



Länsstyrelsen
Skåne

Riskkartering av bekämpningsmedel i skånska ytvatten



Titel:	Riskkartering av bekämpningsmedel i skånska ytvatten
Utgiven av:	Länsstyrelsen i Skåne län
Författare:	Gustaf Boström
Beställning:	Länsstyrelsen Skåne Miljöavdelningen 205 15 Malmö Telefon 010-224 10 00
Copyright:	Länsstyrelsen Skåne
Diarienummer:	537-2613-2014, 1200-001
ISBN:	978-91-87423-39-0
Rapportnummer:	2014:5
Layout:	Länsstyrelsen Skåne
Tryckeri, upplaga:	Länsstyrelsen Skåne, 100 ex
Tryckår:	2014
Omslagsbild	Hillevi Virgin

Förord

Läckage av bekämpningsmedel från jordbruksmark till bäckar och åar är ett känt problem som det är särskilt angeläget att få bättre kännedom om i Skåne, med vårt intensiva jordbruk. Miljömålet Giftfri miljö säger bland annat att halterna av naturfrämmande ämnen ska vara nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen ska vara försumbar. För att följa upp detta miljömål och arbeta aktivt med dess uppfyllande så behövs miljöövervakning för att ge en helhetsbild av miljögiftssituationen i länet. Detta projekt tjänar som en översiktlig analys över riskerna gällande höga halter av bekämpningsmedel i ytvatten i Skåne och resultaten från projektet kan vara värdefulla som underlag för arbetet med att minska riskerna med bekämpningsmedelsläckage.

Denna rapport innehåller en riskanalys av 6 bekämpningsmedel som är vanliga i det skånska lantbruket varav flera har hittats i halter över sina respektive riktvärden i tidigare miljöövervakning. Riskanalysen har gjorts genom att använda datormodellen MACRO-SE som simulerar bekämpningsmedelsläckage från jordbruksmark och är utvecklad av Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel vid Sveriges lantbruksuniversitet.

Simulerade koncentrationer av bekämpningsmedlen i ytvatten har sedan jämförts med riktvärdet för respektive ämne för att framställa riskkartor över Skåne. Riskkartorna visar i vilka områden det är högst sannolikhet att hitta förhöjda halter av bekämpningsmedlet och under vilken eller vilka månader riskerna är högst. Dessa kartor kan användas i utbildningen inom Greppa näringen och som ett verktyg för bedömningen av skyddsåtgärder inom vattenskyddsområden. Kartorna och rapportens övriga resultat kan även användas som underlag i planeringen av framtida miljöövervakning av bekämpningsmedel samt i bedömningen av miljömålet Giftfri miljö.

Projektet har pågått under fyra månader och finansierats av miljöavdelningen på Länsstyrelsen Skåne och Naturvårdsverket.

Malmö januari 2014

Ola Gustafsson

Enhetschef Miljö- och vattenstrategiska enheten

Innehållsförteckning

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	5
ORD OCH FÖRKORTNINGAR	6
INLEDNING	7
MODELLEN MACRO-SE	8
INFORMATION OM BEKÄMPNINGSMEDEL	11
Isoproturon.....	11
Diflufenikan	12
Imidaklopid	12
Metazaklor	12
Kloridazon	13
Bentazon.....	13
METOD	14
Modellerade scenarion	14
Riktvärden och riskkvot	16
RESULTAT	17
Isoproturon.....	17
Diflufenikan	19
Imidaklopid	21
Metazaklor	22
Kloridazon	24
Bentazon.....	25
ANALYS	26
Jämförelse med uppmätta värden	26
Variationer över året	32
Cocktaileffekt.....	32
Medelvärdens utjämnande egenskaper	32
Felkällor.....	33
SLUTSATS	34
REFERENSER	35
BILAGA 1 – ALLA RISKKARTOR	36
BILAGA 2 – JORDARTSKARTOR	54
BILAGA 3 – VATTENFLÖDES- & UTSPÄDNINGSKARTOR	55

Sammanfattning

Syftet med denna rapport är att utgöra ett underlag för riskbedömning av bekämpningsmedel i ytvatten i Skåne län, detta genom att använda datormodellen MACRO-SE utvecklad av KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel på Sveriges Lantbruksuniversitet. De substanser som inkluderats i projektet är isoproturon, diflufenikan, imidaklopid, metazaklor, kloridazon och bentazon.

MACRO-SE kräver indata i form av ett scenario med vilket bekämpningsmedel som avses, vilken gröda det sprutas på och under vilken tidsperiod besprutningen sker för att simulera bekämpningsmedelsspridningen. Modellen använder sedan data på jordart, klimatdata samt markanvändning för att simulera hur det spridda bekämpningsmedlet urlakas genom jordbruksmark till dräneringsrören. I detta projekt har sedan modellen anpassats för att bedöma utspädningen som sker när ämnet kommer ut i recipienten samt ackumulering nedströms i respektive avrinningsområde med simulerat vattenflöde från S-HYPE.

Ett medelvärde har beräknats för varje månad och för varje delavrinningsområde och dessa koncentrationer har sedan jämförts med respektive ämnes gränsvärde enligt EU:s vattendirektiv, Kemikalieinspektionen eller Sveriges Lantbruksuniversitet. Resultatet redovisas som riskkartor som visar kvoten mellan den simulerade koncentrationen och riktvärdet och resultatet visar på att isoproturon, imidaklopid och metazaklor riskerar att överskrida sina riktvärden i vattendrag i Skåne.

Inom projektet har även genomförts jämförelser av MACRO-SE:s simulerade koncentrationer och koncentrationer som uppmätts i Skåne i miljöövervakning. Dessa jämförelser tyder på att MACRO-SE underskattar koncentrationerna i vattendragen, särskilt för ämnet diflufenikan, och detta indikerar att läget kan vara ännu allvarligare än riskkartorna visar. Underskattningen i modellen kan bero på att det finns spridningsvägar utöver urlakning genom jorden som inte inkluderas i modellen, nämligen vindavdrift, ytavrinning, erosion, läckage från växthus och fruktodling samt spill och olyckor.

Resultatet av projektet kan användas för att belysa problemet med bekämpningsmedelsläckage från Skånes jordbrukslandskap ner i vattendragen och de möjliga ekologiska skador detta kan medföra. Mer specifikt så ger riskkartorna en bild av under vilka månader olika bekämpningsmedel är mest problematiska och i vilka delar av Skåne. Detta kan man använda för upplysning av intressenter och för att effektivisera miljöövervakningen.

Ord och förkortningar

CKB	KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel
Insekticid	Insektsbekämpningsmedel
Herbicid	Ogräsbekämpningsmedel
KemI	Kemikalieinspektionen
Lst	Länsstyrelsen
NVV	Naturvårdsverket
PPDB	Pesticide Properties Database (University of Hertfordshire)
SCB	Statistiska centralbyrån
SGU	Sveriges Geologiska Undersökning
SJV	Svenska Jordbruksverket
SLU	Sveriges Lantbruksuniversitet
SMHI	Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
WHO	World Health Organization

Inledning

Skåne är ett utpräglat jordbrukslän med nästan halva arean täckt av jordbruksmark och en av Europas bördigaste jordar. Detta för mycket gott med sig i form av matproduktion och arbetstillfällen och det är positivt att den bördigaste jorden utnyttjas. Det intensiva jordbruket har dock många negativa konsekvenser för miljön med bland annat minskad biologisk mångfald, bidrag till övergödning och spridning av kemiska bekämpningsmedel. Detta projekt syftar till att göra en riskanalys av bekämpningsmedel i ytvatten i Skåne genom användning av modellen MACRO-SE samt bearbetning och analys av modellresultaten.

Målet med projektet har varit att skapa ett bra underlag i riskbedömningen av bekämpningsmedel med fokus på var i Skåne och under vilka månader det är högst risk att uppnå koncentrationer av bekämpningsmedel som överskrider sitt respektive riktvärde. Eftersom en modell aldrig kan vara en perfekt prediktion av verkligheten så kommer resultaten från detta projekt i dagsläget ha begränsad juridisk tyngd inom vattenförvaltningen och kommer troligtvis inte att kunna användas i den kemiska eller ekologiska statusklassningen enligt EU:s vattendirektiv. Resultaten kan dock användas som ett underlag för vidare miljöövervakning. Då man identifierat områden och tidsperioder med hög risk för ett specifikt ämne så är det enklare att göra nerslag med provtagning med en bättre utdelning i form av påvisat höga koncentrationer. Det är också möjligt att identifiera områden med högre risk för utlakning till ytvattnet där man sedan kan uppmuntra till ekologisk odling eller begränsad användning av bekämpningsmedel. Kartorna kan även användas som ett pedagogiskt material för upplysning av intressenter inklusive lantbrukare, t.ex. inom projektet Greppa näringen. Detta kan öka medvetenheten kring problemen med bekämpningsmedel i ytvatten och förhoppningsvis leda till en minskad eller mer kontrollerad användning, antingen på eget initiativ från lantbrukaren eller genom bestämmelser och styrmedel.

Viktigt att poängtera är att riskanalysen i denna rapport är ett urval av bekämpningsmedel som ofta detekteras i ytvatten eller tidigare visat sig överskrida sina riktvärden i ytvatten och det är alltså inte en heltäckande redovisning av alla bekämpningsmedel som används i Skåne. Översikten inkluderar inte bekämpningsmedel som används i fruktodling eller odling i växthus. Vidare så utreder studien endast förluster till ytvatten och inte till grundvatten vilket är ett annat viktigt område att utreda.

Modellen MACRO-SE

För detta projekt har datormodellen MACRO använts för att modellera spridningen av bekämpningsmedel till ytvatten. MACRO är en modell som utvecklats av KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel (CKB) vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och för detta projekt användes modellversionen MACRO-SE som är tänkt som ett verktyg för beslutsstöd på regional skala. Modellen är fortfarande under utveckling och förbättras ständigt. Ett led i detta förbättringsarbete är att använda modellen i praktiken och anpassa den efter rådande förhållande i den region man studerar, vilket har gjorts i detta projekt.

Före körning av modellen behöver man definiera ett scenario som man vill simulera och för detta behöver man specificera den aktiva substansen (kemiska och fysikaliska egenskaper), vilken gröda som substansen ska sprutas på (effekt på spridningen på grund av interception, upptag genom rotsystem o.s.v.) samt vilken appliceringsperiod substansen normalt sett har på den specifika grödan.

Sedan baseras beräkningen av spridningen av bekämpningsmedlet på ytterligare flera olika dataset:

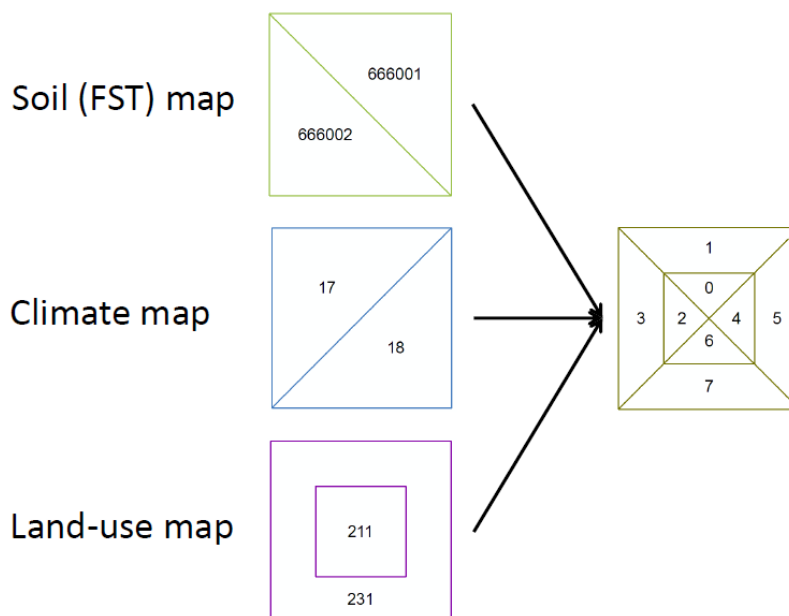
- Markanvändning
 - Simuleringen görs för all jordbruksmark¹
- Klimatzoner och klimatdata²
 - Nederbörden påverkar utlakning av bekämpningsmedlet genom marken.
 - Temperaturen påverkar nedbrytningen av ämnet i jorden
 - Solstrålning, vindhastighet, temperatur och ångtryck används för att beräkna evapotranspirationen.
- Jordartsdata
 - Jordarten påverkar utlakningen av ämnet genom marken (data från SGU & SLU, FST = FOOTPRINT³ Soil Type)
 - Jordfuktigheten och mängden organiskt kol i jorden påverkar nedbrytningen av ämnet i jorden.
 - De jordartskartor som MACRO-SE använder visas i bilaga 2.
- Databas för grödors tillväxtfaser i de olika klimatzonerna (från MACRO-DB).

¹ Baserad på SJV Blockdatabas

² Klimatzonerna från 'Johnsson H & Mårtensson K, 2002. Kväveläckage från svensk åkermark - Beräkningar av normalutlakning för 1995 och 1999. Naturvårdsverket, Rapport 5248; ISBN 91-620-5248-9; ISSN 0282-7298; SLU, Uppsala, Sverige.' Och historiska vädertidsserier från SMHI;

³ FOOTPRINT (Functional TOOLS for Pesticide Risk assessment and management) var ett EU-FP6-forskningsprojekt. En stor del av MACRO-SE är baserad på metodologi som var skapad inom FOOTPRINT. FOOTPRINT Soil Type är en funktionell markklassificering, optimerad för markhydrologi och markegenskap som är viktiga för bekämpningsmedels rörelse och nedbrytning i marken.

- Databas för bekämpningsmedelsegenskaper (halveringstid och sorption), med data från KemI och University of Hertfordshire PPDB.



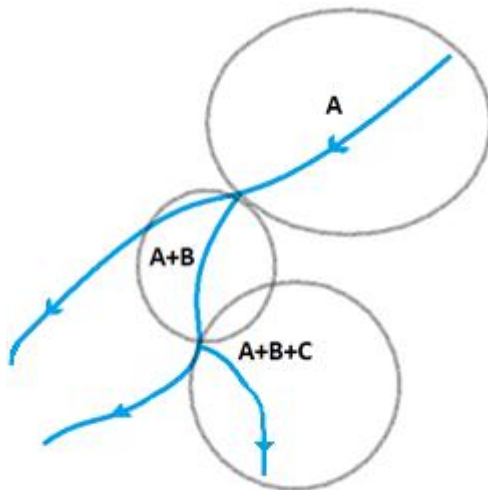
FIGUR 1 PRINCIPBILD FÖR HUR DATA FRÅN OLIKA KARTOR KOMBINERAS I MACRO-SE. BILD FRÅN CKB:S PRESENTATION AV MACRO-SE.

