

Utlakning av bekämpningsmedel i ett förändrat klimat:

- Riskanalys av förluster till yt- och grundvatten (H0833488)

Huvudsökande (författare) Elisabet Lewan, Inst Mark och Miljö, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala

Medsökande: N. Jarvis, J. Kreuger; Medarbetare: K. Steffens, J. Moeys, M. Larsbo

Bakgrund och Syfte

Klimatförändringen kommer, enligt nuvarande klimatscenarier, att resultera i ett varmare och mer nederbördsrikt klimat i viktiga svenska jordbruksregioner (IPCC, 2007, 2013). Syftet med detta projekt är att göra beräkningar, analyser och prognoser för hur förändringarna i klimatet kan komma att påverka förluster av bekämpningsmedel till yt- och grundvatten. Projektet har fokus på riskbedömning av herbicidförluster från jordbruksmark i perspektiv av förändrat klimat och drivs i samarbete med forskare från SMHI/Rosby Centre. Målet är att bedöma risken för ökad utlakning av herbicider baserat på modellering och befintliga dataunderlag och klimatscenarier.

Risken för pesticidutlakning beror – förutom av substansens specifika egenskaper – av ett komplext samspel mellan olika faktorer och processer som påverkar substansens *persistens* (t ex marktemperatur, markfuktighet), *sorption* i marken (t ex markens halt av organiskt material och ler), och *transport* (t ex avrinningsmönster som i sin tur styrs av nederbördsmönster och markfysikaliska egenskaper). Alla dessa faktorer och processer kommer att påverkas av en klimatförändring:

MACRO-modellen (Larsbo et al., 2003; FOCUS, 2001) är väl lämpad för konsekvensanalyser av klimatförändringar kopplat till pesticidtransport, eftersom modellen (*i*) kopplar samman effekten av alla viktiga klimat- och markfaktorer på ett dynamiskt sätt (t ex effekter av markfuktighet och marktemperatur på pesticidnedbrytning kombinerat med effekten av nederbördsintensitet för preferentiella flöden och pesticidtransport), och (*ii*) modellen kan "drivas" av den typ av standardklimatdata (nederbörd, lufttemperatur, vindhastighet, luftfuktighet och globalstrålning) som genereras vid Rosby Center (SMHI).

Modellprediktioner för hur pesticidläckaget kan förändras i ett framtida klimat involverar flera typer av osäkerheter. Därför har vi i detta projekt undersökt såväl betydelsen av (1) osäkerheter i pesticidmodellens struktur och parameterisering; (2) osäkerheter i klimatscenerierna, samt (3) betydelsen av indirekta effekter såsom klimatrelaterade förändringar i markanvändning och pesticidanvändning. Projektet består därmed av följande tre huvudkomponenter:

1. Temperaturberoende processer vid beräkning av pesticidläckage i förändrat klimat

Klimatförändringen förväntas medföra en generell temperaturökning i kombination med ökad vinternederbörd – i Sverige. Temperaturen påverkar flera processer med betydelse för pesticidutlakningens storlek – t ex nedbrytning, sorption och diffusion. De flesta pesticidmodeller beaktar nedbrytningens temperaturberoende, men inte temperaturberoende sorption och/eller diffusion. Därför testades 4 olika versioner av MACRO med/utan temperaturberoende sorption och/eller diffusion. Syftet var att undersöka om valet av modellstruktur har betydelse för beräkning av pesticidutlakningens storlek och förändring vid simulering med förändrat klimat (ökad temperatur och nederbörd).

2. Osäkerhet i Klimatscenarier – Betydelse för beräkning av framtida pesticidläckage

De regionala klimatscenarier som genererats för Sverige baseras på simuleringar med storskaliga globala klimatmodeller (GCM). Olika GCM:s ger delvis olika resultat vad gäller t ex temperaturförändringens storlek och variation under olika delar av året, samt förändringar i nederbörd under sommar respektive vinter. Därför har SMHI/Rosby Centre tagit fram en ensemble

av regionala klimatscenarier för Sverige baserat på en regional modell (RCA) som drivits med olika GCM:s. Syftet med vår delstudie var att undersöka om (i) olika GCM-RCA kombinationer gav ungefär samma förändring i predikerat pesticidläckage; samt om (ii) osäkerheten i klimatscenarier gav större spridning i resultat än den som orsakas av parameter-osäkerhet i pesticidmodellen.

