

Plantevernmidler som miljøgifter i akvatisk miljø?

Av Marianne Stenrød og Ole Martin Eklo

Marianne Stenrød er forsker ved Bioforsk, Ole Martin Eklo er forsker ved Bioforsk og Professor II ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Innlegg på seminar i Norsk vannforening 9. oktober 2013.

Sammendrag

I områder med mye bruk av plantevernmidler vil rester av disse kunne finnes igjen i vannmiljø. Klima, jordforhold, driftspraksis og bruksomfang er de viktigste styrende faktorene for tap av plantevernmidler fra jord til vannmiljø, med nedbør og avrenningsforhold som den viktigste driveren for transport av plantevernmidler fra jord til vann. Overvåkings- og kartleggingsprosjekter i Norge viser funn av plantevernmidler i konsentrasjoner som kan ha negative effekter på vannlevende organismer – både som enkeltmidler og gjennom samvirkning mellom flere midler som forekommer samtidig i miljøet. Det finnes kunnskap og tilgjengelige tiltak som i større grad bør utnyttes for å redusere tap av plantevernmidler fra jord til overflate- og grunnvann.

Godkjenning, omsetning og bruk av plantevernmidler

God plantevernpraksis er avgjørende for å oppnå god avling og kvalitet innen landbruksproduksjon, og kan bestå av ulike dyrkningstekniske, mekaniske, biologiske og kjemiske tiltak. Kjemiske plantevernmidler må gjennom en nasjonal godkjenning før de kan tas i bruk i Norge, og må da tilfredsstillende krav til agronomisk virkning, ikke

ha uakseptable skadevirkninger overfor mennesker, husdyr, dyre- og planteliv eller det biologiske mangfoldet og miljøet for øvrig. Norge har pr i dag unntak fra EUs regelverk og har et nasjonalt regelverk for godkjenning av plantevernmidler hvor Mattilsynet er godkjenningsinstans og Vitenskapskomiteen for mattrygghet utfører risikovurderinger på oppdrag fra Mattilsynet. Ny plantevernmidelforskrift som implementerer EUs regelverk (EC, 2009 a og b) forventes iverksatt i løpet av 2014/2015. I Norge var det i 2013 godkjent 110 virksomme stoffer/organismer og 241 ulike handelspreparater av plantevernmidler. Dette er relativt få midler sammenlignet med de fleste land i Europa. Det meste av volumet som omsettes er kjemisk syntetiserte plantevernmidler (ca. 97 %). Omsetningen i 2013 var 793 tonn (Tabell 1; Mattilsynet, 2014), hvorav 22 % var hobbypreparater. Omsatt mengde hobbypreparater viser en økende trend. Det er ugrasmidler som utgjør det største salgsvolumet av plantevernmidler med 77 % (gjennomsnitt 2009-2013). Soppmidler utgjør i gjennomsnitt ca. 13 %. Skadedyrmidler utgjør bare knapt 1 % av solgt volum. Utviklingen i totalomsetningen av plantevernmidler etter 1980 viser om lag en halvering av omsatt mengde virksomt stoff på vektbasis fra 1980 til 2000. Deretter har det vært en utflating, men med betydelige variasjoner mellom år. Reduksjonen i omsatt mengde virksomt stoff

Type middel	2009	2010	2011	2012	2013	Gj.snitt 2009-2013	2013 fordeling %	2009-2013 fordeling %
Ugrasmidler	416,1	573,7	679,2	628,0	614,9	585,3	78	77
Soppmidler	76,0	87,2	106,6	119,9	101,9	99,3	13	13
Skadedyrmidler	7,6	5,3	6,4	7,2	6,6	6,8	>1	>1
Andre	81,2	65,9	72,8	94,3	69,5	76,8	9	10
Sum	580,9	732,1	865,0	894,4	792,9	765,0		
Yrkespreparater	462,2	599,0	693,9	645,5	576,7	595,5	72	78
Hobbypreparater	118,8	137,8	171,1	203,9	216,2	169,5	27	22

Tabell 1. Omsetning av plantevernmidler i tonn virksomt stoff 2009 til 2013 (Kilde: Mattilsynet, 2014).

betyr ikke nødvendigvis at sprøytet areal er redusert, men en overgang til bruk av midler som brukes i lave doser fordi de har høy biologisk effekt.

