

Kemiska växtskyddsläckage från växthus- och plantskoleproduktion – och hur dessa kan förebyggas

Klara Löfkvist, Torbjörn Hansson, Sven Axel Svensson, Sunita Hallgren



Kemiska växtskyddsläckage från växthus- och plantskoleproduktion – och hur dessa kan förebyggas

Pesticide leakage from production in greenhouses and nurseries, and suitable methods to prevent these

Klara Löfkvist, Torbjörn Hansson, Sven Axel Svensson,
Sunita Hallgren

En referens till denna rapport kan skrivas på följande sätt:

Löfkvist K. et al. 2015. Kemiska växtskyddsläckage från växthus och plantskoleproduktion – och hur dessa kan förebyggas. Rapport 439, Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

A reference to this report can be written in the following manner:

Löfkvist K. et al. 2015. Pesticide leakage from production in greenhouses and nurseries, and suitable methods to prevent these. Report 439, Agriculture & Industry. JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Sweden

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary	7
Problembeskrivning	8
Konsekvenser av påträffat kemikalieläckage	8
Syfte och målsättning	9
Kunskapsläge om läckage från växthus och hårdgjorda ytor	9
Olika typer av läckage	9
Diffust läckage	9
Punktutsläpp	10
Läckage genom kontaminerat vattenflöde	10
Undersökningar och provtagningar av läckagevägar	11
Mätningar av dräneringsmängd vid markodling	11
Mätningar av kemikalieförekomst i mark	12
Provtagning från kompost	13
Mätningar av läckage via överskottsvatten	14
Waterstromen – modell för vattenflöde	14
Kemikalieegenskaper och nedbrytning	16
Metoder för minskat växtskyddsläckage	17
Mobil påfyllnadsplats	20
Biobäddar	21
Traditionell biobädd	21
Inklädd biobädd	21
Bioreaktorer	22
PhytoBac	22
Biofilter	23
VertiBac	23
VerticalGreen Biobed	24
Lämpliga bioreaktorer för växthus och plantskola	25
Reningssystem för låga halter i recirkulerande system	25
Våtmarker – reningssystem för större vattenvolymer	25
Filtermaterial	26
Biokol	26
Diskussion.....	27
Behov av vidare studier	28
Referenser	29
Bilaga 1	33

Förord

Det är viktigt att kemikalieläckage från växthus uppmärksammas och framförallt åtgärdas. Bra metoder för att förebygga kemikalieläckage finns, och dessa måste börja användas av de svenska odlarna. Vi har i Sverige god tillgång på vatten och behöver behålla denna resurs fri från kemiska ämnen inklusive växtskyddsmedel. Förekomst av kemiska växtskyddsmedel från produktion i växthus har påvisats i flera år, både i Sverige och utomlands. Kontinuerliga mätningar av växtskyddsförekomsten i danska vattendrag har nyligen införts, och restriktioner förväntas komma.

Om inte problematiken tas på allvar och åtgärder sätts in som motverkar läckage, riskeras onödiga restriktioner i användningen av kemiska växtskyddsmedel. I denna rapport fastställs hur läckage uppstår och hur de, med relativt enkla metoder, kan undvikas.

Detta projekt har finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning.

Uppsala i november 2015

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Kemikalieläckage förekommer fortfarande genom en eller flera av de läckagevägar som har identifierats; diffusa läckage, punktutsläpp och utsläpp via kontaminerat vatten. Provgrävningar i mark och provtagningar i vattendrag från växthus visar att det i första hand är påfyllnadsplatsen av sprutan (punktutsläpp), läckage i det recirkulerande systemet eller medvetna undantag från recirkulering då vattnet inte anses lämpligt att återföras till växterna, dvs. bevattningsvatten kontaminerat med växtskyddsmedel som utgör störst risk för läckage.

En ökad medvetenhet och förståelse för kemikalieläckage ger förutsättningar för rätt skyddsåtgärder och lämpliga insatser. Filtermaterial och reningssystem finns utvecklade och flera av dessa är praktiskt tillämpbara i odling.

Punktutsläpp kan i första hand undvikas genom en säker påfyllnadsplats där spill samlas upp på tät platta och sedan förs vidare till biobädd eller bioreaktor. Läckage via kontaminerat vattenflöde kan renas genom något av de filtersystem som finns framtagna.

Summary

Pesticide leakage still occurs through different pathways identified in the project; diffuse leakage, point sources and emissions through contaminated water.

Measurements in soil and waterways, with origin from greenhouse production areas, show prevalence of pesticides. The filling places of the sprayers, as well as points where the recirculating water systems are deficient or the water is not suited for recirculation are the main sources of pesticide leakages.

Increased awareness and understanding of pesticide leakages provides proper adjustments and measures to prevent them. Filtration and purification systems are developed and several of these are practically applicable for growers.

Point emissions can primarily be avoided by safe filling places for the sprayers, where the waste is collected on hard surfaces and then passed on to a biobed or bioreactor. Leakage containing contaminated water can be purified by different available filter system.

Problembeskrivning

Läckage från växthusproduktion i mark och vatten har påträffats i flera länder under senare år och nya rapporter kring förekomster dyker upp kontinuerligt. Fokus har i första hand legat på att identifiera läckage av växtnäringsämnen, men omfattar även kemiska substanser. Flertalet av dessa undersökningar har påvisat kemikalieförekomst i vattendrag, både yt- och grundvatten. Rapporterade undersökningar finns från Sverige, Norge, Danmark och Holland (Roseth et al., 2007; Kreuger et al., 2009; Kruger, 2008; van Os & Vermeulen, 2011; Roseth & Haarstad, 2010). Kemikalierester från växthusodling har även påträffats i marklager vid grävningar i nedlagda handelsträdgårdsområden (Ländell, 2012). Sedan 1992 pågår årliga kontinuerliga mätningar av kemikalieförekomsten i vattendrag, kopplade till lantbruksmarker, inom den nationella miljöövervakningen. Dessa mätningar visar på en kontinuerlig förekomst av aktiva substanser, dvs. kemikalierester som, efter åtgärder mot punktutsläpp, har stabiliserats på en relativt låg nivå. De mätningar som har gjorts i svenska ytvatten från trädgårdsproducerande områden har visat på ett stort antal aktiva substanser. Från växthusintensiva områden har för vissa substanser betydligt högre halter än de som vanligtvis idag läcker från jordbruksmark påträffats. Provtagningar i marken från nedlagda plantskolor har påvisat flera ämnen, dock i låga halter. Förekomsten av kemikalier i mark samt i yt- och grundvatten leder till behov av aktiva åtgärdsprogram för att säkerhetsställa vår miljö. För att rätt typ av åtgärder ska kunna vidtas måste läckagevägarna identifieras och sambanden tydliggöras. Slutligen ska lämpliga insatser för ett minskat läckage göras tillgängliga, praktiskt anpassas och föras ut till odlarna.

Kartläggning av hur hantering av kemikalier i växthus sker har gjorts och utifrån dessa har ett antal läckagevägar identifierats (Löfkvist et al., 2009; Löfkvist & Svensson, 2012). För att verifiera de utpekade läckagevägarna, påbörjades mätningar av kemikalieförekomst i marken i växthus inom ett projekt finansierat av Naturvårdsverket (Hallgren et al., 2013). Dessa mätningar gav en bra indikation på vilka aktiva substanser och halter som förekommer i marken i växthus och på vilka djup de kan återfinnas. För att få ökad kunskap kring läckage ifrån växthus har mätningar gjorts både i mark och i vattenflöden från växthus, inom det av SLF finansierade projektet ”Kemikalieläckage från växthus och hårdgjorda ytor”, vilka redovisas i denna rapport. Med dessa resultat som bakgrund presenteras och utvärderas lämpliga åtgärder för att minimera läckagevägarna från växthus.

Konsekvenser av påträffat kemikalieläckage

De påträffade halterna har ändrat synen på växthus när det gäller godkännande av växtskyddsmedel. Tidigare har definitionen inom EU för växthus varit att de är slutna system från vilka inga kemiska läckage sker. Detta har inneburit att vid registreringen av preparat för användning i växthus har ingen yttre miljöpåverkan tagits med. Det har tidigare funnits modellberäkningar för växtskyddsmedlens eventuella läckage. Dessa modeller resulterade i mycket låga läckagerisker. De faktiska värdena som numera uppmäts har visat sig vara betydligt högre. Modellerna ses nu över och revideras för att bättre beskriva de verkliga läckageriskerna. Nya registreringar av växtskyddsmedel för växthusanvändning måste nu även omfatta en miljöriskbedömning och kraven för inregistrering förväntas höjas. Växthus klassas nu som en egen zon för hela EU vid registrering

vilket kan ifrågasättas då ett växthus kan vara ett mycket vitt begrepp och definitionen är för tillfället inte helt klar. Utvecklingen av dessa ändrade bedömningar sker av European Food Safety Authority (EFSA), till stor del med forskare från Nederländerna.

Syfte och målsättning

Syftet med detta projekt har varit att skapa förutsättningar för en miljömässigt säker användning av växtskyddsmedel i växthus- och plantskoleproduktion genom korrekta åtgärder.

Målsättningen är att öka kännedomen om läckaget av växtskyddsmedel från växthusproduktion och plantskola och därmed öka möjligheterna till att minska läckaget genom lämpliga praktiska åtgärder.

Kunskapsläge om läckage från växthus och hårdgjorda ytor

Olika typer av läckage

Kemikalieläckage riskerar alltid att uppstå om man använder kemiska växtskyddsmedel och det är därför viktigt att vara medveten om vilka läckagevägarna är och hur de genom rätt åtgärder kan minskas eller undvikas i så stor utsträckning som möjligt. Det finns inga helt slutna växthus kommersiellt i Sverige. Därför måste alltid insatser för ett minskat kemikalieläckage sättas in.

Kemikalier kan antingen bindas till olika partiklar såsom jord, torv samt annat organiskt material med vissa egenskaper eller lösas i vatten. Läckage av växtskyddsmedel kan ske via luft och vatten. I det första fallet sker läckaget i första hand via ventilationsluckorna men kan även förekomma vid otätheter i växthuskonstruktionen. Denna läckageväg har utretts av EFSA och betraktas normalt som försumbar, jämfört med de läckage som sker via vatten (Stanghellini, 2009). På torra platser sker normalt ingen eller mycket liten transport av kemikalierna varför de finns kvar i marken eller bryts ner på plats. För att växtskyddsmedelsrester ska kunna transporteras vidare behövs vatten som medium. Kemikalieläckage till omgivningen uppstår därför i första hand genom någon form av vattentransport. Genom att undvika kontaminerat vattenflöde eller rena detta kan därför läckage undvikas.