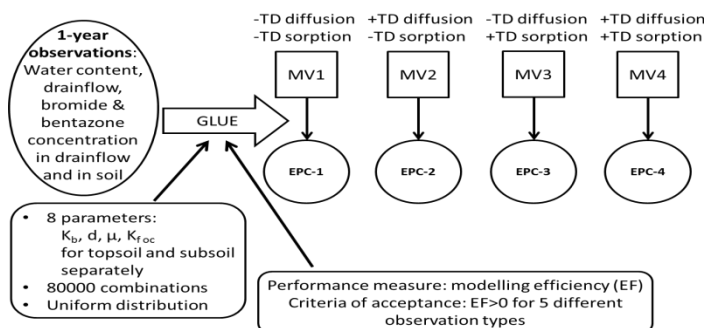
3. Indirekta effekter: markanvändning och pesticidanvändning – Betydelse för beräkning av framtida herbicidläckage

Förutom direkta effekter av förändringar i klimatet på utlakningsrisken, medför förändrat klimat även förändringar i grödval, växtföljder, sjukdoms- och ogräsförekomst, tidpunkter för skötselåtgärder inkl sådd och skörd – vilket indirekt kan påverka risken för utlakning av bekämpningsmedel från jordbruksmark. Flera vetenskapliga studier har pekat på hypotesen att sådana indirekta effekter troligen kan få större total effekt på risken för bekämpningsmedelsläckage än de direkta effekterna av förändringar i t ex temperatur och nederbörd på transport och nedbrytning av bekämpningsmedel. Hittills saknas emellertid studier som jämför den relativa betydelsen av direkta och indirekta effekter. För att en sådan studie ska bli meningsfull måste man dels gå upp i rumslig skala (för att kunna beakta olika grödor och markanvändning, dels bör man beakta olika typer av substanser (bekämpningsmedel). Syftet med den tredje delstudien var att uppskatta de direkta respektive indirekta effekterna av en klimatförändring i regional skala för ett par olika "scenarier" och jämföra den relativa betydelsen av dessa komponenter för beräkningar av herbicidläckage till grundvatten.

Material och Metoder

1. Temperatur-beroende processer vid beräkning av pesticidläckage i förändrat klimat

MACRO applicerades i 4 versioner: utan temperatur-beroende sorption och diffusion (MV1), med temperatur-beroende diffusion (MV2), med temperatur-beroende sorption (MV3), med både temperatur-beroende sorption och diffusion (MV4). Varje modell-version parameteriserades genom tillämpning av s.k. Monte Carlo simuleringar med GLUE-metoden (Beven & Binley, 1992). Genom denna metod testades olika kombinationer av osäkra parametervärden och resultaten jämfördes med observationer från ett fält-experiment på lerjord (Lanna) i södra Sverige. Varje modellversion fick därigenom en uppsättning "acceptabla parameter-sets" som sedan användes för modell-simuleringar med förändrat klimat som driv-data. På detta sätt beaktades såväl osäkerheter i modell-struktur som i modell-parameterisering. En schematisk översikt över parameteriseringsmetoden – ges i Figur 1 nedan.



Figur 1. Schematisk bild över metoden för parameterisering av olika modellversioner (MV1-MV4). För varje modell-version erhålls en uppsättning "acceptabla parameter-set" (EPC). Från publicering A1 = Steffens m fl (2013).

