



Slutrapport för forskningsprojekt nr V0933050

Transport av kemiska bekämpningsmedel samt fastläggnings- och nedbrytningskaraktärisering i en vertikal transekt genom mark- och grundvattnens zonen i Vemmenhögs tillrinningsområde, södra Sverige



Datum: 2013-06-28
Uppdragsledare: Christel Carlsson
Handläggare: Maria Åkesson, David Bendz, Charlotte Sparrenbom, Anja Enell
Diarienumr: 1-0904-0275
Uppdragsnr: 13940 Pegasus

1 SAMMANFATTNING

Projektets mål har varit att undersöka förekomst, fastläggning, transport och nedbrytning av kemiska bekämpningsmedel (KB) i djupare grundvatten i ett litet avrinningsområde i Vemmenhög i Skåne.

Inom ramen för studien har grundvatten provtagits på varierande djup (5,5-35 m) och analyserats med avseende på 150 olika KB vid fem olika tillfällen utan att några detekterats (undantaget ett enstaka fynd av AMPA). Dessa djupare grundvatten daterades till mellan 40 och >60 år. I grunt grundvatten från området finns fynd av KB och med hjälp av statistisk analys av spridningsdata och data över fynd visades att den enskilt största faktorn som avgör om KB återfinns i grundvattnet eller ej är dosen vid besprutningstillfället. En högre dos ökar sannolikheten för fynd i grundvattnet.

En matematisk modellering har genomförts för att förklara förekomst av 6 olika KB i grunt grundvatten. För modelleringen användes bl.a. experimentellt bestämda parametrar för nedbrytning och fastläggning. Modelleringen möjliggjorde att fynd av lågsorberande KB kunde kopplas till spridningen av dessa substanser, medan fynd av de relativt starkt sorberande substanserna inte kunde förklaras.

2 BAKGRUND

2.1 Målsättning

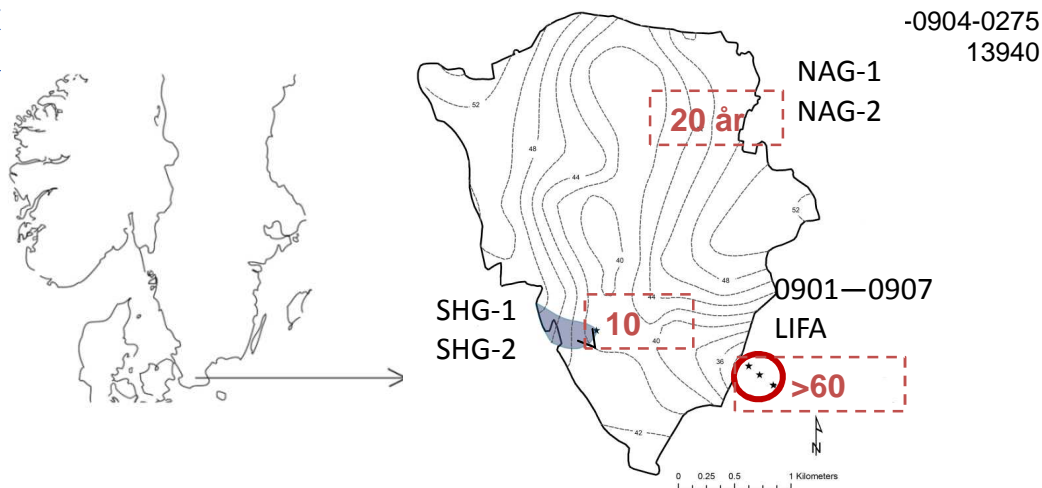
Det övergripande syftet med projektet är att öka kunskapen om hur kemiska bekämpningsmedel (KB) från jordbruket kan läcka ner igenom mark- och grundvatten och transporteras vidare nedåt till djupare grundvattenmagasin. Projektets mål är att undersöka fastläggning, transport och nedbrytning av bekämpningsmedel, samt förekomst i djupare grundvatten i ett litet avrinningsområde i Vemmenhög i Skåne. Den förväntade nyttan med projektet är att generera ett underlag som kan användas för att bättre identifiera och uppskatta eventuella risker som dagens bekämpningsmedelsanvändning kan utgöra för framtida dricksvattenresurser och för miljön.