Läckagevägarna kan beroende på hur de uppstår delas upp i följande tre huvudtyper:

- Diffust läckage
- Punktutsläpp
- Läckage via överskottsvatten

Diffust läckage

Diffust läckage kan uppstå då sprutvätskan vid spruttillfället träffar andra ytor än de avsedda växterna eller då sprutvätska som rinner av plantorna hamnar på golvet. I denna grupp hamnar även det tidigare nämnda läckaget via luftluckorna.

Odling av prydnadsväxter sker till stor del på bord varvid överskottsvattnet samlas upp och i de flesta fall recirkuleras. Det finns dock odlingsytor inom prydnadsodlingen och plantskoleodlingen där odling sker direkt på mark utan uppsamling av vattnet. Vanligtvis ställs krukorna på en genomsläpplig markväv som ligger direkt an på markytan. Vid sprutning av dessa ytor finns det en risk att den sprutvätska som hamnar på markväven tränger ned i marken vid nästa vattning och orsakar läckage genom marklagren. Även detta klassas som ett diffust läckage.

I grönsaksföretag odlas växterna i spannar eller stenullsmattor med mer eller mindre avancerade metoder för uppsamling av överskottsvattnet. Vanligen är marken täckt av plastfolie som ligger omlott och mycket lite vatten kan tränga igenom. Tidigare mätningar har dock visat att det trots detta finns en risk för att vissa aktiva substanser tränger igenom plasten och ner till marken (Hallgren et al., 2013).

Tidigare studie visar på mycket låga halter av kemikalier i marklagren (Hallgren et al., 2013). Av de påträffade substanserna var halterna högst i det övre marklagret 0-10 cm. På djupen 10-20 cm samt 20-30 cm var halterna betydligt lägre, vilket tyder på att diffust läckage via markprofilen utgör en liten del av det som påträffas i vattendrag från växthus. En förklaring till detta kan vara att marken är så pass torr i växthus att det praktiskt taget inte sker någon vattentransport ner genom marklagren. Variationer i halterna var stor mellan de olika företagen som ingick i studien och mätningarna gav inget svar på frågan om hur halterna varierar över ytan i ett växthus. Inom detta projekt har kompletterande mätningar gjorts.

Punktutsläpp

Punktutsläpp eller punktläckage är utsläpp som uppstår på en specifik och avgränsad plats. Platsen kan vara där påfyllning och rengöring av sprutan sker eller där sprutan parkeras. Andra platser är där det förekommit spill genom oaktsam hantering och olyckshändelser t.ex. vid interntransporter av kemikalier eller där avfall bestående av kemikalierester, förpackningar eller kontaminerat plantmaterial förvaras oaktsamt. Detta spill är oftast av mera koncentrerad karaktär då spillet i vissa fall består av det rena outspädda växtskyddspreparatet. Konsekvenserna av dessa utsläpp är speciellt allvarliga eftersom de kan förorena stora mängder vatten eller mark. Samtidigt kan dessa läckage vara lättare att identifiera, undvika eller förebygga.

Läckage genom kontaminerat vattenflöde

Läckage genom kontaminerat vattenflöde uppstår då växtskyddsmedel vattnas ut via bevattningsvattnet samtidigt som överskottet inte recirkuleras eller omhändertas. Läckage kan också uppstå då kemikaliekontaminerat vatten läcker någonstans i det recirkulerande systemet. Följande läckage har inom detta projekt kategoriserats som läckage via kontaminerat vattenflöde:

- Dräneringsvatten från odlingssystem utan uppsamling och recirkulering
- Dräneringsvatten från odlingssystem med uppsamling, men utan recirkulering
- Via dränering/läckage vid ofullständig recirkulering eller otäta system
- Rengöring av tankar för recirkulationsvatten
- Rengöring av filter

Det kontaminerade vattnet har en låg koncentration av växtskyddsmedel jämfört med den koncentrerade produkten. Koncentrationen är dock i de flesta fall tusenfalt högre än vad som tillåts i yt- eller grundvatten. Även ett litet läckage från en kraftigt utspädd lösning kan därför ge upphov till omfattande miljöpåverkan.

Undersökningar och provtagningar av läckagevägar

Mätningar av dräneringsmängd vid markodling

Metod

För att bedöma hur stora vattenvolymer som dräneras bort vid odling på markväv har mätningar i tre prydnadsväxtföretag under såväl sommar- som vinterproduktion genomförts.

I två av företagen skedde odling i VEFI brätten (kvadratiska krukor som står kruktaätt i brätterna) och i ett företag i brätten med runda krukor där krukorna under vissa perioder endast stod i vart annat håll i brätterna. En yta på mellan 6 och 10 m² avgränsades och dessa plantor ställdes i täta plasttråg eller i en ram försedd med plastfolie vilket möjliggjorde uppsamling av dräneringsvattnet (figur 1). Tillförd mängd vatten, som i två av företagen skedde via handvattning med slang och i ett av företagen med dysbevattning, uppmättes genom att en regnmätare placerades ut på ytan eller via flödesmätare i slangen. Den dränerade mängden vatten mättes i två av fallen genom att man en timme efter varje vattning lyfte av krukbrätterna och mätte upp dräneringen från plasttrågen. I det tredje företaget mättes dräneringen upp först efter kulturtidens slut.

I två av företagen upprepades mätningen följande år i samma gröda och i det tredje företaget genomfördes istället mätningar under vinterperioden för att undersöka årstidsvariationer.



Figur 1. Mätning av dräneringsprocent från en markyta.

Resultat av dräneringsmängd vid markodling

Då det gäller slangvattning eller dysvattning ovanifrån var de tillförda vattenvolymer per ytenhet i samtliga fall låg. För de utplanteringsväxter eller vinterkulturer som stod i VEFI-brätten, dvs. de kvadratiska krukorna som täckte hela

odlingsytan, uppmättes dräneringsprocenten till 1-1,5 % per bevattningstillfälle som ett medelvärde över kulturtiden.

För de växter som stod i runda krukor, utglesade med mellanrum mellan plantorna i brättet, varierade dräneringsprocenten mellan 10 och 35 % mellan vattningarna beroende på hur stor andel av ytan som plantmaterialet täckte. Ju mindre plantorna var i krukorna desto större var dräneringsprocenten. Resultaten av mätningarna bör tolkas som att det vid odling i täta bestånd där krukor och växter fyller upp hela golvytan, är risken för läckage av sprutvätska ner igenom markväven mycket liten. Däremot kan man befara visst läckage då krukorna inte fyller upp hela golvytan, antingen genom att krukorna står glest eller att plantorna är små (början av kulturtiden). Det bör dock poängteras att den senare situationen representerar en extrem situation som inte är så vanligt förekommande men som kan uppstå vid odling direkt på markväv av vissa kulturer och under vissa perioder.

Mätningar av kemikalieförekomst i mark

Metod

Riktade provtagningar av mark i växthus har gjorts i totalt 6 växthusföretag, varav fyra prydnadsväxtodlingar och två grönsaksodlingar samt en plantskola. Till skillnad mot tidigare undersökning valdes tre specifika platskaraktärer ut i växthuset, varav två av dessa ansågs vara platser där läckagevägar företrädesvis kan förekomma. Den första karaktären är platser där sprutan vanligtvis fylls på (exempel på punktutsläpp), och den andra är platser kring anslutningar i det recirkulerande systemet där man kan befara att det inte sluter tätt (exempel på läckage av kontaminerat vattenflöde). Den tredje platstypen var markytan under borden eller i odlingsraderna (exempel på diffusa utsläpp). Då tidigare undersökning visade på tydligast förekomst i det översta markskiktet, 0 – 10 cm, togs proverna endast här. På varje provtagningsplats togs jord från en yta på 100 cm² med 10 cm djup. Prover från 5-12 provtagningsplatser samlades in, blandades väl, och detta samlingsprov analyserades. Jordproverna analyserades med en multianalys av Eurofins, Lidköping. För två aktiva substanser; klormekvatklorid och glyfosat som inte ingår i multianalysen har särskilda analysmetoder använts, även dessa gjorda av Eurofins, Lidköping. Ett stort antal aktiva substanser söktes i multianalysmetoden, både sådana som används idag och sådana som har använts historiskt. Totalt har 112 substanser ingått i analyserna.

Resultat av kemikalieförekomst i mark

Resultaten från markproverna visar att de två karakteristiska provplatser, där punktutsläpp respektive läckage via kontaminerat överskottsvatten kunde befaras, hade klart högre halter av kemikalier än prover från övriga odlingsytor, där det diffusa läckaget kunde förväntas. I proverna tagna i närheten av påfyllnadsplatserna ute i växthuset återfanns flest aktiva substanser. Detta gäller generellt för alla preparat som appliceras genom att sprutas ut. Halterna var flera gånger högre i dessa prover än i de prover som togs mitt på växthuset (under borden eller i plantraderna) som var låga. Både preparat som används idag och sådana som har använts historiskt och inte längre används återfanns. Det är vanligt att äldre preparat återfinns, då flera av dessa har lång persistens. Fokus för detta projekt har dock legat på att förhindra läckage som uppstår vid dagens produktion. När det gäller preparat som vattnas ut, visar provtagningen att dessa substanser endast påträffas vid dräneringsställena och substanserna återfinns inte ute i växthuset. Här ligger

inte påfyllningsplatsen ute i växthuset, utan där gödslingsutrustningen finns. Detta bekräftar att en påfyllnadsplats ute i växthuset medför en risk för kemikalieförekomst i mark samt läckage till vattendrag. Det stärker också tillförlitligheten i vår mätmetod.