Därefter gjordes "scenario-simuleringar" med respektive modell och motsvarande parameter-set (EPC) – där pesticiden applicerades varje år – under en 30 års period. Scenarierna kördes för nuvarande klimat och ett framtida klimat, för vår- respektive höstspridning, samt för tre kontrasterande typer av pesticider (lätttrörlig, medelrörlig, samt svårtrörlig). Det framtida klimatet baserar sig på Rossby-Centers (SMHI) regionala nedskalning av existerande globala modell-simuleringar – från GCM-modellen ECHAM5, utsläpps-scenario A2 (Kjellström et al., 2011; IPCC 2007).

2. Osäkerhet i Klimatscenarier – Betydelse för beräkning av framtida pesticidläckage

MACRO-modellen parameteriserades med avseende på data från ett fält-experiment med en lätttrörlig herbicid på lerjord i sydvästra Sverige (58 21'N, 13 08'E, Lanna), enligt samma metod som Steffens m fl. (2013). På detta sätt erhöles 56 olika "acceptabla parameter-set". MACRO-modellen kördes över en 30 årsperiod (med alla 56 parameter-set) dels för nuvarande klimat och dels för framtida klimat baserat på drivdata från 9 olika GCM-RCM kombinationer.

3. Indirekta effekter – markanvändning och pesticidanvändning – Betydelse för framtida herbicidläckage

För denna studie tillämpades en regionaliserad version av pesticidmodelleringsverktyget MACRO (MACRO-SE) på Sveriges mest intensiva jordbruksregion (GSS, Götalands södra slättbygder), vilket möjliggjorde att beakta nuvarande areal av olika grödor, jordartsfördelning, dräneringsförhållanden, samt förekommande herbicidanvändning i olika grödor. Modellberäkningarna gjordes över en 30-års period för nuvarande klimat (observerat klimat som indata), samt för tre olika scenarier:

- A) *framtida klimat* (med klimatscenarier baserat på 5 olika globala klimatmodeller för att uppskatta den potentiella effekten av förändringar i temperatur och nederbörd inklusive osäkerhet i klimatscenarierna.
- B) *framtida klimat + framtida markanvändning* (förändrad arealfördelning av olika grödor)
- C) *framtida klimat + framtida markanvändning + ökad herbicidanvändning* (pga förändrat klimat)

Resultat

1. Temperatur-beroende processer vid beräkning av pesticidläckage i förändrat klimat

Resultaten från scenario-simuleringarna visar att temperatur-beroende diffusion bör beaktas vid simulering av svagt sorberande (dvs lätttrörliga) pesticider, medan sorptionens temperaturberoende saknar signifikant betydelse för denna typ av lätttrörliga pesticider. Temperaturberoende sorption hade däremot signifikant betydelse för utlakning av medelrörliga och svårtrörliga (Fig. 2). Scenario-simuleringar för lätttrörliga och medelrörliga pesticider visade på en systematisk respons på förändrat klimat – oberoende av modellversion och trots spridningen i resultat som orsakas av "parameter-osäkerheten" (Tabell 1). För svårtrörliga pesticider applicerade under våren, överskuggade parameter-osäkerheten delvis responsen på förändrat klimatet, dvs responsen var inte helt oberoende av modellversion och parameter-osäkerhet. Resultaten indikerar att diffusionens och sorptionens temperaturberoende bör beaktas vid simulering av pesticidförluster kopplat till förändrat klimat. Resultaten presenterades i A1, B4-B5 (Publikationer).

2. Osäkerhet i Klimatscenarier – Betydelse för beräkning av framtida pesticidläckage

Resultaten från modell-körningarna visar att förändringar i simulerat pesticidläckage varierar både i storlek och riktning beroende på val av GCM-RCM-scenario. Parameter-osäkerhet i pesticidmodellen hade främst betydelse för absolutvärden på simulerade pesticidförluster, medan val av GCM-RCM

(klimatscenario) hade störst betydelse för "förändringens" storlek och riktning. Vid prediktioner av pesticidläckage kopplat till förändrat klimat bör man därför göra beräkningar baserade på en ensemble av GCM-RCM-kombinationer. Genom att beakta såväl parameter-osäkerhet som osäkerhet i klimat-scenario-data finns potential att göra robusta uppskattningar av *sannolikheten för förändringar* i framtida pesticidläckage som direkt orsakas av klimatets förändringar.