Statistisk sentralbyrås undersøkelser av bruk av plantevernmidler i jordbruket (Aarstad og Bjørlo, 2012) viser at i gjennomsnitt for de fem siste undersøkelsene (2001-2011) sprøytes ca. 95 % av potetarealet, ca. 90 % av jordbæarealet, ca. 85 % av eplearealet, ca. 90 % av bygg- og havrearealet, nærmere 100 % av hvetearealet, 70-75 % av oljevekstareale og om lag 5 % av eng- og beitearealet med kjemiske plantevernmidler. Potet, grønnsaker, jordbær og epler er av produksjonene som sprøytes flest ganger i løpet av vekstsesongen (variasjon mellom vekster, anslagsvis 5-8 ganger), mens eng/beite og korn-/oljevekstareale sprøytes 1-2 ganger pr sesong. Det er et generelt fokus på bærekraftig bruk av plantevernmidler via Handlingsplanen for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler (Landbruks- og matdepartementet, 2009) og et økende fokus på integrert plantevern (bl.a. bruk av andre tiltak enn kjemisk plantevern, bruk av reduserte doser, flekssprøyting, sprøyting kun ved behov (observasjon i åker eller varsling (www.vips-landbruk.no)); Hofsvang, 2010).

Generelt er værforhold svært styrende for bruk av plantevernmidler, både fordi det påvirker skadegjørerutviklingen og fordi det er avgjørende for om sprøyting kan utføres på rett tidspunkt. Gode forhold for utviklingen av en skadegjører vil gi høy forekomst og stort behov for bruk av plantevernmidler. Sprøyting til feil

tidspunkt vil gi dårlig bekjemping av skadegjøreren og evt. behov for ekstra sprøyting. I enkelte år kan værforholdene gjøre det vanskelig å sprøyte for å bekjempe en gitt skadegjørere, og man kan få økt behov for sprøyting etterfølgende sesong. Jordarbeidingsmetode påvirker utvikling av ugras og plantesjukdommer i en åker og dermed også behovet for planteverntiltak og bruk av kjemiske plantevernmidler. Generelt reduseres risiko for utvikling av ugras og plantesjukdommer dersom åkeren pløyes.