2.2 Genomförande

Projektet startade i maj 2009 och avslutas i och med föreliggande rapport i juni 2013. Hela projektet kan delas upp i 4 olika delstudier (S1-S4):

- S1. Kartläggning av KB i djupare grundvatten
- S2. Hydrogeologisk modellering av Vemmenhögs avrinningsområde
- S3. Undersökning av faktorer som kontrollerar förekomst av KB i grundvatten
- S4. Transportmodellering av KB i grundvatten

Genomförande och resultat från de olika delstudierna redovisas var för sig i rapporten, som sedan avslutas med gemensamt avsnitt för slutsats och diskussion.



Figur 1. Kartbild över Vemmenhögs avrinningsområde med markering av de brunnar som använts i studien. Brunnarna 0901—0907 samt LIFA etablerades i en transekt (inringade i bilden) inom ramen för denna studie. Övriga brunnar (SHG samt NAG) har etablerats sedan tidigare av SLU. Vattnet i samtliga brunnar har ålderdaterats och genomsnittsåldern anges i figuren. Den grå arean visar det lokala tillrinningsområdet som undersöktes i delstudierna S1 och S2.

3 S 1. KARTLÄGGNING AV FÖREKOMST AV KEMISKA BEKÄMPNINGSMEDEL I DJUPARE GRUNDVATTEN

3.1 Material och metoder

3.1.1 Etablering av grundvattenbrunnar

För att kartlägga förekomst av KB i djupare grundvatten etablerades strax nedströms Vemmenhögs avrinningsområde 7 grundvattenbrunnar grupperade i tre borrhypor i en transekt (figur 1). Brunnarnas djup varierar mellan 5,5 och 35 m (tabell 1). Platsen valdes eftersom användningen i området av KB är väl dokumenterad genom det nationella övervakningsprogrammet för växtskyddsmedel som drivs av Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel (CKB) vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Även förekomst i ytvatten finns dokumenterad sedan 20 år tillbaka och i grunt grundvatten sedan 10 år tillbaka. Placeringen av brunnarna nedströms avrinningsområdet valdes för att kunna fånga upp de eventuella KB som infiltrerat uppströms i avrinningsområdet efter besprutning. För utförligare beskrivning av brunnsetableringen hänvisas till lägesrapporten till SLF daterad 2010-01-29 (Carlsson et al, 2010).

Tabell 1. Brunnsdjup och filterdjup för de undersökta grundvattenbrunnarna, samt grundvattnets ålder. Brunnar i borrhypor 1-3 är relativt djupa och har nyetablerats inom ramen för studien. Övriga rör ägs av SLU och har etablerats tidigare.

Benämning	ID-nummer	Brunnsdjup (m)	Filterdjup (m)	Medelålder ** (år)
Borrhypor 1	0904	35	34-35	60
	0905	18	17,5-18	-
	0906	10,5	10-10,5	-
Borrhypor 2	0901	35	27*	60
	0902	7	6,5-7	>60
Borrhypor 3	LIFA	22	18-22	60
	0907	5,5	5-5,5	40
SLU grunda rör	SHG-1	3,5	2,9-3,5	10
	SHG-2	3,5	2,9-3,5	10
	NAG-1	5	4,5-5	20
	NAG-2	7	6,8-7	20

*Osäkert, troligen böjt rör.