För att kunna bedöma nivåerna på de halter som har påträffats har en teoretisk beräkning av förväntade halter beroende på när bekämpning utförts gjorts, för de påträffade substanserna. Den metod som användes här är utarbetad inom FOCUS (Boesten, 1997). Beräkningarna baseras på respektive substans halveringstid i jord (DT50-värde). I de allra flesta fall var halterna lägre än de förväntade enligt den teoretiska beräkningen för proverna tagna under borden och i gångarna. Även vid en jämförelse med halter som vanligen återfinns i lantbruksmark var halterna låga. Prov som togs vid påfyllnadsplatserna uppvisar dock i flera fall halter som ligger över de högsta halter, som teoretiskt bör återfinnas vid besprutning på en helt öppen markyta utan växtlighet. Detta är dock att förvänta vid en påfyllnadsplats där man hanterar ett koncentrerat preparat. Trots att odlarna själva upplever att försiktighet vidtas, är risken stor att spill medför höga halter i marken. Resultaten av mätningarna visar att det finns en tydlig risk för läckage ner i marken då man hanterar koncentrerade växtskyddsmedel på en hårdgjord yta som inte kan ta hand om eller bryta ned kemikalier.

Provtagning från kompost

Metod

Frågeställningen var om plantor som behandlats med växtskyddsmedel kan medföra en risk för kemikalieläckage när de hamnar på en kompost. Provtagningar har skett i komposter från fem växthusodlingar. Kompostprover togs på två olika sätt beroende på kompostens beskaffenhet. I prydnadsväxtodlingar fylls komposten på kontinuerligt med nytt material under hela året. Materialet består av växtdelar och relativt stor andel odlingssubstrat (torv) eftersom hela plantan inklusive jordklumpen slängs. Proverna i dessa typer av komposter har tagits ut på flera olika ställen i komposthögen och ett samlingsprov från dessa platser har analyserats.

I grönsaksodlingar där kompostens sammansättning utgörs av plantmaterial, fylls komposten kontinuerligt på med växtdelar från t.ex. beskärning och avbladning av plantorna samt av kasserade frukter. Dessutom fylls den med stora mängder växtrester i slutet av kulturtiden eftersom hela plantorna då rivs ut. Detta sker i gurkodling två till tre gånger per år och i tomatodling en gång per år. Vanligen läggs inget odlingssubstrat på komposten. Från dessa komposter har lakvatten från komposthögen samlats upp i ett prov som analyserats.

Resultat av provtagning från kompost

I prydnadsväxtkomposterna återfanns 4-11 aktiva substanser. De som hittades var olika i de olika företagen. Den aktiva substans, som återfanns i flest prover var klormekvatklorid. Samtliga halter var relativt låga och ungefär på samma nivåer som de som återfanns i markproverna. Den aktiva substans som förekom i högst halter var klortalonil, vilket är en aktiv substans som har varit förbjuden i Sverige sedan 1990. Klortalonil är dock tillåtet för användning i andra länder och den mest troliga förklaringen till att denna förekommer är att den kommer med utgångsmaterialet och sitter i småplantorna eller i den lilla substratsklump som följer med småplantorna.

I grönsakskomposten återfanns flera av de substanser som använts i odlingen, varav några i förhållandevis höga halter. Komposten som provtagits har dock haft växtrester från mer än en växthusanläggning, varför kopplingen till utförda behandlingar är något oklar.

Mätningar av läckage via överskottsvatten

Metod

För att undersöka om de läckage som påträffats i tidigare undersökningar i Skåne har minskat till följd av ökad medvetenhet kring läckage och det faktum att fler växthusföretag numera recirkulerar sitt överskottsvatten, genomfördes provtagningar i ett av de vattendrag som ingick i dessa studier (Pirzadeh, 2011; Pirzadeh, 2013; Kreuger et al., 2009). Prov togs vid tre tillfällen, under juli, augusti och september, för att göra det möjligt att fånga eventuella årstidsvariationer i kemikalieanvändning samt i nederbörd och därmed vattenflöde. De fyra provplatserna var placerade 1) i ett litet dike direkt utanför en enskild växthusodlares utlopp, 2) i ett dike efter två växthusodlares utlopp, 3) i en bredare del av vattendraget nära åmynning med ett flertal tillflöde från jordbruksområden och växthusföretag längre upp samt 4) ett dike med tillflöde från ett tätbebyggt område. Ett stickprov har också tagits (vid ett tillfälle) i en bassäng med överskottsvatten från en av växthusodlingarna. Proverna analyserades med hjälp av en multianalysmetod av Eurofins i Lidköping.

Resultat av läckage via överskottsvatten

På samtliga provplatser påträffades substanser som direkt kan härledas till växthusproduktionen. Ett par substanser har trolig koppling till intilliggande odlingar av frilandsgrodder och potatis. Högst var halterna i prov som var tagna i direkt anslutning till växthusen. Här var också vattenflödet mycket begränsat vid samtliga provtagningstillfällen. Ju längre bort från växthusen desto lägre halter, men också betydligt större vattenflöden. Undantaget var dock förekomsten av glyfosat. Trots att halterna var låga var förekomsten högst i de prover som togs i vattendrag med avrinning från tätbebyggelse. Halterna av växtskyddsmedel nära växthusanläggningarna var vid två av provtagningstillfällena relativt låga. Vid det tredje tillfället, som tidsmässigt sammanföll med att man vattnat ut växtskyddsmedel, var halterna oacceptabelt höga. Detta tydliggör vikten av att verkligen ta om hand om allt överskottsvatten som uppstår vid en vattning med kemiska växtskyddsmedel, på ett fullt kontrollerbart sätt.

Waterstromen – modell för vattenflöde

En potentiell föroreningsväg, som förekommer frekvent i Nederländerna, är behovet att släppa ut överskott av bevattningsvatten, (som kan vara förorenat med växtskyddsmedel) (Vermeulen et al., 2010). Anledningen till att detta görs i Nederländerna är framför allt en dålig kvalitet på råvattnet, som kan innehålla höga halter av natrium. I Sverige kan behov uppstå till följd av att man inte vill recirkulera ett vatten där man exempelvis har vattnat ut ett kemiskt växtskyddsmedel eftersom man då riskerar att få för höga resthalter i produkterna eller att resistens uppstår om vattnet återförs. Andra situationer då en recirkulering kan vara olämplig är om man har fått in en patogen som man inte vill ska spridas till hela odlingen. Det kan även finnas situationer i Sverige då man till följd av ett dåligt råvatten behöver släppa ut vatten under en begränsad tid.

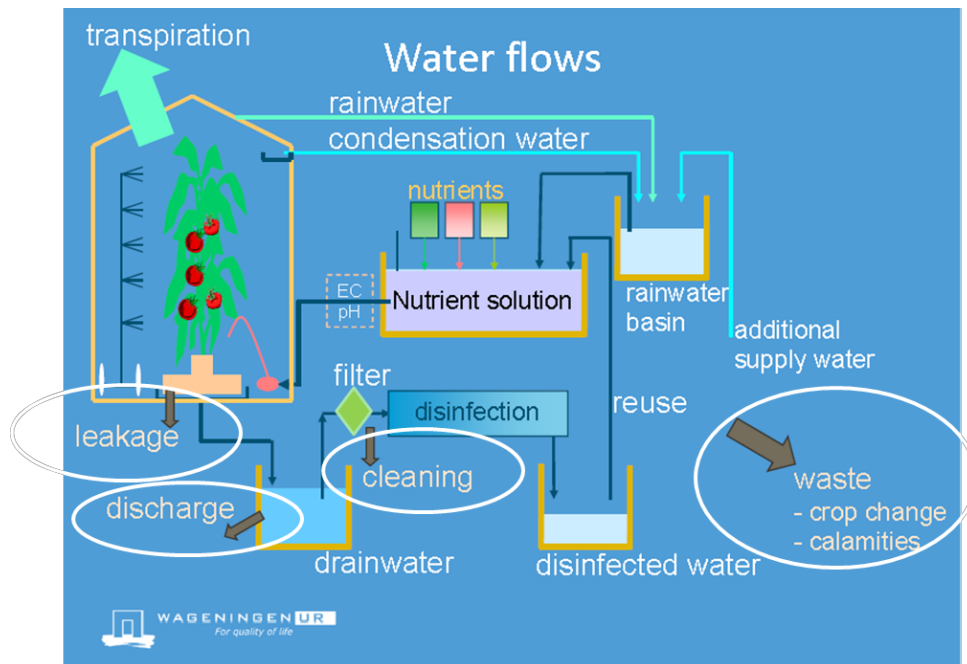
Utsläppsbehovet till följd av natriumhalten varierar och beror på flera faktorer. Ett nederbördsrikt år kan odlingens vattenbehov till stor del baseras på regnvatten och utsläppsbehovet blir då minimalt. I Nederländerna anger det nationella regelverket en minimistorlek på regnvattenbassänger på 500 m³/ha odlingsyta. Motsvarande regler finns inte i Sverige. En annan faktor är natriumhalten hos det råvatten som skall komplettera regnvattnet. I kommuner där man vid vattenverket har mjukgjort vattnet ökar natriumhalten. Ett exempel på kommunalt vatten som är natriumberikat är vattnet i Malmötrakten som till stor del hämtas från Vombsjön. I behandlingen ingår ett mjukgörarsteg med NaCl, som leder till en natriumhalt på ca 1,56 mmol/l (36 mg/l). Denna är för hög för recirkulering i grönsaksodling där gränsen ligger på ca 0,55 mmol/l (13 mg/l) och därför måste späs ut med regnvatten eller annat vatten med lägre natriumhalt för att kunna användas till odling.

Waterstromen

Forskare i Nederländerna har utvecklat simuleringsprogram för att följa vattenflödet och behovet av att släppa ut vatten, och därmed föroreningar och läckage, i och från växthusföretag. Ett av de viktigaste programmen är Waterstromen, utvecklat vid universitetet i Wageningen. Med detta program kan man baserat på acceptabla gränsnivåer av Na för växterna beräkna hur stora utsläppsbehoven av bevattningsvatten blir (Voogt et al., 2012).

Syftet med denna del av projektet var att undersöka hur svenska förutsättningar påverkade behovet av att släppa ut ett överskott av bevattningsvatten, baserat på samma nivåer som i Holland. Därför beställdes en simulering av de nederländska forskarna med svenska indata. Klimatdata från 2013 (Skåne) och en fiktiv tomatodling med ett ordinärt produktionsprogram användes som utgångspunkt. Kvaliteten på råvattnet gjordes medvetet dålig, genom att det kommunala vattnets natriumhalt sattes till ca 40 mg/l, vilket är ett högt värde, men i närheten av vad som kan uppträda i vattnet från t.ex. Vombverket.