MACRO-SE modellerar, utifrån dessa data, koncentrationer och belastning, d.v.s. massa, av bekämpningsmedel i dräneringsvattnet och vattnet i botten på matjordsskiktet (som går mot det djupa grundvattnet). Resultaten representerar koncentrationer och belastning vid odlingsfältens kant ("edge-of-field") och redovisas som ett raster med upplösningen 100x100 m. Simuleringen görs över 24 år och i detta projekt har utdata varit i form av ett månadsspecifikt medelvärde över de 24 åren. Alltså ett medelvärde för alla junimånader under de 24 åren, ett för alla majmånader och så vidare. Detta projekt har fokuserat på bekämpningsmedel i ytvatten och exkluderat risk för grundvatten. I bilaga 3 visas en karta över det huvudsakliga vattenflödet genom jorden vilket visar var riskerna är högst för läckage till djupt grundvatten (där dricksvattenuttag kan ske) respektive till ytvatten och ytligt grundvatten. Eftersom vi, inom vattenförvaltningen på Länsstyrelsen, är intresserade av koncentrationer i recipienten, på skalan delavrinningsområde eller vattenförekomst, så har data från modellen omvandlats till ett medelvärde av belastningen för varje delavrinningsområde.

För att beräkna koncentrationen av bekämpningsmedlet efter utspädning i recipienten så har data för flöden, för alla delavrinningsområden i Skåne, tagits från SMHI:s hydrologiska modell S-HYPE. Beräkningen utgår från den totala belastningen (massan) av bekämpningsmedel som kommer ur dräneringsrören under en månad. Koncentrationen har sedan beräknats genom flödet i dräneringsrören multiplicerat med en utspädningsfaktor baserat på medelflödet i delavrinningsområdet under den specifika månaden (kvot mellan MACRO-flödet och S-HYPE-flödet). En karta som visar utspädningsfaktor i olika delavrinningsområden visas i bilaga 3.

För att anpassa modellens resultat enligt lokala realistiska förhållanden så har även resultaten räknats om med avseende på hur stor del av jordbruksmarken inom varje delavrinningsområde som odlas med den specifika gröda som simuleringen gjorts för. MACRO-SE modellerar spridning av det valda bekämpningsmedlet på all jordbruksmark i området och detta får sedan multipliceras med Jordbruksverkets statistik på fraktionen av jordbruksmarken i delavrinningsområdet som odlats med den avsedda grödan.

För att även ta hänsyn till transporten av bekämpningsmedel samt den ökande utspädningen från delavrinningsområden uppströms i samma system så har en uträkning gjorts på ackumulerat flöde och ackumulerad mängd bekämpningsmedel som tillkommit för varje delavrinningsområde summerat med alla delavrinningsområden uppströms. Detta illustreras i figur 2 nedan. Tillskottet och den ökande utspädningen nedströms i å-systemen har förstås motsatta effekter på koncentrationen av bekämpningsmedlet i vattnet. I de flesta åarna har dock den ökande utspädningen visat sig vara viktigare än ackumuleringen vilket innebär att koncentrationen ofta minskar ju längre ner i ett system man kommer. Detta är dock förstås väldigt beroende på var odling förekommer i avrinningsområdet och hur intensiv den är.



FIGUR 2 ILLUSTRATION AV BERÄKNINGEN FÖR TILLSKOTT SAMT ÖKAD UTSPÄDNING NEDSTRÖMS I ETT Å-SYSTEM.

Information om Bekämpningsmedel

Projektet inleddes med att identifiera de aktiva substanser i bekämpningsmedel som är intressantast att simulera utifrån Skåne läns perspektiv. För detta användes Länsstyrelsen (Lst) i Skåne läns rapport Bekämpningsmedel i skånska vattendrag (2010) som undersökt vilka halter som kan detekteras i ytvatten och hur dessa förhåller sig till sina respektive riktvärden. Efter att ha identifierat några viktiga bekämpningsmedel att övervaka i Skåne så gjordes även en kortare litteraturstudie om de aktiva substanserna, främst för att ta reda på vilka grödor de används på och deras giftighet för vattenlevande organismer. Utifrån detta gjordes prioriteringslistan i tabell 1 och följande beskrivning av substanserna.

TABELL 1 BEKÄMPNINGSMEDEL IDENTIFIERADE SOM PROBLEMATISKA I SKÅNE OCH SOM DÄRFÖR INKLUDERATS I PROJEKTET.

Aktiv substans	Besprutad gröda	Motivering
isoproturon	stråsäd utom havre	Prioriterat ämne enligt vattendirektivet
diflufenikan	höstsäd	Överskrider riktvärde mest
imidakloprid	potatis, sockerbetor	Överskrider riktvärde, en av få vanliga insekticider
metazaklor	raps	Strax under riktvärdet
kloridazon	sockerbetor	Detekteras ofta i ytvatten
bentazon	bönor	Detekteras ofta i ytvatten, hög rörlighet i jord

Isoproturon

Isoproturon är en herbicid, alltså ett bekämpningsmedel mot ogräs, som används vid odling av säd. Bekämpningsmedlet verkar genom att det tas upp i hela växten och hämmar fotosyntesen (PPDB 2013). Toxiciteten för växter innebär att även alger och andra vattenväxter kan skadas då isoproturon kommer ut i ytvatten. Den akuta toxiciteten är låg för däggdjur men längre experiment visar på negativa effekter på levern hos både råttor och hundar (WHO 2003).

Isoproturon hittas ofta i både ytvatten och grundvatten och förekommer även vintertid vilket tyder på långsam nedbrytning (Lst Skåne 2010, SLU 2003). Det är upptaget som ett prioriterat ämne enligt dotterdirektivet till EU:s vattendirektiv (EU 2008/105/EG) vilket innebär att ämnet ska övervakas och fasas ut. Som ett led i detta så upphörde registreringen av isoproturon vid årsskiftet 2012-2013 då den sista produkten Cougar inte längre fick säljas i Sverige (KemI 2012). Ämnet får dock användas fram till och med 2014-11-15 (Bayer Cropscience 2013a) och detta medförde att försäljningen av bekämpningsmedel innehållande isoproturon mer än fördubblades under 2012 jämfört med tidigare år, då lantbrukare köpte på sig lager inför förbudet (SCB 2012).

I Länsstyrelsen i Skånes undersökningar av bekämpningsmedel i ytvatten detekterades isoproturon i 23 av 52 prov och i genomsnitt var uppmätta halter ca 1/10 av riktvärdet (Lst Skåne 2010).

Diflufenikan

Diflufenikan är precis som isoproturon en herbicid som hämmar ogräsen fotosyntes och ämnet används i odlingar av stråsäd antingen på hösten eller på våren men kan bara sprutas en gång per gröda (KemI 1997a). Ämnet är mycket toxiskt för vissa alger (*Scenedesmus subspicatus*) och det är toxicitetstest på dessa som det svenska riktvärdet är baserat på (NVV 2008). Diflufenikan har även visat sig vara måttligt toxiskt för fisk och kräddjur (NVV 2008) och har en hög potential för bioackumulering (KemI 1997a). Både vattenlösligheten och rörligheten i mark är låg och det är troligt att diflufenikan lagras i marken (KemI 1997a).

I Länsstyrelsen i Skånes undersökningar av bekämpningsmedel i ytvatten sticker diflufenikan ut som det ämne som överskrider riktvärdet klart mest. Diflufenikan detekterades i 23 av 52 prov och i genomsnitt var uppmätta halter 6 gånger högre än riktvärdet (Lst Skåne 2010). Det finns i dagsläget 3 preparat innehållande diflufenikan som är godkända i Sverige (KemI 2013).

Imidaklopid

Imidaklopid är en insekticid som används för bekämpning av bladlöss, mjöllöss, jordloppor och andra skadeinsekter. Substansen är mycket toxisk för insekter och fåglar, mindre toxisk för däggdjur och maskar och kan ses som ej toxisk för fiskar (PPDB 2013).

Imidaklopid har tillsammans med andra insekticider av samma typ, så kallade neonikotinider, varit omdebatterade eftersom de pekats ut som möjlig orsak till den stora dödligheten hos bin som observerats världen över de senaste decennierna (SLU 2011). Av denna anledning så har EU-kommissionen begränsat användningen av imidaklopid till endast yrkesmässig användning och ämnet får inte heller användas på grödor som lockar till sig bin, förutom i växthusodlingar (KemI 2013). Förutom i droppbevattning i växthus så ingår imidaklopid framför allt i så kallade betningsmedel, bl.a. för potatis (Adielsson et al 2009) och sockerbetor (Bayer CropScience 2013b). Betning innebär att utsädet behandlas med bekämpningsmedlet innan sådden istället för att sprutas i efterhand. Betning av oljeväxter såsom raps blir förbjudet i enlighet med EU-kommissionens beslut (Kemi 2013). Imidaklopid är det enda bekämpningsmedel i denna studie som även används utanför jordbruket, bland annat i skogsbruk och vid bekämpning av myror och kackerlackor.

I Länsstyrelsen i Skånes undersökningar av bekämpningsmedel i ytvatten detekterades imidaklopid i 15 av 52 prov och i genomsnitt var uppmätta halter ca 2,5 gånger högre än riktvärdet (Lst Skåne 2010).

Metazaklor

Metazaklor är ytterligare en herbicid och används framförallt vid odling av raps och rybs. Ämnet tas upp av plantans rot och nedre delen av stammen och förhindrar groningen (KemI 2008). Den känsligaste organismen vid

toxicitetstest var grönalgen *Ankistodemus bibrianus* vilken riktvärdet är baserad på (KemI 2008). Metazaklor har dock även visat sig vara måttligt giftigt för fisk och kräftdjur (KemI 2008).

I Länsstyrelsen i Skånes undersökningar av bekämpningsmedel i ytvatten detekterades metazaklor i 15 av 52 prov. I genomsnitt var uppmätta halter något lägre än riktvärdet, dock är det ändå en av de substanser med högst uppmätta halter jämfört med riktvärdet (Lst Skåne 2010).

Enligt kemikalieinspektionens bestämmelser får produkter innehållande metazaklor maximalt användas med en dos av 1 kg/ha under en treårsperiod på samma fält (KemI 2013). På grund av begränsningar i MACRO-SE:s funktioner så har spridning simulerats varje år med den vanliga dosen och koncentrationerna har sedan dividerats med 3 i slutändan.

Kloridazon

Preparat som innehåller kloridazon används mot ogräs i odlingar av sockerbetor och grönsaker (Kemi 1998). Ämnet tas upp i växten via rötterna och hämmar ogräsen fotosyntes (KemI 1998). Av de toxicitetstester som gjorts enligt KemI (2008) så är vattenväxten kupandmat och vissa arter av alger de mest känsliga organismerna i vatten. Toxiciteten för fisk och kräftdjur är måttlig (KemI 1998).

I Länsstyrelsen i Skånes undersökningar av bekämpningsmedel i ytvatten detekterades kloridazon i 35 av 52 prov. I genomsnitt var uppmätta halter dock betydligt lägre än riktvärdet (Lst Skåne 2010).

Precis som för metazaklor får produkter innehållande kloridazon maximalt användas var tredje år på samma fält, för kloridazon med en dos av högst 2,6 kg/ha (KemI 2013). På grund av begränsningar i MACRO-SE:s funktioner så har spridning simulerats varje år med den vanliga dosen och koncentrationerna har sedan dividerats med 3 i slutändan.

Bentazon

Bentazon är en kontaktverkande herbicid och används i odlingar av stråsäd, baljväxter, majs, lin och gurka (KemI 1997b). Bentazon har en mycket hög rörlighet i mark och detekteras därför ofta i ytvatten (KemI 1997b) men toxiciteten för vattenlevande organismer verkar lyckligtvis vara relativt låg (KemI 2008). Den känsligaste organismen som testats enligt KemI (2008) var, precis som för kloridazon, vattenväxten kupandmat.

Det finns bara ett preparat innehållande bentazon som är godkänt i Sverige och detta är endast tillåtet för besprutning på våren (KemI 2013). I Länsstyrelsen i Skånes undersökningar av bekämpningsmedel i ytvatten detekterades bentazon i 40 av 52 prov. Alla uppmätta halter var dock betydligt lägre än riktvärdet (Lst Skåne 2010).

Metod

Modellerade scenarion

Utifrån litteraturstudier på ämnena samt data från PPDB, SLU (2009a), SCB (2011) och Kemi:s (2013) bekämpningsmedelsregister så identifierades 8 scenarion att använda som indata till modellkörningen (tabell 2). Dessa scenarion är förstås inte uttömmande för all användning av bekämpningsmedel i Skåne men för projektets syfte, att identifiera var och när det är högst risker, så har de en tillfredsställande spännvidd av olika substanser som kan innebära en risk i Skåne och olika grödor som är typiska för länets lantbruk. Spridning av imidaklopid har simulerats för både sockerbetor och potatis, eftersom det är två stora användningsområden, och dessa resultat har sedan adderats.

TABELL 2 DE MODELLERADE SCENARION SOM UTFÖRTS INOM PROJEKTET. DATA FRÅN PPDB OCH KEMI:S BEKÄMPNINGSMEDELSREGISTER.

Aktiv substans	Besprutning från ^[1]	Besprutning till ^[1]	Dos (g/ha)	Besprutad gröda	Andel av arealen som besprutas (%)
isoproturon	09 okt	23 okt	500	höstsäd	96
diflufenikan	05 okt	19 okt	65	höstsäd	96
imidaklopid	24 apr	08 maj	95	sockerbetor	100 ^[2]
imidaklopid	24 apr	08 maj	95	potatis	100 ^[2]
metazaklor	2 sept	16 sept	900	höstraps	97
kloridazon	24 maj	07 jun	750	sockerbetor	98
bentazon	7 juni	21 juni	500	bönor	95

[1] En "standard-applikationsperiod" på +/- 7 dagar runt datumet med högst användning har valts (2 veckors-period). MACRO-SE väljer internt ett "passande" datum (utan regn), genom att använda en så kallad 'Pesticide Application Timer'; besprutningsperioden kan förlängas eller förkortas vid behov.

[2] Grödan besprutas ej med imidaklopid utan utsädet betas. I brist på data så antas att allt utsäde betas, för ett s.k. worst-case-scenario.

För att kontrollera att en rimlig mängd av substanserna "sprids" i modelleringarna så gjordes en uträkning av den totala arealen av grödan multiplicerat med den applicerade dosen (tabell 3). Detta jämfördes sedan SCB:s (2012) statistik över försäljning av ämnet. Det finns ingen geografisk indelning på försäljningsstatistiken av specifika bekämpningsmedel så en uppskattning på försålda mängder har gjorts utifrån ämnets totala försäljning i Sverige, multiplicerat med Skånes andel av den totala användningen av bekämpningsmedel taget från SCB (2011) (tabell 4).