Beräkningar som avser många olika jordar och substanser kan bli extremt omfattande. Parameter-osäkerhet spelar mindre roll för beräknade "förändringar" än för absolut-värden. Därför kan beräkningar av förändringar i pesticidutlakningen som baseras på ett enstaka accepterat parameter-set motiveras, om det gäller omfattande beräkningar uppskalade till t ex region. Resultaten presenterades i A2 & B6-B7 (Publikationer).

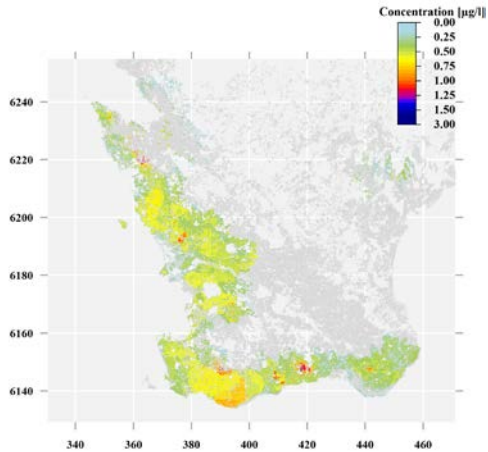
3. Indirekta effekter: markanvändning och pesticidanvändning – Betydelse för framtida herbicidläckage

Trots de stora osäkerheterna kopplade till komplexa beräkningar för större rumsliga skalor kunde modellen MACRO-SE reproducera läckagebenägenheten för de inom regionen applicerade herbiciderna (88% av herbiciderna klassificerades korrekt vid jämförelse med observerad förekomst inom regionen). Detta indikerar en viss nivå av tillförlitlighet i resultaten från modell-simuleringarna. Figur 2 visar den rumsliga variationen i simulerad herbicid-koncentration i vatten som perkolerar från jordbruksmark till grundvattnet. Nivåerna avser sammanvägd medelkoncentration över 30 år. Variationen beror av flera faktorer som beaktas i modellen: jordart, dräneringsförhållanden, arealfördelning av grödor och herbicidanvändning (baserat på information från två av typområdena inom det nationella miljöövervakningsprogrammet, i Skåne respektive Halland).

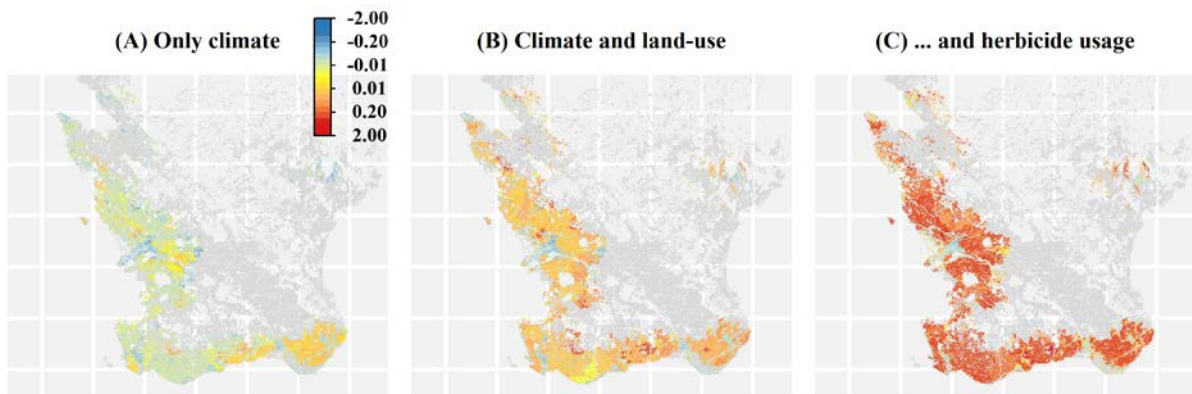
Resultaten visar att koncentrationsnivåerna främst påverkas av herbicidanvändningen i ärter, vårssäd och höstraps. Herbicider i potatis och majs kan lokalt ge höga koncentrationer, men har begränsad effekt på medelkoncentrationerna som helhet pga att andelen av totalarealen för dessa grödor är relativt liten. Herbicidkoncentrationerna blir också påtagligt högre i områden med morän-lerjordar, vilket är kopplat till snabba transportvägar i jordar med makroporflöde.

