, Bailey & Duczek 1996, Sturz *et al.* 1997, Suffert *et al.* 2011). Smitte av hvetebladprikk og hveteaksprikk kan overleve i to-tre år i uforstyrret stubb og halm og dermed utvikle sporer som kan spres både lokalt i den enkelte åker og med vindspredning gjennom lufta (figur 7.7).

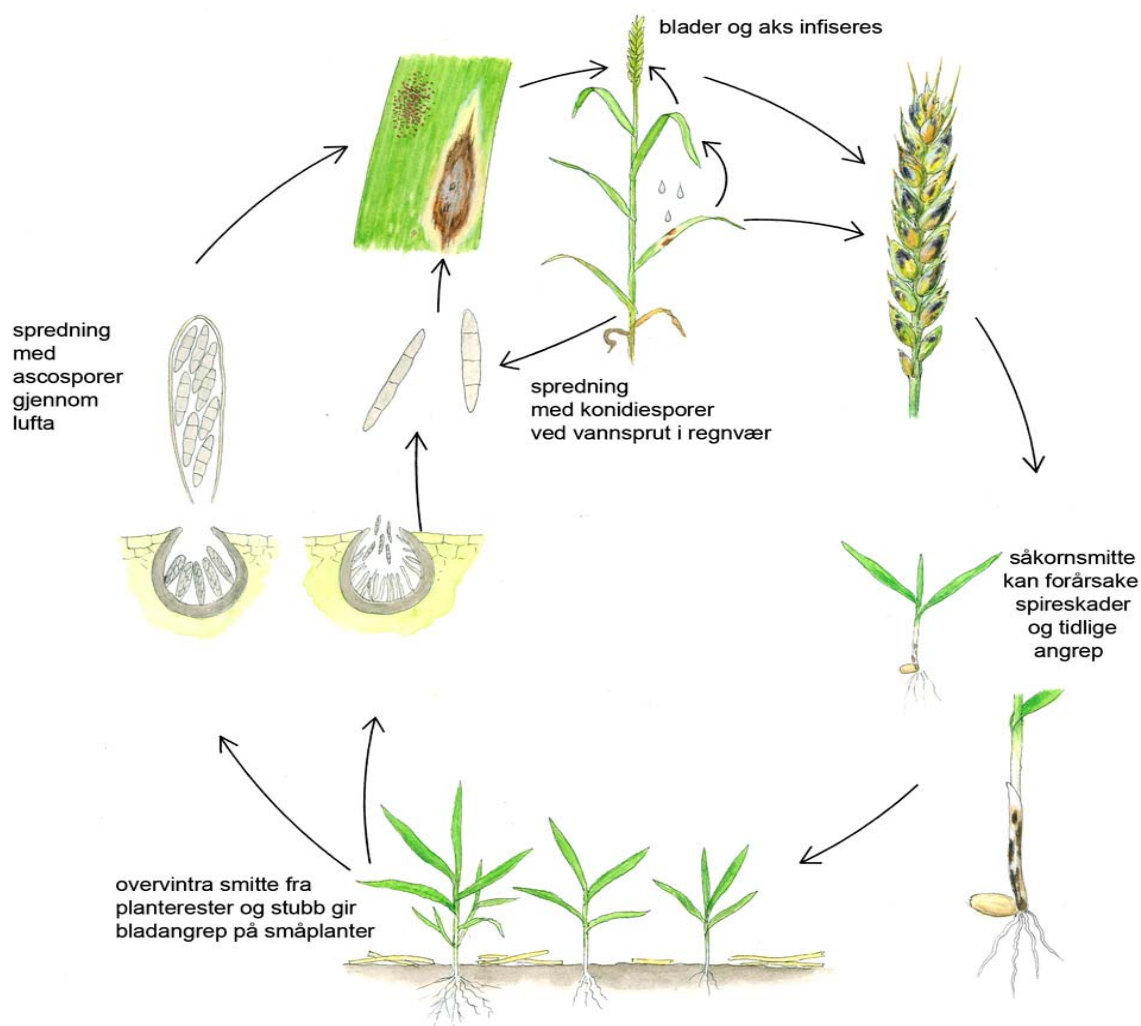
I en oversikts-artikkel om smittekilder for hvetebladprikk (Suffert *et al.* 2011) konkluderes med at sporer utvikla i planterester på bakken anses å være hovedsmittekilde. Det er også vist at infiserte halmrester oppå bakken kan forårsake angrep direkte på spirende hveteplanter (Holmes & Colhoun 1975).

Enkelte studier fra Canada har vist lavere eller uendra angrep av hveteaksprikk og hvetebladprikk ved redusert jordarbeiding sammenlignet med pløying (Fernandez *et al.* 1999, Gilbert & Woods 2001). Fra USA (Schuh 1990) ble det i en undersøkelse konkludert med at mengde planterester oppå bakken ikke hadde betydning for angrepsgrad av



**Figur 7.6.** Forekomst av deoksynivalenol (DON) i havre levert til kornmottakene høsten 2011. Kartet viser median DON verdi beregnet for havrepartier som er levert innen samme kommune. Figuren er utarbeidet av Berit Nordskog og Ingerd Hofgaard (Bioforsk).

hvetebbladprikk. Imidlertid mente Suffert *et al.* (2011) at vurdering av angrepsgrad i disse undersøkelsene hadde blitt gjort for seint i sesongen, og at forskjeller i angrepsgrad mellom pløyd og upløyd var blitt utjevnet i løpet av vekstsesongen. Flere og korte sekundære sykler av bladfleksjukdommer kan redusere den relative betydningen av mengde primærsmitte. Stover *et al.* (1996) fant effekt av pløying bare ved tidlige prøveuttak. Det betyr at smitte av bladfleksjukdommer fra planterester oppå bakken først og fremst vil sørge for tidlige angrep, og at fuktighet og nedbør vil være avgjørende for videre utvikling av angrepene. Videre kan sporespredning gjennom lufta fra andre åkre forårsake angrep og «ødelegge» effekten av pløying i den enkelte åker. Smittepresset vil øke med økte mengder infiserte planterester.



**Figur 7.7.** Livssyklus hveteaksprikk (forårsaket av *Stagonospora nodorum*). Tegning: Hermod Karlsen (fra Brodal *et al.* 2009).

Andre forklaringer på at redusert jordarbeiding ikke alltid resulterer i større sjukdomsangrep enn ved pløying, til tross for vesentlig større mengder planterester, kan være at soppene kan hemmes av stoffer som dannes i et tett lag av halm og stubb (Fernandes *et al.* 1999), eventuelt at sopp kan hemmes av glyfosat (Sharma *et al.* 1989).

Flere studier har vist at hvetebrunflekk (DTR) har økt som følge av redusert jordarbeiding og at begravning av planterester ved dyp pløying har gitt svært liten utvikling av hvetebrunflekk (Pfender *et al.* 1993, Summerell & Burgess 1989, Jalli *et al.* 2011). Det påpekes at infeksjonspotensialet har økt over år med økende mengder av planterester på bakken. Fra USA oppgis hvetebrunflekk som er et eksempel på en sykdom som var så godt som ukjent før redusert jordarbeiding ble utbredt (Bockus & Shroyer 1998). Videre nevnes at forekomst av DTR har økt betydelig etter at det ble slutt på halmbrenning samtidig med økt utbredelse av redusert jordarbeiding.

Når det gjelder rotdreper (forårsaket av *Gäumannomyces graminis*) viser noen studier at redusert jordarbeiding kan føre til økte angrep, mens andre har funnet mindre angrep sammenlignet med pløying. Rotdreper spres ikke med sporer, men lever som mycel i stubb, stråbasis og rester av røtter i jorda. Når infiserte planterester kommer i kontakt med nye planter vokser soppen direkte inn i røtter og stråbasis. Soppen overlever godt i fuktig jord,

særlig om den er kompakt og under et plantedekke (Bockus & Shroyer 1998). God jordstruktur som gir god rotutvikling nevnes som viktig for å redusere angrepene ved redusert jordarbeiding (Davies *et al.* 2006). Viktigste tiltak mot sjukdommen er imidlertid å unngå ensidig hvetedyrking.

Hvetestripesjue (forårsaket av *Cephalosporium graminearum*) er et annet eksempel på en sykdom som har gjort seg vesentlig mer gjeldende ved redusert jordarbeiding og ensidig hvetedyrking (Bockus & Shroyer 1998, Davies *et al.* 2006). Dyp pløying anses som mest effektive bekjempelsesmetode (Jordan & Hutcheon 2003). Videre er rotråtesjukdommer forårsaket av *Pythium* og *Rhizoctonia*, rapportert som mer skadelige ved redusert jordarbeiding enn ved pløying (Bockus & Shroyer 1998).

I en oppsummering av diverse undersøkelser i Canada ble det konkludert med at redusert jordarbeiding ofte ga mindre angrep av Bipolaris-brunfleck (*Bipolaris sorokiniana*) i hvete (Bailey & Duczek 1996), men at også dyp pløying kunne redusere angrepene. Dette indikerer at soppen overlever dårlig i planterester.

Resistens mot strobiluriner er dokumentert hos hvetebbladprikk (*S. tritici*) i mange Europeiske land (Fernandez-Ortuno *et al.* 2008), inkludert Norge (Ficke 2011). Norske undersøkelser viser dessuten at strobiluriner ikke lenger er så effektive mot hveteaksprikk (Ficke, upublisert). Det er også rapportert om strobilurin-resistens hos hvetebrunfleck (Patel *et al.* 2011). Utvikling av strobilurinresistens hos patogener som forårsaker bladflekksjukdommer, vil føre til økt forbruk av protiokonazol. Dette er også det eneste soppmiddelet som i dag er godkjent brukt til å bekjempe *Fusarium* spp. i korn. Utbredt bruk av ett preparat er svært risikabelt med tanke på resistensutvikling.

### 7.2.5 Effekt på sjukdommer i bygg

Byggbrunfleck (forårsaket av *Drechslera teres*) er en av de vanligste sjukdommene i bygg (Bilde 7.2) og smitte bygger seg opp ved ensidig byggyrking og redusert jordarbeiding. Flere utenlandske studier har vist mindre angrep og seinere utvikling av byggbrunfleck i områder som ble pløyd i forhold til direkteåing (Jordan & Allen 1984, Kutcher *et al.* 2011), mens i et forsøksfelt med redusert jordarbeiding i 1998 fant Elen (2003) at høstharving resulterte i mindre angrep av byggbrunfleck enn pløying og vårharving.



**Bilde 7.2.** Angrep av byggbrunfleck (til venstre) og grå øyeflekk (til høyre). Foto: Erling Fløistad.

Grå øyeflekk (forårsaket av *Rhynchosporium secalis*) er også vanlig i bygg (Bilde 7.2) og kan forårsake store avlingstap særlig i våte år.

I de nordiske landene har redusert jordarbeiding ved ensidig byggdyrking medført en økt forekomst av grå øyeflekk (Rasmussen 1984, Arvidsson 1998). I et prosjekt med redusert jordarbeiding på Østlandet i perioden 1994-2000, fant Elen (2003) at høstharving ga økt angrep av grå øyeflekk sammenliknet med vårharving og høst- og vårpløying. Ensidig dyrking av bygg ga en tydelig årviss økning i angrepsgrad av grå øyeflekk. Forsøkene viste en tydelig sjukdomsreduksjon etter pløying, noe som var forventet. Imidlertid var det interessant nok ingen forskjell på sjukdomsutvikling mellom vårharvede og pløyde ruter. Forklaringen kan være at planterester med grå øyeflekk som ligger på bakken er mer utsatt for vekslinger i oppfukting og opptørking enn planterester som blir nedmoldet ved høstharving. Under vekslende værforhold vil soppen sporulere etter hver oppfukting. Utenlandske undersøkelser tyder på at etter 5-8 slike sporuleringsperioder mister soppen evnen til å danne flere sporer (Polley 1971, Skoropad 1962). Når det under våre forhold blir lave temperaturer eller frost om høsten og vinteren, stopper alle prosesser og den nedmoldede soppen vil da ha et større sporuleringspotensiale om våren enn den soppen som befinner seg i planterester oppå bakken helt fram til vårharving. Når så de høstharvede rutene blir harvet om våren, blir en del av de nedmoldede planterestene ført tilbake til overflaten slik at soppen igjen kan sporulere og infisere de nye plantene.

Abrahamsen & Weiseth (1999), observerte dobbelt så mye grå øyeflekk i bygg ved harving i sammenliknet med pløying, imidlertid var det ikke forskjell i forekomst av grå øyeflekk i direktesådde og pløyde felt. Forsøk på Apelsvoll (Norge) viste dessuten at effekten av direktesåing på utvikling av grå øyeflekk kan variere mellom år (Elen 2003). Forklaringen kan også her være den at planterester oppå bakken kan miste evnen til å sporulere når våren kommer og at dette kan gi størst utslag dersom den foregående høsten har hatt mange episoder med oppfukting og opptørking.

### 7.2.6 Kunnskapsmangel - kornsjukdommer

Dersom trenden med varmere og fuktigere forhold under bestemte perioder av vekstsesongen fortsetter, vil *Fusarium* og mykotoksiner fortsette å være en reell trussel for både kvalitet og kvantiteten av norsk kornproduksjon. Det er registrert store variasjoner i innhold av mykotoksiner i korn mellom år. I tillegg er det innen samme år registrert store forskjeller i mykotoksinforekomster i korn fra ulike regioner og lokaliteter og fra ulike skifter innen lokalitet. Bioforsk sine varslings/ prognosemodeller for mykotoksiner (VIPS) har ikke kunnet fange opp variasjonen i forekomst av mykotoksiner på en tilfredsstillende måte. Det må arbeides videre for å avdekke hvordan regionale eller lokale forhold (slik som beliggenhet til elver/innsjøer, jordart, topografi), i tillegg til klimatiske og dyrkningsmessige forhold, påvirker forekomst av *Fusarium* og mykotoksiner.

I Norge er redusert jordarbeiding i fokus mest pga. miljøfordeler (mindre erosjon/ avrenning til vassdrag/ vannkvalitet), men også for å spare arbeid og energi. Det er mye som tyder på at økte forekomster av mykotoksiner i norsk korn har sammenheng med økt omfang av redusert jordarbeiding, fordi denne praksisen øker risikoen for vekst av *Fusarium*-sopper i planterester/stubb. Det bør undersøkes hvordan ulike behandlinger (kjemisk, mekanisk, biologisk) kan redusere forekomst av *Fusarium* spp. i planterester/stubb ved redusert jordarbeiding, inkludert hva overvintring i stubb, og vårpløying, kan bety.

Ved redusert jordarbeiding blir det ofte behandlet med glyfosat mot enkelte ugras. Noen studier har antydnet at behandling med glyfosat øker forekomst av *Fusarium*. Eventuelle

effekter av glyfosat på utvikling av *Fusarium* spp. og mykotoksiner i korn bør derfor undersøkes nærmere.