TABELL 3 KALKYLERAD MASSA AV SUBSTANSERNA SOM SPRIDITS I SIMULERINGEN.

Uppskattad spridning i simuleringen	(ton)
isoproturon	49,76
diflufenikan	6,47
imidakloprid	4,10
metazaklor	8,95
kloridazon	8,05
bentazon	4,52

TABELL 4 FÖRSÄLJNINGEN AV SUBSTANSERNA I SKÅNE ÅREN 2008-2012. STATISTIK FRÅN SCB (2011) & SCB (2012).

Uppskattad försäljning Skåne	(ton)					
	2008	2009	2010	2011	2012	medel
isoproturon	27,48	23,64	28,44	26,88	68,7 ^[1]	35,028
diflufenikan	6,84	6,3	6,6	8,16	14,94 ^[1]	8,568
imidakloprid	3,456	3,834	5,238	4,212	3,294	4,0068
metazaklor	36,54	25,56	23,1	20,7	27,12	26,604
kloridazon	8,76	16,62	8,82	16,2	16,74	13,428
bentazon	5,88	4,98	7,2	7,44	6,96	6,492

[1] Den stora ökningen i försäljning av både diflufenikan och isoproturon 2012 beror troligen på att isoproturon förbjöds vid årsskiftet 2012-2013 och att preparatet Cougar som var det sista godkända ämnet innehållande isoproturon innehöll en blandning av isoproturon och diflufenikan.

Spridningen i simuleringarna stämmer relativt bra överens med den ungefärliga försäljningen i Skåne under 2008-2012. De scenarion som inkluderats i detta projekt är en viktig del av bekämpningsmedelsanvändningen i Skåne men täcker inte in alla substanser som används och inte alla användningsområden för vissa av substanserna. Diflufenikan kan exempelvis användas på både hösten och våren men bara en gång per gröda vilket gör det svårt att avgöra hur representativt scenariot med endast höstapPLICERING är. Vissa substanser kan även användas på flera olika grödor men i detta projekt har endast huvudanvändningen av bekämpningsmedlet inkluderats, förutom för imidakloprid med dess två stora användningsområden. Jämförelsen stämmer sämst för metazaklor med 2-4 gånger högre försäljning än det som spridits i simuleringen. Detta kan till viss del förklaras med att simuleringen endast gjorts för höstraps men metazaklor kan även användas för övrig raps, rybs samt fodermärgkål, men detta odlas i betydligt mindre utsträckning. Det är utmanande att göra en representativ modellering av bekämpningsmedelsspridning men denna kontrollräkning visar att försäljningen och den modellerade spridningen trots allt stämmer relativt bra överens.

Riktvärden och riskkvot

KemI tog 2004 fram riktvärden för verksamma ämnen i bekämpningsmedel och vissa av dessa reviderades 2007 (KemI 2011). Dessa riktvärden har använts som jämförvärden till de simulerade koncentrationerna i denna rapport. För imidaklopid har KemI inte tagit fram något riktvärde så för denna substans tillämpades ett preliminärt riktvärde från en rapport av SLU (2011). Alla riktvärden som tillämpats i detta projekt redovisas i tabell 5.

TABELL 5 RIKTVÄRDEN FÖR DE ÄMNEN SOM INGÅTT I SIMULERINGEN.

Verksamt ämne	Riktvärde (µg/l)	Källa
isoproturon	0,3	EU 2008/105/EG
diflufenikan	0,005	KemI 2011
imidaklopid	0,06	SLU 2011
metazaklor	0,2	KemI 2011
kloridazon	10	KemI 2011
bentazon	30	KemI 2011

Inom ekotoxikologisk riskanalys används ofta beräkningen av en riskkvot. Denna kvot beräknas genom att dela den predikterade koncentrationen i miljön (PEC, predicted environmental concentration) med den predikterat högsta koncentrationen som fortfarande inte medför en skada på ekosystemet (PNEC, predicted no effect concentration). Denna riskkvot innebär alltså att ett värde över 1 innebär en potentiell risk för miljön i recipienten.

$$\text{Riskkvot} = \frac{PEC \text{ (koncentration)}}{PNEC \text{ (gränsvärde)}}$$

I arbetet med denna rapport används de simulerade data från MACRO-SE som PEC, efter utspädning och korrigering för andel av odlad mark som utgörs av den grödan. Riktvärden från tabell 5 används som PNEC. Eftersom denna kvantifiering av risk är likvärdig oavsett vilken substans man undersöker så har den använts i denna rapports riskkartor för att läsaren snabbt ska kunna bilda sig en uppfattning om vilket ämne som innebär högst risk och var risken är högst rent geografiskt.

Resultat

De riskkartor som redovisas i detta kapitel bygger på riskkvoten, beräknad på modellerad koncentration dividerat med riktvärdet för substansen. I rapporten redovisas riskkartan för den eller de månader med högst risk för vardera ämne samt månaden före och efter, för att visa om urlakningsperioden är kort eller fortsätter en längre period. Alla månaders riskkartor finns i bilaga 1 till rapporten. För varje ämne visas även en karta över odlingsintensiteten för grödan som simuleringen gjorts för. Odlingsintensiteten anges som fraktion av delavrinningsområdets area som täcks av den specifika grödan och mörkare områden har högre odlingsintensitet. På grund av stor skillnad mellan olika grödor så varierar dock skalan för odlingsintensitet. Värderna för infärgningen av riskkartorna visas nedan.

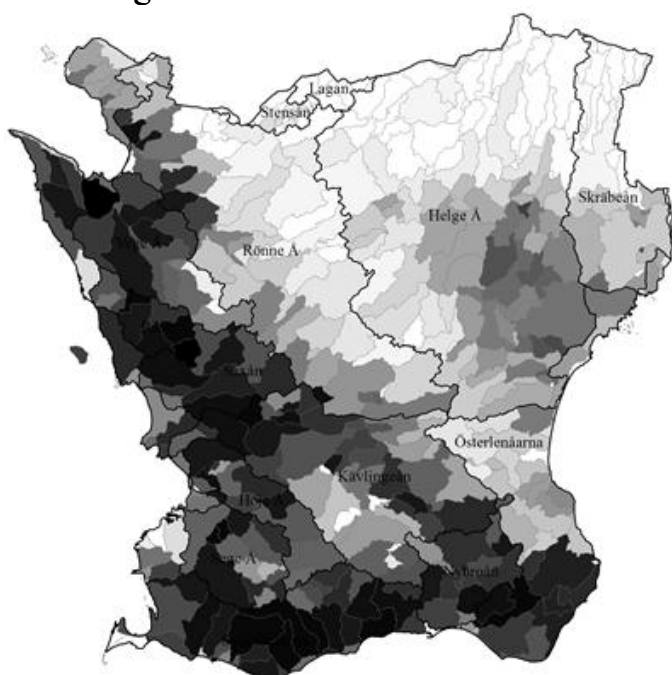
Riskkvot

	0 - 0,0001		0,251 - 0,5
	0,000101 - 0,001		0,501 - 0,75
	0,00101 - 0,01		0,751 - 1
	0,0101 - 0,1		1,01 - 100
	0,101 - 0,25		

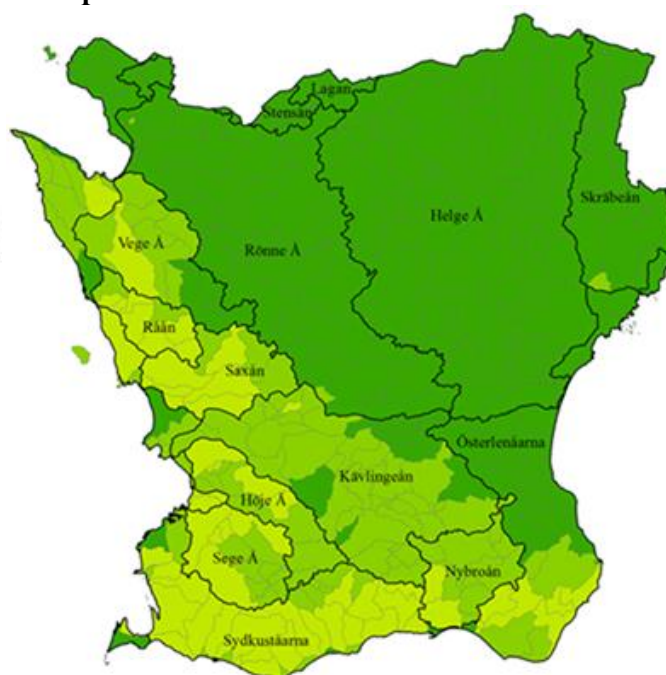
Isoproturon

Besprutad gröda	Besprutning från	Besprutning till	Dos (g/ha)	Andel av arealen som besprutas (%)
höstsäd	09 oct	23 oct	500	96