För scenario A (Fig. 3) gav fyra av de fem globala klimatmodellerna liknande resultat, medan resultaten från en av modellerna avvek från övriga modeller pga jämförelsevis lägre nederbördsökning. I det förra fallet indikerar simuleringarna att nettoförändringen i herbicidkoncentrationer blir försumbar i ett förändrat klimat pga effekter av förändringar i temperatur respektive nederbörd kompenserar varandra. I det senare fallet visar simuleringarna på en sänkning av herbicidkoncentrationerna pga temperatureffekten blir dominerande (vilket resulterar i snabbare nedbrytning av herbicider i marken). När även förändrad markanvändning beaktas (Scenario B, ökad andel höstsäd och höstraps, samt minskad vallareal som kompenseras med ökad majsareal), blir bilden mer komplex. Den rumsliga variationen ökar och skillnaderna i resultat mellan simuleringar med indata från olika klimatmodeller ökar. I genomsnitt visar resultaten på en viss (men måttlig) ökning av herbicidkoncentrationerna i perkolerande vatten (Fig. 2). För det tredje scenariot (C) där även ökad herbicidanvändning pga ökad ogräsförekomst antagits, ger alla modellsimuleringar ökade herbicidkoncentrationer inom hela regionen. Det senare fallet demonstrerar den potentiellt stora betydelsen av indirekta effekter av förändrat klimat, samt att de indirekta effekterna kan överskugga både de direkta effekterna av klimatet på nedbrytning och transport av pesticider i mark, liksom de skillnader som generas pga variationen mellan olika globalskalemodeller (GCM:s).

[De första resultaten från delstudie 3 presenterades vid två konferenser 2011 (se Publikationer inom projektet: B1 & B2). Resultat från den kompletta studien presenterades i flera olika sammanhang under 2014 (bl a B8 & B9). Hela studien kommer att publiceras i en referee-granskad tidskrift (manuskript skickat i oktober-2014, A3).]



Figur 2. Simulerade medelkoncentrationer av herbicider i vatten som perkolerar till grundvattnet, i nuvarande klimatsituation. Medelvärden över 30 år baserat på aktuell arealfördelning av grödor, jordartsfördelning och herbicidanvändning. (Steffens et al, 2014, submittat manuskript: A3).



Figur 3. Simulerade förändringar i genomsnittlig herbicidkoncentration i vatten som perkolerar till grundvattnet för tre olika scenarier (A) endast förändringar i klimatet; (B) förändringar i klimat och markanvändning; (C) förändringar i klimat, markanvändning och herbicidanvändning. (Steffens et al, 2014; submittat manuskript). Medelvärde från simuleringar med indata från 5 olika klimatmodeller.

Diskussion

Resultaten från delstudie 1, visar att val av modellstruktur kan påverka pesticidmodellens sammanlagda respons på t ex temperaturförändringar och därmed resultatet. De acceptabla parameter-set som identifierats genom en kalibrering mot observerade data över en begränsad tidsperiod (mät-perioden), gav delvis olika resultat i simuleringar över längre perioder (30 år) vad beträffar "absolut-värden" på totalförlusten av bekämpningsmedel. Våra resultat indikerar dock att nettoförändringen i simulerat läckage mellan referensklimatsituationen och en framtida klimatsituation går i samma riktning oavsett parameter-set. Detta gör det möjligt att vid komplexa simuleringar över större rumsliga regioner använda sig av "ett parameter-set per jordtyp och gröda" – vilket kan förenkla beräkningsmetodiken för beräkning av läckage i regional skala.