Resultatet från rapporten "Estimation of water flows of tomato enterprise in South Sweden", visade att det inte fanns något behov av att släppa ut bevattningsvatten till följd av hög natriumhalt (van Os & Swinkles, 2014). Dessa läckage kan med andra ord undvikas i Sverige då vi har bättre råvattenkvalitet. Risken för förorening via denna läckageväg är därför liten i Sverige, så länge det recirkulerande bevattningssystemet med kontinuerlig rening och filterunderhåll är i ordning. Det kan dock finnas andra tillfällen då det i Sverige finns ett behov av att släppa ut dräneringsvatten.



Figur 2. Vattenflöde i odling i substrat, med möjliga läckagevägar markerade (bruna pilar). Bearbetad efter van Os et al., 2011.

Kemikalieegenskaper och nedbrytning

Nedbrytning av kemikalier kan ske genom biologisk, kemisk eller fotokemisk nedbrytning (Torstensson, 1987). Fotokemisk nedbrytning sker till följd av UV-ljus, dvs. solljus. Vissa kemikalier tål solljus bättre än andra. Denna typ av nedbrytning sker endast på ytor som träffas direkt av solljuset och sker alltså exempelvis inte under växthusbord. Kemisk nedbrytning är då kemiska reaktioner leder till omvandlingar av bekämpningsmedels-molekyler så att nedbrytningsprodukter uppstår. Varken kemisk eller fotokemisk nedbrytning är fullständig (Torstensson, 1987). Mest betydelsefull för nedbrytning i mark är den biologiska nedbrytning som görs av mikroorganismer. Dessa påverkas i sin tur av fukt och temperatur. Närvaron av mikroorganismer och solljus påverkar alltså nedbrytningshastigheten precis som temperatur och vattenflöden. Förutsättningarna för nedbrytning i växthus skiljer sig markant från de i fält.

De aktiva substansernas fysikaliska och kemiska egenskaper har avgörande betydelse för deras benägenhet att läcka till vattendrag, kontaminera mark eller brytas ned någonstans på vägen (Åkesson et al., 2013). Hur stort läckaget blir till mark och vatten så snart sprutvätska hamnat på marken eller ett spill har skett kan därför inte generaliseras, utan beror helt på vilken aktiv substans det gäller. Viktiga egenskaper i detta sammanhang är sammanfattade i tabell 1 nedan. I bilaga 1 finns en sammanställning över fysikaliska och kemiska egenskaper hos de växtskyddsmedel som har återfunnits vid provtagningarna inom detta projekt och som används inom växthus och plantskola idag.

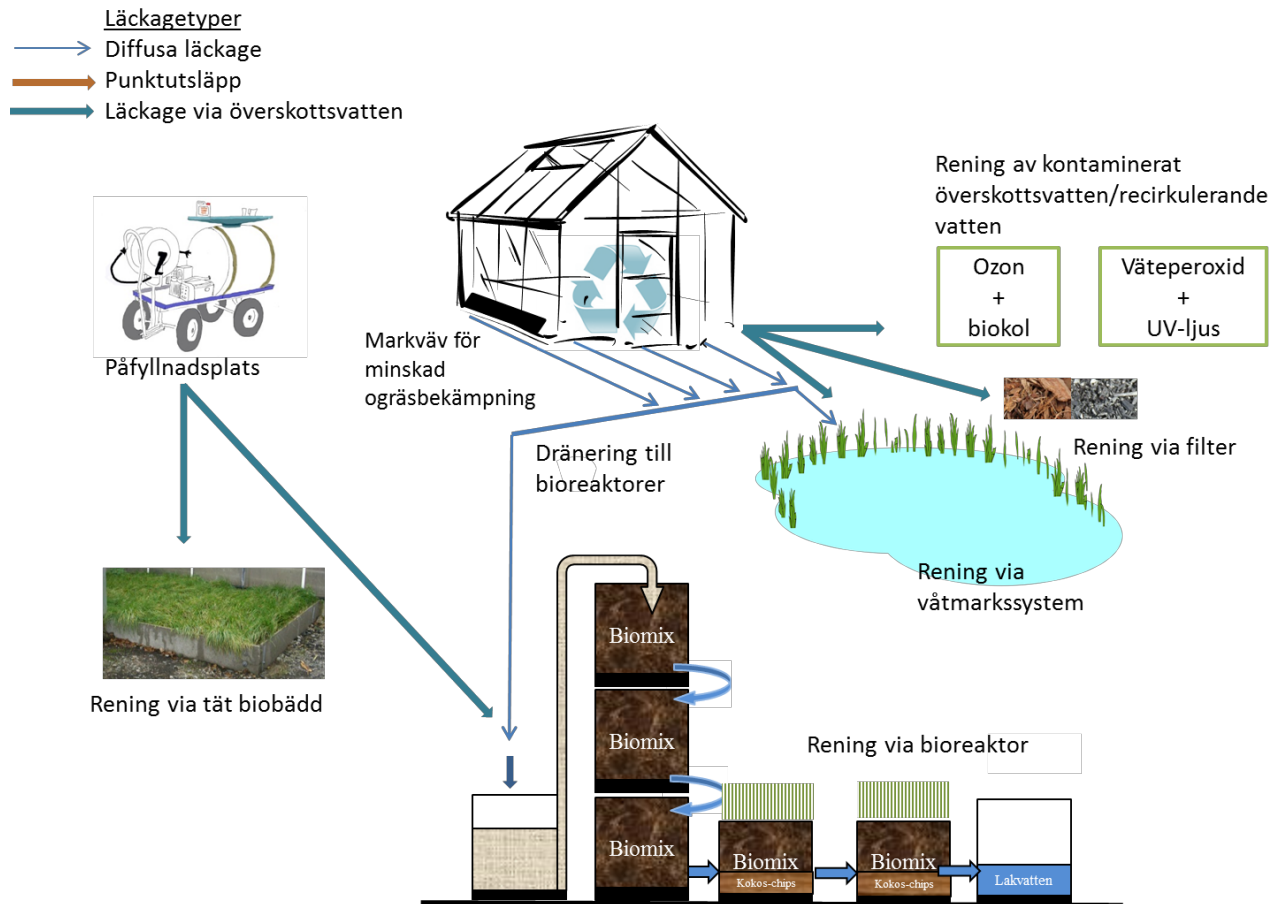
Tabell 1. Kemiska egenskaper som har betydelse för risken att läckage uppstår. Flera parametrar samverkar.

Beteckning, enhet	Egenskap	Läckagerisk
Ångtryck mäts i Pa (Pascal) och flyktighet i g/m ³	Flyktighet/(Ångtryck)	Hög flyktighet ger avdunstning till atmosfären, vilket kan ge långväga spridning. Detta kan ske såväl vid spridning som efter växtskyddstillfället.
S_w (mg L ⁻¹),	Vattenlöslighet	Hög vattenlöslighet innebär att substansen har lättare att följa vattnet genom marklagren och ger ökad risk att hamna i grund- eller ytvatten. <i>Samverkar med Log P, K_{foc}</i>
K_{foc}	Adsorptionsförmåga till organiska markpartiklar (humus och lera) Jämviktsfördelning mellan organiskt kol och vatten hos ett ämne	Risk att kontaminera mark men mindre risk för läckage till vattendrag. Dock kan erosion och ytavrinning göra att det kommer i vattendrag. Ju högre värde, desto mer binds ämnet till markens organiska kol. Störst risk att läcka har de medel som både har låg adsorptionsförmåga (binder dåligt till marken) och bryts ned långsamt.
typical DT _{50 soil} , anges i dagar	Persistens, halveringstiden i mark	Ju längre persistens, desto längre finns substansen kvar i marken och miljön utan att brytas ned.
Log P	Mått på substansens lipofila egenskaper	Höga värden innebär att substansen är lipofil och har dålig lösligheten i vatten och därför är mindre benägen att läcka
GUS, index	Benägenhet att läcka till grundvatten	Ju högre GUS-värde, desto större risk för läckage till grundvatten

För bedömning av hur hög risken är för att ett växtskyddsmedel ska hamna i yt- eller grundvatten finns ett riskbedömningsverktyg framtaget av SLU. Det är ett modellverktyg kallat MACRO-DB (CKB 2014).

Metoder för minskat växtskyddsläckage

De läckagerisker som finns vid produktion i växthus och plantskolor kan nu sägas vara kartlagda. Med denna kännedom kan rätt åtgärder sättas in och prioriteras. Det finns tydliga förbättringspotentialer i hanteringen av kemiska växtskyddsmedel. Flera metoder för att förebygga och omhänderta kemiska växtskyddsläckage finns tillgängliga och med relativt enkla åtgärder kan dessa minskas (figur 3). Vissa metoder är dock under utveckling och behöver testas i praktisk produktion. Det är viktigt att de insatser som införs ger goda förutsättningar som inbjuder till enkel och praktisk användning och inte skapar problem i arbetet. Att hantera växtskyddsmedel är ett arbete som bör begränsas i tid för att minska exponeringen. Därför bör hanteringsrutiner, reningssystem och filter vara effektiva och tidsbesparande.



Figur 3. Åtgärder för olika typer av kemikalieläckage från växthus och plantskola. Bilden visar ett växthus men kan likaväl vara en plantskoleproduktion.

Med stor respekt för kemikalier kan hanteringen bli säker. En hög riskmedvetenhet och kunskap om att det behövs oerhört små mängder kemikalier för att förorena stora volymer vatten, gör att alla typer av insatser mot kemikalieläckage blir motiverande. En säker hantering av kemiska växtskyddsmedel är viktig vid all typ av hantering.

Lämpliga rutiner för att undvika läckage vid

Diffusa utsläpp

- Våtmarkssystem

Punktutsläpp

- Tät biobädd
- Bioreaktorer eller motsvarande
- Mobil påfyllnadsplats kopplad till bioreaktor eller tät biobädd

Läckage genom kontaminerat vattenflöde

- Goda rutiner och kontroller av uppsamlingssystemet
- Rening av recirkulerande vatten via kombinationsfilter
- Filter
- Bioreaktor eller motsvarande
- Våtmarkssystem

Diffusa utsläpp

De diffusa läckagen från växthus är relativt begränsade och genom rätt hantering kan de minskas ytterligare. Vid odling på markväv då krukorna står tätt och vattnas sparsamt är läckagerisken mycket liten och kan anses försumbar. Då krukorna inte står helt tätt eller då plantorna inte fyller upp hela markytan, kan läckaget bli mera betydande och åtgärder vid behandling med kemiska växtskyddsmedel bör göras. Det samma gäller för plantskoleproduktion. Dräneringsvattnet från dessa ytor slutar vanligtvis i en äldre lantbruksdränering eller dike. Detta vatten bör renas via någon typ av **våtmarkssystem** som gynnar kemikalienedbrytning.