**0901—0907 och LIFA har åldersdaterats med CFC-metoden och SLU grunda rör med $^3\text{H}/^3\text{He}$

3.1.2 Åldersdatering av grundvatten

För att uppskatta åldern på grundvattnet i de etablerade brunnarna och därigenom få en uppfattning om vilka KB vi skulle kunna förvänta oss att hitta, analyserades de djupa grundvattnen map CFC (freoner). Metoden nyttjar det faktum att CFC-gaser spridits till atmosfären i snart ett sekel och att CFC löser sig i atmosfäriskt vatten som en funktion av koncentration i luften. CFC tillförs grundvattnet med infiltrerande regn. Genom att mäta halten CFC i ett grundvattenprov kan tiden för när vattnet senast var i kontakt med luft beräknas och på så sätt kan en uppskattning av vattnets ålder erhållas. CFC-provtagning (med peristaltisk pump) och analys utfördes av GEUS (Danmarks og Grønlands Geologiske undersøgelse). Enligt CFC-resultaten har grundvattnet i området en genomsnittsålder på 40 till >60 år (se tabell 1).

I denna delstudie ålderdaterades även grundvatten från SLUs grunda rör (SHG och NAG, tabell 1) men med tritium/helium-metoden ($^3\text{H}/^3\text{He}$). Metoden bygger på att det tritium som spridits till atmosfären, via framförallt atombombningar på 1960-talet, senare regnat ned och hamnat i marken. ^3H bryts ned till ^3He och genom att mäta kvoten $^3\text{H}/^3\text{He}$ i vattnet kan dess ålder uppskattas. Resultaten visade att de grundare rörens vatten var yngre ca 10-20 år.

3.1.3 Screening av KB i djupt grundvatten

Med hjälp av den Regionala Pesticiddatabasen som finansieras av Naturvårdsverket och administreras av CKB vid SLU, togs en lista fram över de bekämpningsmedel som är aktuella att söka efter i grundvattenprov från avrinningsområdet. I databasen finns information om tidigare fynd av bekämpningsmedel i ytvatten och i grunt grundvatten inom området samt vilka preparat som använts i avrinningsområdet de senaste 20 åren. Eftersom vattnet i de nyetablerade brunnarna efter undersökning i vissa fall visades vara >60 år gammalt inkluderades även en del äldre substanser som kan ha använts för 60 år sedan, men som inte finns dokumenterad. Brunnarna försågs med pumpar och provtogs vid 5 olika tillfällen och analyserades av SLU och/eller ALS med avseende på ca 150 olika substanser (tabell 2).

Tabell 2. Genomförda grundvattenprovtagningar och efterföljande analyser av KB samt förekommande fynd av KB i djupt grundvatten från brunnarna 0901–0907 samt LIFA.

Provtagning nr	Provtagningsdatum	Analyser genomförda av SLU*	Analyser genomförda av ALS **	Detekterade KB
1	2010-03-23—2010-03-24	X		Spår av glyfosat samt 0,2 ug/l AMPA i 0905
2	2010-07-19—2010-07-21	X		Spår av azoxystrobin i 0901
3	2010-11-08—2010-11-10		X	Inga detekterade KB
4	2012-04-14—2010-04-17	X	X	Inga detekterade KB
5	2012-07-30—2012-08-01	X	X	Inga detekterade KB

*Analyser av sammanlagt 114 KB hos SLU, Institutionen för vatten och miljö, Sektionen för organisk miljökemik och ekotoxikologi enligt deras metoder OMK 57:0, 50:8, 51:5 samt 53:0.

**Analyser av ett 30-tal äldre KB eller metaboliter hos ALS (som ej inkluderas i SLUs metoder) enligt metoderna OV-3C, OV-3A, kaptan, metoxiklor enligt DIN38407-F2, hexaklorbensen enligt DIN EN ISO 6468-F1, nitrofen med GC-MS, 2,4,5-T, ioxinil, dinoseb samt brominyxyl enligt DIN 38407-35.

3.2 Resultat

Förutom ett fynd av AMPA (2010-03-23), samt ett spår av glyfosat (2010-03-23) och ett av azoxystrobin (2010-07-19), detekterades inga KB i någon av de nyetablerade brunnarna vid de olika provtagningstillfällena (tabell 2).