Våra resultat från delstudie 2, visar att prediktioner av herbicidläckage i förändrat klimat bör baseras på indata från flera olika globala klimatmodeller för att få ett balanserat resultat. Användning av indata från en enstaka klimatmodell kan ge missvisande resultat och bidra till en onyanserad bild. Att dra generella slutsatser om klimatförändringens effekter utifrån beräkningar för en enstaka jordtyp

eller ett enstaka experiment kan också ge missvisande resultat beträffande problemets karaktär och behov av åtgärder i större skala. Frågan bör studeras både med avseende på specifika jord och gröd-kombinationer och ur ett mer integrerat perspektiv som beaktar variationen i jordarter, grödor och typ av substanser.

Modellsimuleringarna för framtida klimatsituation (i delstudie 3) indikerar att de direkta effekterna av ökad temperatur och nederbörd på herbicidkoncentrationen i vatten som perkolerar till grundvattnet, förefaller kompensera varandra *sett i ett regionalt perspektiv*, varför den direkta (netto)effekten av förändrat klimat på herbicidläckaget blir näst intill försumbar (*på regional nivå*). Vi demonstrerar samtidigt att indirekta effekter av förändrat klimat, såsom förändrad markanvändning och ökad herbicidanvändning, kan få relativt större betydelse än de direkta effekterna av klimatet på herbicidläckaget, *på regional skala*.

Resultaten visar att de indirekta effekterna även kan överskugga skillnader i beräknat läckage som uppstår pga indata från olika klimatmodeller. Andelen av arealen inom regionen, med herbicidkoncentrationer över EU:s gränsvärde för bekämpningsmedel i dricksvatten, kan komma att fördubblas mot slutet av detta sekel, enligt scenario C (förändrad markanvändning & ökad herbicidanvändning). Detta understryker behovet av utveckla strategier och metoder för att reducera herbicidbehovet i en förändrad klimatsituation. Även om denna typ av modellstudie är förknippad med flera osäkerheter kopplat till olika antaganden och framtidsscenarioer – visar jämförelsen mellan simulerade resultat och observationer i nuvarande klimatsituation på viss tillförlitlighet. Studien beaktar dessutom aktuell jordartsfördelning och arealfördelning av olika grödor inom regionen, samt bygger på ett gediget data-underlag. Dessutom har vi beaktat den typiska variationen och osäkerheten i aktuella klimatscenarioer. De framtidsscenarioer vi beaktat med avseende på förändringar i markanvändning och ökad herbicidanvändning, bygger på tidigare studier för södra Sverige och är inte extrema i något avseende. Det som framförallt kan förändra framtida läckagerisker är odlingsstrategier och teknikutveckling för att minimera herbicidanvändningen, samt utveckling av substanser som bryts ner snabbt och transporteras långsamt i marken.

Referenser

- Beven, K., Binley, A., Jul. 1992. The future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction. *Hydrological Processes* 6, 279–298.
- FOCUS. 2001. FOCUS Surface Water Scenarios in the EU Evaluation Process under 91/414/EEC. Rep. FOCUS Working Group Surface Water Scenarios, EC Doc. Ref. SANCO/4802/2001-rev.1.
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) 2007. *Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. IPCC Secretariat. Geneva. Switzerland.
- IPCC 2013. The Physical Science Basis. Fifth Assess. Report of the IPCC. Geneva. Switzerland.
- Kjellström, E., Nikulin, G., Hansson, U., Strandberg, G., Ullerstig, A., 2011. 21st century changes in the european climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations. *Tellus* 63 (1), 24–40.
- Larsbo, M., Jarvis, N.J. 2003. MACRO5.0. A model of water flow and solute transport in macroporous soil. Technical description. *Emergo* 2003:6, Dep. Soil Sci., SLU, Uppsala, 48 p.