Genom att lägga markväv under växthusborden i prydnadsväxtodlingar minskas behovet av ogräsbekämpning på dessa ytor vilket ytterligare begränsar det diffusa utsläppet.

Punktutsläpp

Punktutsläppen vid växthus och plantskoleproduktion kan ge betydligt allvarigare konsekvenser då det vanligtvis är mera koncentrerade utsläpp. Att fylla på en lantbruksspruta i fält innebär att man står i en växande gröda och har biologiskt aktiv mark under sprutan. I växthus och plantskoleproduktion består de ytor där påfyllnad sker av betong eller annan hårdgjord yta bestående av makadam eller annat lätt-dränerat material. All påfyllnad ute i växthusen innebär stora risker för läckage av kemikalier och kontaminering av marken. Provtagningar inom projektet har visat på högre kemikaliehalter i direkt anslutning till platser där sprutan vanligtvis fylls på. Detta trots att odlarnas uppfattning är att det sällan sker direkt spill vid påfyllnaden. Påfyllningen av sprutan måste därför ske på en **tät biobädd** eller på en helgjuten platta med avrinning ut till en **bioreaktor**. I vissa fall är dock en biobädd opraktisk. I grönsaksodlingar är det vanligt att man på grund av stora växthusenheter, behöver fylla på sprutan under pågående sprutning. Det är då orimligt att kräva att sprutan transporteras tillbaka till en 'säker plats' vid varje påfyllning. För att lösa detta behöver man antingen en större spruta placerad centralt i anläggningen eller konstruera någon typ av säker **och mobil påfyllnadsplats**. Denna töms och sköljs av till en bioreaktor/tät biobädd.

Läckage via kontaminerat vattenflöde

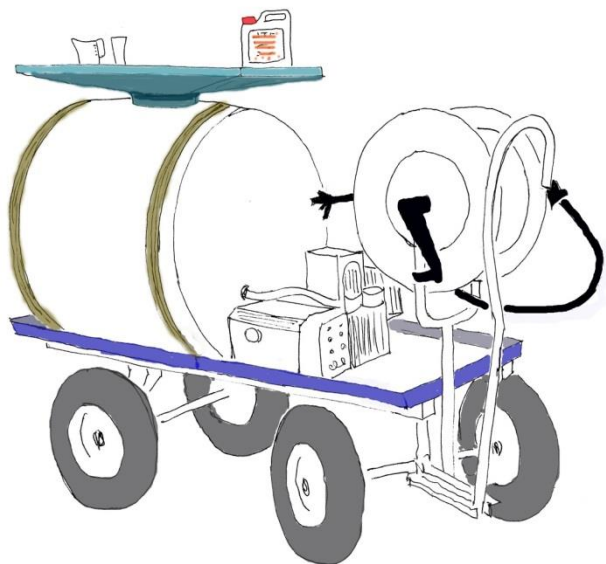
Läckage via kontaminerat vattenflöde uppstår då vatten som innehåller rester av kemiska växtskyddsmedel släpps ut. Väl fungerande uppsamlingssystem för vattnet i växthuset minskar riskerna för läckage av växtnäring till mark och vattendrag, och det ger också ekonomiska besparingar i form av minskade kostnader för gödsel och vatten. Samma system leder också till att riskerna för läckage av växtskyddsmedel minskar. Enligt holländska studier är det i första hand genom utsläppt bevattningsvatten som läckage av växtskyddsmedel uppstår. Fokus på olika åtgärder bör därför ligga på att hindra överskottsvattnet att komma ut i mark och vattendrag (Vermeulen et al., 2010; van Os & Vermeulen, 2011). Många odlingar i Sverige har recirkulerande system på merparten av sina ytor. Det är viktigt att ha **rutiner** och regelbundet gå igenom dessa uppsamlingssystem och se till så att alla anslutningar verkligen är täta, och att läckage inte sker någonstans på vägen (Hansson & Löfkvist, 2015).

Vid vissa tillfällen kan man behöva undvika att recirkulera allt vatten, till exempel om man får en smitta eller behöver rengöra sitt system. Andra tillfällen då odlare kan vilja undvika en recirkulering, är efter att man vattnat ut växtskyddsmedel i

sitt bevattningssystem. För att inte riskera att överstiga resthalterna i produkterna väljer man att inte recirkulera utan släpper ut bevattningsvattnet. Det sistnämnda fallet innebär stora risker och åtgärder krävs. Forskning utförd i Nederländerna har visat att **låga halter av kemikalier i det recirkulerande systemet kan renas** genom kombinationsfilter vilket gör att risken för att ha kemiska substanser i sitt recirkulerande system kan undvikas (van Os et al., 2012). Utsläpp av bevattningsvatten som är kontaminerat med kemiska växtskyddsmedel ställer stora krav på tekniska **filtermetoder** som kan hantera större mängder vatten. Vid samtliga fall måste vattnet tas om hand och renas via **tät biobädd**, någon form av **bioreaktor** eller motsvarande. För större anläggningar som behöver rena större vattenvolymer räcker varken biobäddar eller bioreaktorer till. Då kan artificiella våtmarkssystem vara ett alternativ.

Mobil påfyllnadsplats

En höjning av säkerheten vid påfyllning ute i växthuset kan ske genom att sprutan förses med en tät plåt som placeras under tank, pump och ventiler. Plåten samlar upp eventuellt spill från hanteringen (figur 4). Efter avslutad sprutning transporteras sprutan tillbaka till en säker plats. Där töms plåten och sprutan rengörs. Vätskan leds, ev. via en bufferttank, till en tät biobädd eller till någon form av bioreaktor. På bilden har också sprutan försetts med en arbetsplattform, placerad i tankens påfyllnadshål. Därmed skapas en arbetsyta som förenklar arbetet. Denna praktiska lösning finns ännu inte i praktiken men är en enkel lösning som lätt skulle kunna tas fram (Löfkvist & Svensson, 2012).



Figur 4. Förslag på uppsamlingsskydd på en standard Wanjet spruta. Det utgörs av en plåt, formad som ett kar under tank, pump och slangrulle. I botten på plåten finns ett utlopp för rengöring, som normalt är stängt. Vid yttre rengöring på betongplatta med separat golvbrunn, öppnas kranen och uppsamlingsplåten sköljs av.

Biobäddar

Traditionell biobädd

Biobädden som utvecklades för flera år sedan i Sverige är en enkel men effektiv nedbrytningsplats för kemikalier. Biobädden används inom lantbruket för att eliminera risker för punktutsläpp vid påfyllnad och rengöring av sprutor. Biobäddar används även inom växthusbranschen, men ännu i mycket liten omfattning.

Biobädden, som består av ett lager lera i botten och sedan en biomix av halm, torv och matjord och överst en gräsbevuxen yta, skapar en arbetsyta som tillåter spill. Miljön i biobädden skapar bra förutsättningar för att hålla kvar och bryta ned kemikalierester om den byggs och sköts på rätt sätt. För optimal funktion behöver biobädden underhållas genom att fyllas på med nytt material och, framförallt, se till att gräset växer bra så att avdunstning av vatten kan ske. I växthus ska biobädden placeras utanför och en påfyllnadsplatta, med uppsamling till biobädden, skapas invändigt (figur 5).

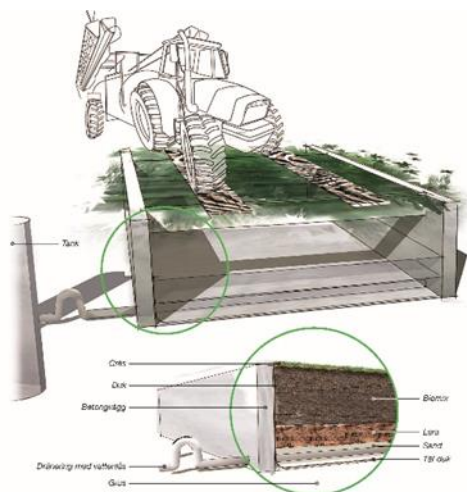
Erfarenheterna av många års användning av biobäddar visar i normalfallet på en effektiv och billig riskminskning. Under vissa förhållanden kan den traditionella biobädden läcka och idag är rekommendationen att i stället använda den täta biobädden (del Pilar Castillo et al., 2013).



Figur 5. Utvändig biobädd med påfyllnadsplatsen precis innanför. En dränkbar pump för vattnet vidare till biobädden som ligger väl intill växthusen och därmed hålls frostfritt största delen av året.

Inklädd biobädd

En utveckling av den klassiska biobädden är en version där grunden utgörs av ett helgjutet fundament med ett avlopp. Allt vatten som tar sig igenom biobädden samlas upp och ska sedan tas om hand i fält eller annan biologiskt aktiv mark. För övrigt är funktionen och användningsområdet som ovan (Säkert växtskydd, www) (figur 6.)



Figur 6. Nya versionen av en tät, svensk biobädd med uppsamling (Säkert Växtskydd, [www](http://www.säkertvaextskydd.se)).

Bioreaktorer

Det finns olika typer av bioreaktorer som utvecklats i Europa och som bygger vidare på biobädden. Syftet med bioreaktorerna är att bryta ned kemikalier i en begränsad mängd vatten. Inom detta projekt har olika typer av bioreaktorer teoretiskt undersökts utifrån deras lämplighet att omhänderta begränsade mängder kontaminerat vatten från växthusproduktion. Detta omfattar spill vid påfyllnad av sprutan, tvättvatten från påfyllningsplatser och överskott av kemikalieinnehållande bevattningsvatten som inte kan recirkuleras. En bioreaktor kan ta hand om större vattenvolymer än en biobädd. Nedanstående utgör förslag på bioreaktorer som är lämpliga för växthusanvändning och som kan provas för praktisk produktion i kommande projekt.

Samtliga bioreaktorer bygger, liksom den svenska biobädden, på ett aktiv biomaterial, en s.k. biomix, vanligen en blandning av halm, torv och matjord, som bryter ner växtskyddsmedlen. Den förorenade vätskan cirkulerar genom biomixen, växtskyddsmedlen bryts ned och vattnet avdunstar efter hand, i vissa fall genom att vegetation finns på behållarnas yta.