Klima, jordforhold og driftspraksis avgjør forekomst i miljøet

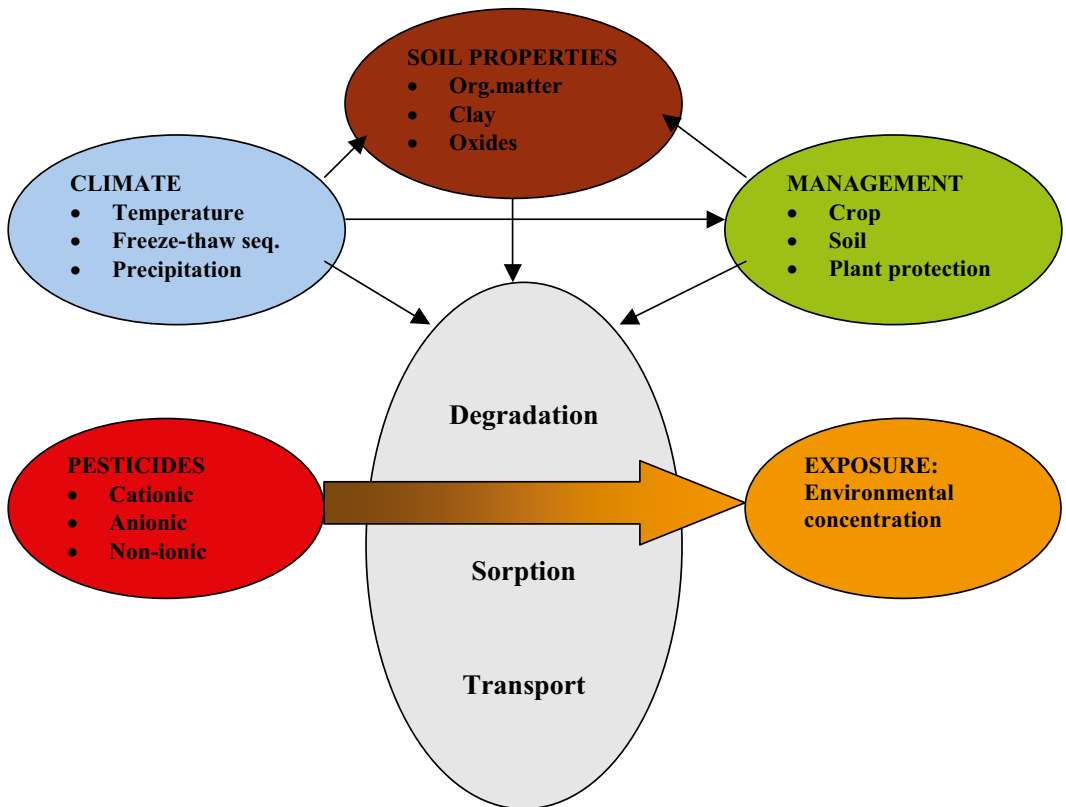
Forekomst av plantevernmidler i norsk miljø følges gjennom ulike overvåkingsprogram og kartleggingsprosjekt. Hovedparten av eksisterende kunnskap om forekomst i overflatevann kommer fra Program for jord- og vannovervåking (JOVA) (Bechmann et al., 2014) som pr i dag omfatter overvåking av plantevernmidler i jordbruksbekker i seks utvalgte nedbørfelt med intensiv jordbruksdrift. Denne kunnskapen er supplert med spesifikke undersøkelser av avrenning fra veksthus (Roseth, 2012). Tidligere omfattet JOVA-programmet også overvåking av overflatenært grunnvann, men dette er i perioden 2007-2012 gjennomført i et eget kartleggingsprosjekt (nå avsluttet) med fokus på gårdsbrønner (Roseth, 2013).

Målsetningen er at plantevernmidlene skal forsvinne raskt fra miljøet etter at tilsiktet virkning på ugras, soppsjukdommer eller skadeinsekter er oppnådd. Kjemiske plantevernmidler

vil kunne bindes, transporteres eller brytes ned i miljøet. Generelt er værforholdene styrende for tap av plantevernmidler med potensielt rask transport fra jord til vann ved nedbør kort tid etter sprøyting, men det er et samspill mellom værforhold, jordegenskaper, driftspraksis og plantevernmidlenes kjemiske egenskaper som avgjør skjebnen til plantevernmidler i miljøet, figur 1. De fleste plantevernmidler som brukes i dag og som overvåkes, kan påvises i vannmiljøet. Mulige unntak er midler som brukes i lave konsentrasjoner og/eller i et lite omfang. Plantevernmidler transporteres også til grunnvann. Undersøkelser av overflatenært grunnvann i JOVA-feltene viser andel funn og funnkonsentrasjoner på nivå sammenliknbart med jordbruksbekker (Haarstad og Ludvigsen, 2007). Det ser ut til at denne transporten kan være relativt hurtig. Fra overflatenært grunnvann kan trans-

port av plantevernmidlene enten gå til overflatevann eller til dypereliggende grunnvann.

