

Kemiska bekämpningsmedel i grundvatten - jämförelse av modellerade och uppmätta resultat i Höje Ås avrinningsområde

– Slutrapport, oktober 2017

Syfte och mål:

Projektets syfte var att utvärdera den praktiska tillämpbarheten av modellen MACRO-SE i Sverige genom att jämföra modellerade med uppmätta koncentrationer av bekämpningsmedel i grundvatten inom Höje Å avrinningsområde. Det generella målet var att förbättra vår kunskap om hur bekämpningsmedel sprids och lagras i Sveriges grundvatten och att följa EUs grundvattendirektiv som förpliktigar medlemsländerna att uppnå god kemisk status i alla grundvattenförekomster.

Genomförda Moment:

Januari-Februari -16: Inledande möte och utvärdering av föreslagna provtagningsplatser

Den 27 januari träffades SGU (Nils Ohlanders och Peter Dahlqvist), Höje Å vattenråd (Jonas Johansson) och länsstyrelsen i Skåne (Anna-Karin Rasmussen) för att diskutera projektets genomförande och budget och för att besöka några av de punkter som SGU preliminärt föreslagit som provplatser. I februari genomfördes sedan en inventering av ett antal brunnar och en källa. Eftersom man efter denna inventering önskade fler och bättre provtagningsplatser så beslöt SGU att installera grundvattenrör på sju platser väl utspridda i avrinningsområdet. Utöver de sju rören valdes källan, två av de inventerade brunnarna och ett existerande grundvattenrör på flygplatsen Sturup som provtagningsstationer (se *Tabell 1*).

Mars -16: Installation av grundvattenrör

Efter att ha tagit kontakt med markägare genomförde SGU borrhning och installation av 60mm plaströr på de sju utvalda platserna. Grundvattenytan varierade mellan ca 4 meter under markytan till tryckyta ovanför markytan (artesiskt grundvatten) i ett rör (se *Tabell 2*).

April -16: Provtagning

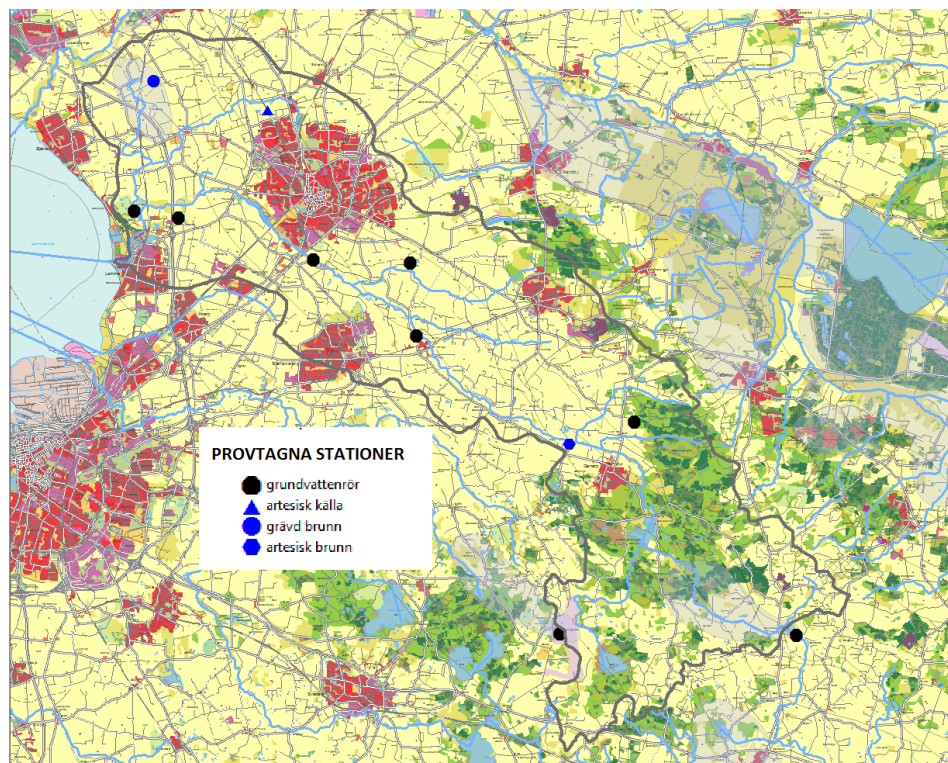
I april månad genomfördes den första provtagningsrundan. Datumet för provtagningen sammanfaller vanligtvis med de högsta grundvattennivåerna i området. Dag 1 omsattes rören och dagen därpå provtogs de 11 stationerna. Provtagningsmetoden har använts av SGU i tidigare projekt och illustreras i Figur 1. Proven skickades till SLU för analys av bekämpningsmedel samt standardparametrar som t.ex. metaller, klorid och nitrat. Alla analysresultat finns i rapportens *Bilaga 1* och *2*.

September -16: Provtagning

I september provtogs stationerna en andra gång. Datumet för provtagningen sammanfaller vanligtvis med de lägsta grundvattennivåerna i området. Röret vid Knästorp kunde vid höstprovtagningen inte återfinnas på grund av mycket svårgenomtränglig vegetation och i röret vid Björnstorp hade grundvattennivån sjunkit under rörets djup. Röret vid Sturup hade så lite vatten att endast bekämpningsmedel kunde provtas, d.v.s. inte kompletterande basparametrar. Grundvattennivåerna hade i alla rör utom Habo Golfbana sjunkit med totalt 0.5-0.7 meter under våren och sommaren (se *Tabell 2*).



Figur 1 Provtagning i grundvattenrör vid Kyrkheddinge med hjälp av manuell hydraulisk pump. Ovan till höger: Provtagningsplatsen Nöbbelövs källa.



Figur 2: Karta över de 11 stationer som provtogs i april 2016.