*Fusarium*-sopper kan vokse på planterester av mange ulike en- og tofrøbladede plantearter. Det er behov for å kartlegge hvilke plantearter som kan redusere risikoen for oppformering av *Fusarium*, slik at dette kan presenteres som en del av en integrert bekjempelsesstrategi.

Enkelte plantevernmidler kan redusere forekomst av *Fusarium* og DON i korn, mens andre ser ut til å gi økt risiko. Vi trenger mer kunnskap om hvordan ulike kjemiske og biologiske preparat kan påvirke utvikling av ulike *Fusarium*-arter og forekomst av mykotoksiner i korn. Særlig er det viktig å finne frem til preparater som kan redusere forekomst av mykotoksinene HT2 og T2 i havre, da vi per i dag ikke kjenner til noen behandling som kan redusere forekomst av *F. langsethiae* og HT2/T2 i havre.

Det anbefales at de ulike sidene av både dyrkingsform og jordarbeidingspraksis tas med i politiske og økonomiske føringer framover. Det synes å være aktuelt med en nyansering av virkemidler, eventuelt vurdering av ulike tiltak/strategier i ulike risiko-områder.

Effekten av redusert jordarbeiding på spredning og utvikling av plantesjukdommer vil variere med klimaforhold. Nedbryting av planterester og utvikling/spredning av bladfleksjukdommer som følge av redusert jordarbeiding under norske forhold må derfor undersøkes under værforhold som er typisk for vårt klima. Det er behov for bedre forståelse av faktorer som påvirker overlevelse og smitteproduksjon (nedbryting av planterester, organisk innhold i jorda, materiale, jordfukt/jordtemperatur, aktivitet og mengder av/samspill med jordmikroorganismer). Det er viktig å dokumentere eventuelle forskjeller mellom de tre bladfleksjukdommene i hvete med hensyn til spredningsmekanismer (ascosporer eller konidier), samt hva lokal smitte fra en enkelt åker betyr for angrep og sjukdomsutvikling, i forhold til langtransport av ascosporer gjennom lufta, inkludert betydning av tidlige angrep og behov for bekjempelsestiltak.

Vi trenger mer kunnskap om eventuell forekomst av ulike sopphekkende stoffer i halmrester, samt om ugrasmidler indirekte eller direkte påvirker utvikling av sjukdom. Videre trenger vi å finne alternativer for å forbedre nedbryting av halm under nordisk klima uten dyp pløying. Det er behov for langsiktige studier av hvordan bruk av ulike jordarbeidingsstrategier, vekstskifte og sortsresistens påvirker sykdomsutvikling og kornavling.

Forsøk har vist at det ikke nødvendigvis er jordarbeidingsmetode, men mengde planterester oppå bakken, som er avgjørende for hvor mye soppssmitte som etableres i en åker. Dette krever kunnskap om samspill mellom ulike sopparter og annen mikrobiell aktivitet i planterester oppå bakken og i øvre jordlag. Det er aktuelt å undersøke eventuelle effekter av organisk materiale mot sjukdomssmitte og ulike behandlinger (kjemiske eller biologiske preparat, oppkutting og innblanding av halm i jord, etc.) med formål å fremme nedbryting av planterester og/eller redusere vekst av sjukdomsfremkallende sopp i halm og stubb.

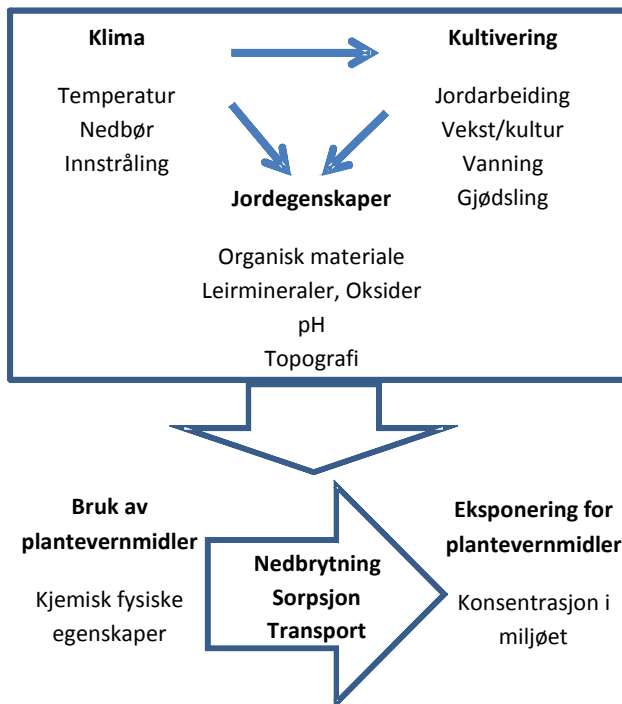
Med mer kunnskap om hvordan ulike jordarbeidingsmetoder påvirker smittepotensialet i halm og planterester, kan det være mulig å ivareta krav om erosjonsvern samtidig som en kan opprettholde høyt avlingsnivå og en god kvalitet på avlinga.



## 7.3 Jordarbeiding og plantevernmidlers skjebne i jord og vann

### 7.3.1 Innledning

Ved bruk av plantevernmidler vil eksponeringen (konsentrasjonen) i miljøet styres av tre parametere: binding, transport og nedbryting. Disse parametere påvirkes av faktorer som klima, jordtype, dyrkingsteknikk og plantevernmidlenes egenskaper. Sammenhengene mellom disse forholdene er illustrert i Figur 7.8. Noen av faktorene er utdypet under.



**Figur 7.8.** Oversikt over faktorer og parametere som påvirker eksponeringen av plantevernmidler.

#### Klimaets innvirkning

Tidspunkt og intensitet av nedbørepisoder i forhold til sprøytetidspunktet er av stor betydning for hvordan plantevernmidler transporteres i jord, og hvor stor risikoen er for utlekking til dypere jordlag og eventuelt til grunnvann (review av Flury 1996, Isensee & Sadeghi 1995, Isensee *et al.* 1990, Verecken 2005, Alletto *et al.* 2010). De største tapene skjer ved nedbør kort tid etter sprøyting. Lett initiell nedbør vil vaske plantevernmiddelet av jordoverflata, og kunne føre til både overflateavrenning (horisontal transport) og utlekking (vertikal transport). Ved nedbør på fuktig jord vil en større andel transporteres ned gjennom jordmatriks, noe som vil gi økt potensiale for binding av plantevernmidler til jordpartikler og redusert overflateavrenning (Shipitalo *et al.* 1990, Flury 1996)

Endra klimaforhold med mer ekstremvær med kraftige nedbørepisoder, frysing og tining av overflatejorda i løpet av vinteren vil kunne gi økt risiko for erosjon med tap av partikkelbundne plantevernmidler.

#### Kultivering

Eksisterende forskningsresultater gir ingen klare indikasjoner på hvordan ulike grader av jordarbeiding og behandlingen av vegetasjonsrester påvirker transport av plantevernmidler generelt. Vi vet imidlertid at pløying/harving har spesielt stor betydning for binding og transport av plantevernmidler med stor evne til å binde seg til jordpartikler. Det er fortsatt mest vanlig å høstpløye før harving og såing av høstkornet. Dette gir en overflate

som er sårbar for overflateavrenning ved nedbørepisoder etter såing. Ved nedbørepisoder med stor overflateavrenning er det risiko for store jordtap før plantedekke er etablert. Ustabile vintre med vekslende fryse- og tine episoder kombinert med regnvær kan gi stor overflateavrenning gjennom vinterperioden. Under slike forhold kan det bli stor erosjon på høstkornareal sammenlignet med stubbarealer til vårkorn (Grønsten *et al.* 2007).

Jordas vanninnhold i forhold til infiltrasjonskapasiteten er avgjørende for overflateavrenning (Isensee & Sadeghi 1993) slik at områder som vannes, i større grad er utsatt for overflateavrenning ved nedbør på samme måte som kort tid mellom hver nedbør-episode.

For å redusere overflateavrenning er det ønskelig at plantevernmidler i toppjordlaget, inkorporeres i dypere jordlag. En slik inkorporering vil derimot øke plantevernmidlenes persistens i profilet og øke risikoen for utlekking. Miljømessig er det ønskelig å bruke metoder som gir minst mulig erosjon, samtidig som bruken av plantevernmidler holdes på et moderat nivå. Reduserte jordarbeidingsystemer er ofte karakterisert av bedre jordstruktur med større og mer stabile aggregater enn jordarbeidingsystemer med pløying pga. høyere innhold av organisk materiale og større mikrobiell biomasse. Dette vil gi økt infiltrasjon av vann og redusere vann og sedimentbevegelse på jordoverflata og kan redusere overflateavrenning og erosjon opp til 90 % sammenlignet med konvensjonell jordarbeiding (Sims *et al.* 1994, Miao *et al.* 2004). Økt jordstrukturstabilitet og makroporøsitet, som sett i reduserte jordarbeidingsystemer (bl.a. Olsen & Børresen 1997, Børresen & Njøs 1993), kan øke transporten via foretrukne strømningsveier og makroporer, og dermed øke risikoen for utlekking av vannløselige plantevernmidler til drensvann og grunnvann. Ved pløying vil kontinuerlige makroporestrømningsveier brytes og derved tillate mindre vanngjennomstrømning fra toppjorda ned i jordprofilen og pløying er diskutert som et tiltak for å redusere transport av plantevernmidler på enkelte steder (Larsbo *et al.* 2009, Ulén *et al.* 2012). På hellende terreng kan derimot en grunn jordarbeiding være et passende tiltak for å redusere overflateerosjon og avrenning av partikkelbundne plantevernmidler.

### **Effekt av planterester på jordoverflaten**

Ved redusert/plogfri jordarbeiding vil halmrester akkumulere på jordoverflaten og kunne fange opp plantevernmidler - og da særskilt upolare (lite vannløselige) plantevernmidler - under sprøytingen. Planterestene kan dermed hindre at plantevernmidlene treffer jordoverflaten. Graden av slik oppfangning av sprøytevæske og tilbakeholdelse av plantevernmidler kan variere med type plantevernmiddel, planteart, vekststadium og kvaliteten på halmen. Enkelte plantevernmidler kan bindes opptil 10-60 ganger sterkere til planterester på jordoverflaten enn til jord (Alletto *et al.* 2010). Glyfosat bindes derimot betydelig svakere til planterester enn til jord (Accinelli *et al.* 2005). Sorpsjonen av plantevernmidler kan øke eller avta med økende grad av omdanning av planterestene, ettersom omdanningen fører til økt lignin/cellulose-forhold. Halmmengde og graden av inkorporering av halmrestene i toppjordlaget ved jordarbeiding vil derfor få stor betydning for persistens av ulike plantevernmidler i toppjordlaget samt for plantevernmiddelavrenningen fra feltet.

Ofte vil et regnskyll kort tid etter sprøyting skylle av plantevernmidlene som er bundet til halmrestene. Dersom dette vannet renner av feltet som overflateavrenning, kan plantevernmiddelkonsentrasjonen i vannet være temmelig høy (Mickelson *et al.* 2001). Dette er årsaken til at plantevernmiddelkonsentrasjonen i avrenningsvannet kort tid etter sprøyting fra arealer med redusert jordarbeiding ofte er høyere enn fra arealer som høstpløyes (Freese *et al.* 1993, Gaynor *et al.* 1995, Locke *et al.* 2008). Det totale tapet av plantevernmidler i løpet av sesongen kan imidlertid oppveies av mindre vanntap ved redusert jordarbeiding.

### Plantevernmidlenes egenskaper

*Sorpsjon* er en fellesbetegnelse på absorpsjon og adsorpsjon og er et uttrykk for binding av plantevernmidler til jordpartikler. Bindingsgraden avhenger av type plantevernmiddel, jordtype, jordstruktur, jordfuktighet og pH. Plantevernmidler generelt bindes godt til jord som har et høyt innhold av organisk materiale eller leirpartikler. Fordelingskoeffisienten  $K_d$  uttrykker plantevernmidlenes tilbøyelighet for å bindes til jord. Jo større verdi, jo sterkere binding.

Etter sprøyting er plantevernmidler utsatt for *nedbryting*. Plantevernmidler brytes ned av mikroorganismer, lys eller kjemiske prosesser (f.eks. hydrolyse). Nedbrytingshastigheten i jord uttrykkes med en halveringstid ( $DT_{50}$ ). Plantevernmidler med moderate til lange halveringstider (>21 dager) har generelt større risiko for utlekking og kan transporteres til vannkilder før de er brutt ned.

*Transport* av plantevernmidler etter sprøyting kan skje ved utlekking nedover i jordprofilen eller ved avrenning på jordoverflata. Plantevernmidlene kan transporteres både løst og bundet til jordpartikler.

Kjemisk-fysiske egenskaper ved plantevernmidlene er avgjørende for risikoen for avrenning ved redusert jordarbeiding i korn (tabell 7.3). Generelt er ugrasmidlene lett løselig i vann, bindes lite til jord, har kort nedbrytingstid i jord og har liten biokonsentreringsfaktor. Soppmidlene er lite løselig i vann og har lengre nedbrytingstid i jord, vann og sediment. Trifloksystrobin og protiokonazol har svært kort halveringstid i jord (< 2 dager), så her er det trolig metabolittene (trifloksystrobin-syren CGA321113 og protiokonazol-destio) som fungerer som det virksomme stoffet.

**Tabell 7.3.** Kjemisk fysiske egenskaper ved ugrasmidler og soppmidler som har risiko for økt bruk ved redusert jordarbeiding i korn (Footprint 2010).

Kjemisk klasse	Aktivt stoff	Vann-løselighet (mg/L)	$DT_{50}$ jord (dager) <sup>1)</sup>	$DT_{50}$ vann/sedim. (dager) <sup>1)</sup>	$K_d$ (mL/g) <sup>2)</sup>
<b>Ugrasmidler</b>					
glycine	glyfosat	10500	49	87	46
fenoksyryrer	MCPA	29390	24	17	0,94
	mekoprop-p	860	7	50	0,41
sulfonylurea	tribenuronmetyl	2040	14	26	1,1
	metsulfuronmetyl	2800	26	140	-
	tifensufuronmetyl	2240	4	24	0,74
	amidosulfuron	3070	17	91	0,34
	jodsulfuronmetyl	25000	2	19	-
<b>Soppmidler</b>					
strobiluriner	trifloksystrobin	0,6	2	2,4	168
	trifloksystrobin met;CGA321113	31	268	1700	9,59
	pikoksyrobin	3,1	24	56	13,3
	pyraklostrobin	1,9	62	28	145
triazoler	protiokonazol	300	0,8	2,2	44,2
	protiokonazol - destio		24		
	propikonazol	150	90	636	31,5
pyrimidin	cyprodinil	13	53	142	21
uklassifisert	fenpropidin	530	109	34	51,1
morfolin	fenpropimorf	4,3	20	38	

<sup>1)</sup>  $DT_{50}$  angir halveringstid ved 20 °C i lab. <sup>2)</sup>  $K_d$  angir binding i jord.