Principen för en bioreaktor är att spill- och tvättvatten samlas upp i en buffert-tank och därefter pumpas vidare till bioreaktorns översta yta och fördelas så jämnt som möjligt via fördelningsrör. De fem olika typer av bioreaktorer som redovisas bygger på biomix i reaktorn men vattenledningssystemet har olika utformning. I alla modellerna har nedbrytningen av växtskyddsmedel rapporterats vara mycket goda.

PhytoBac

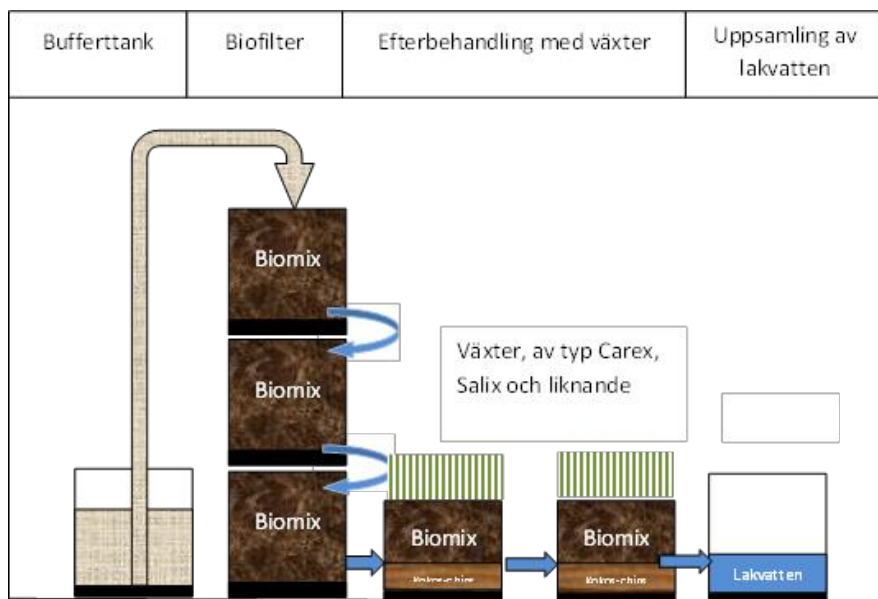
PhytoBac (figur 7), utvecklad av Bayer CropScience, är en tät betongbehållare fylld med en biomix. Via ett dränerande skikt i botten, samlas dräneringsvattnet upp och fördelas åter över biomixen. För att få en bättre avdunstning från ytan täcks den vanligtvis med ett växthusliknande tak (Bayer CropScience, [www](http://www.bayercropscience.se)). Kapaciteten beror på storleken, men ett exempel på en PhytoBac (3 x 7 x 0,8 m) har en kapacitet att rena minst ca 15 m³ förorenat vatten per år.



Figur 7. Större PhytoBac i Polen. Bioreaktorn är försedd med plasttak som går att skjuta åt sidan vid urgrävning/påfyllning av biomix.

Biofilter

En typ av bioreaktor, som utvecklats i Belgien och Nederländerna, kallas biofilter (figur 8). Den består av ett antal kubikmeterstora biomixbehållare som seriekopplas och staplas ovanpå varandra. Efter dessa filter fortsätter vattnet till ytterligare behållare som förutom biomixen har växtlighet för att avdunsta så mycket vatten som möjligt. Biofiltret är inte flyttbart och är också svårt att värma upp. Det vatten som återstår efter att ha passerat alla filter får tas om hand i fält, på annan biologiskt aktiv mark eller genom att återföras till systemet (de Vleeschouwer et al., 2007). Kapaciteten ligger på ca 2,5 – 5 m³ förorenat vatten per år (Werd et al., 2012).



Figur 8. Den belgiska/nederländska versionen av 'Biofilter'.

VertiBac

En polsk utveckling av biofiltret i mindre format kallas VertiBac (figur 9). Övre delen innehåller biomixen och undre delen är ett buffertlager för vätskan som samlas upp och återförs till den biomix fyllda boxen vilket ger ett slutet system. En VertiBac är flyttbar och bedöms av de polska forskarna vara lämplig då flera påfyllningsplatser behövs. Flyttbarheten innebär också att den kan förvaras frostfritt. Kapaciteten är inte fastställd, men bör ligga på knappt 2 m³ förorenat vatten per år (Doruchowski et al., 2012; Doruchowski, pers. medd., 2012, 2013).



Figur 9. Bioreaktorn VertiBac, bestående av två behållare, 350 + 500 liter. I den övre finns biomixen. Den undre samlar upp den dränerade vätskan. Vätskan pumpas upp och sprids därefter åter över biomixen (Doruchowski et al., 2012; Doruchowski, pers. medd., 2012, 2013).

VerticalGreen Biobed

Ett schweiziskt system kallas VerticalGreen Biobed (figur 10.). Här är biomixen placerad i nätburar, med växtlighet på ytterytorna. Burarna kan tillverkas i olika storlek och också staplas på varandra. Vätskan rinner successivt genom modulerna och samlas upp i en bufferttank, och pumpas åter upp tills allt har avdunstat. Beroende på storleken kan denna modell göras flyttbar. Kapaciteten anges till $0,6 - 1 \text{ m}^3$ förorenat vatten per år och modul (man avser då en modul med måtten $1,5 \times 0,5 \times 0,25 \text{ m}$). Den version som ses i figur 10 kan rena mellan $7,2$ och 12 m^3 vatten per år (Kuhn et al., pers. medd., 2014).



Figur 10. VerticalGreen Biobed från Schweiz. Anläggningen består av stål nätburar, fyllda med biomix. På yttersidorna etableras gräs. Vätskan rinner genom biomixen i burarna och samlas upp i en tank, för att sedan spridas över den översta, så länge det finns vätska kvar.

Lämpliga bioreaktorer för växthus och plantskola

Vilken typ och storlek av tät biobädd eller bioreaktor man bör använda i svensk växthusproduktion beror helt på vilken produktionsinriktning man har och hur stora vattenmängder som ska renas. Som anges ovan, varierar kapaciteten mellan ca 1 m³ förorenat vatten upp till 15 m³/år. Om större volymer än så behöver renas, bör man överväga rening genom filter eller artificiella våtmarker.

Reningssystem i form av biobädd/bioreaktor skall alltid vara placerade utomhus, så att de inte blir en källa till uppförökning av skadegörare och så att avdunstningen kan ske fritt. Det är lämpligt att först samla upp spill- och tvättvatten i en cistern via brunnar, för att sedan leda det ut till den utvändiga biobädden/bioreaktorn. Vattnet cirkuleras därefter kontinuerligt genom reningssystemet.

Reningssystem för låga halter i recirkulerande system

I de fall då det recirkulerande bevattningssystemet innehåller kemiska växtskyddsmedel och därmed kan innebära risker att överskrida resthaltsnivåer, skulle en rening av detta vatten med någon av de tekniker som holländska forskare har utvecklat vara ett möjligt alternativ. De utvärderade tekniska metoderna har testats med mycket låga kemikaliehalter, 0,1 % av den utsprutade mängden, (van Ruijven et al., 2013), vilket i realiteten är lägre än vad som normalt sett kan återfinnas i recirkulerande vatten. De två mest lovande metoderna presenteras nedan, fler har testats.

Väteperoxid och UV-ljus

Tekniken med UV-ljus används idag för rening av recirkuleringsvatten och fungerar väl mot skadliga organismer (svampar, bakterier, virus). Genom att tillföra väteperoxid i en koncentration av 50 mg/l till vattnet innan det passerar en UV-lampa (dos 500 mJ/cm) bildas hydroxylradikaler, som kan reagera med växtskydds-substanser i vattenlösningen. Reningseffekten mot växtskyddspreparat med denna teknik av UV-ljus och väteperoxid har i holländska försök uppmätts till 80-90 %. För att UV-reningen ska fungera väl behöver dock vattnet vara klart och eftersom det finns mycket torvpartiklar i vattnet från en krukväxtodling kan det finnas behov av förfiltering för att uppnå optimal effekt (van Ruijven et al., 2013).

Ozon och aktivt kol

Ozon används även det som reningsteknik mot skadliga organismer i recirkuleringsvatten. Ozonet bildas i en generator från syre i luften och får sedan passera igenom vattnet. I de holländska studierna har vattnet därefter fått passera ett filter med aktivt kol. Reningseffekten har i de holländska studierna uppmätts till 100 % (dock under begränsad tid). Det aktiva kolet behöver bytas ut eller regenereras med jämna mellanrum. Tekniken är lätt att automatisera och tar liten plats (van Ruijven et al., 2013).

Våtmarker – reningssystem för större vattenvolymer

För större vattenvolymer som tidvis kan bestå av kemikaliekontaminerat vatten behövs ett system som kan ta hand om stora flöden och rena dem på ett mera storskaligt sätt. Det finns olika typer av artificiella våtmarkssystem som i första hand är utvecklade för att rena vatten från växtnäringssämnen. Nyligen genomförda pilotstudier i södra Kalifornien vid Prados våtmarker har visat att artificiella våtmarks-

system med dammar med olika typer av växtlighet kan rena vattnet från kemikalier och rester av läkemedel (Storrs, 2015). Principen bygger på att vattnet förs genom olika reningssteg där våtmarken är uppbyggd på olika sätt. Det kan vara olika djup på vattnet eller olika växttyper i de olika stegen. Det är dessa steg som med hjälp av bakterier, växter, syretillförsel, och solljus renar vattnet från kemikalier. Våtmarkerna skapar dessutom en artrik flora och fauna och bidrar därmed till biologisk mångfald.

De artificiella våtmarkssystemen avlägsnar kemikalier genom sedimentering, fotolys, hydrolys, adsorption, mikrobiell nedbrytning och upptag genom växter (Vymazal & Brezionova, 2015). Generellt avlägsnas de kemiska växtskyddsmedlen effektivt, men effektiviteten varierar mellan olika aktiva substanser och mellan olika typer av våtmarkssystem (Vymazal & Brezionova, 2015). Hydrologin, dvs. vattenförhållandena vad gäller djup, syretillförsel och flöde, spelar stor roll för nedbrytningen (Vymazal & Brezionova, 2015) och det är därför viktigt att skapa ett system som har flera olika hydrologiska egenskaper.