En del plantevernmidler brytes ned betydelig saktere i norsk miljø enn forventet ut fra forutsetningene ved godkjenning som ofte er basert på feltforsøk utført i Mellom- og Sør-Europa. Dette viser seg gjennom funn av plantevernmidler som ikke kan knyttes til bruk av plantevernmidler samme år og at en del midler gjenfinnes i en lang periode etter sprøyting – utover høsten og i snøsmeltingen neste vår. De relativt lave jordtemperaturene i Norge kan være en medvirkende årsak til at plantevernmidlene brytes langsomt ned, noe som indikeres av pågående forskningsarbeid (Almvik et al., 2014). Det påvises normalt ikke plantevernmidler i bekker og elver når det er frossen mark, men ved ustabile vintre og avrenning fra arealene kan det skje en transport også i vinterhalvåret. Frysing og tining



Figur 1. Miljøkonsentrasjoner av plantevernmidler styres av et samspill mellom ulike miljøfaktorer (klima, jordforhold, driftspraksis, plantevernmidlets fysiske/kjemiske egenskaper) og prosessene som påvirker plantevernmiddelets skjebne i miljøet (nedbrytning, binding, transport).

av jorda slik vi opplever i ustabile vintre vil kunne bidra til frigjøring av plantevernmidler bundet i jorda (Stenrød et al., 2008) og dermed øke risikoen for utvasking og transport til vann. Dette er lite undersøkt i overvåkingen da prøvetakingen hovedsakelig har foregått i vekstsesongen. Det er følgelig usikkert hvor stor risikoen er for tap av plantevernmidler gjennom vinteren og våren.

Miljøkonsentrasjoner med risiko for effekter i vannmiljø

Det at plantevernmidler kan påvises i vann betyr ikke nødvendigvis at de forårsaker skadelige effekter, og målte konsentrasjoner må vurderes i forhold til den effekt plantevernmidler har på vannlevende organismer. I Norge finnes ikke grenseverdier for innhold av plantevernmidler i overflatevann som er fastsatt av myndighetene utover de få plantevernmidlene som omfattes av listen over prioriterte stoffer iht. Vannforskriften. Av disse er kun et fåtall fremdeles i bruk i norsk landbruk og JOVA-programmet har siden oppstart i 1995 utarbeidet miljøfarlighetsverdier (MF-verdier) (Stenrød et al., 2014) for de plantevernmidler som er påvist. MF-verdiene representerer antatt ingen-effekt konsentrasjon i vannmiljø og beregningene er gjort i henhold til gjeldende europeiske retningslinjer (EC, 2011). MF-verdiene benyttes til å vurdere miljørisikoen ved funn av plantevernmidler som enkeltstoff i overflatevann samt til å beregne total miljøbelastning (TMB) for bekker og elver som overvåkes i JOVA-programmet (Bechmann et al., 2014). Sistnevnte er et uttrykk for risiko for samvirkende effekter av plantevernmidler i vann (Σ (målt konsentrasjon/MF), for alle plantevernmidler påvist i en enkelt prøve), forutsatt en additiv effekt av alle de påviste plantevernmidlene i en vannprøve. En TMB-verdi større enn 1 indikerer risiko for effekt på vannlevende organismer.

Resultater fra JOVA-programmet viser funn av 61 ulike plantevernmidler gjennom perioden 1995-2012 (Bechmann et al., 2014). Det er påvist konsentrasjoner over MF-verdien for 29 midler totalt 430 ganger, noe som indikerer mulig miljørisiko knyttet til dagens bruk av plante-