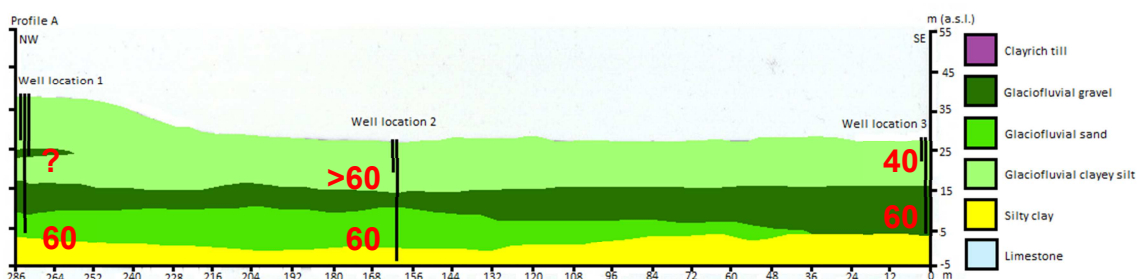
4 S 2. HYDROGEOLOGISK KONCEPTUELL MODELL AV VEMMENHÖGS AVRINNINGSSOMRÅDE

4.1 Material och metoder

För att kunna beskriva transporten av KB i Vemmenhögs avrinningsområde, togs en konceptuell hydrogeologisk modell fram. Modellen baserades på information om kartläggning av grundvattennivåer och grundvattendelare, lagerföljdsbeskrivning och interpolering/tolkning av horisontell utbredning, kornstorleksanalys, beräkning och test av hydraulisk konduktivitet samt uppdelning och avgränsning i akvifärer. Bl.a. insamlades ca 250 sedimentprover (här avses med sediment jord som avsatts sedimentärt dvs i vatten) från de borrhningar som genomfördes inom ramen för projektet. Sedimentproverna karakteriserades map kornstorleksfördelning, organisk halt samt hydraulisk konduktivitet. För en mer utförlig beskrivning av framtagande av storskalig samt småskalig hydrogeologisk modell för Vemmenhögs avrinningsområde hänvisas dels till lägesrapport daterad 2010-01-29 (Carlsson et al, 2010), dels till ett examensarbete av Andersson (2010).

4.2 Resultat

Vemmenhögsområdet ligger i en dalgång som dels är formad av en flod, dels av förkastningar. Dalgången är fylld med glaciala flodsediment som kan delas upp i två sedimentenheter, en övre enhet och en undre enhet (figur 2). Dessa delas av ett lerlager däremellan. Ovan de glaciofluviala sedimenten ligger i stora delar (ca 90 %) leriga moräner. Det finns två stycken grundvattendelare i området som skärmar av det undersökta magasinet från andra närliggande. Den första grundvattendelaren ligger norr om området och den andra väster om området. Grundvattnet i det övre magasinet har en gradient och ett flöde mot Vemmenhögsån. Från vattenbalansberäkningar konstateras att akvifären fylls på med mycket lite vatten uppifrån och dateringsanalyserna visar på grundvattenåldrar på ca 40-60 år. Den hydrauliska konduktiviteten varierade mellan 2×10^{-4} m/s för de grövsta sedimenten till 2×10^{-7} m/s för de finaste sedimenten.



Figur 2. Konceptuell geologisk modell av området för transekten 0901—0907 samt LIFA. Siffrorna anger genomsnittlig ålder för grundvattnet efter den första provtagningssomgången.

5 S 3. UNDERSÖKNING AV STYRANDE FAKTORER FÖR FÖREKOMST AV KB I GRUNDVATTEN

5.1 Material och metoder

I denna delstudie undersöktes betydelsen av 17 olika faktorer för förekomst av KB i grundvatten med hjälp av statistisk analys (Åkesson et al, 2013a). De faktorer som testades var förutom olika kemiska egenskaper hos bekämpningsmedlen såsom vattenlöslighet (W_s), fördelningskoefficienten mellan oktanol och vatten ($\log P_{ow}$), ångtryck (V_p), Henrys lag konstanten (HLC), halveringstid (DT_{50}) och fördelningskoefficienten mellan organiskt kol i jorden och vatten (K_{oc}), även dosering (g/hektar) per spridningstillfälle, totalt behandlad yta, medelavståndet till grundvattenbrunnen, genomsnittlig hydraulisk konduktivitet, grundvattennivån, dagsnederbörd vid spridningstillfället, nederbörds-mängd veckan och månaden före respektive efter spridning samt tidsperiod till kommande nederbörd.