November -16 - Oktober-17: Dataanalys

I studien används den simulering i MACRO-SE som redovisats av SLU i form av rapport (Boström et al. 2015) och artiklar (t.ex. Steffens et al. 2015). Utförliga beskrivningar av modellens ingångsdata och funktion finns tillgänglig i nämnda skrivelser. Kortfattat beräknar modellen flödet av vatten och bekämpningsmedel genom en vertikal markprofil i ett lager som representerar den omättade zonen och ytligt grundvatten. Samtidigt beräknas också bindning och nedbrytning av det aktuella bekämpningsmedlet. Resultaten för koncentrationer i grundvatten avser det vatten som lämnar markprofilen på två meters djup. Ingångsdata till modellen är jordartskartor från SGU, statistik över andel grödor per delavrinningsområde ("blockdatabasen" från jordbruksverket), besprutningsdata som anges med ett standardvärde per gröda och klimatzon samt väderdata från SMHI. 24 års klimatdata används i modelleringen. SLU använde dels ett historiskt besprutningsscenario och dels ett scenario med senare års praxis. Det senare användes i denna studie. Simuleringen genomförs för varje pixel med en yta på 100*100 meter. Den simulerande koncentrationen ska främst ses som ett värde för relativ risk för att ämnet kan påträffas. Modelleringen görs uteslutande för jordbruksmark. Det finns därför inga modelleringsresultat för stationerna Habo Golfbana, Björnstorp och Sturup, som är omgivna av andra markanvändningar (golfbana, skog respektive flygplats). Syftet med att göra några "nedslag" även i andra miljöer än jordbruksmark var att se om bekämpningsmedel kan finnas även vid dessa markanvändningar och om det är samma eller olika ämnen som hittas. Liksom SLUs studier, fokuserar den här rapporten på ett antal substanser som sålts i betydande mängd under 2008-2012, och som hittats i grundvatten enligt Larsson et al. (2014). De fem bekämpningsmedel som diskuteras i den här studien är bentazon, isoproturon, kvinmerak, MCPA och metazaklor.

Tabell :1Samtliga provtagningsstationer som provtogs i projektet.

Stationsnamn	Stationstyp	N-koordinat SWEREF	E-koordinat SWEREF	Kortfattad beskrivning
Äspet	artesisisk brunn	6163909	397365	Grundvattnet trycker upp ur ett järnrör som är nedstucket i marken och leds sedan ned i dricksvattenbrunn. Jordbruksmark.
Nöbbelevs Källa	artesisisk källa	6178157	384521	Artesisk källa (vattnet trycker upp ur järnrör) på jordbruksmark, nära järnväg och naturreservatet Nöbbelevs mosse.
NV Fjellie	grävd brunn	6179396	379645	Djup brunn som ej används, på grusbelagd gårdsplan. Omsattes innan provtagning.
Sturup	grundvattenrör	6155823	396972	GV-rör i järn på flygplats
Prästberga	grundvattenrör	6173565	380719	GV-rör i plast, jordbruksmark
Habo Golf	grundvattenrör	6173859	378831	GV-rör i plast, golfbana
Knästorp	grundvattenrör	6171769	386456	GV-rör i plast, jordbruksmark
Lilla Bjällerup	grundvattenrör	6171636	390611	GV-rör i plast, gård med skogsdunge nära åkermark.
Kyrkheddinge	grundvattenrör	6168532	390852	GV-rör i plast, jordbruksmark.
Björnstorp	grundvattenrör	6164883	400159	GV-rör i plast, skogsmark.
Skönabäck	grundvattenrör	6155756	407081	GV-rör i plast, jordbruksmark, intill bäck, på gränsen till naturreservat.

Tabell 2: Uppmätta grundvattennivåer vid provtagningsstationerna i april och september 2017.

Stationsnamn	Grundvattennivå, april (m.ö.my.)	Grundvattennivå, september (m.ö.my.)
Åspet	ej uppmätt (artesisisk brunn)	ej uppmätt (artesisisk brunn)
Nöbbelevs Källa	ej uppmätt (artesisisk källa)	ej uppmätt (artesisisk källa)
NV Fjellie	-4.16	-4.76
Sturup	-1.28	-1.77
Prästberga	-0.46	-0.95
Habo Golf	-4.28	-4.14
Knästorp	0.42 (trycknivå över my)	ej uppmätt
Lilla Bjällerup	-1.75	-2.25
Kyrkheddinge	-1.07	-1.56
Björnstorp	-0.9	<-2.2
Skönabäck	-1.1	-1.79

Uppmätta och modellerade koncentrationer av bekämpningsmedel

Bekämpningsmedel hittades i 5 av de 11 proverna under vårprovtagningen och i 4 av de 9 proverna under höstprovtagningen. Se analysresultat i Bilaga 1.

Av de fem bekämpningsmedel som den här studien valt att fokusera på uppmättes två ämnen (bentazon och kvinmerak) i koncentrationer som uppnår eller överskrider kvantifieringsgränsen för ämnet (se *Tabell 3*). Dessa uppmättes på samma station, *Prästberga*, vid samma provtagningsstillfälle (vårprovtagningen). På samma plats uppmättes vid höstprovtagningen spårkoncentrationer av bentazon, medan inga spår av kvinmerak. Ytterligare två av de fem studerade bekämpningsmedlen mättes upp i spårkoncentrationer vid två andra stationer (isoproturon i *NV Fjellie* på våren och MCPA i *Kyrkheddinge* på hösten).

Tabell 3: Alla uppmätta koncentrationer av de fem bekämpningsmedlen bentazon, kvinmerak, isoproturon och MCPA i denna studie (metazaklor uppmättes inte vid något provtillfälle).

Station och datum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektionsgräns, µg/l	Kvantifieringsgräns, µg/l
Prästberga 21/4	Bentazon	0,012		40	0,005	0,01
Prästberga 21/4	Kvinmerak	0,002		30	0,001	0,002
Prästberga 8/9	Bentazon		0,009		0,005	0,01
NV Fjellie 19/4	Isoproturon		0,001		0,001	0,002
Kyrkheddinge 7/9	MCPA		0,008		0,005	0,01

Övriga bekämpningsmedel som uppmättes i minst spårkoncentrationer var BAM (tre stationer, båda provtillfällena), atrazindesetyl (två stationer, båda provtillfällena), atrazin och atrazindesisopropyl (en station, båda provtillfällena) samt azoxystrobin, metalaxyl, simazin, kloridazon, AMPA och glyfosat (en station, ett provtillfälle).