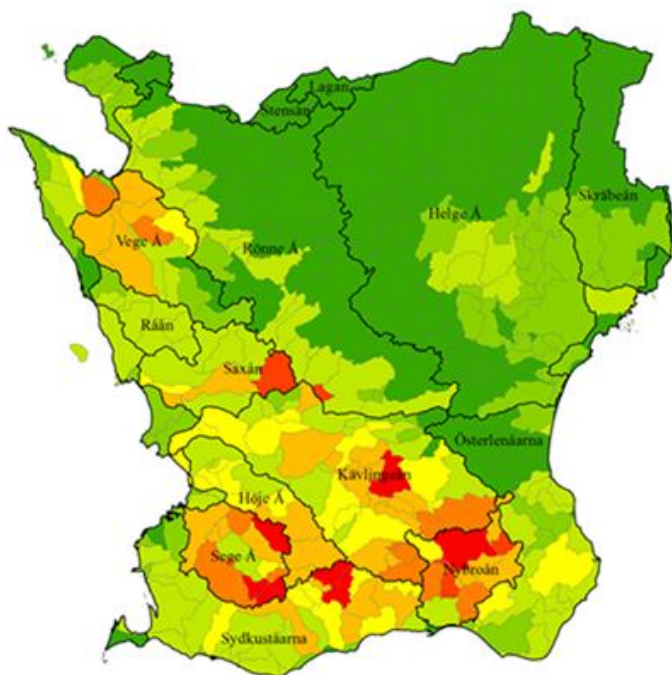
Odlingsintensitet höstsäd



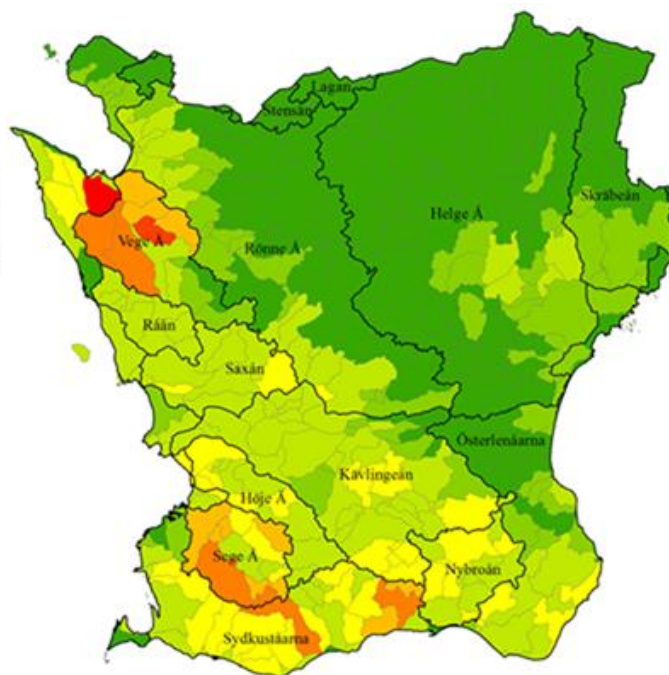
september



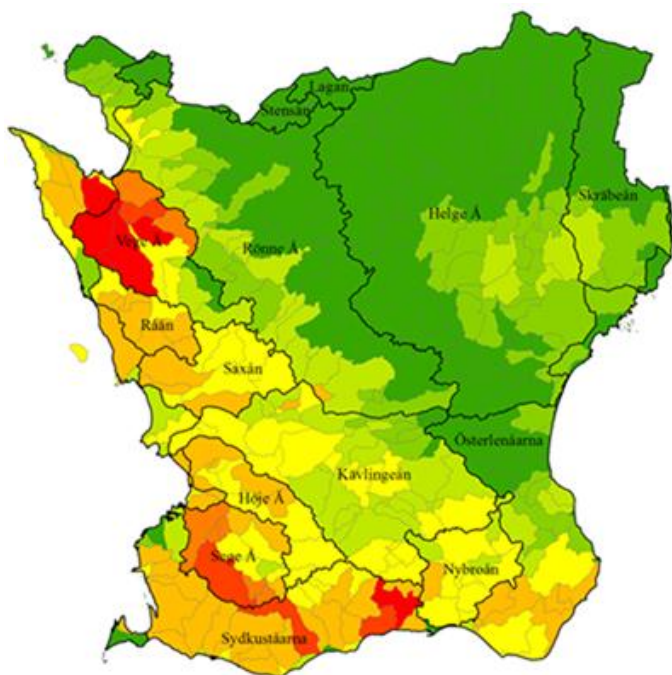
oktober



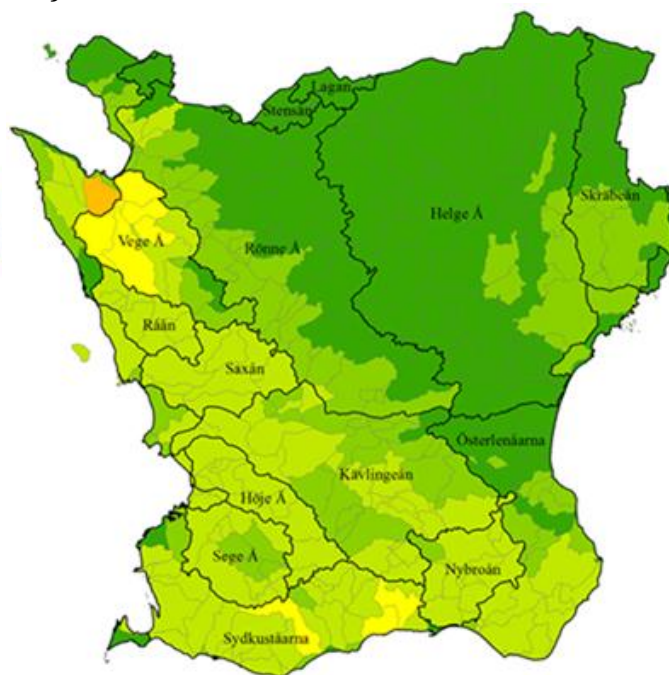
november



december



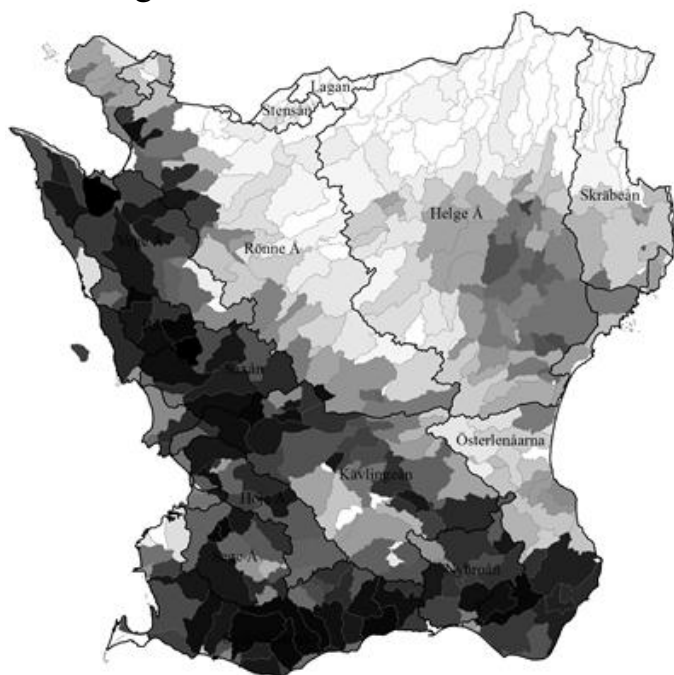
januari



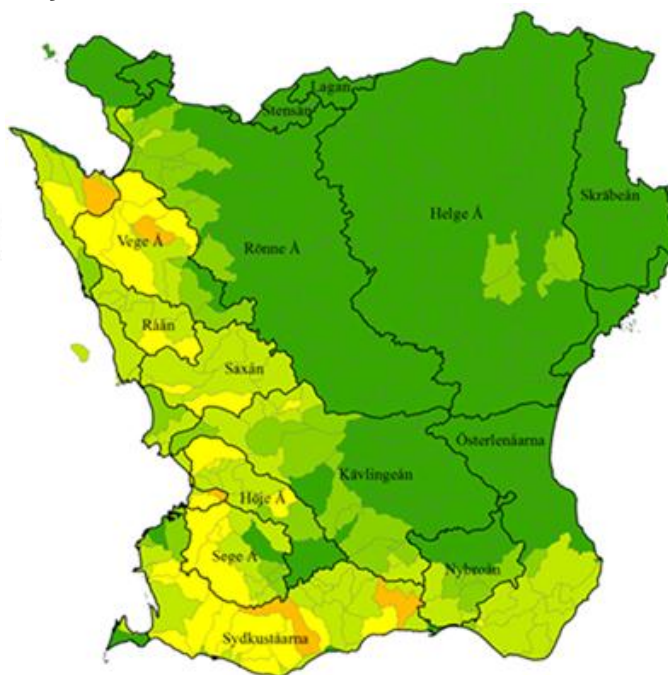
Diflufenikan

Besprutad gröda	Besprutning från	Besprutning till	Dos (g/ha)	Andel av arealen som besprutas (%)
höstsäd	05 oct	19 oct	65	96

Odlingsintensitet höstsäd



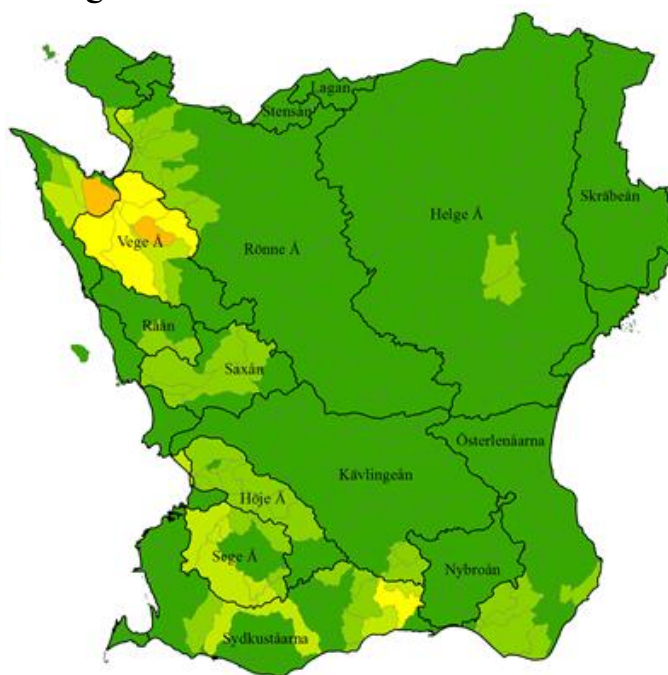
juni



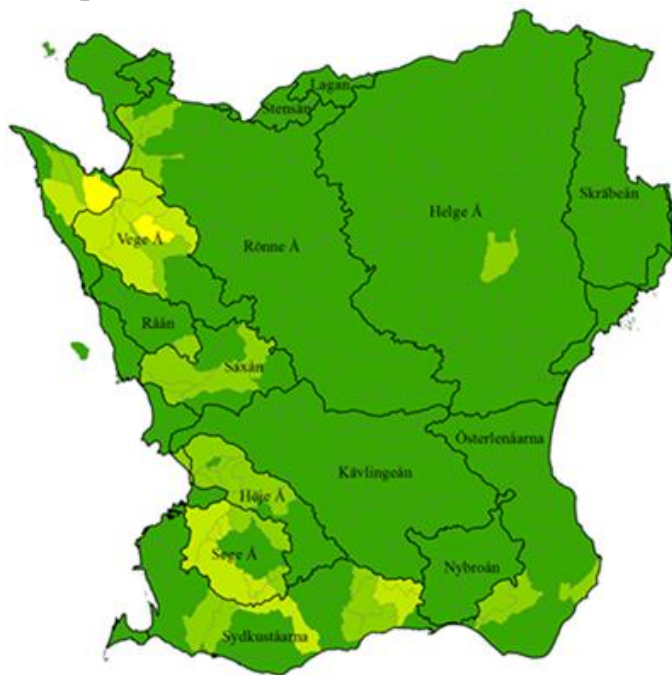
juli



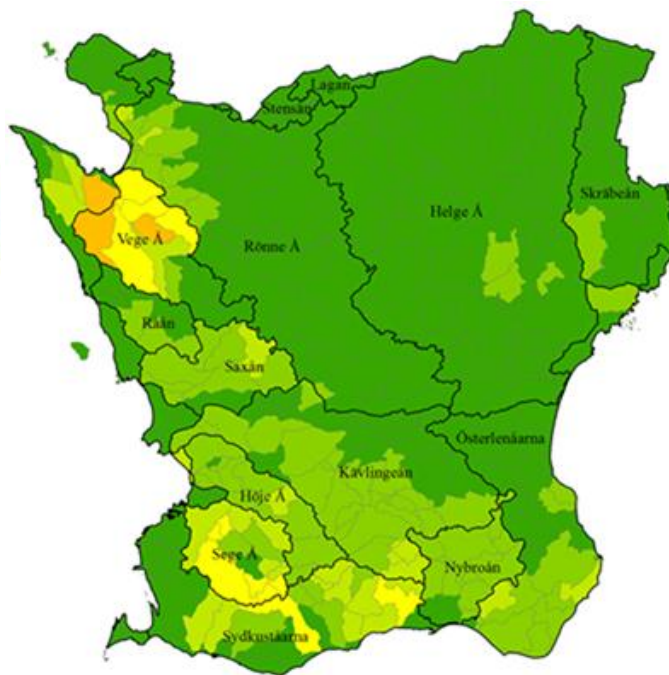
augusti



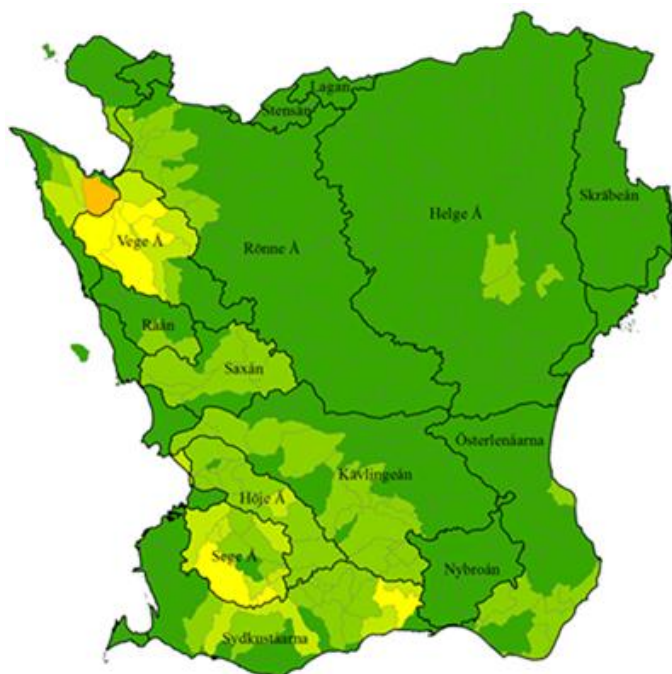
september



oktober



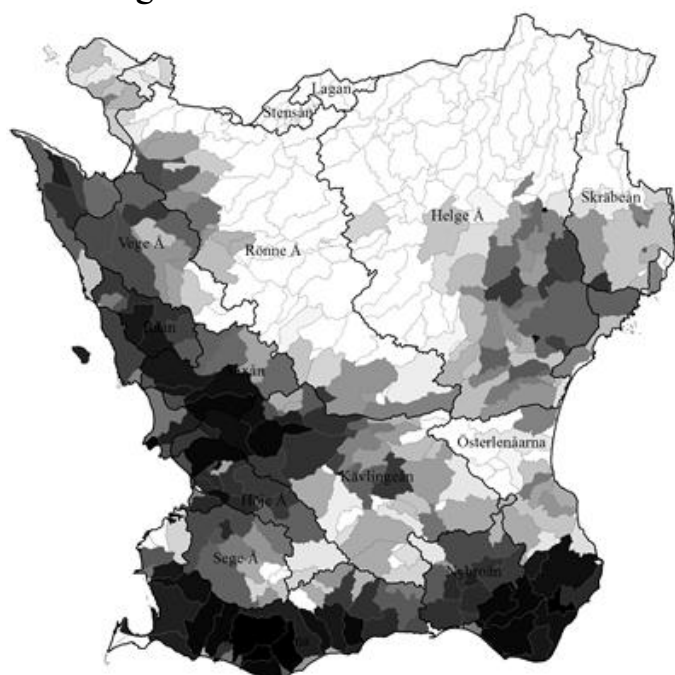
november



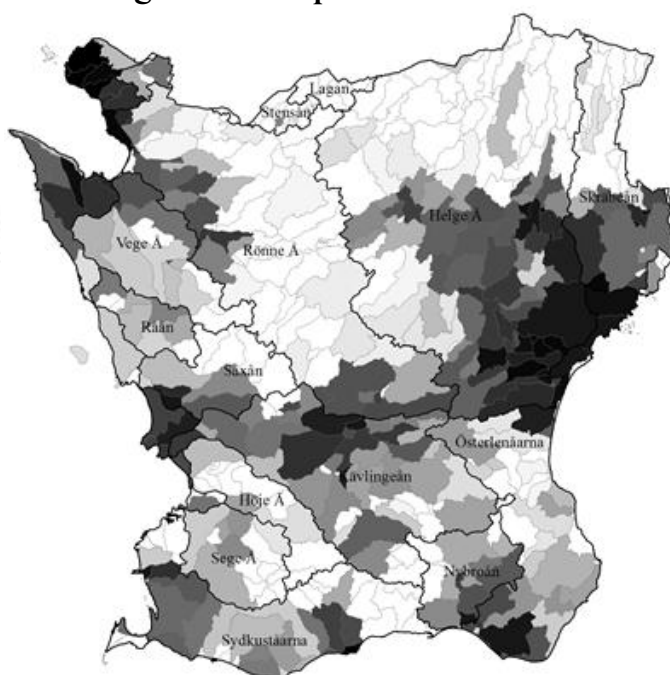
Imidaklopid

Besprutad gröda	Besprutning från	Besprutning till	Dos (g/ha)	Andel av arealen som besprutas (%)
sockerbetor	24 apr	08 maj	95	100
potatis	24 apr	08 maj	95	100