vernmidler. Ugrasmidlene metribuzin, propaklor, linuron og aklonifen som er brukt i potet- og grønnsakproduksjon er blant midlene som er hyppigst påvist over MF-verdien gjennom overvåkingsperioden. Av disse er metribuzin og aklonifen fortsatt i bruk og er pr i dag de ugrasmidlene som påvises hyppigst over MF og krever fortsatt tett oppfølging. En EQS verdi for aklonifen ble inkludert i listen over prioriterte stoffer iht. Vanndirektivet i 2013 (EC, 2013) og viser et økt fokus på dette middelet i Europa. Soppmidler som er påvist ofte over MF-verdien omfatter fenpropimorf, propikonazol, prokloraz og nedbrytningsproduktet protiokonazol-destio. Alle disse er i bruk i dag og sistnevnte er et nedbrytningsprodukt av protiokonazol som ble godkjent i 2008 for bekjemping av *Fusarium spp.* i korn. Grunnet økende problemer med og fokus på *Fusarium spp.* og mykotoksiner i korn, sprøytes store kornarealer hvert år med protiokonazol. På grunn av rask nedbrytning av protiokonazol er det metabolitten protiokonazol-destio, som er moderat persistent i jord og mer toksisk i vannmiljø enn morstoffet (University of Hertfordshire, 2014), som påvises hyppigst i miljøet og som krever et økt fokus fra et miljøperspektiv. Skadedyrmidler som påvises i miljøet i konsentrasjoner over MF-verdien er oftest midler som brukes i grønnsaker, potet og bærproduksjon. Generelt har skadedyrmidler høy giftighet overfor vannlevende organismer og svært lave MF-verdier. De senere år er det spesielt imidakloprid, et neonicotinoid som har fått oppmerksomhet pga. forekomst i pollen og nektar og med mulige skadeeffekter på bier (bl.a. Eggen et al., 2013), som er påvist i høye konsentrasjoner. Bruk av imidakloprid for beising av rapsfrø ble forbudt i 2013 og dagens bruk omfatter i hovedsak beising av potet og bruk i veksthus. Midlet er påvist både i bekkevann i JOVA-programmet og i avrenning fra veksthusproduksjon (Roseth, 2012). Både for protiokonazol-destio og imidakloprid er det foreløpig for lite data som foreligger til at man kan konkludere om disse midlene utgjør en vedvarende utfordring eller om de foreløpige resultatene representerer unntakstilfellene.

Overvåkingen og kartleggingsprosjektene som er utført i norsk miljø omfatter imidlertid ikke alle plantevernmidler som er i bruk. Noen viktige unntak omfatter ugrasmidlene glyfosat og sulfonylurea lavdosemidler som brukes årvisst på store arealer innenfor flere produksjoner. I områder med redusert (plogfri) jordarbeiding er det utstrakt bruk av glyfosat, spesielt om høsten, når vær- og høsteforhold tillater det. Dette middelet har imidlertid lav giftighet i vannmiljø og resultater fra undersøkelser tidlig på 2000-tallet indikerer at de forekommende konsentrasjoner ikke vil ha noen negativ effekt i vannmiljø (Ludvigsen og Lode, 2005). Sulfonylurea ugrasmidler som sprøytes i lave doser (1-6 g/daa) antas å ha lav risiko for utlekking. Nyere forskningsresultater indikerer imidlertid en risiko for utlekking av konsentrasjoner som kan forårsake negative effekter i vannmiljø (Almvik et al., 2011).

Risiko for samvirkende effekter

Det er lite kunnskap om hvordan plantevernmidler i blanding samvirker i norsk miljø. Selv om de konsentrasjonene som måles av plantevernmidler i norsk miljø er lavere enn rapporterte effekt-konsentrasjoner, så kan det forekomme effekter på vannlevende organismer gjennom samvirkning/blandingsgiftighet av flere plantevernmidler. Det er heller regelen enn unntaket at flere plantevernmidler forekommer samtidig/opptrer i blanding i vannprøver fra jordbruksbekker. Resultater fra JOVA-programmet viser stor variasjon i hvor mange midler som påvises i hver analyserte prøve og i 2012 ble så mange som 13 ulike midler påvist i én prøve (Hauken, 2014). En nærmere undersøkelse av resultater fra JOVA-programmet i 2012 indikerer risiko for blandingsgiftighet i perioden med hyppigst sprøyting (juni-august) (Petersen et al., 2013). Disse resultatene er basert på vannføringsproporsjonal blandprøvetaking som gir en gjennomsnittskonsentrasjon for en 14-dagers periode, og fanger ikke opp de maksimale konsentrasjoner som faktisk forekommer i miljøet og kan forårsake akutte toksiske effekter.