Artificiella våtmarkssystem framtagna för rening av näringsberikat vatten från plantskolor har utvecklats på olika håll och ett exempel på ett sådant system med tre pilotanläggningar är Cleanleach, som kombinerar en långsamfiltrering via ett sandfilter med ett våtmarkssystem. Fokus inom Cleanleach har varit näringsämnen men forskarna är även intresserade av att utveckla sitt system för omhändertagande av kemikalierester (Cleanleach, 2015).

För att ett våtmarkssystem ska fungera väl krävs stora ytor och någon typ av uppsamling av vattnet måste anordnas. Dessa system har inte praktiskt undersökts inom projektet men bedöms som intressanta att gå vidare med och undersöka praktiskt.

Filtermaterial

På vissa platser kan det finnas ett behov av att filtrera vatten från kemikalier. Det kan vara mindre ytor där det är svårt att åstadkomma ett fullständigt tätt system eller ytor där man tillfälligt behöver hantera kemikalier utan att behöva bygga en permanent säker tillredningsplats. Filtermaterial kan också användas som en del av ett reningssystem för kontaminerat vattenflöde. Det finns flera intressanta filtermaterial (Hansson et al., 2014) och inom detta projekt har biokol undersökts närmare.

Biokol

Biokol är ett stabilt organiskt material som skapas då biomassa upphettas till mellan 300 och 1000°C under låg halt av, eller helt utan, tillgång på syre (pyrolys). Utgångsmaterialet kan utgöras av rester från jordbruksproduktion, träflis, gödsel, avfall eller liknande. Genom olika termiska processer och långsam pyrolys skapas de unika egenskaperna hos biokolet såsom en stor yta, mikroporositet och adsorberande egenskaper, vilket gör att det på ett effektivt sätt kan binda flera olika kemikalietyper till sig.

Material

I detta projekt har potentialen som filter för adsorption av kemiska växtskyddsmedel utvärderats i den träbaserande biokolen från Skogens kol, AB, Kilafors.

Denna typ av biokol är producerad genom långsam pyrolys vid en temperatur mellan 380 och 430 °C av ett material som består av ca 80 % björk (*Betula pendula*) och 20 % gran (*Picea abies*). Biokolen värmebehandlades sedan ytterligare under 2 timmar i olika temperaturer (400-600°C) för att optimera dess egenskaper. Efterbehandling gjordes också med järnklorid så att en beläggning av järnoxid (magnetit) bildades på biokolet. Den temperaturreaktivering som visade sig vara mest optimal i förhållande till adsorberande förmåga och energiåtgång var 450°C. Adsorptionsstudier med olika kemiska substanser på de olika typerna av biokol och blandningar av dessa gjordes. Substanser som ingick i försöket var herbiciderna bentazon, diuron, glyfosat och MCPA samt insekticiden klorpyrifos. De används inte inom trädgårdsnäringen, men representerar olika typer av kemiska egenskaper hos växtskyddsmedel.

Biokolets förmåga att adsorbera aktiva substanser från kemiska växtskyddsmedel

Adsorptionsförmågan varierade kraftigt mellan de olika kemiska substanserna. Störst adsorption hade diuron följt av klorpyrifos, MCPA, bentazon och slutligen glyfosat som inte adsorberades alls till det värmebehandlade biokolet. Däremot bands glyfosat mycket starkt till det järnbehandlade biokolet. En blandning av biokol, där de ingående delarna behandlats på olika sätt, kan alltså vara att föredra, då olika egenskaper hos biokolen kan skapas vid behandlingarna. Då finns större möjlighet att ”matcha” och ”fånga” de olika typer av aktiva substanser som används i odlingsföretagen.

Studien visar att biokolets egenskaper beror på flera faktorer såsom pyrolystid och vilken temperatur som har använts. Man kan också anta att utgångsmaterialet, dvs. råvaran till biokolet som kan vara trä, halm eller liknande, har betydelse. Hur lång tid som biokolen kan fungera som absorbent är oklart. Adsorberande ämnen desorberas efter hand, vilket dock torde ske långsamt och de kan därmed hinna brytas ned. Mängden biokol som behövs för att rena ett specifikt vattenflöde från kemikalier är helt beroende på vilken aktiv substans som behöver renas. Approximativt kan man räkna med att det binds några g aktiv substans per kg biokol.

Diskussion

Kunskapen om hur växthus och plantskolor riskerar att läcka kemiska växtskyddsmedel är känd men trots detta uppstår kemikalieläckage. Det är viktigt att problematiken tas på allvar och att rätt insatser görs. Annars riskerar vi onödiga restriktioner i användningen av kemiska växtskyddsmedel. En vanlig uppfattning hos producenter är att det mycket sällan uppstår spill vid påfyllning av sprutan. Mätningarna har påvisat det motsatta och det är därför viktigt att odlarna tar riskerna på allvar och vidtar åtgärder för att minska läckagen.

Att använda kemiska växtskyddsmedel medför alltid en risk, men vi har nu kunskap om hur hanteringen kan göras säker. Vissa lösningar behöver dock utvecklas ytterligare och testas i praktisk produktion för att kunna utvärderas ytterligare. Tre typer av läckage kan uppstå i) punktutsläpp som vanligtvis är mindre mängder med höga koncentrationer och kan var allvarliga men som är relativt enkla att åtgärda, ii) diffusa läckage som i mätningar har visat sig vara av mindre betydelse i de flesta fall samt iii) läckage via kontaminerat vattenflöde som även dessa kan var allvarliga då det är stora volymer. Punktläckagen och läckagen av kontaminerat vattenflöde riskerar att hamna i vattendrag i anslutning till växthus. Denna studie har dessutom

visat att de sistnämnda läckagen kan leda till betydande halter i vattendrag. Läckagen går att åtgärda redan nu även om fler praktiska lösningar behöver utvecklas för att kunna användas i större skala. Det kan även finnas andra former av diffusa utsläpp såsom emissioner av kemikalier från luftluckor eller växthustyper som inte är helt tillstängda, men dessa har inte legat inom detta projekts fokus då de anses försumbara eller mycket små (Stanghellini, 2009). Analyserat kompostmaterial har också påvisat förekomst av kemiska substanser, vilket gör att kompostmaterial bör placeras på en hårdgjord yta som skyddar mot nedträngning i marken.

Det går inte att generalisera läckagens storlek eftersom det är starkt kopplat till vilken aktiv substans som det rör sig om. Vissa kemiska substanser binds dåligt till markpartiklar, är lösliga i vatten och har lång persistens i vatten. Då är risken för läckage och att de påträffas i ytvatten mycket stor. Ett tydligt exempel på sådan aktiv substans är imidaklopid, som i vissa fall kan påträffas i mycket höga halter i vattendrag. Andra aktiva substanser riskerar istället att kontaminera mark där de binds hårt till markpartiklar och har lång persistens. Ett exempel på sådan substans är boskalid. Särskild försiktighet krävs vid hantering av vissa kemiska substanser med riskfyllda egenskaper och det är aldrig tillåtet att kontaminera varken mark eller vatten.

Rening av kontaminerat vatten kan ske genom olika typer av filtermaterial. I biobäddar och bioreaktorer sker det med hjälp av kemikalienedbrytande bakterier som gynnas av de organiska materialen i biomixen. I biokolet adsorberas kemikalier till biokolets yta och därmed hindras de från att läcka ut. Andra filtermaterial som bark och torv har undersökts i andra sammanhang där bark har visat sig ha mycket lovande egenskaper (Hansson et al., 2014). Betydligt mera forskning inom olika typer av filtermaterial och deras praktiska tillämpbarhet behöver göras innan metoderna kan användas i större skala i praktisk odling. Även andra typer av reningssystem, såsom artificiella våtmarker och rening av recirkulerande vatten genom exempelvis ozon, behöver undersökas vidare för att kunna användas i praktisk produktion.

Behov av vidare studier

Punktvisa mätningar av kemikalieförekomst i vattendrag från växthusområden har skett mer eller mindre frekvent i tiden. För att få en tydligare bild av hur läckagen ser ut under olika delar av året och om de minskar till följd av att lämpliga åtgärder vidtas, behövs kontinuerliga mätningar. Kemikalieförekomsten i vattendrag med avrinning från växthusföretag bör därför ingå som en del i den svenska miljöövervakningen.

Det pågår ett stort internationellt arbete med olika typer av reningssystem för kemiska substanser och inom detta projekt har värdefulla kontakter med forskare runt om i Europa tagits. En gemensam europeisk satsning kring reningssystem för kemikalieläckage där svenska forskare och experter inkluderas vore mycket värdefullt för att komma vidare i arbetet med att minska läckaget under svenska förhållanden.

Det behövs studier som tar sikte på hur man kostnadseffektivt och praktiskt kan anlägga våtmarker för nedbrytning av kemikalier från kontaminerade vattenflöden, både från växthus och från plantskolor. Frågor som behöver studeras är vilka storlekar dammarna ska ha, hur de ska vara utformade, hur nedbrytningen

optimeras och vilka vattenflöden som är lämpliga för de aktiva substanser som används inom svensk trädgårdsproduktion.

Fler typer av biokol och liknande filtermaterial med adsorberande förmåga behöver undersökas och utvärderas. Filtermaterialens tjocklek, utformning, varaktighet och specifik lämplighet för de kemikalier som används inom trädgårdsproduktion behöver utredas. Det kan också vara aktuellt att blanda olika typer av filtermaterial för att uppnå bred verkan mot många substanser.