### 7.3.2 Forsvinningsbilde av ugrasmidler ved ulik jordarbeiding i korndyrking

**Sprøytetidspunktet** er av betydning for risikoen for utvasking av ugrasmidlene. Sprøytes det i tidsrom der en kan forvente hyppige nedbørsepisoder, vil risikoen for utvasking eller avrenning øke. Uavhengig av jordarbeidingsregimet sprøytes det noe tidligere med glyfosat i høstkorn enn ved vårkorndyrking (tabell 7.4). I høstkorn sprøytes det normalt i august/tidlig september mot kveke og frøugras før såing. I vårkorn sprøytes det med glyfosat i september-oktober (3-4 uker etter tresking) for å bekjempe rot- og frøugras. I vårkorn uten høstpløying er det også aktuelt å sprøyte med glyfosat tidlig i mai før såing.

I høstkorn sprøytes det i tillegg mot frøugras med ugrasmidler som fenoksysyrer (MCPA, mekoprop) og pyridiner (fluroksypyr, klopyralid) i mai, dvs. ved vekststart og fremover (tabell 7.4). I vårkorn sprøytes det med disse midlene normalt i slutten av mai/midten av juni, når kornplantene har 3-4 blad. I Norge dyrkes det mest vårkorn (Fig.6.2). Sprøyting mot tofrøblada rotugras med fenoksysyrer foretas noe seinere enn frøgrasssprøytinga. Lavdosemidler (sulfonylurea preparat, ALS-hemmere) brukes mye mot frøugras i både vår og høstkorn, men relativt uavhengig av jordarbeiding (ikke vist i tabell).

#### **Sprøytedosser (og sprøytehyppighet):**

Prosulfokarb (Boxer), fenoksysyrer (MCPA og mekoprop) og glyfosat sprøytes ut i største doser gram virksomt stoff per dekar (tabell 7.4; prosulfokarb > fenoksysyrer > glyfosat). Behovet for sprøyting mot rotugras øker ved redusert jordarbeiding. Dette betyr hovedsakelig et økt forbruk av glyfosat mot kveke og fenoksysyrer mot tofrøblada rotugras i vekstsesongen. Når det gjelder ugrasmidler er det først og fremst glyfosat brukt om høsten, 3-4 uker etter tresking, det vil være høyt forbruk av ved redusert jordarbeiding. Ved vårpløying vil det fortsatt være noe større behov enn ved høstpløying; anslagsvis sprøyting hvert 3-4 år ved vårpløying og hvert 4-5 år ved høstpløying. Ved redusert jordarbeiding er det behov for hyppigere/årlig sprøyting, men ofte kan redusert dose virke bra, spesielt mot overvintrende frøugras.

#### **Glyfosat**

Glyfosat er det mest brukte ugrasmiddelet i Norge med en årlig omsetning på omtrent 300 tonn i perioden 2007 - 2011 (Fig. 6.4, Mattilsynet 2012). Glyfosat har en rask initiell nedbryting i jord, men kan være persistent pga. at nedbrytningen etter kort tid går over i en langsommere fase (høy  $DT_{90}$ ). Forsøk viser at persistensen kan være enda større på våre breddegrader, ettersom nedbrytningen går langsommere ved lave jordtemperaturer, som vi har høst, vinter og vår her i Norge (Stenrød *et al.* 2007). Glyfosat er lett løselig i vann, men viser også sterk binding til jordpartikler og risikoen for (partikkelbundet) overflateavrenning er stor. Det er gjort en del undersøkelser av glyfosats skjebne i miljøet under nordiske klimaforhold. De observerte effektene kan i liten grad knyttes direkte til jordarbeiding, men viser en generell risiko for tap av glyfosat ved sprøyting om høsten under våre klimaforhold.

Vereecken (2005) konkluderer i en review-artikkel at utlekking av glyfosat er forbundet med transport i foretrukne strømningsveier/makroporestrømning forårsaket av kraftige nedbørsepisoder kort tid etter sprøyting på våt jord. Undersøkelser viser generelt ikke funn av glyfosat dypere enn én meter, men det er gjort funn av glyfosat i grunnvann i alle de skandinaviske landene. Det forventes ikke at glyfosat vil utgjøre noen større risiko for grunnvann i Norge, ettersom de viktige grunnvannsressursene er knyttet til andre jordtyper enn leirjord (Stenrød *et al.* 2007). Når det gjelder avrenning (via overflate og dren) er

**Tabell 7.4. Doser og sprøytetidspunkt for de viktigste ugrasmidlene brukt i vår- og høstkorndyrking med antatt økt bruk ved redusert jordarbeiding.** Fenoksyryter og pyridiner er ugrasmidler som dessuten benyttes som resistensbrytere for å redusere faren for resistensutvikling i ugras som ofte sprøytes med ALS-hemmere. Resistensbryterne kan brukes i tankblanding med ALS-preparater eller de kan brukes alene. Tiokarbamatet prosulfokarb benyttes kun i høstkorn. ALS-hemmere som brukes alene er ikke satt opp da bruken er antatt uavhengig av jordarbeiding.

Plantevernmiddel	Glyfosat			MCPA	Mekoprop-p	MCPA +fluroksypyr +klopyralid	Prosulfokarb	Fluroksypyr <sup>5</sup>	Fluroksypyr +florasulam	Mekoprop-p + tribenuron- metyl
	Resistensbrytere til ALS-preparater						Resistensbrytere i blanding med ALS-hemmere			
Benyttes mot	Kveke i moden byggåker	Kveke i stubben	Frøugras i stubben	Frøugras/ Tofrøblada rotugras	Frøugras/ Tofrøblada rotugras	Frøugras	Ett- og tofrøblada frøugras	Frøugras	frøugras	frøugras
Preparat eksempel	Glyfonova Pluss			MCPA 750	Duplosan Meko	Ariane S	Boxer	Starane 180	Starane XL	Granstar Power
Preparatdose /daa	200-300 ml	300-400 ml	100-200 ml	150-200 ml	250-350 ml	150-350 ml	200-300 ml	40 ml	80-120 ml	82 - 109 g
Gvs/daa (Gvs= gram virksomt stoff)	72-108	108-144	36-72	113-150	150-210	30-70 +6-14 + 3-7	160-240	7	8-12 + 0,2-0,3	60-80 + 0,8-1,1
VÅRKORN:										
Høstpløying	Aug/sept	Sept/okt	-	Slutten av mai-medio juni eller slutten av juni <sup>3</sup>	Slutten av mai-medio juni	Ikke godkjent i vårkorn	Slutten av mai-medio juni			
Lett høstharving	Aug/sept	Sept/okt <sup>1</sup>	September <sup>2</sup>							
Vårpløying		eller tidlig mai	eller tidlig mai							
Vårharving										
Direktesåing										
HØSTKORN:										
Høstpløying	August	Tidlig sept.	-	Tidlig i mai eller slutten av mai <sup>3</sup>	Tidlig i mai <sup>4</sup>	Ca. 1 okt.	Tidlig i mai <sup>4</sup>			
Lett høstharving			Tidlig sept.							
Direktesåing										

<sup>1</sup>Sprøyting i sept/okt er mest vanlig

<sup>2</sup>Ved vårpløying: normalt vil vårpløying bekjempe frøugras, men på høsten vet en ikke om en vil rekke å vårpløye, derfor kan noen også sprøyte mot frøugras på høsten selv om det vårpløyes

<sup>3</sup>Benyttes dersom tidligere frøgrasssprøyting med ALS-hemmere ikke virker + mot tofrøblada rotugras

<sup>4</sup>Krever relativt høy temperatur for å virke godt, kan derfor sprøytes noe seinere enn andre frøgrasmidler

<sup>5</sup>Brukes i blanding med et ALS-preparat som Express (tribenuron-metyl) eller Harmony Plus (tribenuron-metyl + tifensulfuron-metyl)

situasjonen mer dramatisk. JOVA-resultater viser at funn av glyfosat i overflatevann er nært knyttet til tidspunkt for bruk av glyfosat, og at det tapes betydelige mengder glyfosat ved store nedbørmengder om høsten. Glyfosat påvises i 89 % av alle vannprøver fra bekker og elver i Norge som blir analysert for glyfosat (Ludvigsen & Lode 2010). Det svenske overvåkingsprogrammet viser at glyfosat gjenfinnes i 50 til 100 % av alle prøver som tas av bekker og elver i jordbrukslandskapet (Kreuger *et al.* 2003 og 2004, Törnquist *et al.* 2005). Glyfosat bindes i mindre grad til halm enn til jord (Accinelli *et al.* 2005), noe som kan gi økt risiko for overflateavrenning av løst glyfosat etter sprøyting på jord med halmrester. Måling av binding til nordiske jordtyper viser at organisk jord binder glyfosat svakere enn mineraljord (Tiberg *et al.* 1998). Bindingen til organisk jord er likevel gradert som middels til høy. Generelt vil redusert jordarbeiding øke jordas infiltrasjonskapasitet i forhold til pløying, og det økte halmdekket og større aggregatstabilitet vil kunne bremse vannavrenningen (Aletto *et al.* 2009), men glyfosatkonsentrasjonen i vannet kan være av høy konsentrasjon, særskilt ved nedbør kort tid (inntil 14 dager) etter sprøyting.

Glyfosat kan tapes både i løst og partikulær form. Et feltforsøk utført på erosjonsutsatt, planert leirjord, viser at løst glyfosat tapes i betydelige mengder både gjennom drems- og overflateavrenning etter sprøyting (Stenrød *et al.* 2007). Harving resulterte i betydelige endringer i avrenningsmønsteret for glyfosat i forhold til arealer uten jordarbeiding. Konsentrasjonen av løst glyfosat minket markant i avrenningen fra arealene som ble høstharvet. På felt som ikke er jordarbeida vil glyfosat være konsentrert i de øvre millimeterne av jorda. I og med at mengden av glyfosat i løsnings er regulert ut fra forholdet mellom bundet og løst glyfosat, vil det være større risiko for utvasking av glyfosat fra et konsentrert overflatesjikt. Et halmdekke vil kunne bidra til svakere binding av glyfosat. Selv om disse småskalaforsøkene viste at jordarbeiding etter sprøyting reduserte tapene av glyfosat i løsnings, økte trolig tapene av partikkelbundet glyfosat pga. stort partikkeltap fra de høstharvede rutene. Pga. analysebegrensninger var det ikke mulig å måle partikkelbundet glyfosat, men beregninger indikerte at totaltapet av glyfosat var større for de høstharvede sammenlignet med rutene som ikke var høstharvet.

Svenske forsøk (Ulèn *et al.* 2012) har vist at både konvensjonell jordarbeiding og kalking reduserer utlekking av både løst og partikkelbundet glyfosat til dremsvann og glyfosat oppfører seg på samme måte som fosfat.

Det er imidlertid vist at glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA (i løsnings) kan lekke ut gjennom velstrukturert leirjord under nordiske klimaforhold, og dermed utgjøre en potensiell risiko for det akvatiske miljøet (Kjær *et al.* 2005). Videre framholdes det i litteraturen (bl.a. Vereecken 2005) at glyfosat hovedsakelig vil tapes ved transport med jordpartikler (mineralmateriale). Resultater fra overvåkingsfeltene i JOVA-programmet viser at bruk av glyfosat på jordtyper der det skjer tap av partikler (spesielt leirholdig jord), kan føre til betydelige tap av glyfosat til overflatevann. Disse tapene kan stamme fra både dremsvann og avrenning på overflata. Sprøyting med glyfosat i nedbørfeltene skjer i hovedsak i en avgrenset tidsperiode om høsten, men glyfosat påvises i overflatevann også i vintermånedene, om våren og på forsommeren. Resultatene viser at det forekommer en transport av glyfosat over en lengre tidsperiode etter sprøyting om høsten, og at glyfosat i denne perioden ikke er blitt helt brutt ned. Disse funnene kan derfor tyde på at det skjer en transport av glyfosat til elver og bekker gjennom hele året.

Ut fra en litteraturgjennomgang (Stenrød *et al.* 2007) framstår vårpløying som et godt jordarbeidingsalternativ for å ivareta både hensyn til erosjon og bruk og tap av plantevernmidler. Forsøk viser at denne jordarbeidingen i mange tilfeller gir om lag like god ugrasbekjemping og om lag samme avlingsnivå som høstpløying på egnede jordarter.

Dermed vil sprøytebehovet være mindre enn ved pløyefri dyrkning, samtidig som det vil redusere erosjonsrisikoen med ca. 90 % i forhold til høstpløyning. På jord med høyt leirinnhold kan imidlertid vårpløyning være ugunstig for avlinga.

### **Fenoksyryrer: MCPA**

Omsetningen av fenoksyryrer har minket de senere år (figur 6.4). Det er lagt restriksjoner på bruken fordi fenoksyryrer generelt er mobile, med funn av MCPA i 27 % av vannprøvene analysert i JOVA-programmet (Tabell 7.6). Med mer ALS-resistent frøgras som følge av utbredt bruk av lavdosemidler, vil forbruket av fenoksyryrer (MCPA, mekoprop-p) og pyridiner (fluoroksypr, klopyralid) måtte øke. Denne tendensen er allerede tydelig i de overvåkingsfeltene i JOVA-programmet som er dominert av kornproduksjon (Kilde: JOVA-databasen) og omsetningen fra 2011 (Mattilsynet 2012). Bruken av disse vil hovedsakelig skje i mai og juni (Tabell 7.4). Det er gjort få studier av effekter av ulik jordarbeiding på tap av denne typen plantevernmidler. Elliott *et al.* (2000) fant at jordarbeiding (harving) førte til betydelig mindre utlekking til dren av MCPA og 8 andre plantevernmidler sammenlignet med felt som ikke ble jordarbeidet. Denne effekten var størst for de plantevernmidlene som var mest vannløselige og viste minst sorpsjon til jord, slik som MCPA. Årsaken ble ansett å være at jordarbeidingen forstyrret makroporene og dermed de foretrukne strømningsveiene i jorda. Kenimer *et al.* (1987) fant økt overflateavrenning av 2,4-D ved høstpløyning. Dette støtter hypotesen om at redusert jordarbeiding vil trolig gi mer utlekking til dren/grunnvann, mens overflateavrenningen av fenoksyryrer som bindes svakt til jord vil minke avhengig av jordtype og hellingsforhold.

### **Andre viktige ugrasmidler**

Bruken av andre typer ugrasmidler enn de nevnte over antas å være like uavhengig av jordarbeidingsregime. Man kan dermed ikke oppnå en reduksjon i bruk, selv om optimale jordarbeidingsregimer innføres. En endring i jordarbeiding vil imidlertid endre forsvinningsbildet også for disse midlene. En viktig gruppe ugrasmidler er lavdosemidler (sulfonylurea-preparater/ALS-hemmere) som i dag brukes på nær 70 % av kornarealet i Norge (Aarstad & Bjørlo 2012). Disse midlene brukes i så lave doser (1-6 g/daa), at man har ansett risikoen for utlekking og avrenning for liten. Det kreves også kostbar instrumentering for å påvise stoffene i miljøprøver. Av disse grunnene er det på verdensbasis gjort få studier av transport av lavdosemidler fra kornfelt, og enda mindre av effekten av jordarbeiding på avrenning av lavdosemidler. I perioden 2007-2010 har Bioforsk i samarbeid med UMB, utført transportstudier av lavdosemidlene tribenuronmetyl og amidosulfuron i forsøksfelt i Ås (Almvik *et al.* 2011). Disse studiene viser at lavdosemidlene transporteres bort fra kornfelt med både overflatevann og drens vann. Studien viser også at lavdosemidlene kan være persistente, med rester i avrenningsvann ett år etter sprøyting. Effekter av jordtype og jordarbeiding er ikke undersøkt.