Publikationer inom projektet

A. Publicering i referee-granskade tidskrifter

1. Steffens, K., Larsbo, M., Moeys, J., Jarvis, N., **Lewan, E.**, 2013. Predicting pesticide leaching under climate change: Importance of model structure and parameter uncertainty. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 172, 24--34.
2. Steffens, K., Larsbo, M., Moeys, J., Kjellström, E., Jarvis, N., **Lewan, E.** 2014. Modelling pesticide leaching under climate change: parameter versus climate input uncertainty. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 479–491. www.hydrol-earth-syst-sci.net/18/479/2014/doi:10.5194/hess-18-479-2014
3. Steffens, K., Jarvis N., Lindström, B., Kreuger, J., Kjellström, E., **Lewan, E.**, Moeys, J. (**submitted i okt - 2014**). Direct and indirect effects of climate change on herbicide leaching – a regional scale assessment. Submitted to *Sci Tot Env*.

B. Konferensbidrag & Workshops

1. Steffens K.A., Moeys J., Jarvis N., **Lewan E.** 2011. [Pesticide leaching under climate change - a regional perspective](#). Poster presented at the *European Geoscience Union General Assembly*, Vienna, Austria, 03-08 April 2011;
2. [(4, ovan) – även presenterad vid *NJF Congress* (Nordiska Jordbruksforskarens Förening) i Uppsala, Juni 2011.]
3. Steffens K.A., Moeys J., Jarvis N., **Lewan E.** 2011. [Climate change impacts on pesticide leaching - a regional perspective](#). *XIV Symposium in Pesticide Chemistry*, Univ. Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy, 30/08/2011 - 01/09/2011. In: XIV Symposium in Pesticide Chemistry - Pesticides in the environment: fate, modelling and risk mitigation.
4. Steffens K, Larsbo M, Moeys J, Jarvis N, and **Lewan E.** 2012. [Predictions of pesticide leaching under climate change – Importance of model structure and parameter uncertainty](#). Poster presented at the *European Geophysical Union – Annual Assembly – Austria, Vienna*, April, 2012. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2012/EGU2012-5438.pdf>
5. Steffens K. 2012. [Model structural error and parameter uncertainty in pesticide leaching models](#). *Muntlig presentation* vid Mark-Vatten-Miljös Klusterseminarium, 11 Sept, SLU, Uppsala, 2012.
6. Steffens K, Larsbo M, Kjellström E, Moeys J, Jarvis N, and **Lewan E.** 2013. Assessing pesticide leaching under climate change – The role of climate input uncertainty. (Poster) *European Geophysical Union – Annual Assembly – Austria, Vienna*, April, 2013. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2013/EGU2013-10226.pdf>
7. Steffens K, Larsbo M, Moeys M, Jarvis N, Kjellström E and **Lewan E.** 2013: Pesticide leaching under climate change: the role of climate input uncertainty. (Oral presentation) Conference on **Pesticide Behaviour in Soils, Water and Air. York, UK, Sep, 2-4 2013**. http://www.york.ac.uk/conferences/yorkpesticides2013/newprog.htm#_Innovative_a_approaches_in
8. Steffens K, Moeys J, Jarvis N, Lindström B, Kreuger J, **Lewan E.** EGU2014-8812. Climate change impacts on risks of groundwater pollution by herbicides: a regional scale assessment. Session: HS8.2.1. (Poster) *European Geophysical Union Annual Assembly*, Austria, Vienna, 27 April-2 May, 2014. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/EGU2014-8812.pdf>

9. Steffens et al., 2014. Direct and indirect effects of climate change on herbicides leaching to groundwater – a regional scale assessment. (Oral presentation) **Session 2: Modelling of pesticide transport in the northern zone. Conference arranged by the Nordic-Baltic Pesticide Fate Network: Pesticide fate in soil and water in the northern zone.** Bioforsk, Ås, Norway, 3-4 September 2014.
http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/hovedtema?p_dimension_id=97594&p_menu_id=97604&p_sub_id=97595&p_dim2=97596

Slutsatser (nytta & råd till näringen)