Diffuse forurensningskilder og mulige tiltak

Ved bruk av plantevernmidler i landbruket har det tradisjonelt vært størst fokus på å forhindre eller redusere risiko for forurensning fra diffuse kilder som vindavdrift ved sprøyting, overflateavrenning ved nedbør og erosjon på sprøytede arealer, samt utlekking til grunnvann og grøftesystemer. Økt bruk av tiltak for å redusere diffuse kilder i landbruket oppnås gjennom nasjonale, regionale og lokale tilskuddsprogram. Mange ulike tiltak er vist å være effektive (Reichenberger et al., 2007) og vegetasjonssoner (Syversen & Bechmann, 2005; Rasmussen et al., 2011) er de som i hovedsak anbefales i Norge (www.bioforsk.no/tiltak). Dagens plantevernmiddelregelverk stiller ingen spesifikke krav til slike tiltak utover de sprøytefrie sonene mot åpent vann som defineres for hvert enkelt plantevernmiddel ved godkjenning.

Som nevnt kan forekomst i miljøet ofte knyttes til nylig sprøyting med plantevernmidlet, og alle tiltak som reduserer bruken av kjemiske plantevernmidler vil dermed redusere tapene via diffuse kilder. Først og fremst bør fokus være på integrert plantevern (Hofsvang, 2010) hvor alle mulige tiltak (tekniske, biologiske, kjemiske mv) skal vurderes og tas i bruk. Ved sprøyting med kjemiske plantevernmidler er det pr i dag utbredt bruk av reduserte doser og fleksksprøyting, og pågående forskningsarbeid viser lovende resultater for presisjonssprøyting (Berge et al., 2012). Aktuelle tiltak for redusert risiko ved bruk av kjemiske plantevernmidler inkluderer informasjon og kompetansetiltak som gir bonden mulighet til å velge det mest effektive og minst miljøfarlige kjemiske midlet. Pesticidrisikokart for valg av middel med lav miljørisiko ut fra lokale vær- og jordforhold (basert på klimadata fra lokale værstasjoner ([lmt.bioforsk.no](http://met.bioforsk.no) og met.no) og jordsmonnkart (<http://www.skogog-landskap.no/temaer/jordsmonnkart>) er et tiltak som er utnyttet til forskningsformål, men vil kunne etableres for større deler av jordbruksarealet i Norge og benyttes som et veiledningsverktøy. Slike kart kan bidra til å identifisere områder med høy risiko for tap av plantevern-

midler (områder med grove masser, terrengfor-senkninger med oppsamling av vann i snøsmeltingsperioden mv.) hvor man så kan unngå å sprøyte med midler klassifisert med høy risiko for utlekking til grunnvann (Eklo et al., 2009).

Økt fokus på punktkildeforurensning

De senere år har det blitt større oppmerksomhet rundt behovet for å redusere risikoen knyttet til tap av plantevernmidler fra punktkilder (dvs. tap fra et mindre, klart avgrenset areal) som i hovedsak omfatter spill knyttet til selve sprøyteprosessen, avhending av rester og innvendig vask av sprøyteutstyr, samt i tilknytning til påfyllings- og vaskeplass for sprøyteutstyr. Tidligere norske undersøkelser viser risiko for forurensning av drikkevann fra punktkilder (Eklo et al., 2002) med betydelige funn av plantevernmidler i drikkevannsbrønn nær vaskeplass for potetkasser og sprøyteutstyr. Et økende fokus på punktkilder av plantevernmidler i Europa er stadfestet gjennom det EU-finansierte forsknings- og veiledningsprosjektet TOPPS (Train Operators to Promote best Practices and Sustainability) (www.topps-life.org) (Vaculik et al., 2008), som viser til at 40-90 % av de plantevernmidlene som gjenfinnes i overflatevann kan komme fra punktkilder. Det gjør disse til den viktigste årsak til plantevernmidler i overflatevann.