Eftersom inga KB hade detekterats i de nyetablerade djupare grundvattenrören nedströms Vemmenhögs avrinningsområde, koncentrerades denna del av studien till ett mindre delområde inom avrinningsområdet (grå yta i figur 1). Nedströms detta lokala tillrinningsområdet finns sedan 10 år tillbaka två grunda grundvattenrör installerade (SHG-1 och SHG-2) som över åren provtagits och analyserats för KB av SLU. Dokumenterad spridningsdata från Vemmenhögsområdet bearbetades för att avgränsas till att gälla det aktuella lokala tillrinningsområdet.

5.2 Resultat

Resultatet av delstudien visade att den enskilt viktigaste faktorn för att förklara varför vissa KB detekteras i grundvattnet och andra inte detekteras, är dosen som applicerats. De KB som detekterats i grundvattnet spreds generellt sett i högre doser än de som inte detekterades. Även bekämpningsmedlens fördelningskoefficient mellan oktanol och vatten ($\log P_{ow}$), halveringstid (DT_{50}) och Henrys lag konstant (HLC), har en betydelse för om KB detekteras i grundvatten eller ej. Generellt gäller att de KB som inte detekteras i grundvattnet har högre hydrofobicitet, snabbare halveringstid och är mer flyktiga än de som detekteras. Den statistiska analysen visade också på en signifikant skillnad mellan detekterade KB och icke-detekterade KB med avseende på mängden nederbörd veckan före spridningstillfället samt mängden nederbörd månaden efter spridningstillfället (Åkesson et al, 2013a).

6 S4. TRANSPORTMODELLERING AV KB I GRUNDVATTEN

6.1 Material och metoder

6.1.1 Laborativa studier av sorption och nedbrytning

Fastläggnings- och nedbrytningsprocesser är ofta styrande för transport av KB i marken. För att så noggrant som möjligt kunna modellera transporten av sex olika KB (bentazon, diklorprop, glyfosat, isoproturon, MCPA och met amitron) som detekterats i grunt grundvatten (SHG, NAG), togs platsspecifika data med avseende på både fastläggning och nedbrytning fram för dessa. Linjära sorptionskoefficienter (K_d) samt förstaordningens nedbrytningshastighetskoefficienter (k) för substanserna i jordprover från de tre översta jordlagren i Vemmenhögs avrinningsområde (figur 2) bestämdes i laborativa

experiment. I experimenten användes ^{14}C -märkta bekämpningsmedel tillsammans med grundvatten och jordmaterial från tre olika jordlager (A: kultiverat lager moränlera 0-0.4 m, B: moränlera 0.4-3.0 m, C: sand 3.0 m-20 m) från platsen. Resultaten av de laborativa experimenten redovisas i tabell 3. För en utförlig beskrivning av den laborativa studien hänvisas till Åkesson et al (2013b).

Tabell 3. Experimentellt framtagna koefficienter för linjär sorption (K_d) och första-ordningens nedbrytning (k)

KB	Jordlager	K_d (ml/g)	k (dag $^{-1}$)
Bentazone	A	0.073	$1.2 \cdot 10^{-5}$
	B	0.022	$1.0 \cdot 10^{-5}$
	C	0.041	$1.3 \cdot 10^{-5}$
Dichlorprop	A	0.29	$8.0 \cdot 10^{-6}$
	B	0.047	$6.4 \cdot 10^{-6}$
	C	0.056	$9.7 \cdot 10^{-6}$
Glyphosate	A	140	$4.2 \cdot 10^{-4}$
	B	58	$2.2 \cdot 10^{-4}$
	C	25	$5.3 \cdot 10^{-4}$
Isoproturon	A	1.7	$8.9 \cdot 10^{-6}$
	B	0.42	$5.7 \cdot 10^{-6}$
	C	0.89	$8.7 \cdot 10^{-6}$
MCPA	A	0.53	$2.0 \cdot 10^{-4}$
	B	0.18	$1.2 \cdot 10^{-4}$
	C	0.15	$4.0 \cdot 10^{-4}$
Metamitron	A	4.0	$1.7 \cdot 10^{-5}$
	B	2.0	$2.1 \cdot 10^{-5}$
	C	1.2	$2.7 \cdot 10^{-5}$