Glyfosat var det bekämpningsmedel som hade den högsta uppmätta halten i studien (1.5 µg/l, Skönabäck, vårptovtagningen). Glyfosat är ett bekämpningsmedel som används i jordbruket men risken för dess förekomst i grundvatten har inte visat sig kunna modellerats med MACRO-SE med goda resultat (Julien Moeys, personlig kommunikation).

I *Bilaga 1* redovisas samtliga analysresultat för bekämpningsmedel och i *Bilaga 2* redovisas resultat från de andra parametrar som provtogs.

Tabell 4 visar medelvärdet av de med MACRO-SE modellerade koncentrationerna i en cirkel med radien 500m runt provpunkten. Röd färg markerar modellerade koncentrationer över kvantifieringsgränsen, gul färg visar koncentrationer över detektionsgränsen och grön färg lägre koncentrationer. *Tabell 5* visar detektionsgräns, kvantifieringsgräns, samt medel- och maxvärde för åkermark i Skåne för var och en av substanserna.

Som kan ses i *Tabell 4*, visar resultaten från modellen på en risk att alla de fem studerade bekämpningsmedlen finns i grundvattnet vid alla provtagningsplatser utom vid stationen *Prästberga*. För MCPA ligger de modellerade koncentrationerna visserligen under detektionsgränsen, men ändå över medelvärdet för åkermark i Skåne (0.0013 µg/l) utom vid *Prästberga* och *Skönabäck*.

Tabell 4: Medelvärdet i µg/l för de modellerade koncentrationerna i en cirkel med radien 500m, runt varje provtagningsstation:

	NV Fjellie	Nöbbelöv	Prästberga	Knästorp	Lilla Bjällerup	Kyrk-heddinge	Äspet	Skönabäck
bentazon	0.0572	0.0385	0.0033	0.0657	0.0548	0.0368	0.0182	0.0095
kvinmerak	0.0058	0.0037	0.0004	0.0043	0.0057	0.0051	0.0063	0.0030
metazaklor	0.0092	0.0058	0.0006	0.0068	0.0095	0.0082	0.0113	0.0068
isoproturon	0.0063	0.0053	0.0009	0.0081	0.0058	0.0066	0.0093	0.0064
MCPA	0.0036	0.0026	0.0005	0.0045	0.0025	0.0027	0.0003	0.0000

Tabell 5: Detektionsgräns, kvantifieringsgräns samt medel- och max värde som modellerats av MACRO-SE för åkermark i Skåne.

	Detektionsgräns	Kvantifieringsgräns	Medelvärde för Skåne (modellerade värden)	Maxvärde för Skåne (modellerade värden)
Bentazon	0.005	0.01	0.023	0.21
Kvinmerak	0.001	0.002	0.0036	0.0078
Metazaklor	0.001	0.002	0.0061	0.26
Isoproturon	0.001	0.002	0.0039	0.28
MCPA	0.005	0.01	0.0013	0.14

Beskrivning av simulerade och uppmätta resultat per bekämpningsmedel

Bentazon

Bentazon är det bekämpningsmedel som enligt MACRO-SE-simuleringen har den mest utbredda risken att påträffas i relativt höga koncentrationer. Stora delar av Skåne riskerar enligt modellens resultat att ligga nära eller över kvantifieringsgränsen för ämnet (0.01µg/l). Betydligt högre värden (0.1-0.15 µg/l) kan enligt modellen finnas i många områden runtom i

Skåne. Ett sådant område finns söder om Lund, delvis inom Höje Å avrinningsområde. Det området är dock inte representerat av någon provtagningsstation i den här studien. Stationerna med högst modellerade koncentrationer av bentazon är Knästorp (ca 0.07 µg/l), Lilla Bjällerup (ca 0.05 µg/l) och Kyrkheddinge (ca 0.04 µg/l). Bentazon uppmättes vid stationen Prästberga vid både vår- (0.012 µg/l) och höstprovtagningen (0.009 µg/l). Prästberga var dock, motsägelsefullt nog, den station som hade lägst modellerade koncentrationer (0 µg/l överallt utom 100 m söder om punkten där 0.036 µg/l modellerades för en pixel).

Kvinmerak

Koncentrationerna av kvinmerak modellerades till uppemot 0.15 µg/l i flera riskområden runt om i Skåne. I Höje Å avrinningsområde ligger de modellerade koncentrationerna betydligt lägre än så. Ändå överskrids kvantifieringsgränsen på många ställen i studieområdet och koncentrationer runt 0.007 µg/l är vanliga, även runt flera av provtagningsstationerna. Modellerade värden på över 0.05 µg/l finns också i några delar av avrinningsområdet men inte direkt i anslutning till någon provtagningsstation. Kvinmerak uppmättes endast i ett prov, i Prästberga vid vårprovtagningen, i en koncentration som motsvarar kvantifieringsgränsen (0.002 µg/l). Också för kvinmerak var Prästberga den enda station som modellerades till i genomsnitt låga (spår-) koncentrationer. Kvinmerak är inte längre godkänt för användning i Sverige.

Metazaklor

För metazaklor är modellerade värden på ca 0.010-0.015 µg/l vitt utspridda i Skåne. I vissa riskområden uppnås värden på 0.1-0.15 µg/l. I mellersta delen av Höje Å avrinningsområde finns relativt höga modellerade koncentrationer (ca 0.06 µg/l) och ca 300m N om stationen Äspet finns modellerade värden på över 0.12 µg/l (dock 0 µg/l på själva punkten och i en större del av området runt punkten). Inga spår av metazaklor hittades i något prov. Metazaklor är inte längre godkänt för användning i Sverige.