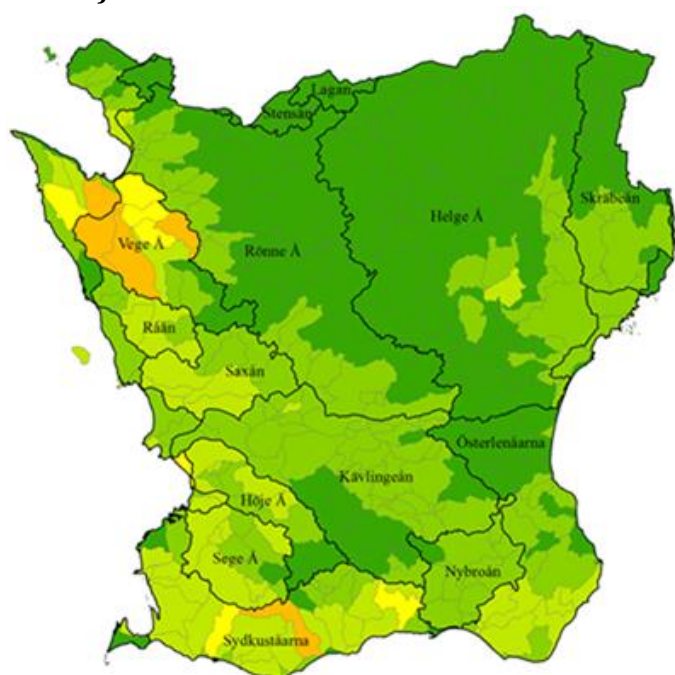
Odlingsintensitet sockerbetor



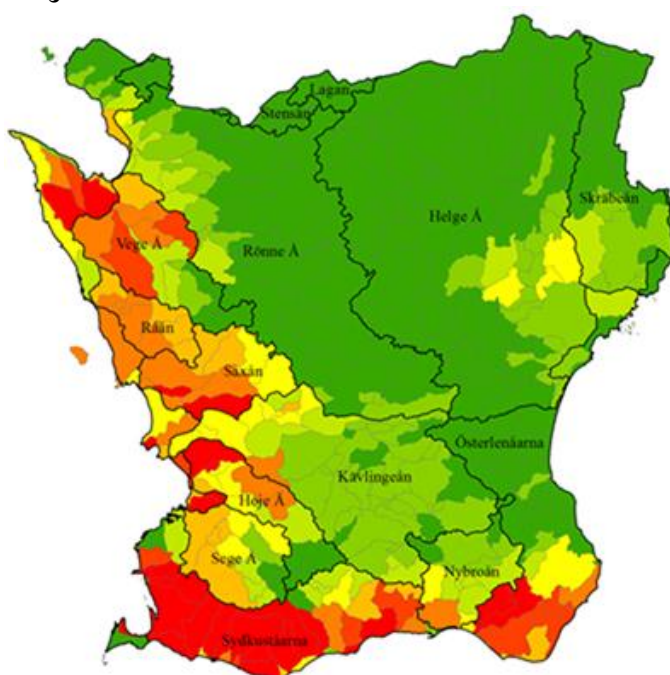
Odlingsintensitet potatis



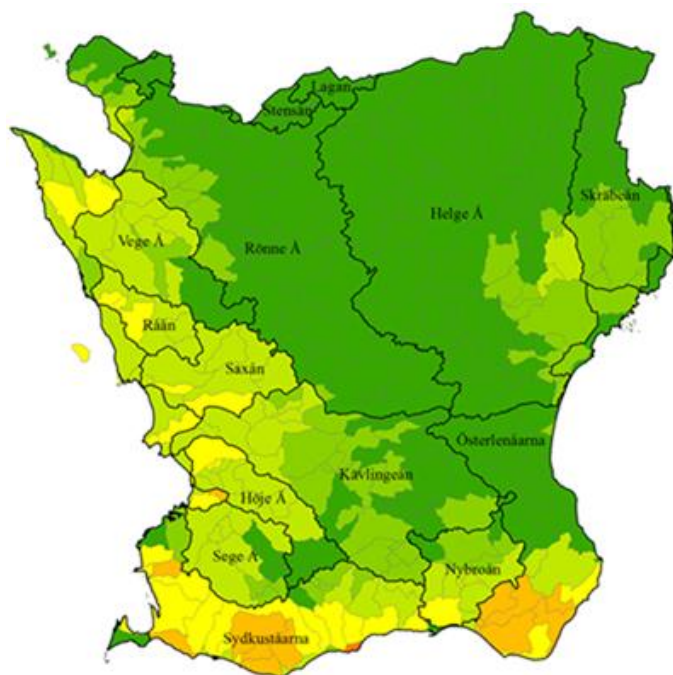
Maj



Juni



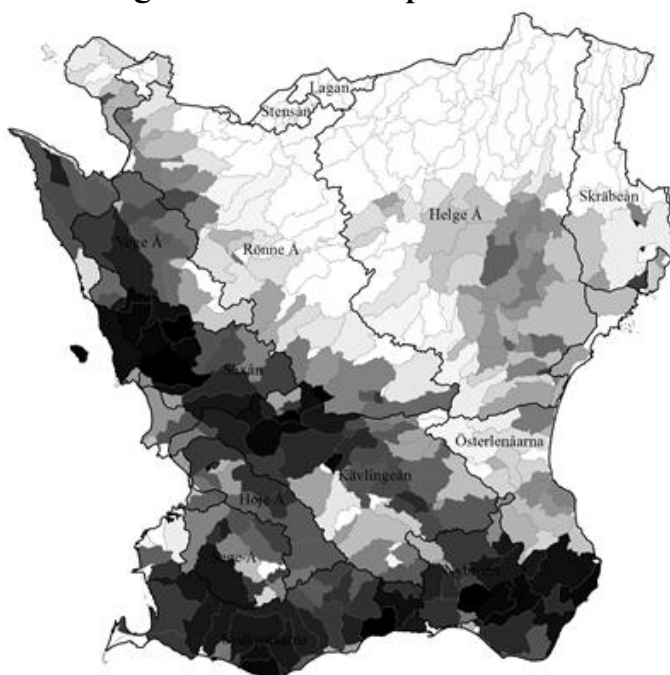
Juli



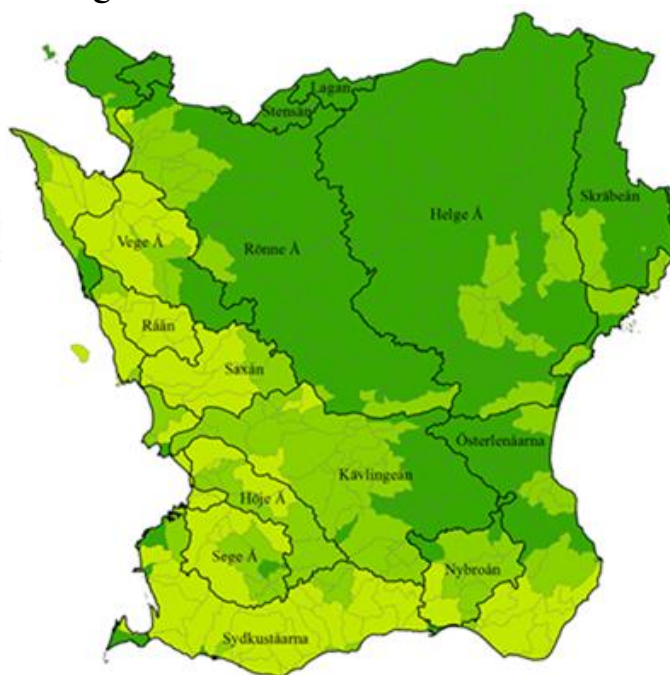
Metazaklor

Besprutad gröda	Besprutning från	Besprutning till	Dos (g/ha)	Andel av arealen som besprutas (%)
höstraps	2 sept	16 sept	900	97

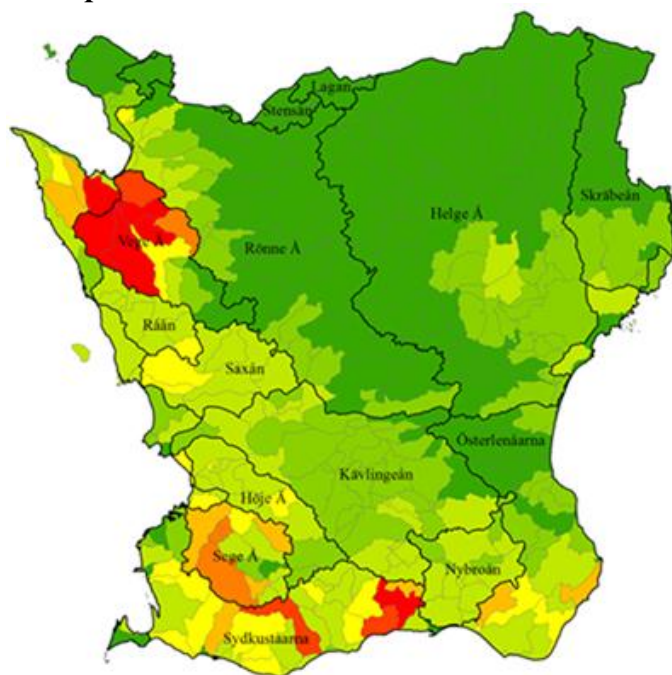
Odlingsintensitet höstraps



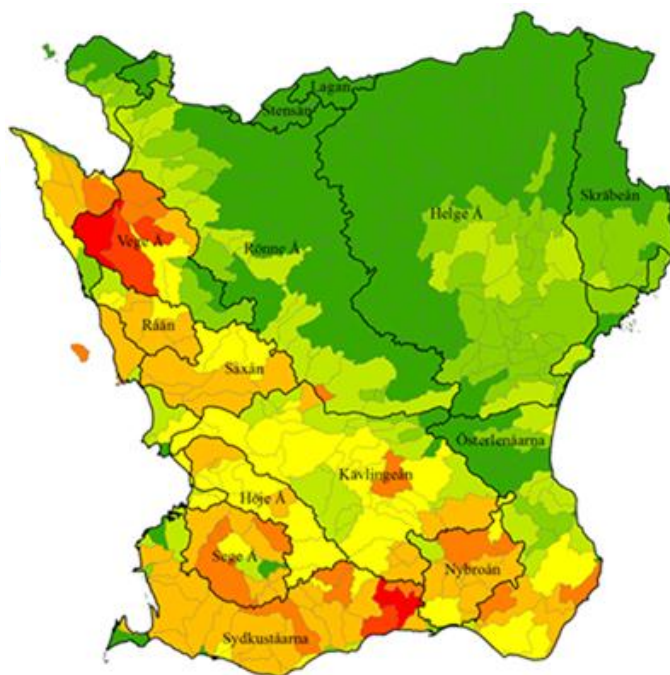
Augusti



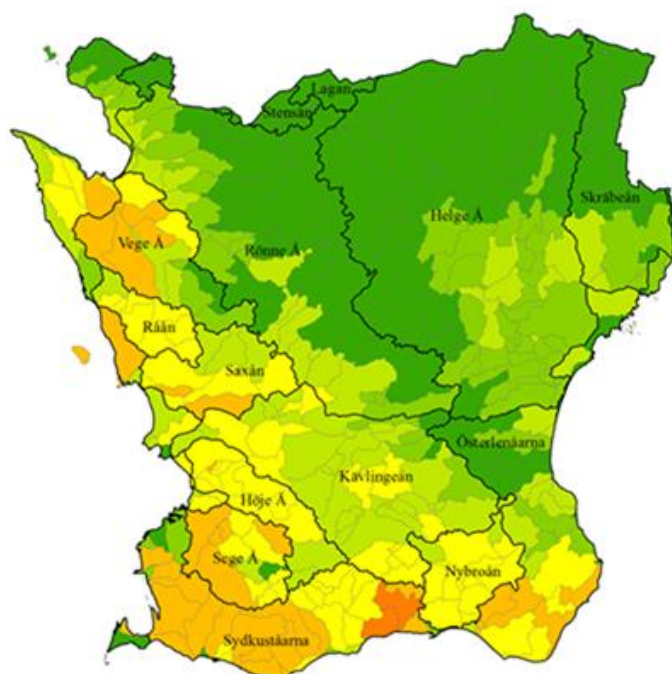
September



Oktober



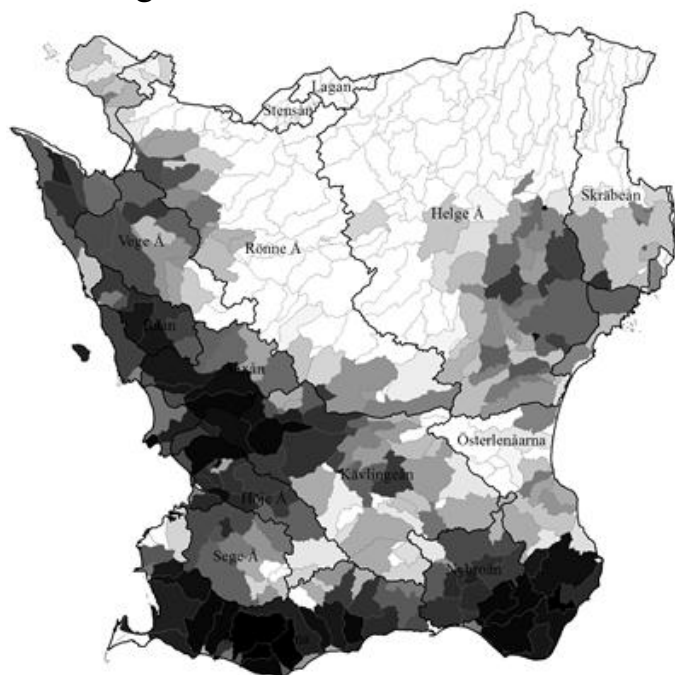
November



Kloridazon

Besprutad gröda	Besprutning från	Besprutning till	Dos (g/ha)	Andel av arealen som besprutas (%)
sockerbetor	24 maj	07 jun	750	98

Odlingsintensitet sockerbetor



Maj



Juni



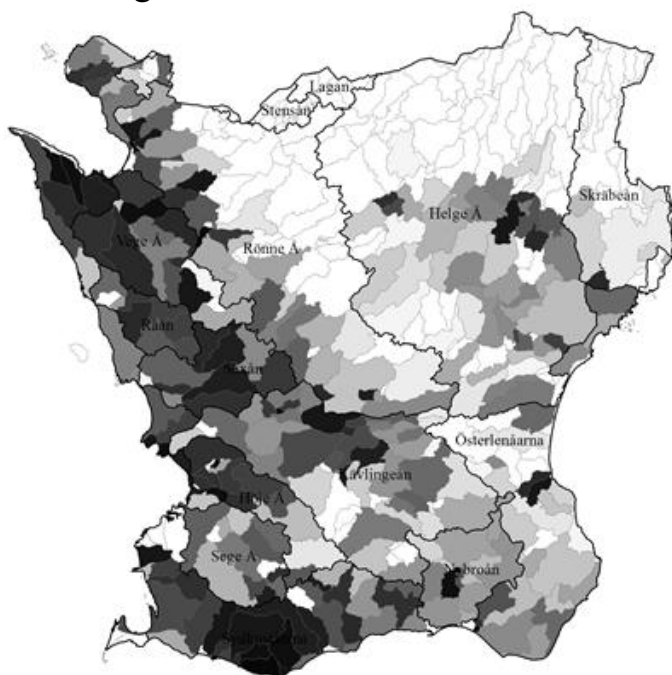
Juli



Bentazon

Besprutad gröda	Besprutning från	Besprutning till	Dos (g/ha)	Andel av arealen som besprutas (%)
bönor	7 juni	21 juni	500	95

Odlingsintensitet ärter och bönor



Maj



Juni



Juli



Analys

Resultatet av denna riskanalys visar tydligt att bekämpningsmedel utgör en risk för många vattendrag i Skåne. Modellresultaten visar att isoproturon, imidakloprid och metazaklor klart överskrider sina respektive riktvärden. För alla undersökta substanser är Vege å:s avrinningsområde ut i Skälderviken högt belastat och även Sege å och sydkuståarna har en högre belastning. Överlag är södra och västra Skåne mer belastat än norra och östra, mycket beroende på fördelningen av jordbruksmark inom länet och en snabb jämförelse med kartan på odlingsintensitet för respektive gröda visar att detta har ett stort genomslag i riskkartorna.

Kloridazon och bentazon verkar utgöra lägst risk av de undersökta substanserna. Diflufenikan överskrider inte sitt riktvärde enligt modellresultaten men är uppe i 0,25-0,5 gånger riktvärdet i vissa delavrinningsområden under sommar och höst. Detta trots att modellen verkar grovt underskatta koncentrationerna av diflufenikan i recipienten. Se jämförelse med uppmätta värden i fält i nästa avsnitt.