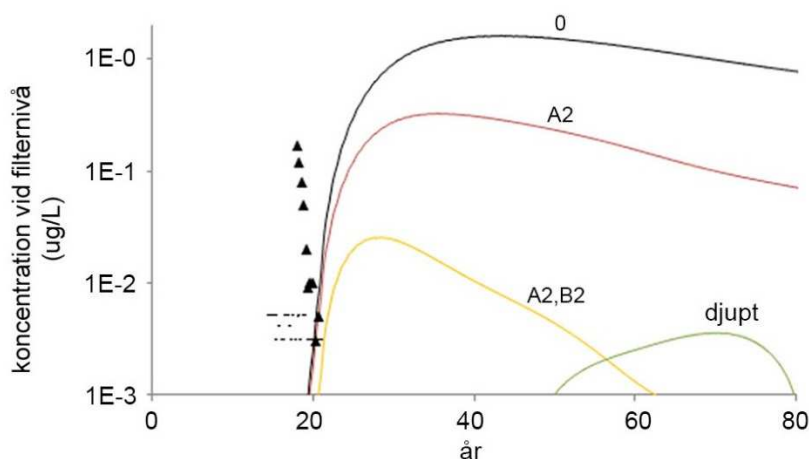
6.1.2 Transportmodellering

För att förklara förekomst av de 6 olika KB (se ovan) i grunt grundvatten genomfördes en matematisk modellering. Platsen som modellerades är belägen i den västra delen av det större undersökningsområdet (grå området, figur 1) och omfattar tillrinningsområdet till ett av SLUs grundare brunnskluster (SHG). För modelleringen användes HYDRUS 2D (Simunek et al. 1999) som är en tvådimensionell matematisk modell. HYDRUS parameteriserades baserat på den konceptuella hydrogeologiska modellen, hydrologisk data (regn och avdunstning) från SMHI, spridningsdata och experimentellt bestämda parametrar för nedbrytning och sorption (se avsnitt 6.1.1). Modellen kalibrerades genom att modellera transport och nedbrytning av tritium (^3H) som tillförts det modellerade systemet tillsammans med infiltrerande regnvatten. Uppmätta halter av tritium och nedbrytningsprodukten ^3He jämfördes mot modellerade halter. För en utförlig beskrivning av kalibrerings- och modelleringsförfarandet se Åkesson et al (2013b).

6.2 Resultat

Med vald modelleringsmetodik kunde fynd av bentazon, diklorprop, isoproturon och MCPA kopplas till spridningen av substanserna, medan fynd av de relativt starkare sorberande substanserna glyfosat och metamitron inte kunde förklaras. Skälet till detta är sannolikt att den förenklade konceptuella modellen inte är tillräckligt detaljerad. Den tar t.ex. inte hänsyn till markens heterogenitet eller eventuell snabb transport i sprickzoner, makroporer och kanaler.

En prediktion av transporten av isoproturon och bentazon till djupare grundvatten (15-19 m) gjordes med hjälp av den kalibrerade modellen. Både isoproturon och bentazon är


Figurförklaring:

- Inga fynd, markerade som detektionsgränser
- ▲ Detekterade fynd
- 0 modellerad koncentration (djup 2.9-3.5 m) där faktisk experimental data för sorption och nedbrytning använts vid modelleringen.
- djupt modellerad koncentration (djup 15-19 m) där faktisk experimental data för sorption och nedbrytning använts vid modelleringen.
- A2 modellerad koncentration (djup 2.9-3.5 m) där nedbrytningskoefficienten ökats med 100 ggr (jmf med experimental data) för jordlager .
- A2, B2: modellerad koncentration (djup 2.9-3.5 m) där nedbrytningskoefficienten ökats med 100 ggr (jmf med experimental data) för jordlager A och B.