Isoproturon

Modellerade värden på ca 0.005-0.01 µg/l är vanliga i södra och västra Skåne. I vissa riskområden ligger de modellerade koncentrationerna över 0.01 µg/l. Runt stationen Äspet förekommer modellerade koncentrationer på 0.026 µg/l, vilket är relativt högt. Det enda provet som hade spår av isoproturon var *NV Fjellie* i april. Detta kan tyckas samstämmigt med MACRO-SE-resultaten eftersom en stor andel av grundvattenförekomsten 'Furulund' (sand- och grusförekomst) hade modellerade koncentrationer större än 0.005 µg/l. Isoproturon blev förbjudet att sälja i Sverige vid årsskiftet 2012/2013 men var tillåtet att använda fram t.o.m. 2014-11-15.

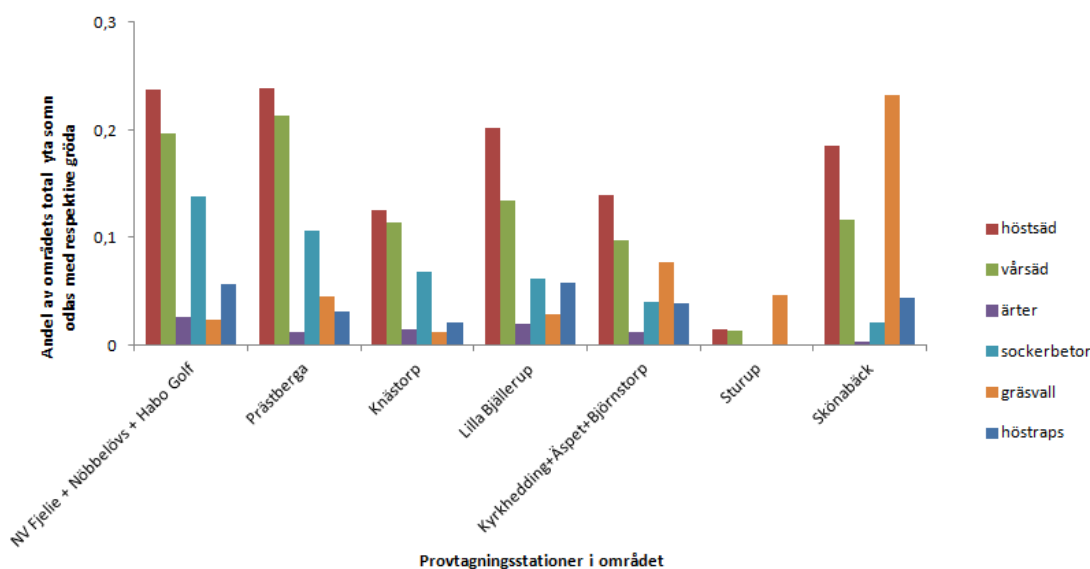
MCPA:

För MCPA finns bara ett fåtal områden i Skåne där MACRO-SE ger värden över kvantifieringsgränsen (0.01 µg/l). Värden över 0.1 µg/l är väldigt ovanliga och finns inte inom Höje Å avrinningsområde. Ett område med värden mellan 0.005 µg/l-0.01 µg/l (spårkoncentration) har en stor utbredning V och S om Lund men inga av provtagningsstationerna riskerar uppnå spårkoncentrationer enligt modellen. Spårkoncentrationer uppmättes dock i Kyrkheddinge vid höstprovtagningen.

Faktorer som påverkar resultaten från MACRO-SE

Grödoslag

Figur 3 visar andel av åkermarken som enligt livsmedelsverkets databas (blockdatabasen) används till olika grödor i de delavrinningsområden där provtagningsstationerna ligger. Grödarealerna används som ingångsdata för MACRO-SE, och har betydelse dels genom växtens fysiologiska egenskaper och odlingsätt, som påverkar flödet genom markprofilen och dels genom de bekämpningsmedel som grödan besprutas med. Tabell 6 anger vilka huvudsakliga grödor som är förknippade med de fem bekämpningsmedlen som studerades.



Figur 3. Andel av delavrinningsområdena där stationerna ligger som odlas med olika grödor enligt blockdatabasen från jordbruksverket.

Tabell 6: Översikt över de huvudsakliga grödor för vilka de fem studerade bekämpningsmedlen används eller har använts under de senaste 10 åren.

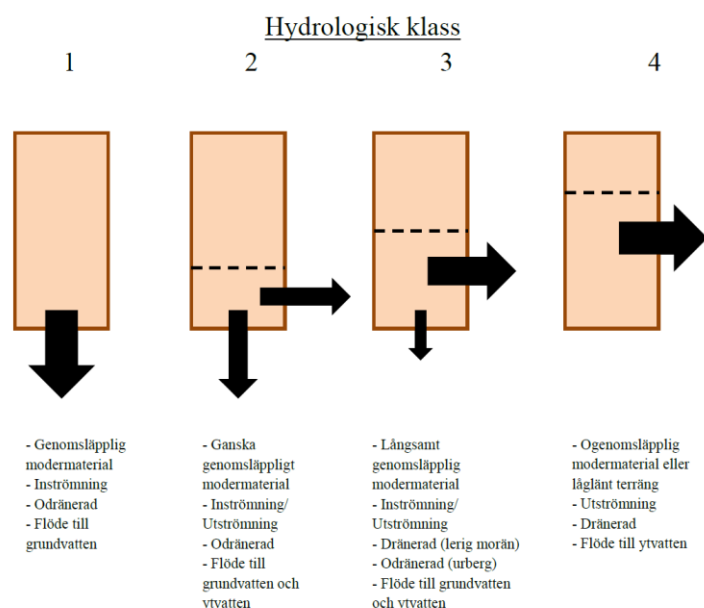
Bekämpningsmedel	Grödor där medlet används eller har använts de senaste 10 åren
bentazon	ärter och bönor (vårbesprutning), vall (insådd, slåtter- och frövall)
kvinmerak	sockerbetor (vårbesprutning) och höstraps (höstbesprutning)
metazaklor	raps (vår- och höstbesprutning)
isoproturon	höstsäd (höst- och vårbesprutning)
MCPA	vårsäd (vårbespr.) och höstsäd (vårbesprutning)

Inget samband kunde hittas mellan de modellerade koncentrationerna av bekämpningsmedel och fördelningen av grödor i områdena.