## ***7.3.3 Forsvinningsbilde av soppmidler og mykotoksiner ved ulik jordarbeiding i korndyrking***

### **Sprøytetidspunkt**

I havre og bygg kan det være behov for én gang sprøyting per sesong; i mai-juli (tabell 7.5). I vårhvete sprøytes det vanligvis en til to ganger per sesong; i juni/juli. I høsthvete sprøytes det vanligvis to ganger per sesong; i mai og juni. Ved frodig åker og mye organisk materiale på jordoverflaten (korn, spillkorn, ugras + dødt organisk materiale) kan det også sprøytes mot overvintringssopp om høsten. Det sprøytes altså mest i hvete, og særskilt ved dyrking av høsthvete.

**Tabell 7.5** Doser og sprøytetidspunkt for de viktigste soppmidlene brukt i vår- og høstkorndyrking ved ulike typer jordarbeiding.

Plantevernmiddel	Protiokonazol + Trifloksystrobin	Pyraklostrobin	Fenpropimorf +Pyraklostrobin	Cyprodinil + Pikoksystrobin	Protio-konazol	Cyprodinil +Propikonazol	Fenpropidin +Propikonazol
	Strobiluriner				Ikke-strobiluriner		
<b>Preparat eksempelp</b>	Delaro	Comet	Comet Plus	Acanto Prima	Proline	Stereo	Zenit
<b>Preparatdose /daa</b>	40-80 ml (bygg/havre) 50-100 ml (hvete)	50-100	150-200	80-150 g	40-80 ml	150 ml	50-100 ml
<b>Gvs./daa<sup>d</sup></b>	7-14 + 6-12 (bygg/havre) 8,8-17,5 +7,5-15 (hvete)	12-24	56-75 +15-20	24-45 + 6-12	10-20	37,5 + 9	22-44 + 6-12
<b>Sprøytes mot</b>	<i>Fusarium, Stagonospora, Septoria, Drechslera, Microdochium</i> (snømugg)	<i>Stagonospora, Drechslera Microdochium</i> (snømugg)	<i>Stagonospora, Drechslera</i> , mjøldogg	<i>Rhynchosporium, Drechslera, Ramularia, Microdochium</i> (snømugg)	<i>Fusarium, Stagonospora, Septoria, Drechslera</i>	<i>Stagonospora, Drechslera, Rhynchosporium</i>	Mjøldogg, <i>Rhynchosporium, Drechslera</i>
<b>VÅRKORN-HVETE<sup>a</sup></b>							
Høstpløying	Juli				Juli	Juni	
Lett høstharving	Juni+juli	Juni	Juni	Juni	Juni+juli	Juni	
Vårpløying	Juli				Juli	Juni	
Vårharving	Juni+juli	Juni	Juni	Juni	Juni+juli	Juni	
Direktesåing	Juni+juli	Juni	Juni	Juni	Juni+juli	Juni	Juni
<b>VÅRKORN - HAVRE<sup>b</sup></b>							
Høstpløying	Juli				Juli		
Lett høstharving	Juli				Juli		
Vårpløying	Juli				Juli		
Vårharving	Juli				Juli		
Direktesåing	Juli				Juli		
<b>VÅRKORN - BYGG<sup>b</sup></b>							
Høstpløying	Juni	Juni	Juni	Juni	Juni	Mai-juni	
Lett høstharving	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	
Vårpløying	Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	
Vårharving	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	
Direktesåing	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Mai/Juni	Juni
<b>HØSTKORN - HVETE<sup>c</sup></b>							
Høstpløying	Juni/okt				Juni	Mai+juni	
Lett høstharving	Mai+juni+okt	Mai+juni+okt	Mai+Juni	Mai+juni+okt	Mai+Juni	Mai+Juni	
Direktesåing	Mai+juni+okt	Mai+juni+okt	Mai+Juni	Mai+juni+okt	Mai+Juni	Mai+Juni	Mai+Juni

<sup>a</sup> Alle preparater brukes ikke i samme sesong, normalt én til to ganger sprøyting per sesong. Ved to ganger sprøyting benyttes et strobilurinpreparat én gang og et ikke-strobilurin andre gang (eller omvendt). <sup>b</sup> Alle preparater sprøytes ikke i samme sesong, normalt sprøyting kun én gang. Ikke-strobilurin benyttes annen hver gang. <sup>c</sup> Alle preparater sprøytes ikke i samme sesong, normalt to ganger sprøyting. Tre av preparatene kan brukes om høsten året før. Ved flere ganger sprøyting benyttes et ikke-strobilurin annen hver gang. <sup>d</sup> Gvs = gram virksomt stoff.



### **Om sprøytebehov med soppmidler ved redusert jordarbeiding**

Flere sopp sykdommer i korn antas å øke i omfang når andre jordarbeidingsmetoder enn høstpløying benyttes (kapittel 7.2). Akksfusariose kan bare bekjempes kjemisk med protikonazol (Proline og Delaro). Til bekjempelse av byggbrunfleck, samt grå øyefleck og hveteaksprikk kan alle preparatene i Tabell 7.5 benyttes. Hvetebbladprikk og hvetebrunfleck kan bekjempes med 4-5 av preparatene. Ettersom akksfusariose kan ramme alle kornartene, vil redusert jordarbeiding særskilt føre til økt bruk av protikonazol. En generell økning av de andre soppmidlene forventes også.

### **Sprøytedoser (og sprøytehyppighet):**

Fenpropimorf, cyprodinil og fenpropidin sprøytes ut i størst dose (som gram virksomt stoff) per dekar (tabell 7.5).

Bruksstatistikk i korn for 2011 samt omsetningsstatistikk for perioden 2007-2011 viser at 1) protikonazol 2) cyprodinil 3) propikonazol 4) trifloksystrobin og 5) pyraklostrobin er mest brukt/omsatt (Fig. 6.6, Aarstad & Bjørlo 2012, Mattilsynet 2012). Omsetningen av cyprodinil og propikonazol er nedadgående, mens omsetningen av trifloksystrobin, pyraklostrobin og protikonazol viser en økning i perioden 2007-2011. Proline (protikonazol) er det mest brukte soppmiddelet i alle kornarter i 2011 (Aarstad & Bjørlo 2012).

Blant soppmidlene i korn gjøres det i JOVA-programmet flest funn av trifloksystrobinmetabolitten CGA 321113, propikonazol og cyprodinil i jordbruksnære vannkilder. Protikonazol (Proline og Delaro) med metabolitten protikonazol destio er påvist etter at det ble tatt inn i søkespekteret for vannanalysene i JOVA i 2011. Fenpropidin (Zenit) ble også inkludert i søkespekteret i 2011, men er ikke påvist.

På bakgrunn av bruk, omsetning og funn i vannforekomster vil vi her fokusere på forsvinningsbilde av soppmidlene protikonazol, propikonazol, cyprodinil og trifloksystrobin.

### **Protikonazol og metabolitten M04 protikonazol-destio**

Protikonazol bindes sterkt til jord og brytes raskt ned ( $DT_{50}$  = 1-3 dager i felt) til metabolitten protikonazol-destio («M04»). Metabolitten kan være moderat persistent ( $DT_{50}$  i felt = 16-72 dager), men har lavt potensial for utlekking til grunnvann. Protikonazol er et relativt nytt stoff og det er gjort svært lite forskning på transport av stoffet. Vi kan ikke se at det eksisterer litteratur på effekten av redusert jordarbeiding på transport av protikonazol og/eller metabolitt.

### **Trifloksystrobin og metabolitten CGA321113**

Trifloksystrobin bindes sterkt til jord og i feltstudier har man ikke påvist utlekking av stoffet under 0-10 cm jorddyb. Trifloksystrobin viste en gjennomsnittlig halveringstid på 10 dager i feltforsøk utført i Tyskland (EC-rapport) og kan ha enda lengre halveringstid på våre breddegrader. Metabolitten har mye lengre halveringstid enn morstoffet, og er også mer mobilt. Ettersom stoffet bindes sterkt til jord er det en reell risiko for partikkelavrenning av trifloksystrobin. Data på transport av trifloksystrobin og metabolitten fra felt, særskilt hva gjelder overflateavrenning, er svært mangelfulle. Bioforsk utfører i perioden 2010-2013 feltforsøk på 4 ulike steder langs en nord-sørgradient i Norge for å måle nedbryting og utlekking av trifloksystrobin og metabolitten CGA321113. Vi kan ikke se at det eksisterer litteratur på effekten av redusert jordarbeiding på transport av trifloksystrobin og/eller metabolitt.

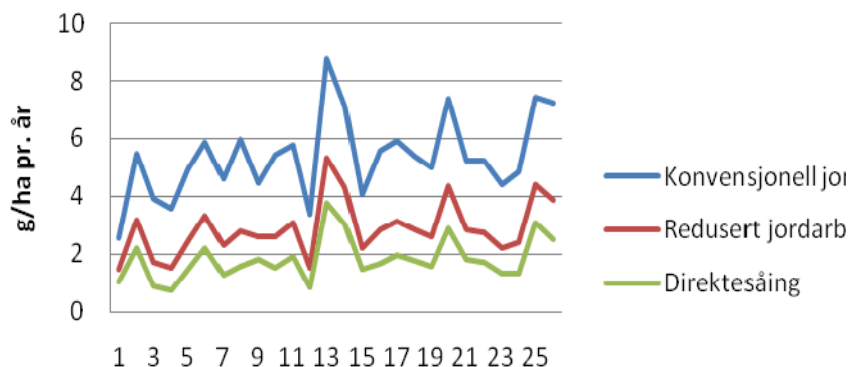
## Cyprodinil

I liket med de andre soppmidlene bindes også cyprodinil sterkt til jord og viser lav risiko for utlekking men middels risiko for (partikkelbundet) overflateavrenning. Vi kan ikke se at det eksisterer litteratur på effekten av redusert jordarbeiding på transport av cyprodinil.

## Propikonazol

Propikonazol bindes også sterkt til jord og risikoen for (partikkelbundet) overflateavrenning er høy. Risikoen for utlekking er derimot vurdert til å være lav (Tabell 7.8). Bioforsk utfører i perioden 2010-2013 feltforsøk på 4 ulike steder langs en nord-sørgradient i Norge for å måle nedbryting og utlekking av propikonazol og metabolitten 1,2,4-triazol. Tidligere undersøkelser på felt i Ås og Askim har vist at makroporetransport i jordprofilen er en viktig faktor for utlekking av propikonazol til dren (Riise *et al.* 2004). På en erosjonsutsatt leirjord i Ås (Bjørnebekk) ble det dessuten påvist mer overflateavrenning av propikonazol enn av det mobile plantevernmiddelet bentazon. Dette viser betydningen av partikkeltransport på overflateavrenning av plantevernmidler som bindes hardt til jord. Vi kan ikke se at det eksisterer litteratur på effekten av redusert jordarbeiding på transport av propikonazol.

Ut fra egenskaper til propikonazol har vi simulert avrenning av propikonazol for tre ulike jordarbeidingsregimer (Figur 7.9) med PRAESS. Hypotesen er at de fleste av plantevernmidlene som bindes relativt sterkt til jord vil ha et lignende mønster. Noenlunde samme mønster vil trolig også glyfosat ha når en tar hensyn til partikkelbundet avrenning. Det som ser ut til å styre eksponeringen og konsentrasjonen på avrenningen er særlig nedbrytingshastigheten på plantevernmidlet, og ikke så mye hellingen på arealene.



**Figur 7.9.** Effekt av ulike jordarbeidingsregimer på avrenning (partikkelbundet og løst stoff) av soppmidlet propikonazol ved dyrking av vårkorn. Simulering med PRAESS.

## Mykotoksiner

Innhold av mykotoksiner i mat og fôr er godt undersøkt, men det foreligger lite kunnskap om forekomst i miljøet for øvrig. Det er gjort enkelte undersøkelser som viser forekomst av mykotoksinene deoxynivalenol og zearalenon i relevante konsentrasjoner i miljøet (Bucheli *et al.* 2008, Hartmann *et al.* 2008). Zearalenon er et mykotoksin med godt dokumentert hormonhermende effekt. Når det gjelder deoxynivalenol, foreligger det lite kunnskap om de mulige økotoksikologiske effektene. Hartmann *et al.* (2008) identifiserte både tilførsel fra planter, planterester og gjødsel som kilder til zearalenon i jord. I nye undersøkelser i Sveits, er deoxynivalenol, nivalenol og beauvericin påvist i mengder på inntil 24 ng/L gjennom året i to elver (Schenzel *et al.* 2012a) og mange ulike mykotoksiner er påvist i dremsavrenning fra et hvete felt (Schenzel *et al.* 2012b). Disse undersøkelsene indikerer en risiko for tilførsel av mykotoksiner til jord og vann i konsentrasjoner som kan ha miljøeffekter. Vi kan ikke se at det eksisterer litteratur på effekten av redusert jordarbeiding på transport/spredning av mykotoksiner.

### 7.3.4 Risikovurdering

#### Eksponeeringsvurdering

Mange faktorer styrer potensialet for utlekking og avrenning av plantevernmidler. Vi gjør her et forsøk på å anslå generelt eksponeringspotensiale for plantevernmidlene ut fra iboende egenskaper og funn av plantevernmidler i JOVA programmet. I denne rapporten fokuserer vi på noen av de viktigste plantevernmidlene som har økt bruk ved redusert jordarbeiding i dagens kornproduksjon, og gir en oppsummering av risiko for utlekking, avrenning og effekter ved bruk av disse plantevernmidlene ved ulik jordarbeiding, basert på eksisterende kunnskap. Fenoksydrer har liten binding til jordpartikler slik at potensiale for utlekking til dreisvann er stor, men på grunn av relativt rask nedbryting er transport ned til grunnvann mindre sannsynlig. Soppmidlene, samt ugrasmiddelet glyfosat, bindes sterkere til jord slik at utlekkingspotensiale til grunnvann generelt er lavt, mens potensiale for partikkeltransport og avrenning fra jordoverflaten er stort i områder med høy erosjonsrisiko.

Alle de aktuelle ugrasmidlene knyttet til redusert jordarbeiding er påvist i JOVA-programmet (Tabell 7.6). Antall prøver analysert for glyfosat er lite (83), men det er påvist i 89 % av disse prøvene. Alle fenoksydrer har vært med i programmet siden 1995 og har flest funn. Påvisning av ugrasmidler dominerer i de fleste overvåkingsprogrammer i Europa.