Figur 3. Modellerade koncentrationer av bentazon vid SHG på filterdjup av 2.9-3.5 m och i ett tänkt djupare grundvattenrör (15-19m) samt resultat från grundvattenprovtagning. År 0 motsvarar tidpunkten för start av övervakningsprogrammet för växtskyddsmedel, dvs år 1990.

relativt mobila substanser, men K_d för isoproturon är ungefär 10 gånger högre än K_d för bentazon (tabell 3). Isoproturon är speciellt intressant att modellera eftersom användningen av denna substans håller på att fasas ut. Modelleringen visade att det är endast bentazon som i ett hundraårsperspektiv kan detekteras på djupet 15-19 meter.

I figur 3 redovisas modellresultaten som uppmätta halter av fynd (eller som detektionsgräns vid analystillfällen utan fynd). Eftersom nedbrytningen anses vara den modellparameter som i högst grad kontrollerar transporten genomfördes en känslighetsanalys map nedbrytningskoefficienten i de två översta jordlagren i den konceptuella modellen av avrinningsområdet. I figur 3 redovisas två fall där nedbrytningskoefficienten ökats jämfört med experimentell data i tabell 3. I det ena fallet har nedbrytningskoefficienten i jordlager A ökats med 100 ggr (kurva A2 i figuren) och i det andra fallet har nedbrytningskoefficienten ökats med 100 ggr för både jordlager A och B (kurva A2, B2 i figuren). Modellresultaten visar att ankomsttiden för fynd av bentazon (och andra lågsorberrande KB) kan beskrivas och kopplas till spridningen. Förväntade framtida fynd av KB är bl.a. beroende av hur väl de framtagna parametrarna för bl.a nedbrytning överensstämmer med verkliga förhållanden i fält. För en utförlig beskrivning av kalibrerings- och modelleringsförfarandet se Åkesson et al (2013b).

7 SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Inga KB detekteras inom avrinningsområdet i djupare vatten som har en genomsnittsalder av 40 till >60 år, medan fynd görs i yngre vatten som är ca 10 år gammalt. Trots att studien inkluderade analys av KB som är förbjudna idag men som användes för 40-60 år sedan detekterades inte dessa. Det betyder att ämnena ännu inte nått ner till det djupare vattnet (eller i tillräckligt höga halter för att kunna detekteras med befintliga analysmetoder) eller brutits ned.

Studien är platsspecifik men har ändå bidragit med generell kunskap. Det register för spridning av bekämpningsmedel (med uppgift om bl.a spridningsdoser samt tidpunkt och plats för spridning av olika bekämpningsmedel) som upprättats av SLU i samarbete med lantbrukarna i området har varit mycket värdefullt. Materialet har gjort det möjligt att:

- Identifiera att den enskilt viktigaste faktorn som avgör om KB återfinns i grunt grundvatten i avrinningsområdet är dosen (g/hektar) av KB vid besprutningstillfället. En högre dos ökar sannolikheten för fynd i grundvattnet. Mängden KB som sprids, tidpunkt för besprutningstillfället och mängden nederbörd är förmodligen kritiskt.
- Med hjälp av en matematisk modell förklara vissa fynd i grundvattnet och därmed även göra förutsägelser om framtida påverkan av djupare grundvattenmagasin. Modelleringen visar att det endast är substanser med mycket låga Kd-värden, t.ex bentazon, som i detekterbara halter når fram till djupt grundvatten på 15-19 meter i ett hundraårsperspektiv.
- Bekräfta den generella teorin att sorption och nedbrytning i hög grad kontrollerar transporten av kemiska bekämpningsmedel i mark och grundvatten. Modelleringen visar att lätttrörliga KB når djupare grundvatten medan mer sorberande ämnen inte gör så.