Jordart och hydrologisk klass

I MACRO-SE klassificeras de jordarter som identifieras med hjälp av SGU:s jordartskarta in i klasserna L, W, Y och U som representerar de hydrologiska klasserna 1,2,3 respektive 4 i ursprungsmodellen MACRO-DB. Figur 4 visar en principiell skiss över dessa hydrologiska

klasser. De områden som har finkorniga jordar (lera, silt och grovsilt-finsand) antas i modellen representera jordar som är antingen artificiellt dränerade och/eller ligger lågt i landskapet (utströmningsområden för grundvatten). Dessa jordar tilldelas därför jordartstypen U (hydrologisk klass 4), vilket innebär att allt flöde går till ytvrinning, d.v.s. inget vatten från nederbörden rör sig ned till två meter djup där koncentrationen för bekämpningsmedel i grundvatten beräknas. Eftersom modellen inte är en grundvattenmodell, där flöde kan tillföras lateralt, utan bara nedåt i jordprofilen, får dessa jordar alltid koncentrationen noll för alla bekämpningsmedel. Jordartstypen L (hydrologisk klass 1) representerar ett motsatt förhållande, med ett mycket genomsläppligt, ofta grovkornigt, material, samt grundvattnets inströmningsområden. De andra klasserna representerar intermediära förhållanden. Tabell 7 visar vilka jordartsklasser som används av MACRO-SE för de jordarter som tas från SGU:s jordartskartor. Jordartstypen Y (hydrologisk klass 3) var vanligast kring provtagningsstationerna i den här studien. Den vanligaste jordarten som orsakade Y-klassen var moränlera, men även postglacial sand, som till exempel förekommer vid stationen NV Fjellie, ger denna klassning. Jordarterna torv, svämsediment lera/silt samt glacial lera/silt klassificeras under jordartstyp U i modellen. Tabell 8 visar den dominerande jordartstypen i området kring varje provtagningsstation och den jordart som observerades vid installationen av grundvattenrör. Jordartskartorna stämde generellt väl överens med det material som observerades vid borrhining.



Figur 4. Flödesvägar i landskapet och hydrologiska klasser från SLU (2015).

Tabell 7: Klassificering i MACRO-SE enligt SGU:s jordartskarta

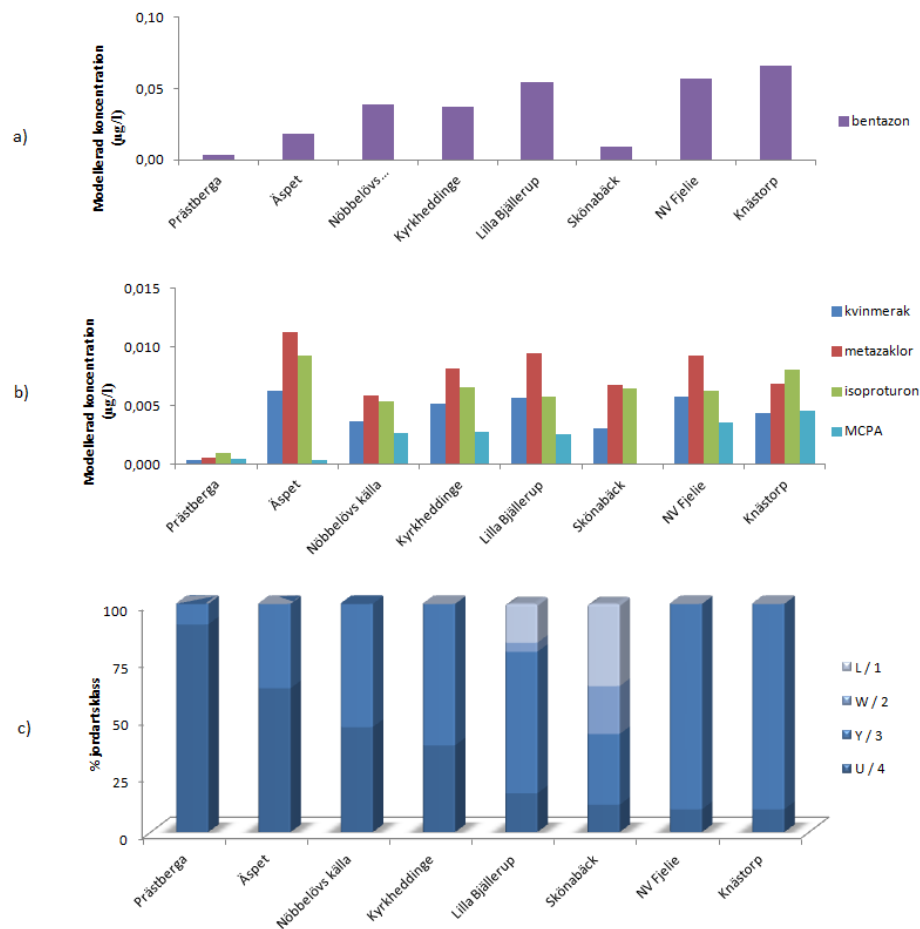
Hydrologisk klass MACRO-SE	Motsvarande jordarter i SGU:s jordartskarta
L	isälvssediment, sedimentärt berg
W	morän
Y	morän, berg
U	torv, sväm- el. älvssediment, lera-silt, grovsilt-finsand

Tabell 8: Dominerande jordart i området som använts i medelvärde för varje stations modellerade koncentration och jordart som observerats i fält vid installation av grundvattenrör.