For å redusere risikoen for forurensning ved fylling og vasking av sprøyteutstyr, ble det såkalte 'biobedet' konstruert på 1990-tallet. Et biobed er ca. 0,6 m dypt og fylt med en blanding av halm, torv og jord, som muliggjør nedbrytning av plantevernmidler. I Sverige er det tatt i bruk i stor utstrekning (Torstensson, 2000). Biobed systemet har ført til uttestinger i mange land for å tilpasse dette til deres nasjonale forhold (Castillo et al., 2008) mens uttesting og bruk av dette konseptet i Norge har vært liten. Det kan være utfordringer knyttet til vannhåndteringen i et biobed for å oppnå god nok tilbakeholdelse av mobile plantevernmidler, men en slik installasjon vil være en god forsikring sett i forhold til påfylling og utvendig vask av sprøyteutstyr på drenert gårdsplass.

TOPPS-prosjektet viste viktigheten av grundig informasjon om og opplæring i bruk av gode prosedyrer ute blant brukerne, og omfattet ti demogårder og seks pilotområder hvor det ble gjennomført intensive informasjons- og rådgivningskampanjer. En kortfattet informasjonsbrosjyre fra prosjektet er oversatt til norsk i et samarbeid mellom Norsk Plantevernforening, Norsk landbruksrådgivning, Mattilsynet samt Matmerk og ble lansert i 2010. Denne brosjyren er bl.a. tilgjengelig på nettsidene til Norsk landbruksrådgivning (<http://www.lr.no/media/ring/1043/Gode%20råd%20ved%20sprøyting.pdf>).

Økt fokus på problemstillinger knyttet til kilder til punktforurensning fra plantevernmidler kan også være på sin plass innenfor andre sektorer enn landbruket, så som sprøyting på/langs jernbanelinjer og veier, i parkanlegg o.l., og bruk i private hager og på gårdsplasser. Sprøyting på godt drenerte masser vil i utgangspunktet kunne gi rask transport av plantevernmidler fra jord til vannmiljø hvor det kan utgjøre en utilsiktet miljørisiko.

Referanser

- Almvik, M., Bolli, R., Christiansen, A., Eklo, O.M., Holten, R., Senneset, G.V., Wærnhus, K., 2014. Nedbrytning av soppmidler i norsk klima. *Bioforsk TEMA* vol. 9 nr. 4.
- 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 – including development of LC-MS/MS methods for quantitative analysis of sulfonylurea herbicides and degradation products. *Bioforsk FOKUS* 6 (10).
- Bechmann, M., Stenrød, M., Grønsten, H.A., Pengerud, A., Deelstra, J., Eggestad, H.O., Hauken, M., 2014. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt. *Bioforsk rapport* vol. 9 nr. 84.
- Berge, T.W., Goldberg, S., Kaspersen, K., Netland, J., 2012. Towards machine vision based site-specific weed management in cereals. *Computers and Electronics in Agriculture* 81:79-86.
- Castillo, M.D.P., Torstensson, L., Stenström, J., 2008. Biobeds for Environmental Protection from Pesticide Use – A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 6206-6219.