**Tabell 7.6.** Oversikt over funn av plantevernmidlene i bekker og elver i JOVA programmet 1995-2011 (Hauken *et al.* 2012, analyseresultater for 2011 fra JOVA-basen).

Kjemisk klasse	Aktivt stoff	Ant. prøver	Ant. funn	% Funn	Ant. funn $\geq$ MF	MF ( $\mu\text{g/L}$ ) <sup>1)</sup>	Gj.snitt kons. ( $\mu\text{g/L}$ )	Maks kons. ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Ugrasmidler</b>								
glycine	glyfosat	83	74	89	0	28	0,15	4,0
fenoksydrer	MCPA	2205	602	27	0	13	0,33	9,7
	mekoprop-p	2205	286	13	0	44	0,11	0,8
Sulfonylurea <sup>2)</sup>	tribenuronmetyl	0				0,10		
	metsulfuronmetyl	0				0,016		
	tifensulfuronmetyl	0				0,05		
	amidosulfuron	0				0,092		
	jodsulfuronmetyl	0				0,0083		
<b>Soppmidler</b>								
strobiluriner	CGA321113 <sup>4)</sup>	378	45	12	0	32	0,10	0,22
	pikokystrobin	378	5	1	0	0,36	0,02	0,03
	pyraklostrobin	378	2	<1	0	0,40	-	0,1
triazoler	protiokonazol <sup>3)</sup>	42	0	0	0	0,74	-	-
	-destio <sup>4)</sup>	42	3	7	2	0,034	0,09	0,18
	propikonazol	2205	97	4	9	0,13	0,14	7,7
pyrimidin	cyprodinil	1321	43	3	1	0,18	0,04	0,29
uklassifisert	Fenpropidin <sup>3)</sup>	42	0	0	0	0,10	-	-
morfolin	fenpropimorf	1928	21	1	20	0,016	0,81	12

<sup>1)</sup> MF = miljøfarlighetsverdi ( $\mu\text{g/L}$ ).

<sup>2)</sup> Sulfonylureamidlene var ikke i søkespekteret i perioden.

<sup>3)</sup> Soppmidlene protiokonazol og fenpropidin kom inn i søkespekteret for vannanalyser i JOVA i 2011.

<sup>4)</sup> Trifloksystrobin-metabolitten (CGA 321113), og protiokonazol metabolitten (-destio) oppført ettersom morstoffet brytes raskt ned.

Soppmidler som er aktuelle i redusert jordarbeiding og er påvist i JOVA i perioden 1995 til 2011 (Tabell 7.6) inkluderer cyprodinil, fenpropimorf, pikoksystrobin, propikonazol, pyraklostrobin, trifloksystrobin, protiokonazol og fenpropidin. En del av disse midlene har vært på markedet i en kort periode slik at det er lite data fra overvåkingsfeltene.

### Effektvurdering

Basert på EC<sub>50</sub> verdier (angir konsentrasjonsnivå som gir effekt på 50 % av testpopulasjonen) er ugrasmidlene, unntatt sulfonyleurea lavdosemidlene, generelt mindre toksiske for vannlevende organismer enn soppmidlene (Tabell 7.7). I de tilfeller de er toksiske er det oftest effekt på vannlevende planter eller alger. Soppmidlene er oftere giftig for vannlevende dyr som fisk og invertebrater. Miljøfarlighetsverdien (MF) er den maksimale konsentrasjonen som antas å ikke ha noen negative effekter på vannlevende organismer. Denne verdien er grovt sett en faktor på 100 høyere for ugrasmidlene, unntatt sulfonyleurea lavdosemidlene, sammenlignet med soppmidlene (Tabell 7.6). Generelt viser data for human toksisitet små forskjeller ved at grenseverdiene for Akseptabelt daglig inntak (ADI) i Tabell 7.7 viser liten forskjell mellom ugrasmidler og soppmidler med unntak av fenpropimorf som har en tierpotens lavere ADI og er mer giftig enn alle de andre stoffene.

**Tabell 7.7.** Toksiske egenskaper til plantevernmidler (Footprint, 2010).

Kjemisk klasse	Virksomt stoff	EC <sub>50</sub> (mg/L) <sup>1)</sup>	ADI (mg/kg) <sup>2)</sup>
<b>Ugrasmidler</b>			
glycine	glyfosat	4,4 <sup>a</sup>	0,3
fenoksyryrer	MCPA	0,15 <sup>p</sup>	0,05
	mekoprop-p	1,60 <sup>p</sup>	0,01
sulfonyleurea	tribenuronmetyl	0,11 <sup>a</sup>	0,01
	metsulfuronmetyl	0,0004 <sup>p</sup>	0,22
	tifensulfuronmetyl	0,001 <sup>p</sup>	0,01
	amidosulfuron	0,009 <sup>p</sup>	0,2
	jodsulfuronmetyl	0,0008 <sup>p</sup>	0,03
<b>Soppmidler</b>			
strobiluriner	trifloksystrobin	0,0053 <sup>a</sup>	0,1
	Trifloksystrobin- met;CGA321113	77 <sup>a</sup>	
	pikoksystrobin	>100 <sup>inv</sup>	
	pyraklostrobin	0,075 <sup>f</sup>	
triazoler	protiokonazol	0,074 <sup>p</sup>	0,05
	Protiokonazol- destio	0,039 <sup>p</sup>	0,01
	propikonazol	0,093 <sup>a</sup>	0,04
pyrimidin	cyprodinil	0,22 <sup>inv</sup>	0,03
uklassifisert	fenpropidin	0,0057 <sup>a</sup>	0,02
morfolin	fenpropimorf	0,33 <sup>a</sup>	0,003

<sup>1)</sup> EC<sub>50</sub> = giftighet for vannlevende organismer (a= alger, p = planter, inv = invertebrater, f = fisk).

<sup>2)</sup> ADI = akseptabelt daglig inntak for mennesker.

### Risikokarakterisering

For å karakterisere risiko for effekter vurderes potensiale for eksponering eller målte verdier i JOVA opp mot giftigheten for den eksponerte organismen. Giftigheten kan angis som LC<sub>50</sub> verdi eller MF verdi. Dersom sannsynlighet for at avrenning av plantevernmidlet blir høy og giftigheten for organismen er høy er risiko for effekter på organismen stor. For å finne sannsynligheten for overflateavrenning av plantevernmidler kan en enten bruke modellering for å predikere konsentrasjonene eller en bruker observerte verdier. Fenoksyryrene har middels potensiale for utlekking til grunnvann, men relativt høyt potensiale for utlekking til overflatevann via drens-systemet. På grunn av at fenoksyryrene

har fra lav til moderat toksisitet for vannlevende organismer vil risiko for effekter for vannlevende organismer være moderat. Sammenlignet med de verdier som er observert for JOVA prosjektet er det ingen av fenoksyrene som overstiger MF verdiene (Tabell 7.6). Risiko for effekter på vannlevende organismer er dermed liten. Usikkerheten vil være stor og avhenger av variasjon av toksisiteten for organismene og variasjon av de faktorene som styrer eksponeringen (Figur 7.8).

Både glyfosat og soppmidlene vil bindes hardere til jord og ofte gi lavere konsentrasjoner i avrenningsvannet enn fenoksyrene. Soppmidlene har moderat til høy toksisitet noe som gjør at til tross for lav til middels risiko for avrenning så blir det middels til høy risiko for effekter på vannlevende organismer. Dette bekreftes også fra overvåkingsprogrammet JOVA i og med at miljøfarlighetsverdien for flere soppmidler overskrides ved flere avrenningsepisoder (tabell 7.6), men ikke for glyfosat som er mindre toksisk.

### 7.3.5 Kunnskapsmangel – skjebne til plantevernmidler

Vår litteraturgjennomgang viser at det er stor kunnskapsmangel når det gjelder transport av soppmidler fra felt og effekt av jordarbeiding på slik transport. Den nyeste review-artikkelen på jordarbeiding og effekter på plantevernmidlenes skjebne i jord (Alletto *et al.* 2010) illustrerer kunnskapsmanglene på dette feltet, i og med at det er referert til undersøkelser av 35 ulike ugrasmidler, mens kun noen få insektmidler (5) og nedvisningsmidler (3) har vært med i undersøkelsen. Ingen soppmidler har vært med i undersøkelsene og bare én undersøkelse med jordarbeiding og effekt på avrenning av glyfosat er referert (Fomsgaard 2003).

Ugrasmiddelet glyfosat oppfører seg annerledes enn de fleste andre plantevernmidlene ved at det bindes svakere til organisk materiale og oppfører seg mer som fosfat og bindes til mineralmaterialet. Midlet kan derfor bli mer mobilt med redusert jordarbeiding, men samtidig også mer biotilgjengelig og brytes raskere ned. I og med at redusert jordarbeiding generelt reduserer overflateavrenningen av vann kan dette kompensere den lavere bindingen av glyfosat og risiko for avrenning. Det er imidlertid et åpent spørsmål hvor mye glyfosat som transporteres bort fra kornfelt i partikkelbundet form. Vi mangler kunnskap om dette fordi prøveopparbeidelsesmetodene ved laboratoriene ikke tar hensyn til partikkelbundet glyfosat ettersom jordpartikler i vannprøvene filtreres bort, og kun et fåtall forskningsrapporter viser til analyser av både løst og partikkelbundet glyfosat i feltforsøk (for eksempel Ulén *et al.* 2012). Dette gjør at mye av forskningen på effekter av redusert jordarbeiding på avrenning av glyfosat er mangelfull. Effekten av planterester på jordoverflaten på overflateavrenning av glyfosat er heller ikke klarlagt.

Redusert jordarbeiding ser ut til å øke risiko for *Fusarium*-smitte og mykotoksinproduksjon. Utvikling av *Fusarium* og mykotoksiner kan til dels reduseres ved sprøyting med soppmidler. Redusert jordarbeiding kan redusere overflateavrenningen til soppmidlene, men også øke persistensen. Ved redusert jordarbeiding kan en derfor forvente en økning i bruk av plantevernmidler, en redusert risiko for overflateavrenning og økt risiko for utlekking. Soppmidlene er relativt giftige i miljøet og det skal kun små mengder til før miljøfarlighetsverdien overskrides. Det er derfor behov for mer kunnskap om hvordan mengden av organisk materiale ved ulik jordarbeiding påvirker nedbryting og binding av soppmidlene og derved risikoen for utlekking av soppmidler til vann og vassdrag.

For å kunne vekte risikoen for forekomst av mykotoksiner knyttet til redusert jordarbeiding på en helhetlig måte, er det behov for mer kunnskap om forekomst og effekter av mykotoksiner i jord- og vannmiljø, som supplement til kunnskap om forekomst i mat og fôr. Nedbryting og risiko for utlekking av mykotoksiner er lite undersøkt (Williams *et al.* 2003, Mortensen *et al.* 2006, Gautam & Dill-Macky 2012).

Det foreligger generelt lite kunnskap om i hvor stor grad de ulike plantevernmidlene i korn er utsatt for binding og overflateavrenning på jordoverflater med mye plantedekke, slik situasjonen kan være ved plogfri jordarbeiding. Dette vil variere med type plantevernmiddel, mengde og omdanningsgrad av plantedekket og nedbør. Det trengs fortsatt mer kunnskap om hvordan ulike jordarbeidingsregimer påvirker vannhusholdning, kvalitet og innhold av organisk materiale som i neste omgang påvirker binding, nedbryting og transport av plantevernmidler.

## 8. Kryssende miljøhensyn - vurdering av ulike jordarbeidingsystemer

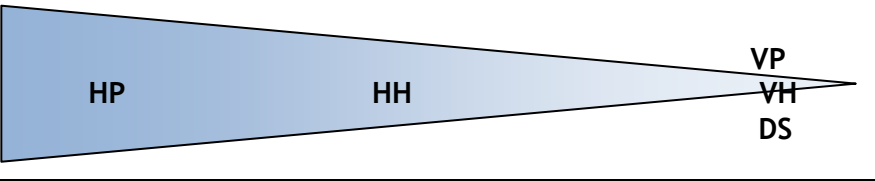
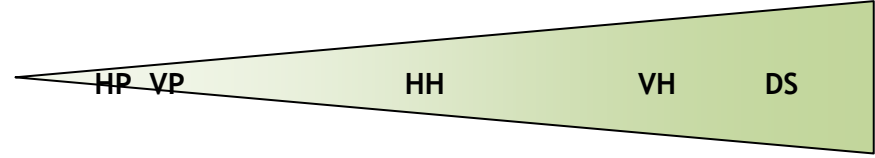
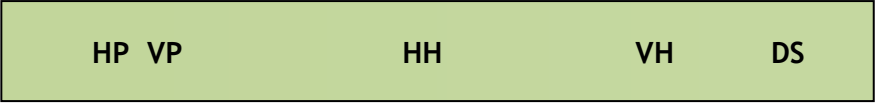
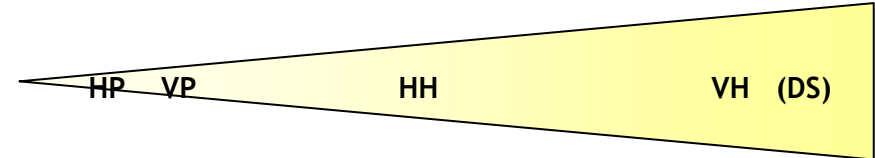
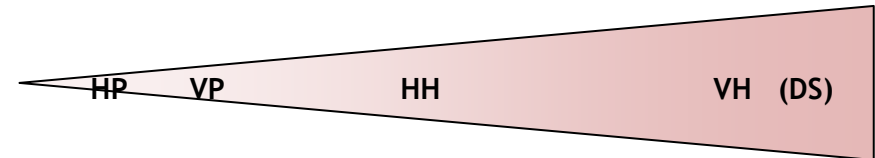
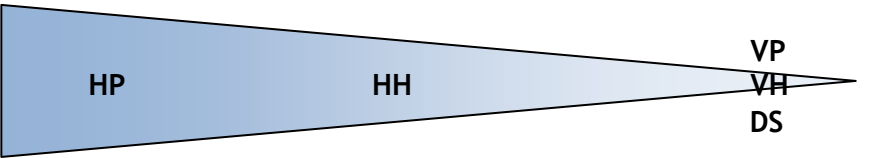
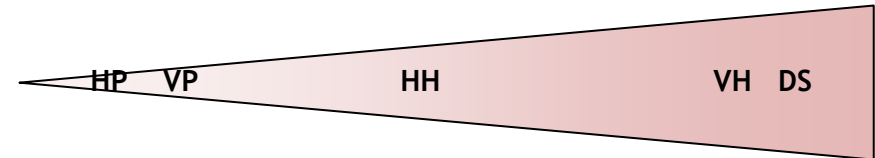
---

Ut fra den foregående presentasjonen av eksisterende kunnskap om konsekvenser av redusert jordarbeiding for plantevern, er det gjort en vurdering av risikoen knyttet til ulike jordarbeidingsystemer. Figur 8.1 gir en oversikt over antatt risiko for utvikling av skadegjørere og bruk av plantevernmidler som følge av redusert jordarbeiding under dagens driftsforhold/-forutsetninger. I tillegg er den antatte miljø- og helserisikoen forbundet med forekomst av henholdsvis pesticider og mykotoksiner inkludert. Det er flere faktorer som kan være viktigere enn jordarbeiding for utvikling av skadegjørere og bruk og miljørisiko av plantevernmidler, som beskrevet i Kap. 7.