Provtagningsstation	Dominerande jordartstyp MACRO-SE	Dominerande jordart enligt SGU:s jordartskarta	Dominerande jordartstyp, fältobservation (observerade vid borrhning)
Äspet	Y	svämsediment lera/silt, glacial grovsilt samt moränfinlera	okänt
Nöbbelevs Källa	Y	torv, svämsediment (silt)	okänt
NV Fjellie	Y	lerig morän, moränfinlera	okänt
Sturup	Y	fyllnadsmaterial	okänt
Prästberga	U	svämsediment lera/silt, glacial grovlera	lera
Habo Golf	Y	svämsediment ler/silt, postglacial sand	siltig gyttja
Knästorp	Y	morängrovlera	silt (svämsediment)
Lilla Bjällerup	Y	isälvmaterial (sand/grus), moränfinlera	sand (isälvmaterial)
Kyrkheddinge	Y	moränfinlera, (svämsediment lera/silt)	lerig morän
Björnstorp	Y	sandig morän	sandig morän
Skönabäck	Y/L	isälvmaterial (sand/grus), lerig morän	okänt

I *Figur 5* är stationer med mer av jordtyp U placerade längre till vänster och stationer med mer av övriga jordartstyper till höger. Utifrån de modellerade resultaten för denna studies provtagningsstationer, ser det ut att finnas en tendens till att de stationer, vars närområde hade mindre av jordartstyp U (hydrologisk klass 4) och mer av jordtyp Y (hydrologisk klass 3) får högre modellerade koncentrationer, framförallt för bentazon, och i någon mån för MPCA (*Figur 5*). Detta kan förklaras av att allt flöde från jordar av typen U går till ytvatten. De två stationerna som har jordar av typ L (hydrologisk klass 1) har i modellen, vid dessa pixlar, endast flöde till grundvatten, vilket dock inte tycks orsaka högre modellerade koncentrationer jämfört med mellanklasserna Y och W. För kvinmerak, metazaklor och isoproturon är det svårt att se någon påverkan av jordartsklass, förutom att även dessa hamnar på nära noll vid Prästberga, där jordartstypen U är helt dominerande. För dessa tre bekämpningsmedel beräknades den högsta koncentrationen vid stationen Äspet, vilken motsägelselfullt nog har en relativt hög andel U-jordar.

För att vidare undersöka jordarternas betydelse i modellen kördes modellen MACRO-DB (den ursprungliga modellen, som är anpassad för analys på fältnivå) för de kombinationer av jordarter och bekämpningsmedel som fanns bland provpunkterna, samt några olika kornstorlekssammansättningar för matjorden (dessa kan anges specifikt i MACRO-DB). Försöket bekräftade att om lera/silt anges som modernmaterial, och dräneringsstatus "Artificiell dränering" anges, så blir koncentrationen för alla bekämpningsmedel noll i grundvatten. Därmed är det helt avgörande vilket modernmaterial som väljs; morän, som ger jordartsklass 3, eller lera/silt, som ger klass 4. Om dräneringsstatus "Ej dränerat" väljs för lera/silt eller morän så ändras den hydrologiska klassen till 2, vilket har liten betydelse för morän (den resulterande koncentrationen steg mellan 0-15% beroende på ämne), men stor betydelse för lera/silt; effekten blir då att den resulterande koncentrationen blir ungefär densamma som för icke dränerad morän. De specifika kornstorlekarna i matjorden spelade en ganska liten roll.



Figur 5. Medelvärden för modellerad koncentration av a) bentazon och b) kvinmerak, metazaklor, isoproturon och MCPA i en cirkel med radien 500m runt stationerna i studien c) Fördelning av jordartsklasser i det område som omger varje station.

Grundvattennivå

I modelleringensrutinen som används i MACRO-SE beräknas statistiska värden för grundvattennivå (andel av året som en viss nivå uppnås). Den modellerade grundvattennivån skilde mycket lite mellan provtagningsplatserna och det är därför inte troligt att det är en faktor som påverkar de modellerade resultaten särskilt mycket. Grundvattenytan anträffades enligt modellen mellan 0,9m och 1,3m under markytan under en stor del av året för alla stationerna.

I verkligheten hade stationen NV Fjellie en mycket lägre grundvattenyta, medan Prästberga, vars rör är satt i lera, hade en nivå på bara 0,46m under markytan vid vårprovtagningen. Tydligt var att fler bekämpningsmedel mättes upp på våren, när grundvattennivån var högre. Fler provtagningar skulle behövas för att göra en noggrannare redogörelse för hur grundvattennivån påverkade de uppmätta koncentrationerna.

Sammanfattande diskussion

Totalt sett detekterades bekämpningsmedel i en relativt stor del av proverna (9/20 prover). En stor del av substanserna var dock bekämpningsmedel som har andra huvudsakliga användningsområden än i jordbruket (t.ex. BAM), eller som inte analyserades här eftersom de inte har bedömts kunna modelleras tillfredställande med MACRO-SE, t.ex. glyfosat.

Enligt MACRO-SE finns en stor risk för att de fem bekämpningsmedel som studien fokuserade på har spridits till grundvattnet vid stationerna som provtogs. De modellerade koncentrationerna vid stationerna är ofta högre än medelvärdet för Skåne, men ligger inte heller nära de högsta modellerade värdena, och sällan nära SGUs generella riktvärde för bekämpningsmedel (0.1 µg/l för ett ämne eller 0.5 µg/l för den totala koncentrationen bekämpningsmedel). Utifrån den här studiens analysresultat verkar MACRO-SE därför överskatta risken för att de dem utvalda substanserna sprids till grundvattnet. Några anledningar till detta kan vara underskattad adsorptionsförmåga och nedbrytning i alven/mineraljorden (i MACRO-SE sker ingen nedbrytning på djup större än 1m), överskattat flöde till grundvattnet genom makroporer, och utspädning i grundvattenmagasinen.