Det undersökta Vemmenhögsområdet är geologiskt/hydrogeologiskt sett väldigt heterogent med stora variationer i hydraulisk konduktivitet inom väldigt små områden som troligtvis beror på torrsprickor i morän, rot-inducerade sprickor etc. Med detta följer svårigheter att utveckla modeller för att prediktera eventuella fynd eftersom modellen blir för förenklad för att fullt representera verkligheten. Detta blir extra tydligt för de hårt sorberande KB men som genom makroporflöde kan transporteras snabbt. Studien visar å andra sidan att åldersdatering av grundvatten är en kraftfull metod för att få en bättre uppskattning och en möjlighet att kalibrera flödesmodeller och för att kunna beräkna och förutsäga risker för fynd av pesticider i grundvattnet.

8 PUBLIKATIONER

Förutom läges- och slutrapporter till de olika finansierarna för projektet har följande publikationer tagits fram inom projektet:

- Pesticide occurrence and groundwater age in a small catchment in southern Sweden, Åkesson et al. submitted to Applied Geochemistry, (May, 2013)
- Statistical screening for descriptive parameters for pesticide occurrence in a shallow groundwater catchment, Åkesson et al. Journal of Hydrology 477 (2013) 165–174.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412010049>

- Hydrogeological investigation for the PEGASUS project, southern Skåne, Sweden, Pontus Andersson, Master thesis (2010). <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=2296639&fileOid=2296640>
- GIS-baserad kartläggning av sambandet mellan pesticidförekomster i grundvatten och markens skaper, Joakim Lindblad, Johan Lindenbaum, Kandidatuppsats (2010). http://www.natgeo.lu.se/exjobb/exj_186.pdf

9 ÖVRIG RESULTATFÖRMEDLING TILL NÄRINGEN

Resultaten från detta projekt har presenterats vid "Lantbrukarmöten i Vemmenhög" anordnade av Kompetenscentrum för Kemiska bekämpningsmedel (CKB), Statens lantbruksuniversitet (SLU). Dessa har hållits både 26 april 2010 samt 5 februari 2013.

Resultaten från projektet har också presenterats på följande vetenskapliga konferenser:

- Geohydro, 28-31 August, 2011, Quebec, Canada.
- International NCCR Climate Summer School "The Water Cycle in a Changing Climate: Observations, Scenarios, Impacts". 9 – 14 September 2012, Ticino, Switzerland.
- AquaConsoil conference, 16-19 April 2013, Barcelona, Spain.
- Projektet har även presenterats på ett seminarium vid Statens geotekniska institut (SGI), 15 Maj 2013, Linköping.

Vi planerar också under 2013 beskriva resultaten av vårt arbete på SGI:s hemsida (www.swedgeo.se) både i populärvetenskapligt format och med en vetenskaplig fördjupning.

10 REFERENSER

Andersson, P. (2010). Hydrogeological investigation for the PEGASUS project, southern Skåne, Sweden, Master thesis (2010).

<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=2296639&fileOid=2296640>

Carlsson C, et al (2010). Transport av kemiska bekämpningsmedel samt fastläggnings- och nedbrytningskaraktärisering i en vertikal transekt genom mark- och grundvattenzonen i Vemmenhögs tillrinningsområde, södra Sverige. Lägesrapport till SLF daterad 2010-01-29

Carlsson C, et al (2011). Transport av kemiska bekämpningsmedel samt fastläggnings- och nedbrytningskaraktärisering i en vertikal transekt genom mark- och grundvattenzonen i Vemmenhögs tillrinningsområde, södra Sverige. Lägesrapport till SLF daterad 2011-01-24

Simunek, J., Sejna, M., Van Genuchten, M.T., (1999). The Hydrus-2D software package for simulating two-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media. Version 2.0, IGCW - TPS - 53. International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, p. 251.

Åkesson, M. et al. (2013a). Statistical screening for descriptive parameters for pesticide occurrence in a shallow groundwater catchment, *Journal of Hydrology* 477 (2013) 165–174.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412010049>

Åkesson, M. et al (2013b). Pesticide occurrence and groundwater age in a small catchment in southern Sweden, submitted to *Applied Geochemistry*

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Christel Carlsson
Uppdragsledare

Paul Edebalk
Granskare