Tilskuddet en får for å la åkeren overvintre i stubb, evt. til lett høstharving, varierer mellom ulike fylker, og er dessuten gradert etter erosjonsrisiko. Risiko for erosjon på erosjonsutsatt jord er vist i figur 8.1. Dagens tilskuddsordning stimulerer til økt bruk av redusert jordarbeiding, spesielt det å la åkeren overvintre i stubb (Kap.6). Dette har medført at også arealer med lav/moderat erosjonsrisiko har blitt liggende i stubb. Effekten av tilskuddene har dermed kanskje ikke vært like stor som ønsket mht. reduksjon av erosjon og utlekking av næringsstoffer. I nærheten av sårbare vassdrag kan det imidlertid være nødvendig å la åker ligge i stubb selv på arealer med middels og lav erosjonsrisiko for å oppnå nødvendig reduksjon i erosjon og utvasking av næringsstoffer. I slike tilfeller bør tiltak som fangdammer, grasdekte vannveier, gjødslingstiltak og utbedring av hydrotekniske anlegg vurderes for å øke muligheten for høstpløying.

Tilskuddsordningen har per i dag har ikke tatt hensyn til konsekvenser av jordarbeidingspraksis for plantevern. I Figur 8.1 er indikert at minkende jordarbeiding øker risikoen for utvikling av ugras. Pløying høst eller vår gir risiko for minst ugras, høstharving kommer i en mellomstilling, mens vårharving og direktesåing gir mest ugras. Det er også økt fare for utvikling av resistens mot ugrasmidler ved redusert jordarbeiding. Dette fører til økt behov for og bruk av glyfosat. Det er også antatt økt risiko for mer bruk av fenoksyryter ved redusert jordarbeiding for å bekjempe tofrøblada rotugras og som resistensbryter til ugrasmidler som virker som ALS-hemmere (figur 8.1). Miljøavgiften på plantevernmidler er lav på lavdosemidler (ALS-hemmere) og dette fremmer bruk og derved risiko for resistensutvikling av disse midlene. Bruk av frøugrasmidler er antatt å være relativt uavhengig av jordarbeiding.

Økt utbredelse av redusert jordarbeiding, kombinert med ensidig korndyrking, kan føre til en økning i halm og planterester som blir liggende oppå bakken. Dette kan, under fuktige værforhold, gi gode vekstforhold for enkelte sopp-arter (Figur 8.1). Økt forekomst av soppsmitte i åkeren kan øke risikoen for angrep og sjukdomsutvikling i korn. Klimaforholdene i åkeren vil derimot være avgjørende for i hvilken grad sjukdommer utvikles. Med økt forekomst av soppsmitte, følger økt behov for bruk av kjemiske plantevernmidler. I de senere årene er det for eksempel observert økt bruk av protiokonazol (som virker mot *Fusarium*). Med økt bruk av soppmidler, følger en økt risiko for utvikling av fungicidresistens hos ulike skadegjørere. De siste årene er det registrert en utvikling av resistens mot enkelte soppmidler (spesielt Strobiluriner) i enkelte sopp-populasjoner.

	Jordarbeiding i forhold til ulike faktorer
Erosjon	
Ugrasutvikling og behov for glyfosat og fenoksysyrer	
Behov for frøgrasmidler inkl. lavdosemidler	
Soppangrep og behov for soppmidler	
Mykotoksiner-Helserisiko	
Risiko for transport til overflatevann av glyfosat, fenoksysyrer, lavdosemidler og soppmidler	
Risiko for transport til grunnvann av fenoksysyrer og lavdosemidler	

**Figur 8.1.** Antatt virking av jordarbeiding på erosjon, utvikling av ugras og plantesjukdommer inkludert behovet for plantevernmidler innen et avgrenset skifte med ensidig korndyrking. Videre antatt helserisiko som følge av inntak av mykotoksin-kontaminert korn og risiko for transport av plantevernmidler til overflatevann og grunnvann. Figuren må leses i sammenheng med teksten. Jordarbeiding: HP=høstpløying, HH=lett høstharving, VP=vårpløying, VH=vårharving, DS=direktesåing.

Redusert jordarbeiding reduserer avrenningen av vann på overflaten og reduserer derved risikoen for overflateavrenning av plantevernmidler som bindes hardt til jord. Avrenning av soppmidler vil derfor trolig reduseres ved redusert jordarbeiding unntatt for jordtyper med permanente makroporer. Imidlertid kan redusert jordarbeiding føre til økt binding av plantevernmidler som bindes til organisk materiale og derved virke den i motsatte retningen - med økt risiko. Glyfosat er i en særstilling på grunn av annerledes



bindingsmekanismer enn andre plantevernmidler som bindes hardt til jord. Redusert jordarbeiding kan føre til økt overflateavrenning av løst glyfosat, men redusert overflateavrenning av partikkelbundet glyfosat. Redusert jordarbeiding vil øke utlekkingen til grunnvann av de mer mobile fenoksyrene og trolig også av lavdosemidlene, mens risikoen for overflateavrenning vil kunne reduseres. Risikoen for negative miljøeffekter av fenoksyre vil totalt sett øke ved redusert jordarbeiding, men målte konsentrasjoner i felt har vist seg å ligge godt under konsentrasjonsnivåer som anses å gi uønskede miljøeffekter (MF-verdier).

Redusert jordarbeiding medfører betydelige utfordringer for plantehelse og trygg mat/trygt fôr. Ensidig korndyrking med lite vekstskifte og redusert jordarbeiding kan ved spesielle værforhold øke risikoen for angrep av *Fusarium* og utvikling av mykotoksiner i kornet. Dette er et dilemma for korndyrkere som sterkt oppfordres til å la være å pløye, men dermed kan risikere at avlinga ikke blir salgbar pga. innhold av mykotoksiner. Mykotoksiner i mat og fôr er godt dokumentert som en reell trussel mot menneskers og dyrs helse.

Totalt sett tror vi vårpløying vil være et godt miljømessig alternativ der det er mulig ut fra vekstvalg og jordart. Vårpløying medfører liten risiko for erosjon, ugrasutvikling, utvikling av soppsjukdommer og dels mykotoksiner og lite behov for og miljørisiko av plantevernmidler. Vårpløying egner seg ikke på stiv leirjord og fører til større tidspress på våren, risiko for forsinka våronn og derved lavere avling. Lett høstharving kommer trolig i en mellomstilling angående utvikling av skadegjørere og erosjonsrisiko. I tillegg til jordarbeidingspraksis er det mange andre faktorer som vær og klima som er avgjørende for utvikling av skadegjørerne, risiko for mykotoksiner, utvasking av plantevernmidler og erosjon. Høstpløying er viktig for å forhindre utvikling av skadegjørere, mykotoksiner og bruk av plantevernmidler. Derfor bør det også være rom for en nyansert bruk av høstpløying avhengig av erosjonsrisiko og sårbare områder. Andre tiltak enn redusert/utsatt jordarbeiding bør også brukes/vurderes.

## 9. Konklusjon og videre arbeid

---

Høstpløying er viktig for å forhindre utvikling av skadegjørere, mykotoksiner og for å redusere bruken av plantevernmidler. Det er mindre risiko for erosjon, utvikling av ugras og soppsjukdommer, og dels mykotoksiner, og lite behov for plantevernmidler på vårpløyde arealer. Vårpløying vil derfor være et godt miljømessig alternativ. Vårpløying egner seg imidlertid dårligere på stiv leirjord og fører til større tidspress på våren, risiko for forsinka våronn og derved lavere avling. Lett høstharving kommer trolig i en mellomstilling angående utvikling av skadegjørere og erosjonsrisiko. I tillegg til jordarbeidingspraksis er det mange andre faktorer som vær og klima som er avgjørende for utvikling av skadegjørerne, risiko for mykotoksiner, utvasking av plantevernmidler og erosjon.

Ut i fra dagens kunnskap om virkning av jordarbeiding på utvikling av ugras, plantesjukdommer og bruk og miljørisiko av plantevernmidler, samt erosjon/næringsstoffavrenning, har vi følgende forslag til hvordan økonomiske virkemidler og veiledning mht. jordarbeiding og jord- og plantekultur generelt kan forbedres for å redusere risikoen for utvikling av skadegjørere inkl. mykotoksiner, samt redusere forbruk og miljøeffekter av plantevernmidler.

- Det bør være rom for en nyansert bruk av høstpløying avhengig av erosjonsrisiko og hvor sårbare områdene/vassdragene er for vannforurensing. Mer målretta definisjon av områder med erosjonsrisiko med flere kriterier enn den gjeldende for å få mer effekt på reduksjon av erosjon. Der det er mulig bør en akseptere høstpløying på erosjonsklasse 1 og 2 og ta bort tilskudd. Andre tiltak enn redusert/utsatt jordarbeiding bør også brukes/vurderes for å kunne øke høstpløyd areal.
- Øke andelen av vårpløyde arealer uten en påfølgende økning i glyfosatbruken. Kanskje kan dette vektas mer i økonomiske virkemidler? Samtidig bør det også være rom for bruk av høstpløying.
- Bør økonomiske virkemidler ta hensyn til fare for utvikling av mykotoksiner? Bør spesielle tiltak foretas i områder/år som synes mer utsatt for utvikling av mykotoksiner?
- Det er behov for bedre veiledning angående sprøytetidspunkt, sprøytebehov og dosevalg i forhold til ugrasmengde, ugrasarter, utviklingsstadium til ugraset og temperatur. VIPS-Ugras kan brukes som beslutningsstøtte og for å forstå disse sammenhengene bedre.
- Strategier for å motvirke utvikling av herbicid- og fungicidresistens må utarbeides, formidles og brukes. Det er viktig å veksle mellom bruken av preparater/metoder med ulike virkemåter. Informasjon om dette samt aktuelle preparater som er resistensbrytere, bør finnes tilgjengelig på web (for eksempel i plantevernguiden eller VIPS).
- Kan bruk av vekstskifte og integrert plantevern premieres? Integrert plantevern, inkludert et godt vekstskifte, er viktig for å forhindre utvikling av ugras og plantesjukdommer/ mykotoksiner. Dessuten vil integrert plantevern være et tiltak for å forebygge utvikling av resistens mot plantevernmidler.

Denne rapporten påpeker flere områder det er kunnskapsmangel og behov for videre forskning. Enkelte forstudier er finansiert over Handlingsplan for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler, mens andre mer omfattende undersøkelser bør utføres i fremtidige, større prosjekter.

I framtida kan vi forvente et endret klima og det knytter seg også usikkerhet til tilgangen på effektive plantevernmidler. Et varmere klima kan føre til en økt dyrking av høstkorn og

andre mer varmekjære kulturer. I tillegg kan vi forvente en endring i utbredelse av eksisterende skadegjørere samt innførsel/etablering av nye skadegjørere. Et fremtidig mildere og våtere klima, kombinert med økt omfang av redusert jordarbeiding, vil sannsynligvis gi økt risiko for utvikling av enkelte plantesjukdommer (blant annet aksfusariose) i korn. Økt risiko for utvikling av kornsjukdommer kan medføre et økt behov for bruk av kjemiske plantevernmidler. Forventede klimaendringer kan dessuten påvirke vekst og utvikling av ugras, samt medføre en endret ugrasflora. Muligheter for og effekt av ugrasbekjemping vil også kunne endres i et mildere klima. Ugrasartene kan vokse lenger utover høsten og en kan få et større tidsrom å sprøyte med glyfosat. Samtidig gjør mer nedbør det vanskeligere å komme ut på jorden både for å sprøyte, men spesielt for å jordarbeide, siden jorda må være lagelig (ikke for fuktig og ikke for tørr). Mer ekstreme værforhold kan også føre til større fare for erosjon og næringsutlekking noe som kan gjøre det viktigere at åkeren ligger i stubb over vinteren.

# 10. Referanser

---

- Abrahamsen, S., Weiseth, L. 1999. Redusert jordarbeiding ved Kvithamar - status etter 10 år. Grønn forskning 06/99, 87-98.
- Accinelli, C., Koskinen, W.C., Seebinger, J.D, Vicari, A. & Sadowsky, M.J. 2005. Effects of incorporated corn residues on glyphosate mineralization and sorption in soil. J. Agric. Food Chem. 53: 4110-4117.
- Alletto, L., Coquet, Y., Benoit, P., Heddadj, D. & Barriuso, E. 2010. Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review. Agronomy for Sustainable Development 30,367-400.
- Almvik, M., Riise, G., Bolli, R., Børresen, T., Christiansen, A., Odenmarck, S.R. & Holten, R. 2011. Multi-year transport studies of sulfonylurea herbicides from a barley field in Norway, 2007-2010. Bioforsk Report 6(10).
- Andersen, A., 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. Crop Protection 18, 651-657.
- Andersen, A., 2003. Long term experiments with reduced tillage in spring cereal. II. Effects on pests and beneficial insects. Crop Protection 22, 147-152.
- Arvidsson, J., 1998. Effects of cultivation depth in reduced tillage on soil physical properties, crop yield and plant pathogens. European Journal of Agronomy 1998, 79-85.
- Bailey, K.L. 1996. Diseases under conservation tillage systems. Can. J. Plant Sci. 76: 635-639.
- Bailey, K.L. & Duczek, L.J. 1996. Managing cereal diseases under reduced tillage. Canadian Journal of Plant pathology 18: 159-167.
- Bakkegard, M., H. Riley, K.S. Tørresen, P.O. Lindemark & J. Stabbetorp, 2007. Redusert jordarbeiding til høstkorn. Bioforsk TEMA 2(32),4 pp.
- Bechmann, M., S. Kværnø, S. Skøien, L. Øygarden, H. Riley, T. Børresen & T. Krogstad, 2011. Effekter av jordarbeiding på fosfortap - Sammenstilling av resultater fra nordiske forsøk. Bioforsk Rapport 6(61), 71 pp.
- Beyer, M., Klix, M. B., Klink, H. & Verreet, J.A. 2006. Quantifying the effects of previous crop, tillage and trazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain- a review. Journal of Plant Diseases and Protection 113, 241-246.
- Bockus, W.W. & Shroyer, J.P. 1998. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. Annual Review of Phytopathology 36: 485-500.
- Brodal, G., Henriksen, B., Sundheim, L. 2009. Sjukdommer i korn, oljeverkster og kjernebelgvekster. I: Brandsæter LO, Mangerud K, Birkenes SM, Brodal G, Andersen A. (red), Plantevern og plantehelse i økologisk landbruk, Bind 3: Korn, oljeverkster og kjernebelgvekster. Bioforsk Fokus 4 (4), 107-150.
- Bucheli, T.D., Wettsetin, F.E., Hartmann, N., Erbs, M., Vogelsang, S., Forrer, H.R., Schwarzenbach, R.P., 2008. *Fusarium* mycotoxins: Overlooked aquatic pollutants? Journal of Agricultural and Food Chemistry 56, 1029-1034.
- Bye, A.S., K. Mork, T. Sandmo & B. Tornsjø, 2000, Resultatkontroll jordbruk 2000 - Jordbruk og miljø, med vekt på gjennomføring av tiltak mot forureining. Statistisk Sentralbyrå, Rapport 2000/20, 82 pp. Tilgjengelig på:  
[http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp\\_jordbruk/arkiv/rapp\\_200020/rapp\\_200020.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp_jordbruk/arkiv/rapp_200020/rapp_200020.pdf)
- Bye, A.S., T. Sandmo & G. Berge, 2006. Jordbruk og miljø- Resultatkontroll jordbruk 2006. Statistisk Sentralbyrå, Rapportar 2006/37, 114 pp. Tilgjengelig på:  
[http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp\\_jordbruk/arkiv/rapp\\_200637/rapp\\_200637.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp_jordbruk/arkiv/rapp_200637/rapp_200637.pdf)
- Bye, A.S., P.A. Aarstad, A.I. Løvberget, G. Berge & B. Hoem, 2010. Jordbruk og miljø - Tilstand og utvikling 2010. Statistisk Sentralbyrå, Rapportar 48/2010, 122 pp. Tilgjengelig på:  
[http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp\\_jordbruk/rapp\\_201048/rapp\\_201048.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp_jordbruk/rapp_201048/rapp_201048.pdf)