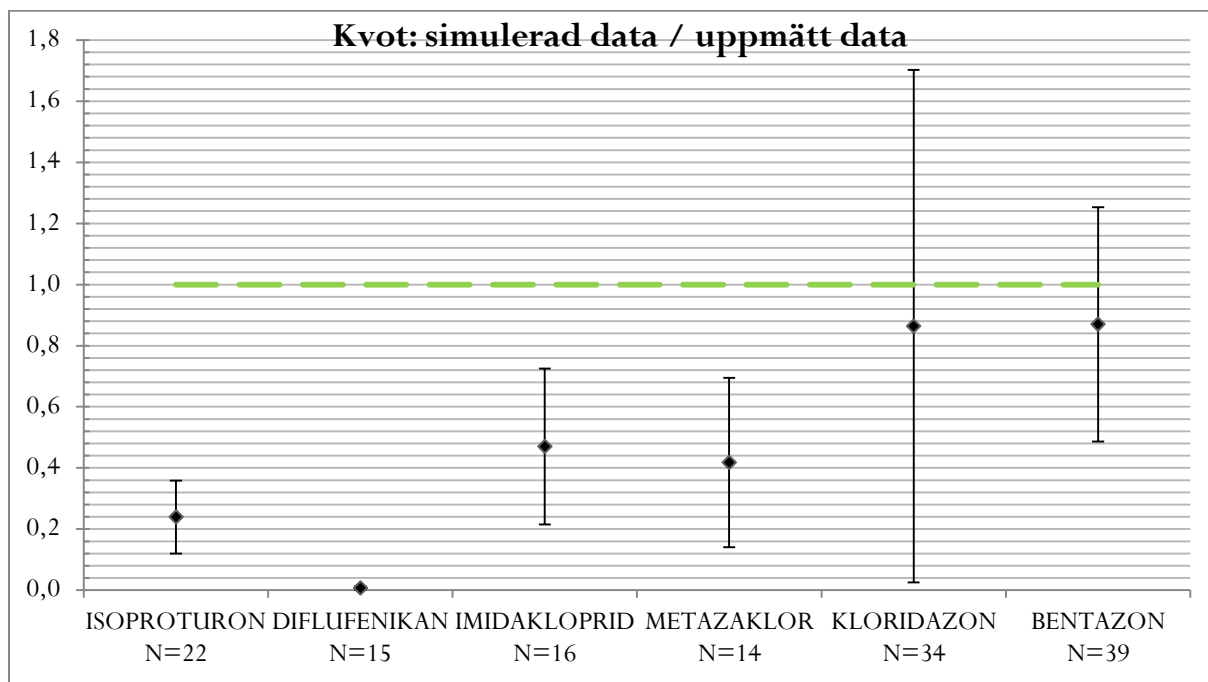
Jämförelse med uppmätta värden

”Alla modeller har fel. Vissa är användbara.” sa statistikern George E.P. Box och satte ord på en väldigt viktig princip angående prediktioner med modeller. När en modell utvecklas så genomgår den validering för att utvärdera om den är tillräckligt bra för ändamålet och därmed användbar. MACRO-modellen anses som väl validerad, bland annat i två vetenskapliga artiklar av Köhne et al (2009). Inom det här projektet är det dock av intresse att jämföra modellerade data med data för bekämpningsmedelskoncentrationer som har uppmätts i Skåne inom den regionala miljöövervakningen, för att göra en enkel utvärdering av hur modellresultaten skiljer sig från uppmätta värden. I figur 3 nedan visas vilka lokaler som provtagits av Lst (2010). Inom denna studie togs ett prov per månad på varje lokal under maj till september.



FIGUR 3 PROVTAGNA LOKALER AV LST I SKÅNE (2010).

I figur 4 nedan visas en beräknad kvot mellan de data som MACRO-SE simulerat och de data som uppmätts av Lst (2010) i samma delavrinningsområde och under samma månad. I denna jämförelse har alla prov under detektionsgränsen uteslutits då dessa är mycket osäkra och påverkar resultatet väldigt mycket oavsett om man sätter dem till 0, halva detektionsgränsen eller ett slumpmässigt lågt värde.

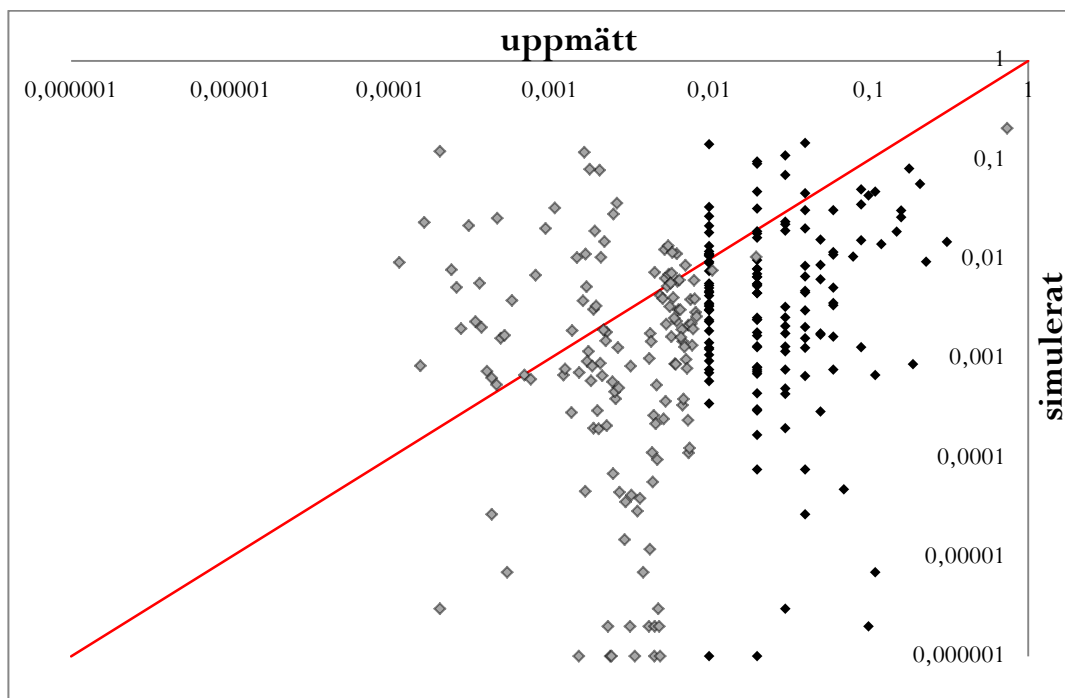


FIGUR 4 KVOTEN MELLAN DE SIMULERADE DATA OCH AV LST (2010) UPPMÄTTA DATA I SAMMA DELAVRINNINGSOMRÅDEN OCH SAMMA MÅNAD UNDER MAJ-SEPTEMBER. PUNKTERNA VISAR MEDELVÄRDE OCH FELSTAPLARNA 95 % KONFIDENSINTERVALL. DEN GRÖNA LINJEN REPRESENTERAR EN KVOT DÄR SIMULERAD OCH UPPMÄTT DATA ÄR LIKA.

För isoproturon, imidakloprid och metazaklor verkar MACRO-SE modellera något lägre koncentrationer än de som kan uppmätas i fält. För kloridazon är kvoten av modellerade och uppmätta koncentrationer i genomsnitt nära 1 men kvoten har en relativt hög spridning. Kvoten för diflufenikan är väldigt låg och konfidensintervallet är litet vilket visar att MACRO-SE modellerar betydligt lägre koncentrationer än vad som uppmätts i studien. Bentazon klarar den här jämförelsen bäst då både medelvärdet och spridningen ligger relativt nära 1.

I figur 5 nedan visas ett punktdiagram där en jämförelse gjorts för alla bekämpningsmedelssubstanser i samma diagram. Varje punkt är plottad på x-axeln utifrån det uppmätta värdet och på y-axeln utifrån respektive simulerade värde, i samma delavrinningsområde och samma månad. De svarta prickarna representerar värden som uppmätts över detektionsgränsen. De grå prickarna representerar mätningar som varit under detektionsgränsen. För dessa har ett "uppmätt" värde simulerats med hjälp av programmet ProUCL 5.0, ett program framtaget av USEPA som simulerar värden under detektionsgränsen baserat på samma sannolikhetsfördelning som de detekterade värdena.

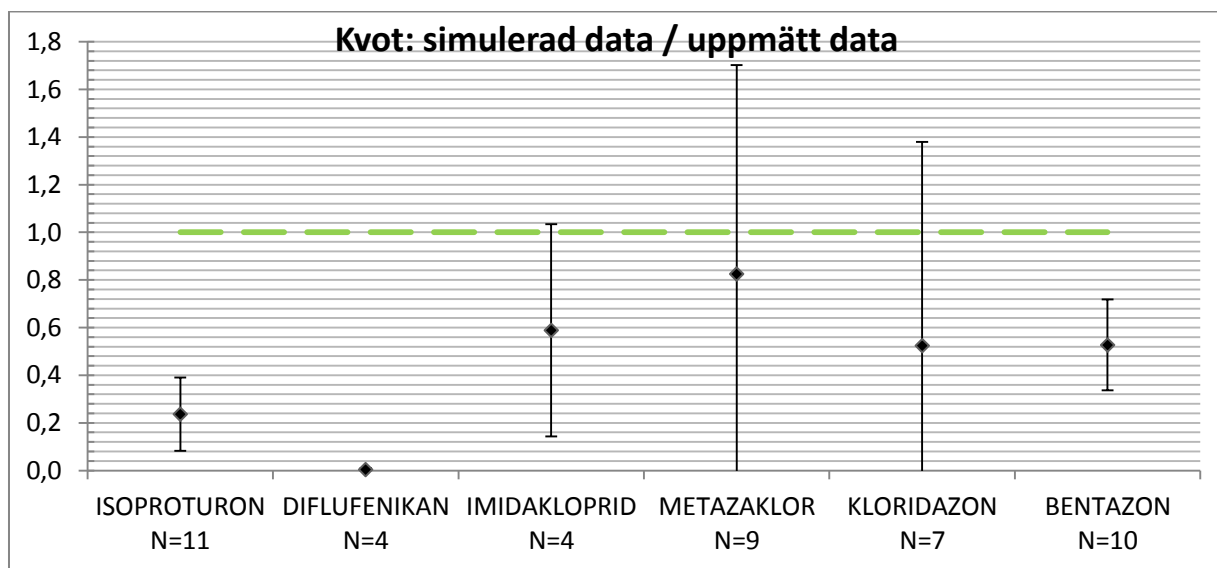
I diagrammet representerar punkter under den röda linjen att MACRO-SE modellerat ett lägre värde än vad som uppmätts, och vice versa över linjen. Även i detta diagram ser man att MACRO-SE oftare underskattar koncentrationerna i fält. I det optimala fallet skulle alla punkter ligga efter den röda linjen men det är tydligt att spridningen är stor och att korrelationen mellan uppmätta och simulerade koncentrationer är svag ($R^2=0,025$ för värden över detektionsgränsen).



FIGUR 5 PUNKTDIAGRAM MED UPPMÄTTA KONCENTRATIONER FRÅN LST (2010) PÅ X-AXELN OCH SIMULERADE KONCENTRATIONER FRÅN MACRO-SE PÅ Y-AXELN. DEN RÖDA LINJEN SYMBOLISERAR NÄR UPPMÄTTA OCH SIMULERADE KONCENTRATIONER ÄR LIKA. SVARTA PRICKAR ÄR UPPMÄTTA KONCENTRATIONER OCH GRÅ PRICKAR ÄR KONCENTRATIONER UNDER DETEKTIONSGRÄNSEN SOM SIMULERATS MED PROGRAMMET PROUCL 5.0. BÅDA AXLARN HAR LOGARITMISK SKALA.

När man jämför koncentrationerna som ges av modellen och de uppmätta koncentrationerna i fält är det dock viktigt att komma ihåg att modellen ger ett medelvärde över den simulerade tiden på 24 år medan de uppmätta värdena i denna undersökning är stickprov vid ett tillfälle under 2010. Speciellt nederbörds mängden under året kan ha stor påverkan och ge stor variation från år till år. En annan aspekt som gör att jämförelsen haltar är att det valda scenariot för simuleringen innebar höstapplikation för isoproturon, metazaklor och framför allt diflufenikan och Lst:s miljöövervakningsdata är tagna maj-september, precis innan den simulerade applikationen. Bekämpningsmedlen kan även användas på våren vilket säkert bidrar till att de simulerade koncentrationerna är lägre än de uppmätta. Detta begränsar förstås möjligheten att dra slutsatser utifrån jämförelsen men den kan ändå ge en fingervisning om koncentrationerna är rimliga och inom samma storleksordning, för att man ska få en bild av om modellen ger rimliga svar. Modellresultaten verkar ge prediktioner inom samma storleksordning för alla ämnen utom möjligen diflufenikan, med en liten underskattning av koncentrationer för isoproturon, imidaklopid och metazaklor.

En jämförelse har också gjorts med data från den nationella övervakningen av bekämpningsmedel som utförs av SLU sedan 2002. I detta miljöövervakningsprogram ingår ett typområde för jordbruk som ligger på Skånes sydkust och går under beteckningen M42. I denna undersökning används en automatisk provtagare med tidsstyrd provtagning var 80:e minut, som sedan samlas ihop till veckoprov. Ungefär 30 veckoprov tas varje år med färre prov under vintermånaderna. Data i denna jämförelse är från åren 2003-2011. Från dessa värden har sedan månadsspecifika medelvärden beräknats för jämförelse med data från MACRO-SE (figur 6). Även i denna jämförelse har prov under detektionsgränsen exkluderats.