- De direkta effekterna av förändringar i temperatur och nederbörd på herbicidläckage från jordbruksmark tycks i viss grad kompensera varandra på regional skala. Läckaget kan öka till följd av ökad frekvens av hög nederbörd under våren, särskilt på lerjordar, medan läckagerisken samtidigt reduceras pga ökad temperatur och därmed snabbare nedbrytning av herbicider i marken.
- Vid bedömningar av nederbördens effekter på läckagerisken bör man uppmärksamma att effekterna kan gå i olika riktning beroende på nederbördsmönster, samt om man fokuserar förändringar i totalförluster eller koncentrationer. Responser på intensiv nederbörd är dessutom olika på olika typer av jordar, samt för olika substanser.
- Klimatrelaterade förändringar i markanvändning och grödval kan få större betydelse för framtida risk för läckage av herbicider till grundvattnet jmf direkta climateffekter, på regional nivå. Ökning av arealen höstraps och majs förväntas bidra till ökad användning av vissa läckagebenägna herbicider.
- Ökat behov av bekämpning pga ökad ogräsförekomst, samt förändringar i arealfördelning av olika grödor, kan leda till fördubblad andel areal i sydvästra Skåne, där halten av bekämpningsmedel i vatten som perkolerar från jordbruksmark till grundvatten överskrider EU:s gränsvärde för koncentration av bekämpningsmedel i dricksvatten.
- I perspektiv av pågående klimatförändring är det därför angeläget att satsa på utveckling av strategier och tekniker för att minimera och reducera behovet och användningen av bekämpningsmedel.
- Valet av pesticidmodell och de processer som beaktas har betydelse för prediktioner av hur en klimatförändring kan påverka förluster av bekämpningsmedel från jordbruksmark.
- Prediktioner av pesticidläckage för en förändrad klimatsituation bör baseras på flera olika globala klimatmodeller. Resultat baserat på en enstaka klimatmodell riskerar att ge en alltför förenklad bild.

Resultatförmedling till näringen

Resultaten har spridits till olika avnämningkategorier genom posterbidrag vid NJF-konferens 2011; muntligt seminarium vid SLU:s mark-vatten-miljö-centrum, 2012; muntlig presentation vid Nordisk-Baltisk nätverks-konferens (Bioforsk, Ås, 2014), ECPA Pesticide Modelling Workshop (Wien, oktober 2014); kontaktmöte med Kemikalie-inspektionen (sept-2014), samt kontinuerligt via samarbetet med CKB (Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel, Uppsala). Resultaten har även spridits via bidrag vid flera öppna internationella vetenskapliga konferenser (European Geophysical Union General Assembly: 2011, 2012, 2013 och 2014; och pesticid-kongresser med olika aktörer (Piacenza 2011; York 2013). Resultaten från delstudie 1 respektive 2 är publicerade i referee-granskade vetenskapliga artiklar och ett manus för delstudie 3 har skickats till en tidskrift (oktober, 2014).

Resultaten kommer dessutom att uppmärksammas genom att de ingår i ett avhandlingsarbete, med beräknad disputation i maj-2015, se nedan. Vi planerar även ytterligare populärvetenskaplig publicering riktat till näringen baserat på ovan nämnda artiklar. SLU/NJ-fakulteten kräver idag vetenskaplig publicering innan något publiceras i mer populär form i FAKTA-serien.

Övrig information

[Projektstart försköts redan under första året pga rekrytering av en doktorand kopplat till projektet. Därefter söktes och rapporterades årsanslag enligt överenskommen tidsram. Enligt denna tidsram är formellt projektslut 2014-12-31 och datum för slutrapporteringen därför 2015-06-30. *Men*, med hänvisning till att SLF måste redovisa "miljö-pengar" tidigare, ombads jag av dåvarande forskningssekreterare (Kjell Ivarsson) att lämna in slutrapport senast 2014-10-31, dvs. tidigare än planerat. Disputationen för aktuell doktorand är planerad till 2015-05-08, varför den nu tidigarelagda slutrapporteringen infaller dessförinnan.]