- Bye, A.S., P.A. Aarstad, A.I. Løvberget, C. Skjerpen & B. Hoem, 2011. Jordbruk og miljø - Tilstand og utvikling 2011. Statistisk Sentralbyrå, Rapportar 43/2011, 128 pp. Tilgjengelig på: [http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp\\_jordbruk/rapp\\_201143/rapp\\_201143.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp_jordbruk/rapp_201143/rapp_201143.pdf)
- Bye, A.S., P.A. Aarstad, A.I. Løvberget, & H. Høie, 2012. Jordbruk og miljø - Tilstand og utvikling 2012. Statistisk Sentralbyrå, Rapportar 39/2012, 134 pp. Tilgjengelig på: [http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp\\_jordbruk/rapp\\_201239/rapp\\_201239.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp_jordbruk/rapp_201239/rapp_201239.pdf)
- Børresen, T. & A. Njøs, 1993. Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in south-eastern Norway. 1. Soil properties. *Soil & Tillage Research* 28, 97-108.
- Børresen T. & A. Njøs, 1994. The effect of ploughing depth and seedbed preparation on crop yields, weed infestation and soil properties from 1940 to 1990 on a loam soil in south eastern Norway. *Soil & Tillage Research* 32, 21-39.
- Champeil, A., Doré, T. & Fourbet, J. F. 2004. *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science* 166, 1389-1415.
- Chandelier A, Nimal C, André F, Planchon V & Oger R. 2011. *Fusarium* species and DON contamination associated with head blight in winter wheat over a 7-year period (2003-2009) in Belgium. *European Journal of Plant Pathology* 130:403-414
- Davies, K., S. Oxley & A. Evans, 2006. Crop protection in reduced tillage systems. SAC Technical Note 580, 6 pp.
- Deike, S., B. Pallutt, B. Küstermann & O. Christen, 2008. Effects of herbicide application on energy use and efficiency and carbon dioxide emissions of cereal cropping systems. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI*, 113-120.
- Derksen, D.A., G.P. Lafond, A.G. Thomas, H.A. Loeppky & C.J. Swanton, 1993. Impact of agronomic practices on weed communities: Tillage systems. *Weed Science* 41, 409-417.
- Dill-Macky, R. and Jones, R.K. 2000. The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Disease*, 84, 71-76.
- D'Mello JPF, Placinta CM and Macdonald AMC (1999) *Fusarium* mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity. *Animal Feed Science and Technology* 80: 183-205.
- Edwards, S. G. 2009. *Fusarium* mycotoxin content of UK organic and conventional oats. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 26, 1063-1069.
- Ekeberg, E., H. Riley & A. Njøs, 1985. Ploughless cultivation of spring cereals.I. Yields and couch grass. *Res. Norwegian Agric.* 36, 45-51.
- Eklo, O.M., Almvik, M., Bolli, R.I., Haraldsen, T., Haugen, L.E., Holten, R., Lundekvam, H. Riise, G., Stenrød, M., & Tveit, C.W. 2008. Norske scenarier II, Sluttrapport for prosjektperioden 2005-2006 Bioforsk Rapport, Vol. 3 Nr. 11 2008
- Elen, O., 2002. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. III. Cereal diseases. *Crop Protection* 21, 195-201.
- Elen, O. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. III. Development of leaf diseases. *Crop Protection* 22: 65-71.
- Elen, O., Hofgaard, I.S., Brodal, G., Klemsdal, S.S. & Aamot, H.U. 2009. Kan vi redusere mykotoksinmengden i korn ved å sprøyte med fungicider? *Bioforsk FOKUS* 4 (2), 198-199.
- Elliot, J.A., Cessna, A.J., Nicholaichuk, W. & Tollefson, L.C. 2000. Leaching rates and preferential flow of selected herbicides through tilled and untilled soil. *J. Env. Qual.* 29(5): 1650-1656
- EU, 2009. Directive 2009/128/EC of the European parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. *Official Journal of the European Union* 24.11.2009, L 309/71-86.

- Fernandez, M.R., McConkey, B.G., Zentner, R.P. 1999. Effects of tillage method and fallow frequency on leaf spotting diseases of spring wheat in the semiarid Canadian prairies. *Soil & Tillage Research* 50: 259-268.
- Fernandez, M. R., Selles, F., Gehl, D., DePauw, R. M. & Zentner, R. P. 2005. Crop production factors associated with *Fusarium* Head Blight in spring wheat in Eastern Saskatchewan. *Crop Science* 45, 1908.
- Fernandez MR, Zentner RP, Basnyat P, Gehl D, Selles F & Huber D 2009. Glyphosate associations with cereal diseases caused by *Fusarium* spp. in the Canadian prairies. *European Journal of Agronomy* 31: 133-143.
- Fernandez-Ortuno D, Tores JA, Vicente A de, Perez-Garcia A. 2008. Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. *International Microbiology* 11, 1-9.
- Ficke, A., Abrahamsen, U., Elen, O, 2011. Betydning av bladflekksjukdomskomplekset i norsk hvetedyrking. *Bioforsk Fokus* 6 (1): 64-67.
- Flury, M. 1996. Experimental evidence of transport of pesticides through field soils - A review. *J. Env. Qual.* 25(1): 25-45
- Fomsgaard, IS, Spliid, N.H. & Felding, G. 2003. Leaching of pesticides through normal-tillage and low-tillage soil - A lysimeter study II. Glyphosate. *J. Env. Sci. Health Part B - Pesticides, Food contaminants and agricultural wastes* 38(19): 19-35
- FOOTPRINT 2010. The FOOTPRINT Pesticide Properties DataBase. Database collated by the University of Hertfordshire as part of the EU-funded FOOTPRINT project (FP6-SSP-022704). Tilgjengelig på: <http://www.eu-footprint.org/ppdb.html>.
- Freese, R.C, Cassel, D.K. & Denton, H.P. 1993. Infiltration in a piedmont soil under 3 tillage systems. *Journal of soil and water conservation* 48(3): 214-218
- Gautam, P. & Dill-Macky, R., 2012. Free Water Can Leach Mycotoxins from *Fusarium*-infected Wheat Heads. *J Phytopathol* 160:484-490 (2012)
- Gaynor, J.D., MacTavish, D.C. & Findlay, W.I., 1995. Atrazine and metolachlor loss in surface and subsurface runoff from three tillage treatments in corn. *Journal of Environmental Quality* 24: 246-256.
- Gilbert, J. & Woods, S.M. 2001. Leaf spot diseases of spring wheat in southern Manitoba farm fields under conventional and conservation tillage. *Canadian Journal of Plant Science* 81: 551-559.
- Grønsten H.A., L. Øygarden & R.M. Skjævdal, 2007. Høstkorn - redusert jordarbeiding gir mindre tap av jord og næringsstoffer. *Bioforsk TEMA* 2 (35), 4 pp.
- Guo, X. W., Fernando, W. G. D., Bullock, P. & Sapirstein, H. 2010. Quantifying cropping practices in relation to inoculum levels of *Fusarium graminearum* on crop stubble. *Plant Pathology* 59, 1107-1113.
- Gundersen, G.I., A.S. Bye, B. Berge, B. Hoem & S.S. Knudtsen, 2009. Jordbruk og miljø - Tilstand og utvikling 2009. Statistisk Sentralbyrå, Rapportar 2009/37, 102 pp. Tilgjengelig på: [http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp\\_jordbruk/rapp\\_200937/rapp\\_200937.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/04/rapp_jordbruk/rapp_200937/rapp_200937.pdf)
- Hartmann, N., Erbs, M., Wettstein, F.E., Horger, C.C., Vogelsang, S., Forrer, H.R., Scharzenbach, R.P., Bucheli, T.D., 2008. Environmental exposure to estrogenic and other myco- and phytotoxins. *Chimia* 62, 364-367.
- Hauken, M., Bechmann, M., Stenrød, M., Eggestad, H.O. & Deelstra, J., 2012. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Sammendragsrapport fra overvåkingsperioden 1992-2011 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). *Bioforsk Rapport* vol. 7 nr. 78 2012. 72 s.
- Heap, I., 2012. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Tilgjengelig på: [www.weedscience.com](http://www.weedscience.com)
- Henriksen, B. 1999. Factors affecting *Fusarium* infection and mycotoxin content in cereal grains. Thesis from Agricultural University of Norway.

- Henriksen, B. & Elen, O. N. 2005. Natural *Fusarium* grain infection level in wheat, barley and oat after early application of fungicides and herbicides. *Journal of Phytopathology* 153, 214-220.
- Hofgaard, I.S., Aamot, H.U., Klemsdal, S.S., Elen, O., Jestoi, M. & Brodal, G. 2010. Occurrence of *Fusarium* spp. and mycotoxins in Norwegian wheat and oats. *Bioforsk FOKUS* 5 (7) 9.
- Holmes, S.J.I. & Colhoun, J. 1975. Straw-borne inoculum of *Septoria nodorum* and *S. tritici* in relation to incidence of diseases on wheat plants. *Plant Pathology* 24: 63-66.
- Håkansson, S., 2003. Weeds and weed management on arable land: an ecological approach. CABI Publishing, Wallingford, 288 pp.
- Inch, S.A. & Gilbert, J. 2003. Survival of *Gibberella zeae* in *Fusarium*-damaged wheat kernels. *Plant Disease* 87: 282-287
- Isensee, A.R. & Sadeghi, A.M. 1993. Long-term effect of tillage and rainfall on herbicide leaching to shallow groundwater. *Chemosphere* 30(4): 671-685
- Isensee, A.R., Nash, R.G. & Helling, C.S. 1990. Effect of conventional vs. no-tillage on pesticide leaching to shallow groundwater. *J. Env. Qual.* 19(3): 434-440
- Jalli M, Laitinen P & Latvala S. 2011. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland. *Agricultural and Food Science* 20: 62-73.
- Jordan, V.W.L., & Allen, E.C. 1984. Barley net blotch: influence of straw disposal and cultivation methods on inoculum potential, and on incidence and severity of autumn disease. *Plant Pathol.* 33: 547-559.
- Jordan, V.W.L. & Hutcheon, J.A. 2003. Influence of Cultivation Practices on Arable Crop Diseases. Chapter 7 (27 pp) in "Soil Tillage and Agroecosystems", ed by Adel El Titi, CRC Press 2003.
- Kenimer, A.L., Mostaghimi, S. & Young, R.W. 1987. Effects of residue cover on pesticide losses from conventional and no-tillage systems. *Transactions of the ASAE* 30(4): 953-959.
- Kettler, T.A., D.J. Lyon, J.W. Doran, W.L. Powers & W.W. Stroup, 2000. Soil quality assessment after weed-control tillage in a no-till wheat-fallow cropping system. *Soil Sci. Am. J.* 64, 339-346.
- King JE, Cook RJ & Melville SC 1983. A review of *Septoria* diseases of wheat and barley. *Annales of Applied Biology* 103: 345-373.
- Kjær, J., Olsen, P., Ullum, M., Grant, R., 2005. Leaching of glyphosate and aminomethylphosphonic acid from Danish agricultural field sites. *Journal of Environmental Quality* 34, 608-620.
- Koch HJ, Peringas C & Maerlaender B 2006. Evaluation of environmental and management effects on *Fusarium* head blight infection and deoxynivalenol concentration in the grain of winter wheat. *European Journal of Agronomy* 24, 357-366.
- Korsmo, E., T. Vidme & H. Fykse 1986. *Kormos ugrasplansjer*. Landbruksforlaget, Oslo, 295 pp.
- Kreuger, J., Törnquist, M. & Kylin, H., 2004. Bekämpningsmedel i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörd under 2003. *Ekohydrologi* 81, Avdelningen för vattenvårdslära/Rapport 2005:14, Institutionen för miljöanalys, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Kreuger, J., Holmberg, H., Kylin, H. & Ulén, B., 2003. Bekämpningsmedel i vatten från typområden, åar och nederbörd under 2002. *Ekohydrologi* 77, Avdelningen för vattenvårdslära/Rapport 2003:12, Institutionen för miljöanalys, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Kriss, A. B., Paul, P. A. & Madden, L. V. (2010) Relationship Between Yearly Fluctuations in *Fusarium* Head Blight Intensity and Environmental Variables: A Window-Pane Analysis. *Phytopathology* 100, 784-797.
- Krupinsky, J.M., Bailey, K.L., McMullen, M.P., Gossen, B.D. & Turkington, T.K. 2002. Managing plant diseases risk in diversified cropping systems. *Agronomy Journal* 94, 198-209.

Kutcher, H.R., Johnston, A.M., Bailey, K.L. & Malhi, S.S. 2011. Managing crop losses from plant diseases with foliar fungicides, rotation and tillage on a Black Chernozem in Saskatchewan, Canada. *Fields Crops Research* 124, 205-212.

Landschoot, S., Audenaert, K., Waegeman, W., Pycke, B., Bekaert, B., De Baets, B., Haesaert, G. 2011. Connection between primary *Fusarium* inoculum on gramineous weeds, crop residues and soil samples and the final population on wheat ears in Flanders, Belgium. *Crop Protection* 30, 1297-1305.

Larsbo, M., Stenström, J., Etana, A., Börjesson & Jarvis, N. 2009. Herbicide sorption, degradation, and leaching in three Swedish soils under long-term conventional and reduced tillage. *Soil & Tillage Research* 105:200-208.