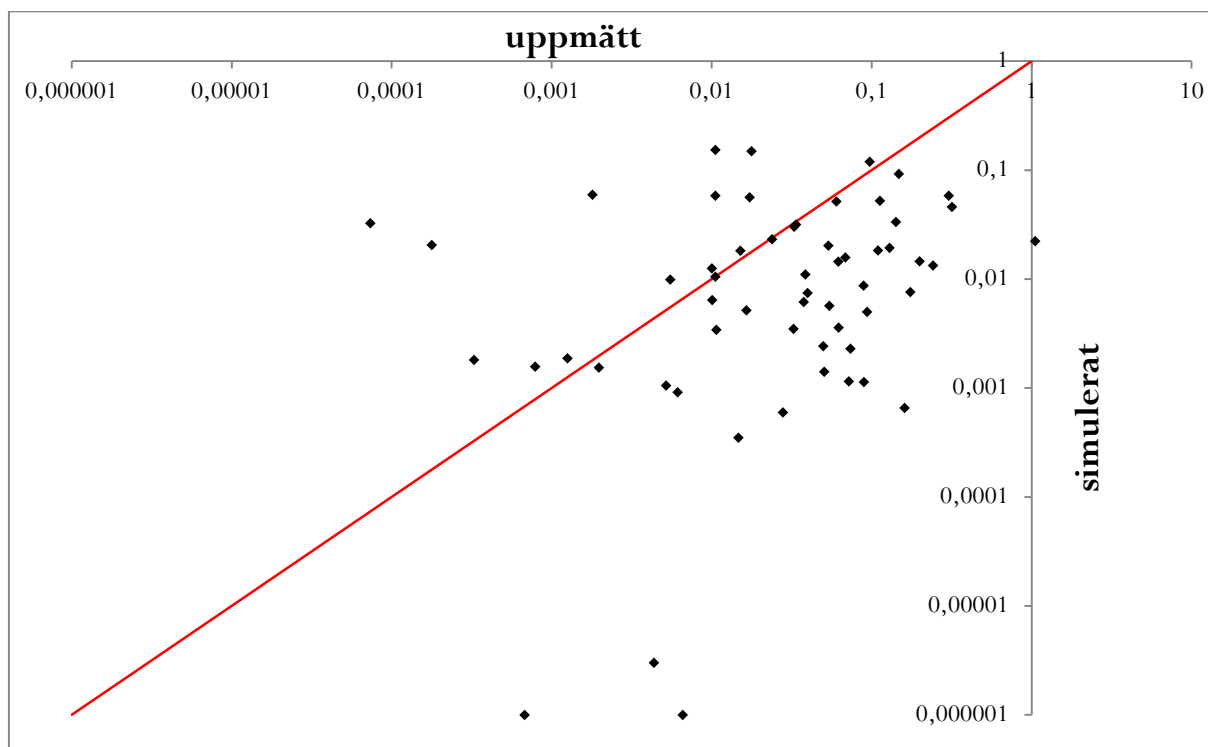


FIGUR 6 KVOTEN MELLAN DE SIMULERADE DATA OCH AV CKB UPPMÄTTA DATA I SAMMA DELAVRINNINGSOMRÅDE OCH SAMMA MÅNAD UNDER 2003-2011. PUNKTERNA VISAR MEDELVÄRDE OCH FELSTAPLARNAS 95 % KONFIDENSINTERVALL.

Resultatet för vissa av substanserna är samma som i föregående jämförelse med Lst:s data. Denna jämförelse påverkas dock på samma sätt som den förra av att endast höstapplikation av bekämpningsmedlen har simulerats. Isoproturon har en kvot på ungefär 0,1-0,4 och det stärker bilden av att MACRO-SE underskattar koncentrationerna för ämnet. Den här jämförelsen visar också återigen att de simulerade koncentrationerna av diflufenikan är underskattade. Medelvärdeskvoten för imidaklopid, metazaklor och kloridazon hamnar en bit under 1, men konfidensintervallen är stora och jämförelsen därför osäker. Bentazon har en kvot på ungefär 0,5 med ett mindre konfidensintervall.

Även för denna jämförelse har ett punktdiagram plottats där data från typområdet M42 jämförts med MACRO-SE:s simulerade koncentrationer i samma delavrinningsområde och samma månad (figur 7). För alla mätningar under 2003-2011 har månadsspecifika medelvärden beräknats. Mätningar under detektionsgränsen har återigen simulerats med programmet ProUCL 5.0 och dessa värden har i denna jämförelse inkluderats i medelvärdesberäkningen. Detta punktdiagram bygger alltså på medelvärden

av upp till 43 mätningar medan det förra punktdiagrammet var jämförelse mot Lst:s data som var stickprov under endast ett år, 2010. Detta diagram är dock data från endast ett område jämfört med Lst:s 12 provtagningslokaler.



FIGUR 7 PUNKTDIAGRAM MED UPPMÄTTA KONCENTRATIONER FRÅN CKB:S MILJÖÖVERVAKNING (M42) PÅ X-AXELN OCH SIMULERADE KONCENTRATIONER FRÅN MACRO-SE PÅ Y-AXELN. DEN RÖDA LINJEN SYMBOLISERAR NÄR UPPMÄTTA OCH SIMULERADE KONCENTRATIONER ÄR LIKA. BÅDA AXLARNÄR HAR LOGARITMISK SKALA.

I detta punktdiagram är spridningen något mer jämt fördelad över och under den röda linjen och MACRO-SE simulerar ofta koncentrationer inom samma storleksordning. Spridningen är dock relativt stor och korrelationen mellan uppmätta och simulerade koncentrationer är svag ($R^2=0,008$).

Ytterligare en jämförelse har genomförts mellan statistik på MACRO-SE:s simuleringar (tabell 7) och data från SLU:s regionala pesticiddatabas (tabell 6) varifrån man kan exportera data från diverse aktörers provtagning av pesticider i ytvatten och grundvatten. Statistik har beräknats för ytvatten i Skåne under perioden år 2000-2010. Prov i dricksvatten, grundvatten, dagvatten etc. har exkluderats. Även provtagningar som gjorts med misstanke om höga halter, till exempel efter en olycka, har exkluderats.

TABELL 6 UTDRAG AV STATISTIK FRÅN SLU:S REGIONALA PESTICIDDATAS ÖVER FYNDFREKVENS OCH FUNNA HALTER AV BEKÄMPNINGSMEDEL I SKÅNSKA YTVATTEN MELLAN ÅREN 2000-2010.

Substans	Antal Prov	Antal prov över detektionsgräns	Fyndfrekvens (%)	Maxhalt (µg/l)	Median (µg/l)	Medelhalt (µg/l)
isoproturon	394	166	42 %	9,4	0,04	0,21
diflufenikan	195	57	29 %	0,11	0,009	0,017
imidakloprid	113	37	33 %	8,5	0,037	0,73
metazaklor	395	76	19 %	25,0	0,05	0,42
kloridazon	224	72	32 %	0,74	0,04	0,09
bentazon	395	215	54 %	1,3	0,05	0,11

TABELL 7 STATISTIK PÅ SIMULERADE VÄRDEN AV MACRO-SE.

Substans	Vanlig detektions- gräns (µg/l)	Fyndfrekvens (% av simulerade värden som är över detektionsgränsen)	Maxhalt (µg/l)	Median (µg/l)	Medelhalt (µg/l)
isoproturon	0,001	32%	0,48	0,0066	0,0226
diflufenikan	0,002	0,1%	0,003	0,0023	0,0022
imidaklopid	0,002	12%	0,20	0,0050	0,0131
metazaklor	0,001	38%	0,37	0,0092	0,0196
kloridazon	0,002	8%	0,35	0,0051	0,0205
bentazon	0,005	27%	0,60	0,0155	0,0261

Medianen och medelvärdet för de simulerade koncentrationerna är betydligt lägre än statistiken från SLU:s databas trots att medelvärdet i båda fallen bara har räknats för värden över detektionsgränsen. Även fyndfrekvensen, beräknat på antal simulerade värden som är över den vanliga detektionsgränsen, är betydligt lägre än för SLU:s statistik förutom för metazaklor. Detta kan till stor del bero på att prover av bekämpningsmedel i miljöövervakningen tas där man misstänker att det finns risk för förhöjda halter medan simuleringen sker över hela Skåne, även där det inte är intensivt jordbruk. En annan faktor som påverkar resultatet är att modellresultat finns för årets alla månader medan flest prover i SLU:s databas har tagits under spridningssäsongen maj-november.

I alla jämförelser mellan modellerade och uppmätta värden så är resultatet sämst för diflufenikan och det skiljer sig markant från de andra substanserna. Det är mycket troligt att detta beror på att ytavrinning och erosion inte innefattas i MACRO-SE och att detta är särskilt viktiga spridningsvägar för diflufenikan. Eftersom diflufenikan har en låg vattenlöslighet och en låg rörlighet i mark så adsorberas substansen i stor utsträckning till jordpartiklar och en mindre del av den sprutade mängden lakas ur till dränering och grundvatten. Vid ytavrinning och erosion, t.ex. till följd av kraftigt regn, kan dock diflufenikan som bundits till jordpartiklarna sköljas med ut i vattendragen och detta kan inte simuleras i MACRO-SE.

Generellt sett kan man säga att resultaten från simuleringarna verkar underskatta koncentrationerna i vattendragen i de allra flesta fall. Det är dock viktigt att poängtera att en rättvis utvärdering av modellen skulle behöva mer data att jämföra med, från flera områden och flera år, och att dessa jämförelser bör göras genom att använda klimatdata i modellen som kommer från samma år som de uppmätta proverna är tagna. CKB planerar att göra sådana mer omfattande jämförelser och ytterligare förbättringar och kalibreringar av modellen kommer fortlöpande. Exempelvis är modellering av förluster genom ytavrinning och erosion under utveckling. En annan troligen viktig utvärdering är att jämföra hur simulerade och uppmätta värden skiljer sig ifall man simulerar spridning av diflufenikan delvis på våren.

Variationer över året

Simuleringsresultaten skiljer sig väldigt mycket från månad till månad, oftast med högst halter samma månad som den simulerade applikationsperioden eller månaden efter. Halter är heller inte nödvändigtvis lägre på vintern generellt utan det beror enligt analysen på vilket ämne det handlar om och vilken period som grödan besprutas. Den stora andelen höstsådda grödor som odlas i Skåne (ca 20-30 % av åkermarken enligt jordbruksverkets statistikdatabas) besprutas ofta innan vintern vilket kan medföra höga halter av vissa ämnen under dessa månader.

Det högre flödet under vintern bidrar också till att den totala transporten av bekämpningsmedel till havet är betydande. SLU:s undersökningar under vintrarna 2001-2002 och 2007-2008 visar på att 69 %, 13-50 % respektive 44 % av årstransporten skedde under vinterhalvåret (SLU 2003, SLU 2008 och SLU 2012). Detta medför att miljöövervakningen på Länsstyrelsen och i relevanta vattenråd bör överväga att, i alla fall i en testomgång, även ta prover under vintermånaderna precis som SLU gör. SLU:s rapporter framhåller också att endast provtagning på sommarhalvåret gör att både den totala årstransporten och antalet överskridanden av riktvärden sannolikt underskattas. Dock så är antalet påvisade substanser samt deras medelkoncentration generellt sett lägre under vintermånaderna. Enligt modellresultaten så förekommer speciellt isoproturon i höga halter under vintermånaderna oktober till december och detta stöds även av SLU:s (2003) provtagning där de påvisat en medelhalt av isoproturon på 1,0 µg/l under tre veckor i januari 2002.

Cocktaileffekt

Utgångspunkten för denna riskanalys har varit att se, ämne för ämne, om koncentrationen av substansen i ytvattenrecipienten överskrider riktvärdet. Något som inte tagits någon hänsyn till i och med detta är den så kallade cocktaileffekten, alltså att ämnen kan ha additiva, subtraktiva eller synergistiska effekter i kombination. I fallet med dessa bekämpningsmedel kan man spekulera i att ämnen med samma bekämpningsmekanismer har additiva effekter. Till exempel så är 5 av 6 av de utvalda bekämpningsmedlen herbicider och 4 av dem verkar genom att hämma växters fotosyntes så det är troligt att effekterna av dessa är additiva, åtminstone i sina effekter på vattenväxter, och därigenom kan utgöra en risk även om det enskilda bekämpningsmedlet är under gränsvärdet. Sekundära effekter från ogräsmedlen på fiskar och vatteninsekter beror förstås på andra mekanismer än hämning av fotosyntes och möjligheten till cocktaileffekter är därför svårare att spekulera i.

Medelvärdenas utjämnande egenskaper

I detta projekt har medelvärden använts för att beräkna de slutliga koncentrationerna i ytvatten. Medelvärden för både

bekämpningsmedelskoncentrationerna och vattenflödet per delavrinningsområde och per månad. Denna beräkning av medelvärden gör att resultaten blir utjämnade med färre extremvärden både höga och låga och alltså en lägre varians. Detta kan vara positivt utifrån att modellens osäkerheter får en mindre påverkan och mindre risk för extrema värden. Däremot är det förstås negativt med avseende på att eventuella maxvärden som kan uppkomma under vissa perioder inte kan förutspås med den här modellen. Sådana extremvärden i form av höga koncentrationer i pulser kan även vara relevanta både för humanrisk och ur ett ekotoxikologiskt perspektiv. Det är dock troligast att dessa pulser uppkommer under perioder (månader) då medelkoncentrationerna är som högst och med denna vetskap kan man använda modellen för att förutspå under vilka månader risken är högst och ta stickprover under dessa perioder för att närmare bestämma koncentrationerna.

Felkällor

Eftersom modellen MACRO är utvecklad för att beräkna bekämpningsmedelslakning i marklager så finns några viktiga spridningsvägar för bekämpningsmedel som inte inkluderas. De kanske viktigaste av dessa spridningsvägar är innan bekämpningsmedlet går ner i marken nämligen vindavdrivning, ytavrinning och erosion. Dessa tre bidrar troligen till att öka mängden bekämpningsmedel som når recipienten och är möjliga orsaker till varför modellen verkar underskatta koncentrationerna i vattendragen.

Modellen sträcker sig inte heller ut i recipienten så ingen hänsyn kan tas till några effekter från processer i vattnet som kan spela roll för slutkoncentrationen. Framförallt nedbrytning av ämnen när de väl har kommit ut i vattendragen beräknas ej i modellen. En annan av dessa processer är retention i sjöar genom uppehållstid för vattnet och adsorption till sediment, något som också kan påverka nedbrytningshastigheten.

Eftersom MACRO-SE i denna simulering endast tagit data från Skåne län så har transporten av bekämpningsmedel från vattendrag som har sitt ursprung i andra län inte kunnat räknas med i modellen. Detta kan påverka resultatet för vattendragen i huvudavrinningsområdena Skräbeån, Lagan, Stensån och Helge å (samt ett huvudavrinningsområde, med ursprung i Blekinge, som saknar namn). Jordbruket är dock mest intensivt i södra och sydvästra Skåne vilket gör att denna felkälla troligen har en liten effekt på helhetsbilden över riskerna med bekämpningsmedel i Skåne.

Odlingar i växthus är en annan relativt stor källa för spridning av vissa bekämpningsmedel, även till ytvatten (SLU 2009b), men spridning från växthus inkluderas ej i modellen. Detta kan främst påverka resultatet för insekticiden imidakloprid som används för tomat, gurka och prydnadsväxter i växthus och detta kan vara en bidragande orsak till att simulerade värden är generellt lägre än uppmätta värden. Övriga pesticider används ej för växthusodling.

Resultaten i denna rapport bygger på simuleringar av bekämpningsmedelsspridning med normal användning som utgångspunkt. Detta innebär att resultaten inte inbegriper sådana saker som spill och olyckor, exempelvis en vältning av traktorn på en åker eller inkorrekt rengöring av spruta med spill av bekämpningsmedel som följd. Sådana utsläpp av bekämpningsmedel kan möjligen ha en betydande påverkan punktvis som inte denna modellering kan svara för. Det utgör dock inget systematiskt fel i modellen utan uppkommer ”slumpvis” vilket gör att det inte påverkar riskkarteringen.