- EC, 2009a. 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.
- EC, 2009b. Regulation 1107/2009 of the European Parliament and the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC.
- EC. 2011. Guidance Document No. 27: Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards. Technical Report - 2011 - 055.
- EC, 2013. Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy
- Eggen, T., Odenmarck, S., Torp, T., 2013. Opptak og translokering av insektmidlet imidakloprid fra planteavfall til nektar og pollen i trekkplantene bringebær og solsikker – en mulig eksponeringsvei for pollinerende insekter. Bioforsk Rapport vol. 8 nr. 149.
- Eklo, O.M., Kværner, J., Solbakken, E., Solberg, I., Sorknes, S., 2002. Potetdyrking og forurensning av grunnvann med plantevernmidler. Grønn Forskning 46/2002. Planteforsk, Ås.
- Eklo, O.M., Bolli, R., Kværner, J., Sveistrup, T., Hofmeister, F., Solbakken, E., Jarvis, N., Stenemo, F., Romstad, E., Glorvigen, B., Guren, T.A., Haraldsen, T., 2009. Tools for environmental planning to reduce risks of leaching and runoff of pesticides to groundwater. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009. <http://www.mssanz.org.au/modsim09/I16/eklo.pdf>
- Hauken, M. (red.), 2014. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2012. Bioforsk Rapport vol. 9 nr. 75.
- Hofsvang, T., 2010. Integreert plantevern. Bioforsk TEMA vol. 5 nr. 12.
- Haarstad og Ludvigsen, 2007. Ten years of pesticide monitoring in Norwegian ground water. *Ground Water Monitoring & Remediation* 27: 75-89.
- Landbruks- og Matdepartementet, 2009. Handlingsplan for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler (2010-2014).
- Ludvigsen og Lode, 2005. Tap av pesticider fra jordbruksareal – utvikling over tid. Resultater fra JOVA: jord- og vannovervåking i landbruket 2004. *Jordforsk Rapport* 102/05.
- Mattilsynet, 2014. Omsetningsstatistikk for plantevernmidler. www.mattilsynet.no
- Petersen, K., Stenrød, M., Tollefsen, K.E., 2013. Initial environmental risk assessment of combined effects of plant protection products in six different areas in Norway. NIVA Rapport sno 6588-2013.
- Rasmussen, J.J., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., McKnight, U.M., Kronvang, B., 2011. Buffer strip width and agricultural pesticide contamination in Danish lowland streams: Implications for stream and riparian management. *Ecological Engineering* 37: 1990-1997.
- Reichenberger, S., Bach, M., Skitschak, A., Frede, H-G., 2007. Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness: A review. *Science of the Total Environment* 384: 1-35.
- Roseth, 2012. Veksthus med produksjon av potteplanter – plantevernmidler i avrenning, avfall og grunnvann. Bioforsk Rapport vol. 7 nr. 26.
- Roseth, 2013. Plantevernmidler i grunnvann i jordbruksområder. Bioforsk Rapport vol. 8 nr. 46.
- Stenrød, M., Lode, O., Holen, B., 2014. Plantevernmidler i vann – miljøsikro. Bioforsk TEMA vol. 9 nr. 3. www.bioforsk.no/miljofarlighetsverdier
- Stenrød, M., Perceval, J., Benoit, P., Almvik, M., Bolli, R., Eklo, O.M., Sveistrup, T., Kværner, J., 2008. Cold climatic conditions: effects on bioavailability and leaching of the mobile pesticide metribuzin in a silt loam soil in Norway. *Cold Regions Science & Technology* 53: 4-15.
- Syversen, N., Bechmann, M., 2005. Vegetative buffer zones as pesticide filters for simulated surface runoff. *Ecological Engineering* 22: 175-184.
- Torstensson, L., 2000. Experiences of biobeds in practical use in Sweden. *Pesticide Outlook* 11: 206-211.
- Ulén, B., Alex, G., Kreuger, J., Svanbäck, A., 2012. Particulate-facilitated leaching of glyphosate and phosphorus from a marine clay soil via tile drains. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B* 62: 241-251.
- University of Hertfordshire, 2014. The Pesticide Properties Database (PPDB), accessed 09052014. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>.
- Vaculik, A., Bonicelli, B., Laplana, R., Dejean, C., Toettele, M., Mailet-Mezeray, J., Verrier, C., Rutherford, S., Mestdagh, I., Balsari, P., Doruchowski, G., Jurczuk, S., Gil Moya, E., Kramer, H., Cooper, S., Petersen, P.H., 2008. Proposal on a sustainable strategy to avoid point source pollution of water with plant protection products. Rapport fra TOPPS prosjektet. Tilgjengelig på: www.topps-life.org
- Aarstad, P.A., Bjørlo, B., 2012. Bruk av plantevernmidler i jordbruket i 2011. *Rapporter* 2012/42. Statistisk sentralbyrå.