Locke, M.A., Zablotowicz, R.M., Reddy, K.N. & Steinrieder, R.W. 2008. Tillage management to mitigate herbicide loss in runoff under simulated rainfall conditions. *Chemosphere* 70: 1422-1428

Ludvigsen, G. H. & Lode, O., 2010. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Resultater fra overvåking av pesticider i bekker og elver i Norge 1995-2008. *Bioforsk Rapport* 5 ( 84), 37 pp.

Lutman, P.J.W. & S.R. Moss 2010. Is the production of winter cereals in the EU doomed, because of inability to control grass weeds? *Proceedings 15<sup>th</sup> EWRS Symposium, Kaposvár, Ungarn, 12-15. juli 2010*, p. 283.

Marti, M., 1984. Kontinuierlicher Getreidebau ohne Pflug im Südosten Norwegens - Wirkung auf Ertrag, physikalische und chemische Bodenparameter. Dissertation, Agricultural University of Norway, Ås.

Mattilsynet, 2006. Omsetningsstatistikk for plantevernmidler 2001-2005. Tilgjengelig på: [http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00022/Plantevernmiddelsta\\_22811a.pdf](http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00022/Plantevernmiddelsta_22811a.pdf)

Mattilsynet, 2011. Omsetningsstatistikk for plantevernmidler 2006-2010. Tilgjengelig på: [http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00065/Plantevernmiddelsta\\_65654a.pdf](http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00065/Plantevernmiddelsta_65654a.pdf)

Mattilsynet, 2012. Omsetningsstatistikk for plantevernmidler 2007-2011. Tilgjengelig på: [http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00077/Plantevernmiddelsta\\_77702a.pdf](http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00077/Plantevernmiddelsta_77702a.pdf)

McMullen, M., Jones, R. & Gallenberg, D. (1997). Scab of wheat and barley: A re-emerging disease of devastating impact. *Plant Disease*, 81, 1340-1348.

Melander B., Holst N., Jensen P.K., Hansen E.M. & Olesen J.E. 2008. *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. *Weed Research* 48, 48-57.

Melander, B., Kudsk, P., Mathiassen, S., Nistrup Jørgensen, L. & Hansen, L.M. 2010. Planteværnsproblemer i forbindelse med reduceret jordbearbejdning. Intern Rapport -Markbrug Nr. 29, Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Slagelse, 27 pp.

Miao Z., Vicari A., Capri E., Ventura F., L. Padovani & Trevisan M., 2004. Modeling the effect of tillage management practices on herbicide runoff in northern Italy. *J. Environ. Qual.*, 33 1720-1732

Mickelson, S.K., Boyd, P., Baker, J.L. & Ahmed, S.I. 2001. Tillage and herbicide incorporation effects on residue cover, runoff, erosion and herbicide loss. *Soil & Tillage Research* 60: 55-66.

Mortensen, G. K., Strobel, B.W. & Hansen, H.C.B. 2006 Degradation of zearalenone and ochratoxin A in three Danish agricultural soils. *Chemosphere* 62 (2006) 1673-1680

Nakamoto, T., J. Yamagishi & F. Miura, 2006. Effect of reduced tillage on weeds and soil organisms in winter wheat and summer maize cropping on humic Andosols in Central Japan. *Soil & Tillage Research* 85, 94-106.

Nielsen, L.K., Jensen, J.D., Rodrodriguez, A., Jørgensen, L.N. & Justesen, A.F. 2012. TRI12 based quantitative real-time PCR assays reveal the distribution of trichothecene genotypes of *F. graminearum* and *F. culmorum* isolates in Danish small grain cereals. *International Journal of Food Microbiology* 157, 384-392.



- Njøs, A., Ekeberg, E., 1980. Forsøk med pløying til to dybder høst og vår på morenejord i Stange i årene 1969-1975. Fors. Forsk. Landbr. 31, 221-242.
- Olsen, P.A. & Børresen, T., 1997. Measuring differences in soil properties in soils with different cultivation practices using computer tomography. Soil & Tillage Research 44: 1-12.
- Olsen, J., Kristensen, L. & Weiner, J. 2006. Influence of sowing density and spatial pattern of spring wheat (*Triticum aestivum*) on the suppression of different weed species. Weed Biology and Management 6, 165-173.
- Parikka P, Hietaniemi V, Rämö S & Jalli H 2008. *Fusarium* infection and mycotoxin contents of oats under different tillage treatments. Journal of Plant Pathology 90 (3, Supplement), S3.75.
- Patel, J.S., Meinhardt, S.W., Sierotzki, H., Stammler, G., Gudmestad, N.C. & Adhikari, T.B. 2011. A two-step molecular detection method for *Pyrenophora tritici-repentis* isolates insensitive to Qol fungicides. Plant Disease 95, 1558-1564.
- Pedersen, T.R. & Gustavsson, A.M.D. 2003. Rotogräs: Råd i praktiken. Jordbruksverket, Jordbruksinformation 19-2003. 7 pp. (In Swedish)
- Peigné, J., B.C. Ball, J., Roger-Estrade & C. David, 2007. Is conservation tillage suitable for organic farming? Soil Use and Management 23, 129-144.
- Pereyra, S. A. & Dill-Macky, R. 2008. Colonization of the Residues of Diverse Plant Species by *Gibberella zeae* and Their Contribution to *Fusarium* Head Blight Inoculum. Plant Disease 92, 800-807.
- Pereyra, S.A., Dill-Macky, R. & Sims, A.L. 2004. Survival and inoculum production of *Gibberella zeae* in wheat residue. Plant Disease 88: 724-730.
- Pfender W F, Zhang W, Nus A. 1993. Biological control to reduce inoculum of the tan spot pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* in surface-borne residues of wheat fields. *Phytopathology* 83, 371-375.
- Polley, RW. 1971. Barley leaf blotch epidemics in relation to weather conditions with observations on the overwintering of the disease on barley debris. Plant Pathol. 20: 184-190.
- Rafoss, T. 2009. Økning i vekstsesongen de siste 20 åra basert på jordtemperatur. Bioforsk FOKUS 4 (2), 74-75.
- Rasmussen, K.J., 1984. Methods of soil tillage for spring barley on coarse sandy silts. Tidskr. Planteavl 88, 443-452.
- Refsgaard, K., A. Veidal, J. Netland & M. Stenrød, 2006. Risikoreduksjon ved bruk av plantevernmidler - En samfunnsmessig konsekvensanalyse. NILF-rapport 2006-5, 130 pp.
- Riley, H.C.F., Bleken, M.A., Abrahamsen, S., Bergjord, A.K. & Bakken A.K. 2005. Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in the cool, wet climate of central Norway. Soil & Tillage Research 80: 79-93.
- Riley, H., Børresen, T. & Lindemark, P.O. 2009. Recent yield results and trends over time with conservation tillage on clay loam and silt loam soils in southeast Norway. Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science 59: 362-372.
- Riise, G., H. Lundekvam, Q.L. Wu, L.E. Haugen & J. Mulder. 2004. Loss of pesticides from agricultural fields in SE Norway - runoff through surface and drainage water. Environmental Geochemistry and Health 2004, 26: 269-276.
- Schuh, W. 1990. The influence of tillage systems on incidence and spatial pattern of tan spot of wheat. *Phytopathology* 80: 804-807.
- Schenzel, J., Forrer, H.R., Vogelgsang, S., Hungerbühler, K., Bucheli, T.D. 2012b. Mycotoxins in the environment: I. Production and emission from an agricultural test field. Environmental Science & Technology 46(24):13067-75. doi: 10.1021/es301557m. Epub 2012 Dec 6.
- Schenzel, J., Hungerbühler, K. Bucheli, Thomas, D. 2012a. Mycotoxins in the environment: II. Occurrence and origin in Swiss river waters. Environmental Science & Technology, Published online, 2012-11-28.
- Schuh, W. 1990. Influence of tillage systems on disease intensity and spatial pattern of *Septoria* leaf blotch. *Phytopathology* 80: 1337-1340.

- Semb, K. & R. Skuterud, 1996. Effect on the production of weed seeds in a reduced tillage system by autumn spraying: A pot experiment. Proceedings Second International Weed Control Congress, Copenhagen, 1031-1036.
- Sharma, U., Adee, E.A. & Pfender, W.F. 1989. Effect of glyphosate herbicide on pseudothecia formation by *Pyrenophora tritici-repentis* in infested wheat straw. Plant Disease 73, 647-650.
- Shipitalo, M.J., Edwards, W.M., Dick, W.A & Owens, L.B. 1990. Initial storm effects on macropore transport of surface-applied chemicals in no-till soil. Soil science society of American journal 54(6): 1530-1536.
- Sims G.K., Buhler D.D. & Turco R.F. 1994. Residue management impact on the environment. In 'Managing agricultural residues', P.W. Unger (Ed.), CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 77-98.
- Sjursen, H., 2001. Change of the weed seed bank during the first complete six-course crop rotation after conversion from conventional to organic farming. Biological Agriculture & Horticulture 19, 71-90.
- Skoropad, W.P. 1962. Effect of alternate wetting and drying on sporulation and survival of *Rhynchosporium secalis*. Phytopathology 52: 752.
- Skuterud, R., 1977. Growth of *Agropyron repens* (L.) Beauv. at different light intensities in cereals. Proc. EWRS Symp. Methods Weed Control and their Integr., pp. 37-44.
- Skuterud, R., K. Semb, J. Saur & S. Mygland, 1996. Impact of reduced tillage on the weed flora in spring cereals. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 10, 519-532.
- Statens landbrukstilsyn 2001. Omsetningsstatistikk for plantevernmidler 1996 - 2000. Tilgjengelig på:  
[http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00014/Plantevernmiddelstat\\_14521a.pdf](http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00014/Plantevernmiddelstat_14521a.pdf)
- Stenrød, M., G.H. Ludvigsen, G. Riise, H. Lundekvam, M. Almvik, K.S. Tørresen & L. Øygarden, 2007. Redusert jordarbeiding og glyfosat. En sammenstilling av norske og internasjonale forsknings- og overvåkingsresultater, samt en småskala feltstudie av avrenning av glyfosat ved ulike jordarbeiding. Bioforsk Rapport 2 (145), 89 pp.
- Stover, R.W., Francl, L.J. & Jordahl, J.G. 1996. Tillage and fungicide management of foliar diseases in a spring wheat monoculture. J Prod Agric 9: 261-265.
- Sturz, A.V., Carter, M.R. & Johnston, H.W. 1997. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. Soil & Tillage Research 41: 169-189.
- Suffert, F., Sache, I. & Lannou, C. 2011. Early stages of septoria tritici blotch epidemics of winter wheat: build-up, overseasoning, and release of primary inoculum. Plant pathology 60, 166-177.
- Summerell, B.A. & Burgess, L.W. 1989. Factors influencing survival of *Pyrenophora tritici-repentis*: stubble management. Mycological Research 93: 38-40.
- Sumner, D.R., Douppnik, Jr. B. and Boosalis, M.G. 1981. Effects of reduced tillage and multiple cropping on plant diseases. Annual Review of Plant Pathology 19, 167-187.
- Tiberg, E. (ed.), Greve, M.H., Helweg, A., Yli-Halla, M., Eklo, O.M., Nyborg, Å.A., Solbakken, E., Öborn, I. & Stenström, J., 1998. Nordic reference soils: 1. Characterization of 13 typical Nordic soils: 2. Sorption of 2,4-D, atrazine and glyphosate. TemaNord Environment 1998:537, Nordisk Ministerråd, København, 106 s.
- Törnquist, M., Kreuger, J., Adielsson, S. & Kylin, H., 2005. Bekämpningsmedel i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörd under 2004. Ekohydrologi 87, Avdelningen för vattenvårdslära/Rapport 2005:14, Institutionen för miljöanalys, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Tørresen, K.S., 2003. Relationship between seedbanks and emerged weeds in long-term tillage experiments. Aspects of Applied Biology 69, Seedbanks: Determination, Dynamics & Management, 55-62.

- Tørresen, K.S. & R. Skuterud, 2002a. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. IV. Changes in the weed flora and weed seedbank. *Crop Protection* 21: 179-193.
- Tørresen, K.S. & R. Skuterud, 2002b. Effect of tillage on emergence and depletion of weed seeds in soil. *Proceedings 12th EWRS Symposium, Wageningen*, pp. 16-17.
- Tørresen, K.S. & R. Skuterud, 2004. Hvorfor virker glyfosat noen ganger dårlig på kveka - er kveka blitt resistent? *Plantemøtet Østlandet 2004, Grønn kunnskap* 8 (2), 339-346.
- Tørresen, K.S., Skuterud, R., Weiseth, L., Tandsæther, H.J. & Jonsen, S.H., 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. I. Grain yield and weed development. *Crop Protection* 18, 595-603.
- Tørresen, K.S., R. Skuterud, H.J. Tandsæther & M.B. Hagemo, 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effect on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection* 22: 185-200.
- Ulén, B., G. Alex, J. Kreuger, A. Svanbäcka & A. Etanaa. 2012. Particulate-facilitated leaching of glyphosate and phosphorus from a marine clay soil via tile drains. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, Volume 62, Supplement 2, 2012 241-251.
- Vereecken, H. 2005. Mobility and leaching of glyphosate: a review. *Pest Manag. Sci.* 61(12): 1139-1151.
- Vleeshouwers L.M. & Kropff, M.J. 2000. Modelling field emergence patterns in arable weeds. *New Phytologist* 148: 445-457.
- Wilcoxson, R.D., Kommedahl, T., Ozman, E.A. & Windels, C.E. 1988. Occurrence of *Fusarium* species in scabby wheat from Minnesota and their pathogenicity to wheat. *Phytopathology* 78:586-589.
- Williams, L.D., Bacon, C.W., Meredith, F.I., Franzluebbers, A.J., Wyatt, R.D., Smith, M.A., Riley, R.T., 2003. Leaching and binding of fumonisins in soil microcosms. *J. Agric. Food Chem.* 51, 685-690.
- Wærnhus, K. & J. Netland, 2010. Varierende virkning av ugrasmidler. *Bioforsk FOKUS* 5(2),116-117.
- Xu, X. M., Parry, D. W., Nicholson, P., Thomsett, M. A., Simpson, D., Edwards, S. G., Cooke, B. M., Doohan, F. M., Brennan, J. M., Moretti, A., Tocco, G., Mule, G., Hornok, L., Giczey, G. & Tatnell, J. 2005. Predominance and association of pathogenic fungi causing *Fusarium* ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology* 112, 143-154.
- Aamot, H.U., Hofgaard, I.S., Brodal, G., Elen, O. & Klemsdal, S.S. 2008. *Fusarium graminearum* in Norwegian cereals. *Journal of Plant Pathology* 90 (3, Supplement), S3.79.
- Aarstad, P.A. & Bjørlo, B., 2012. Bruk av plantevernmidler i jordbruket i 2011. Statistisk sentralbyrå, Rapport 42/2012, 102 ss. Tilgjengelig på:  
[http://www.ssb.no/emner/10/04/10/rapp\\_plantevern/rapp\\_201242/rapp\\_201242.pdf](http://www.ssb.no/emner/10/04/10/rapp_plantevern/rapp_201242/rapp_201242.pdf)