En analys av de faktorer som tros påverka den modellerade koncentrationen vid de stationer som provtogs i denna studie visar att fördelningen mellan jordartstyperna U (ogenomsläppliga jordar/utströmningsområde, flöde endast till ytvatten) och Y (mer genomsläppliga jordar än U, flöde till både yt- och grundvatten) har störst påverkan. En mindre andel U-jordar och en högre andel Y-jordar tycks ge en högre modellerad koncentration. Denna slutsats gäller framförallt bentazon och i någon mån MCPA. De andra tre bekämpningsmedlen hade högst modellerad koncentration vid stationen Äspet, för vilket ingen förklaring kan föreslås.

Det faktum att risken för spridning till grundvatten bedöms som obefintlig i U-jordarna, eftersom allt flöde från dessa sker till ytvatten, ger en underskattning av finkorniga jordars genomtränglighet, eftersom dessa kan penetreras genom makroporer, eller nås genom lateralt flöde. Detta illustreras väl i denna studie eftersom stationen som dominerades helt av U-jordar var den enda station vid vilken bekämpningsmedel uppmättes ovanför kvantifieringsgränsen. MACRO-SE har en funktion för att räkna ut flöde genom makroporer i lerhaltiga jordar, men just i U-jordarna beräknas den modellerade koncentrationen alltid till noll. Om riskbedömningen görs för ett specifikt område med finkorniga jordar, bör resultatet från MACRO-SE kompletteras med analys i MACRO-DB, så att dräneringsstatus kan anges som input.

Jämförelsen mellan uppmätta och modellerade koncentrationer är förknippad med många osäkerheter. Simuleringarna i MACRO-SE är främst avsedda för riskbedömning på stor (regional) skala och tar inte hänsyn till t.ex. lokala variationer i grödoslag och besprutningspraxis. Framförallt är MACRO-modellen ingen egentlig grundvattenmodell, utan beräknar bara ett endimensionellt flöde nedåt genom en jordartsprofil. Det vatten som lämnar modellen på två meter djup är sällan eller aldrig helt representativt för grundvattnet, som också påverkas av flödet, utspädningen och nedbrytningen i grundvattenmagasinet, akviferens storlek och andra faktorer.

Trots de stora osäkerheterna kunde några slutsatser dras utifrån studiens resultat:

- I det studerade området tycktes MACRO-SE överskatta risken för spridning av bentazon, kvinmerak, metazaklor, isoproturon och MCPA till grundvattnet.
- Andelen jordarter som klassificerades under jordartsklassen U gav ett stort utslag för medelvärde på modellerad koncentration i ett område, eftersom koncentrationen alltid beräknas till noll där denna jordartsklass dominerar. Det leder till en underskattning av koncentrationerna i grundvattnet för jordartsklass U; flödet genom sådana jordar kan nå grundvattnet genom makroporer eller genom lateralt flöde.
- Då riskbedömning ska göras för ett specifikt område bör kompletterande analys med verktyget MACRO-DB genomföras. Detta gör det möjligt att ange dräneringsstatus för det aktuella området, vilket starkt påverkar den modellerade koncentrationen för grundvatten.

Finansiering

Den större delen av projektet har finansierats av Höje Å vattenråd (100.000kr) och Länsstyrelsen i Skåne (84.000kr). Huvuddelen av bidragen har använts till analyser och en mindre del har använts till material för rörinstallationerna och till resor och traktamenten. Lönekostnaderna har finansierats av de medel som SGU tilldelar interna FoU-projekt.

Referenser

Boström G., Moes J., Jarvis N., Gönczi M. och Kreuger J. 2015. Riskkartering av bekämpningsmedel i Skånes grundvatten. CKB rapport 2015:1.

Larsson M., Boström G., Gönczi M. och Kreuger J. 2014. Kemiska bekämpningsmedel i grundvatten 1986-2014. Sammanställning av resultat och trender i Sverige under tre decennier, samt internationella utblickar. CKB rapport 2014:1. Sveriges lantbruksuniversitet. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2014:15

Steffens K., Jarvis N., Lewan E., Lindström B., Kreuger J., Kjellström E. and Moeys J. 2015 Direct and indirect effects of climate change on herbicide leaching — A regional scale assessment in Sweden. Science of the Total Environment 514: 239-249

Bilaga 1: Analysresultat, bekämpningsmedel

Endast uppmätta koncentrationer visas.

April 2016:

NV Fjellie

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektionsgräns, µg/l	Kvantifieringsgräns, µg/l
2016-04-19	atrazin	0,25		25	0,001	0,002
2016-04-19	atrazindesetyl	0,29		35	0,001	0,002
2016-04-19	atrazindesisopropyl	0,036		50	0,005	0,01
2016-04-19	BAM	0,52		40	0,002	0,01
2016-04-19	isoproturon		0,001		0,001	0,002
2016-04-19	metalaxyl		0,001		0,001	0,002
2016-04-19	simazin		0,001		0,001	0,002

Skönabäck

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektionsgräns, µg/l	Kvantifieringsgräns, µg/l
2016-04-19	glyfosat	1,5		20	0,01	0,025
2016-04-19	AMPA	0,19		30	0,02	0,05

Kyrkheddinge

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektionsgräns, µg/l	Kvantifieringsgräns, µg/l
2016-04-20	BAM	0,034		40	0,002	0,01

Prästberga

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektionsgräns, µg/l	Kvantifieringsgräns, µg/l
2016-04-21	bentazon	0,012		40	0,005	0,01
2016-04-21	kloridazon	0,002		30	0,002	0,002
2016-04-21	kvinmerak	0,002		30	0,001	0,002

Nöbbelevs källa

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektionsgräns, µg/l	Kvantifieringsgräns, µg/l
2016-04-21	atrazindesetyl	0,006		35	0,001	0,002
2016-04-21	BAM	0,17		40	0,002	0,01

Inga spår i de andra stationerna:

Äspet, Sturup, Habo Golfbana, Knästorp, Lilla Bjällerup samt Björnstorp

2017-10-05

Dnr: 314-1692/2016

September 2016:

NV Fjelle

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektions- gräns, µg/l	Kvantifierings- gräns, µg/l
2016-09-09	atrazin	0,036	0	25	0,001	0,002
2016-09-09	atrazindesetyl	0,050	0	35	0,001	0,002
2016-09-09	atrazindesisopropyl	0	0,005		0,005	0,01
2016-09-09	azoxystrobin	0	0		0,001	0,002
2016-09-09	BAM	0,083	0	40	0,002	0,01

Kyrkheddinge

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektions- gräns, µg/l	Kvantifierings- gräns, µg/l
2016-09-07	BAM	0,011	0	40	0,002	0,01
2016-09-07	MCPA	0	0,008		0,005	0,01

Prästberga

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektions- gräns, µg/l	Kvantifierings- gräns, µg/l
2016-09-08	bentazon	0	0,009		0,005	0,01

Nöbbelevs källa

Provtagningsdatum	Substans	Halt, µg/l	Spårhalt, µg/l	Mätosäkerhet, %	Detektions- gräns, µg/l	Kvantifierings- gräns, µg/l
2016-09-08	atrazindesetyl	0,005		35	0,001	0,002
2016-09-08	BAM	0,14		40	0,002	0,01

Inga spår i de andra stationerna:

Äspet, Sturup, Habo Golfbana, Lilla Bjällerup och Skönabäck

Björnstorp: Inget vatten i röret.

Knästorp: Rör ej återfunnet.

2017-10-05

Dnr: 314-1692/2016

Bilaga 2: Analysresultat, basparametrar

Station	Habo Golfbana	Kyrkheddinge	Lilla Bjällerup	Nöbbelevs källa	Prästberga	NV Fjelie	Skönabäck	Äspet	Sturup	Knästorp
Datum vårprovtagning.	2016-04-21	2016-04-20	2016-04-20	2016-04-21	2016-04-21	2016-04-19	2016-04-19	2016-04-19	2016-04-20	2016-04-20
pH	7,24	7,27	7,25	7,1	7,12	7,51	7,18	7,32	6,74	7,23
Kond. (mS/mS)	346	85	435	95,8	85,1	89,2	55,2	59	36	94,8
Alk./Acid (mekv/l)	22,946	9,056	2,82	6,609	7,753	3,999	5,635	5,779	3,487	5,981
TOC (mg/l)	43,6	5,6	30,5	2,7	7,3	3,2	5,1	3,9	10,8	3,1
Tot-N_TNb (µg/l)	19200	538	5060	3970	1540	33100	491	566	1120	919
NH4_N (µg/l)	17900	141	11	6	937	<3	143	493	71	840
NO2+NO3_N (µg/l)	<3	109	3760	4040	263	34400	151	<3	488	6
PO4_P (µg/l)	686	27	78	<4	82	1050	19	167	22	100
Tot_P (µg/l)	4760	290	135	2,9	1050	1090	603	198	114	324
SO4_IC (mekv/l)	0,2	0,61	5,3	1,3	2,1	1	0,56	0,25	0,16	0,74
Cl (mekv/l)	12,7	1,05	29,9	1,99	1,09	1,66	0,356	0,501	0,115	3,3
F mg/l	0,69	0,42	0,18	0,17	0,31	0,09	0,12	0,53	0,16	0,33
Ca (mekv/l)	4,2	4,1	23	7,5	6	6,5	5	3,9	3,3	5
Mg (mekv/l)	4,8	1,4	1,2	1,2	1,9	0,53	0,29	1,5	0,24	1,4
Na (mekv/l)	24	3,4	15	1,5	1,7	1,6	0,52	1,2	0,52	3,5
K (mekv/l)	0,74	0,09	0,095	0,056	0,14	0,43	0,033	0,1	0,019	0,12
Fe(µg/l)	500	34	6	<3	9	<3	5	1800	680	970
Mn (µg/l)	480	280	51	<0,4	220	<0,4	820	300	320	170
Si (mg/l)	17	6,5	2,2	7,8	8,5	9,4	7,8	10	2,8	11
Al (µg/l)	33	81	<3	<3	4	<3	<3	<3	23	<3
Datum höstprovtagning.	2016-09-08	2016-09-07	2016-09-07	2016-09-08	2016-09-08	2016-09-09	2016-09-07	2016-09-07		
pH	7,18	7,23	7,3	7,08	7,14	7,24	7,16	7,34		
Kond. (mS/mS)	363	85,6	124	94,7	83	85	51,2	58,8		
Alk./Acid (mekv/l)	22,203	7,703	5,058	6,621	6,651	4,764	4,937	5,746		
TOC (mg/l)	95,5	6,4	10	2,1	6,3	4,9	3,6	3,7		
Tot-N_TNb (µg/l)	22400	395	1070	3780	1350	29200	232	549		
NH4_N (µg/l)	18400	144	13	3	952	5	88	480		
NO2+NO3_N (µg/l)	226	5	579	3430	51	27400	12	<3		
PO4_P (µg/l)	2640	21	66	<1	95	825	24	160		
Tot_P (µg/l)	3090	31,8	88,6	5,6	398	825	123	192		
SO4_IC (mekv/l)	0,29	0,83	1,4	1,3	1,8	0,83	0,31	0,25		
Cl (mekv/l)	12	1,2	5,4	2	1,2	1,2	0,18	0,51		
F mg/l	0,54	0,41	0,17	0,16	0,36	0,09	0,11	0,51		
Ca (mekv/l)	4	4	7,5	7,5	6	7	4,1	3,7		
Mg (mekv/l)	4,8	1,6	0,99	1,2	2	0,52	0,22	1,5		
Na (mekv/l)	23	4,8	3,3	1,3	1,7	0,96	0,4	1,2		
K (mekv/l)	0,66	0,1	0,097	0,051	0,14	0,13	0,021	0,09		
Fe(µg/l)	1000	170	<3	<3	4100	<3	1300	1600		
Mn (µg/l)	400	350	84	<0,4	260	0,4	630	280		
Si (mg/l)	17	7,9	5,3	7,4	9,9	8,7	7,4	11		
Al (µg/l)	39	<3	<3	<3	380	<3	<3	<3		