Referenser

- Boesten, J Helweg, A Businelli, M. Bergstrom, L Schaefer, H., Delmas, A Kłoskowski, R Walker, A Travis, K Smeets, L Jones, R., Vanderbroeck, V Van Der Linden, A Broerse, S Klein, M Layton, R., Jacobsen O-S & Yon D. 1997. Soil persistence models and EU registration. (Tillgänglig på Internet: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.6581&rep=rep1&type=pdf>)
- Doruchowski, G., Hołownicki, R., Godyn. A. & Swiechowski, W. 2012. VERTIBAC – Compact bioremediation system for treatment of liquid remnants after cleaning of sprayer. 7th European Conference on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment. Porto, Portugal, Oct 2012.
- CKB. 2014. Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel. Macro-DB steg 1 och 2. Hjälpverktyg för tillståndsprövning i vattenskyddsområden.
- Hallgren, S., Löfkvist, K., Hansson, T., Svensson, S.A., Stenström, J. & Bergström, L. 2013. Karaktärisering av kemikalieläckage, dess halter och transportvägar från växthus och andra hårdgjorda ytor. Naturvårdsverket ärende NV-05542-12.
- Hansson T. & Löfkvist K. 2015. Uppsamlingssystem för växthusodling. Säkert växtskydd Art: 42199.
- Hansson T., Löfkvist k., Svensson S.A., Stenström J., Bergström L., Hallgren S. 2014. Filtermaterial mot kemikalieläckage. LTV fakultetens faktablad – faktablad från tillväxt trädgård, SLU. 2014:8.
- Kreuger, J., Graaf, S., Patring, J. & Adielsson, S. 2009. Bekämpningsmedel i vattendrag från områden med odling av trädgårdsgrödor under 2008. Ekohydrologi 110. Swedish University of Agricultural Sciences, Division of Water Quality Management. Uppsala, Sweden
- Kruger, E. 2008. Emissiereductie van gewasbeschermingsmiddelen vanuit de glastuinbouw. 2008. (Ed. E. Kruger) Rapport Waterschap Hollandse Delta. December 2008.
- Ländell, M. 2012. Översiktlig miljöteknisk undersökning vid tio handelsträdgårdar. Huvudrapport. Länsstyrelsen i Värmlands län. SGI Rapport, uppdragsnummer 14627.
- Löfkvist, K., Hansson, T., och Svensson, S.A. 2009. Förluster av växtskyddsmedel till omgivande mark och vatten vid användning i svenska växthus – en genomgång av möjliga riskmoment. SLU Rapportserie Landskap trädgård jordbruk Rapport 2009:6, ISBN 978-91-86197-15-5.
- Löfkvist, K. & Svensson, S.A. 2012. Förbättring av hantering av bekämpningsmedel i växthus. (Summary: Improvements of pesticide handling in greenhouse situations). LTI Rapport 2011:20. SLU Alnarp.

- van Os, E. & Vermeulen, T. 2011. Emission to surface water from greenhouse drip and spray applications. Presentation, Wageningen UR Greenhouse Horticulture.
- van Os, E.A., van der Maas, A.A., Jansen, R.M.C., Blok, C. & Beerling, E.A.M. 2011. Specific (water) demands of greenhouse horticulture – Closing of the water cycle. Powerpoint presentation. (Tillgänglig på Internet: <https://www.wageningenur.nl/de/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-343130323339>)
- van Os, E. & Swinkles, G.-J. 2014. Estimation of water flows of tomato enterprise in South Sweden. Rapport Wageningen UR.
- del Pilar Castillo, M., Pizzul, L. & Nilsson, E. 2013. Inventering av biobäddar i Sverige 2013. – Sammanställning av enkätundersökning genomförd vid behörighetsutbildningar för växtskyddsmedel 2010 – 2012. JTI-rapport 2013, Kretslopp & Avfall nr 49
- Pirzadeh, P. 2011. Bekämpningsmedel i skånska vattendrag – Resultat från den regionala miljöövervakningen 2010. Länsstyrelsen i Skåne 2011:15. ISBN: 978-91-86533-51-9
- Pirzadeh P. 2013. Bekämpningsmedel i skånska vattendrag – regional miljöövervakning 2011. Länsstyrelsen i Skåne 2013:4. ISBN: 978-91-87423-05-5.
- Roseth, R., Ludvigsen, G. H. & Aasen, R. 2007. Forprosjekt – plantevernmidler i avrenning fra veksthus. Rapport, 2: 162. Bioforsk, Ås, Norway
- Roseth, R. & Haarstad, K. 2010. Pesticide runoff from greenhouse production. Water Science & Technology 61(6): pp 1373 – 1381.
- van Ruijven J., van Os, E., van der Staaij M., Beerling E. 2013. Evaluatie zuiveringstechniek voor verwijdering gewasbeschermingsmiddel uit lozingswater glastuinbouw. Wageningen UR. Rapport GTB-1222.
- Stanghellini, C. 2009; Emissions by aerial routes from protected crop systems (greenhouses and crops grown under cover): A position paper. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, 2009 (Report / Wageningen UR Greenhouse Horticulture 224) - 26 p.
- Storrs C., 2015. Designing wetlands to remove drugs and chemical pollutants. Yale enviromnet 360. 17 mars 2015. (Tillgänglig på Internet: http://e360.yale.edu/feature/designing_wetlands_to_remove_drugs_and_chemical_pollutants/2856/ 2015-06-21 20:24.
- Torstensson L. 1987. Kemiska bekämpningsmedel – transport, bindning och nedbrytning i marken. SLU konsulentavdelning (numera SLU info).
- Vermeulen, T., van der Linden, A.M.A., van Os, E.O. (Eds) 2010. Emission of plant protection products from glasshouses to surface water in the Netherlands. Wageningen UR Rapport GTB-1002 / RIVM Rapport 607407001
- de Vleeschouwer, C., Henriët, F., Cors, F., Huyghebaert, B. & Pigeon, O. 2007. PhytEauWal: Development of biofilters and sharing of Best Management. 2nd European Biobed Workshop, Gent 2007 (tillgänglig på Internet: http://bricksite.com/uf/40000_49999/45709/ae238bf289b415b182c32b398a74cf4c.pdf)
- Voogt W., Swinkels, G.-J. & van Os, E. 2012. 'WATERSTREAMS': a Model for Estimation of Crop Water Demand, Water Supply, Salt Accumulation and Discharge for Soilless Crops. Proc. IVth IS on HortiModel 2012 (Eds.: Weihong Luo et al.). Acta Hort. 957, ISHS 2012.
- Voogt W., Vermeulen T., Wipfler L. Tiktak A., Cornelese A. 2012. Water in greenhouse and major emission routes. Powerpoint presentation 2012.

- Vymazal J. & Breziona T. 2015. The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: A review. *Environment international* 75 11-20.
- de Werd, H.A.E., Wenneker, M., Looij, J.H., Beltman, W.H.J, van der Lans, A., Huiting, H.F., de Bruine, J.A. & van Zeeland, M.G. 2012. Biologische zuivering van water verontreinigd met gewasbeschermingsmiddelen. Onderzoeksresultaten 2008 t/m 2011. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Februari 2012. Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit Rapportnummer 2012-06 (Tillgänglig på Internet: <https://www.wageningenur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343234323934>)
- Åkesson, M., Sparrenbom, C.J., Carlsson, C. & Krueger, J. 2013 Statistical screening for descriptive parameters for pesticide occurrence in a shallow ground water catchment. *Journal of Hydrology* 477. 165-174.

Internet

Bayer CropScience. Videofilm om vidareutvecklad Phytobac. (Tillgänglig på Internet: <http://www.youtube.com/watch?v=-DJ9JliLeRc>)

Säkert Växtskydd: Inkladd biobädd med uppsamling (tillgänglig på Internet: <http://www.sakertvaxtskydd.se/sv/Bibliotek/Biobadd--inkladd-modell-med-uppsamling/>)

Cleanleach. (Tillgänglig på <http://www.cleanleach.eu/>)

Personlig information

Doruchowski, Grzegorz: Research Institute for Pomology and Floriculture, Skierniewice, Polen. sept 2012, april 2013, juli 2014

Kuhn, Matthias, Dipl ing vid University of Geneve; Ecabert, Nicolas, ecaVert Sàrl, Bussigny/Lausanne, samt Boivin, Pascal, prof vid University of Applied Sciences of Western Switzerland (HES-SO), Geneve. Samtliga Schweiz. E-postkonversation under juni – oktober 2014.

Bilaga 1

Aktiv substans	Preparat	Löslighet i vatten	Log P	GUS	Typical Dt50	Kfoc
acetamiprid	Mospilan	2 950	0,8	0,94	3	107
azoxystrobin	Amistar	7	2,5	2,6	78	423
bifenazat	Floramite	2	3,4	0	1	
boskalid	Signum, Cantus	5	2,96	2,56	200	772
cypermethrin	Cyperb, Fastac	0,01	5,3	-2,12	60	
cyprodinil	Switch	13	4	1,01	37	2 777
fluazinam	Epok	0,1	4,03	0,74	11	1 958
fludioxanil	Switch	2	4,12	-2,48	164	132 100
glyfosat	Glyfosat	10 500	-3,2	-0,49	12	28 700
hexythiazox	Nissorun	0,1	2,67	0,04	30	9 455
imazalil	Fungazil	184	2,56	0,55	50	4 753
imidakloprid	Confidor, Warrant	610	0,57	3,76	191	225
indoxakarb	Steward	0,2	4,65	0,23	17	
karbendazim	Topsin	8	1,48	2,64	40	255
klormekvatklorid	Cycocel	886 000	-3,47	1,77	10	168
metalaxyl	Epok	7 100	1,65	2,91	42	162
penkonazol	Topas	73	3,72	1,36	117	2 205
pirimikarb	Pirimor	3 100	1,7	2,73	86	388
propamokarb	Previcur Energy, Proplant	900 000	0,84		14	
propikonazol	Tilt	150	3,72	1,51	214	2 252
pymetrozin	Plenum	270	-0,19	0,94	14	
pyraklostrobin	Signum	2	3,99	0,05	32	9 315
pyrimetanil	Scala	121	2,84	2,65	55	301
pyriproxyfen	Admiral	0	5,37	-0,33	10	21 175
spinosad	Conserve			-0,69	176	
tiakloprid	Calypso, Exemptor	184	1,26	1,44	16	615
		>500 hög löslighet 20-500 medel löslighet <20 låg löslighet	>3,0 hög – lipofil 2,7 - 3,0 medel <2,7 låg - hydrofil	>2,8 hög läckage- risk 1,8-2,8 medel läckagerisk <1,8 låg läckagerisk	>100 persistent 30-100 medelpersistent <30 icke persistent	>500 låg rörlighet 15-500 medel rörlighet <15 stor rörlighet

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Vi är ett tekniskt jordbruksinstitut med tydlig miljö- och energiprofil. Institutets fokus ligger på innovation och utveckling i nära samarbete med företag, organisationer och myndigheter.

På vår webbplats publiceras regelbundet notiser om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Gratis mejlutskick av JTI:s nyhetsnotiser kan beställas på www.jti.se

På webbplatsen finns publikationer som kan läsas och laddas hem gratis. Se www.jti.se under fliken Publicerat.

Vissa publikationer kan beställas i tryckt form. För trycksaksbeställningar, kontakta oss på tfn 010-516 69 00, e-post: info@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
Telefon: 010-516 69 00, Telefax: 018-30 09 56
E-post: info@jti.se
www.jti.se