Slutsats

Resultaten från denna rapport (och ännu mer från Länsstyrelsens tidigare miljöövervakning) visar att Skånes vattendrag är hårt belastade av bekämpningsmedel. Varje rött eller orange område på kartan visar att det är troligt att bekämpningsmedel har en skadande effekt på de levande organismerna i vattnet. Detta är förstås allvarligt och värt att poängtera.

Jämförelser mellan simulerade koncentrationer och koncentrationer uppmätta i fält visar att MACRO-SE ofta ger prediktioner inom samma storleksordning som uppmäts i fält men att den verkar tendera att underskatta koncentrationerna på det sätt modellen använts i detta projekt. Det här indikerar att bekämpningsmedelskoncentrationerna ofta är ännu högre än riskkartorna visar, särskilt för diflufenikan.

Att bekämpningsmedel utgör ett problem i många bäckar och åar i Skåne har varit känt sedan tidigare genom miljöövervakning och punktvisa insatser men denna rapport ger en översiktlig bild över situationen över hela länet. Riskkartorna ger även en möjlighet att förutse inom vilka områden specifika aktiva substanser har en förhöjd risk och därigenom kan kartorna användas för riktade och kostnadseffektiva mätningar och åtgärdsförslag. Modellen har även potential att användas för att utvärdera effekterna av olika åtgärdsförslag, till exempel ändrade spridningstidpunkter, lägre doser eller ändrade grödval.

Denna studie är ett urval av några bekämpningsmedel som ofta detekteras i ytvattenprover och är inte en heltäckande redovisning över bekämpningsmedelsspridning i Skåne. Inga substanser som används vid odling i växthus och fruktodling har inkluderats i studien eftersom MACRO-SE endast modellerar frilandsodling. Framför allt så inkluderas endast läckage till ytvatten och inte till djupt grundvatten som står för en betydande del (ca 40 %) av dricksvattenuttaget i Skåne. För att komplettera bilden av riskerna med bekämpningsmedel i länet så bör motsvarande projekt genomföras för läckage till grundvattnet och även detta kan genomföras på ett liknande sätt med modellen MACRO-SE och efterföljande beräkningar och analys.

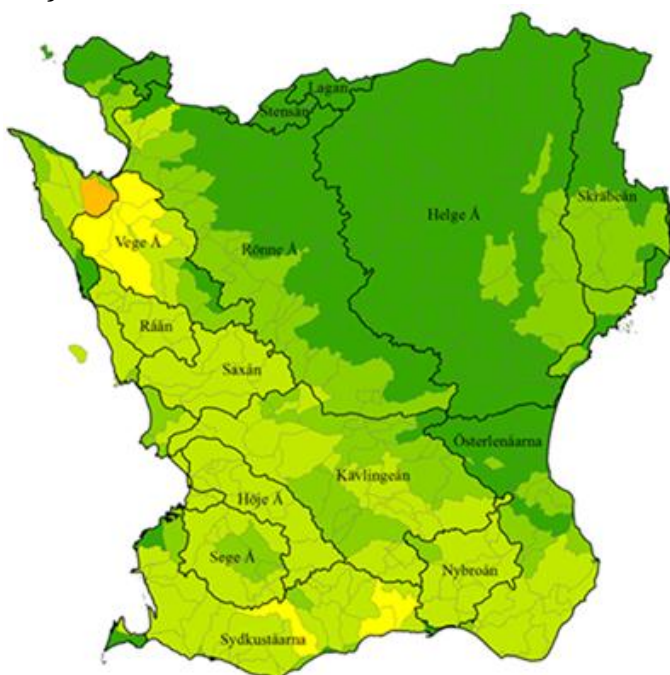
Referenser

- Bayer Cropsience (2013a) Cougar. <http://www.cropsience.bayer.se/sv-SE/Produkter/Cougar.aspx> Hämtad: 2013-11-26
- Bayer Cropsience (2013b) Gaucho. <http://www.cropsience.bayer.se/sv-SE/Produkter/Gaucho.aspx> Hämtad: 2013-11-26
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2008/105/EG av den 16 december 2008 om miljökvalitetsnormer inom vattenpolitikens område och ändring och senare upphävande av rådets direktiv 82/176/EEG, 83/513/EEG, 84/156/EEG, 84/491/EEG och 86/280/EEG, samt om ändring av Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:SV:PDF>
- Kemikalieinspektionen (1997a) Diflufenikan. <http://apps.kemi.se/bkmregoff/bkmlblad/Difluf.pdf> Uppd.: dec 1997 Hämtad: 2013-11-26.
- Kemikalieinspektionen (1997b) Bentazon. <http://apps.kemi.se/bkmregoff/bkmlblad/Bentazon.pdf> Uppd.: nov 1997 Hämtad: 2013-12-09
- Kemikalieinspektionen (1998) Kloridazon. <https://apps.kemi.se/bkmregoff/bkmlblad/Kloridaz.pdf> Uppd.: feb 1998 Hämtad: 2013-11-27
- Kemikalieinspektionen (2008) Sammanställning av protokoll om riktvärden för växtskyddsmedel i ytvatten. http://www.kemi.se/Documents/Bekämpningsmedel/Vaxtskyddsmedel/Protokoll_riktvarden_vaxtskyddsmedel.pdf Version: 2008-04-29 Hämtad: 2013-11-27
- Kemikalieinspektionen (2011) Riktvärden för ytvatten. Senast uppdaterad: 2011-02-20 Hämtad: 2013-11-26 <http://www.kemi.se/sv/Innehall/Bekämpningsmedel/Vaxtskyddsmedel/Vaxtskyddsmedel-i-Sverige/Riktvarden-for-ytvatten/>
- Kemikalieinspektionen (2013) Bekämpningsmedelsregistret <http://apps.kemi.se/bkmregoff/>
- Kemikalieinspektionen (2013) Växtskyddsmedel med neonikotinoider dras tillbaka. <http://www.kemi.se/sv/Innehall/Nyheter/Vaxtskyddsmedel-med-neonikotinoider-dras-tillbaka/> Senast uppdaterad: 2013-10-07 Hämtad: 2013-11-26
- Köhne J.M., Köhne S., Šimůnek J. (2009) A review of model applications for structured soils: a) Water flow and tracer transport & b) Pesticide transport. Journal of Contaminant Hydrology 104(1–4): 4-60
- Länsstyrelsen i Skåne län (2010) Bekämpningsmedel i skånska vattendrag. Resultat från den regionala miljöövervakningen 2010. Rapport 2011:15
- Naturvårdsverket (2008) Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Stöd till vattenmyndigheterna vid statusklassificering och fastställande av MKN. Rapport 5799.
- PPDB: Pesticide Properties DataBase (2013) A to Z List of Pesticide Active Ingredients. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> Senast uppdaterad: 2013-11-20. Hämtad: 2013-11-26
- SCB (2011) Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2010, användning i grödor. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden MI 31 SM 1101. http://www.scb.se/statistik/MI/MI0502/2009I10/MI0502_2009I10_SM_MI31SM1101.pdf
- SCB (2012) Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel. http://www.scb.se/statistik/publikationer/MI0503_2012A01_BR_MI0503BR1301.pdf
- SLU (2003) Vinterprovtagning av bekämpningsmedel i Venmenhögsån 2001/2002. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära, Teknisk rapport 69. Uppsala 2003. http://www.slu.se/Documents/externwebben/centrumbildningar-projekt/ckb/Publikationer/Teknisk%20rapport/Teknisk%20rapport_69_vinter%202001_2002.pdf
- SLU (2008) Vinterprovtagning av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) i vatten från typområden 2007/2008. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära, ekohydrologi 107. Uppsala 2008. http://pub.epsilon.slu.se/5404/1/adielsson_s_et_al_101101.pdf
- SLU (2009a) Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel). Sveriges Lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära, Ekohydrologi 115. Uppsala 2009.
- SLU (2009b) Bekämpningsmedel i vattendrag från områden med odling av trädgårdsgrödor under 2008. Sveriges Lantbruksuniversitet, Avdelningen för vattenvårdslära, Ekohydrologi 110. Uppsala 2009.
- SLU (2011) Preliminära riktvärden för växtskyddsmedel i ytvatten, beräkning av riktvärden för 64 växtskyddsmedel som saknar svenskt riktvärde. Teknisk rapport 144. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. <http://www.slu.se/Documents/externwebben/centrumbildningar-projekt/ckb/Publikationer/Teknisk%20rapport/Teknisk%20rapport%20144.pdf>
- SLU (2012) Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel). Årssammanställning 2012. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö, Rapport 2013:14. Uppsala 2012.
- WHO (2003) Isoproturon in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/isoproturon.pdf

Bilaga 1 – Alla riskkartor

Isoproturon

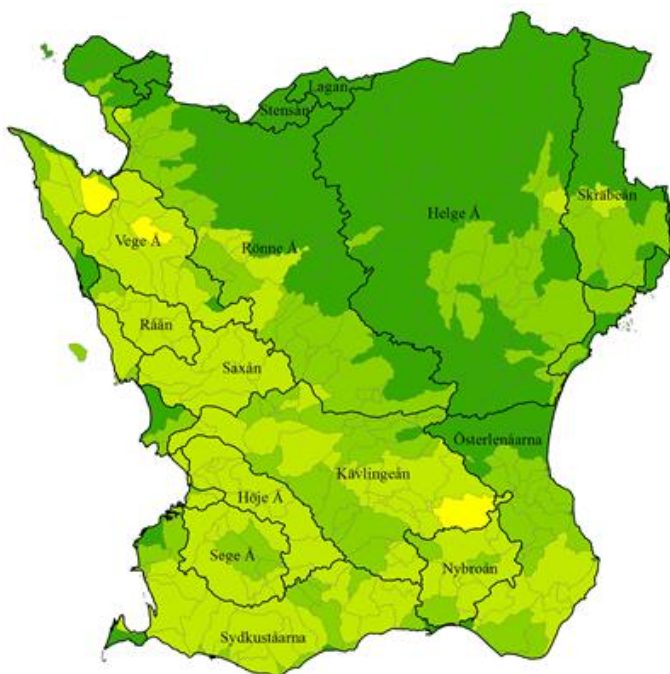
januari



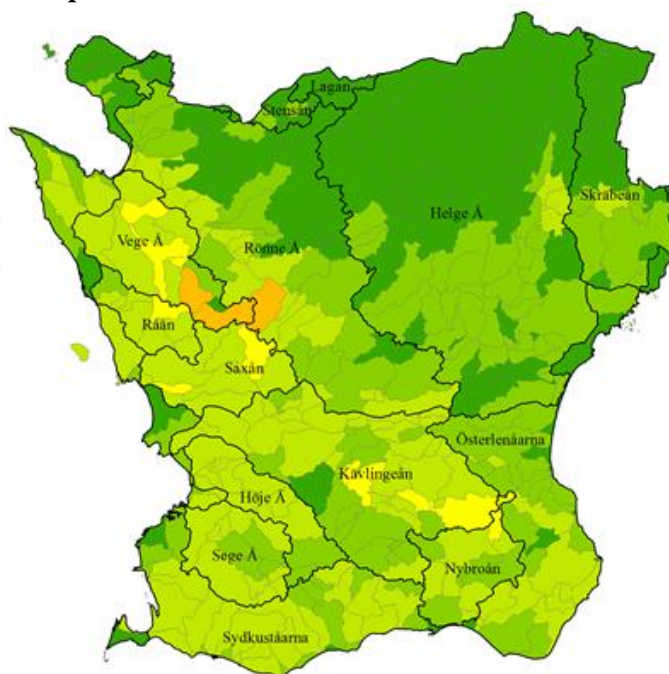
februari



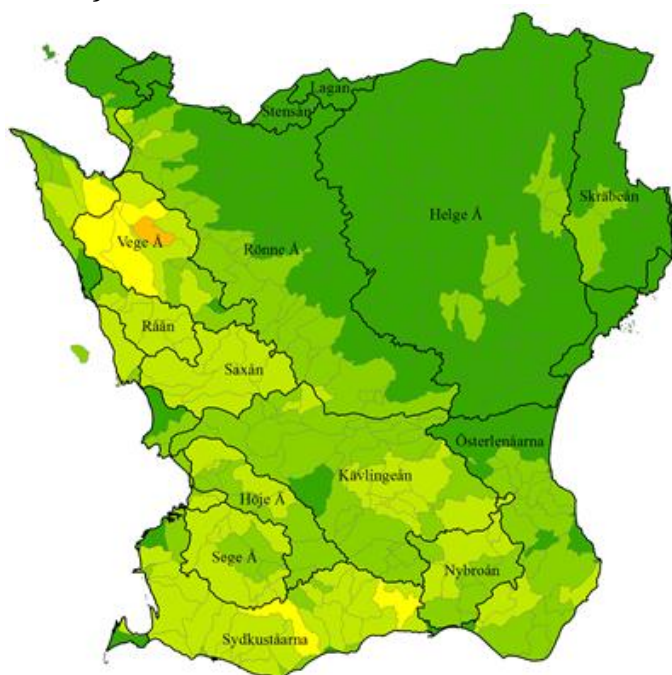
mars



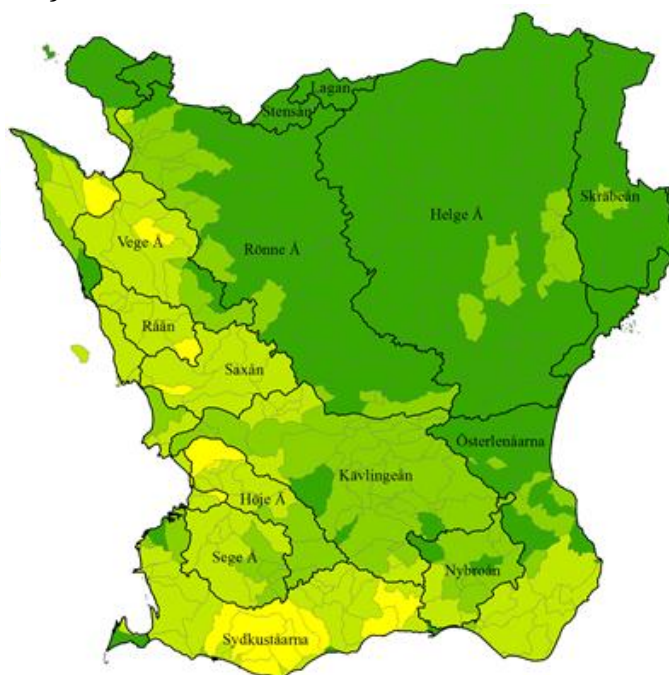
april



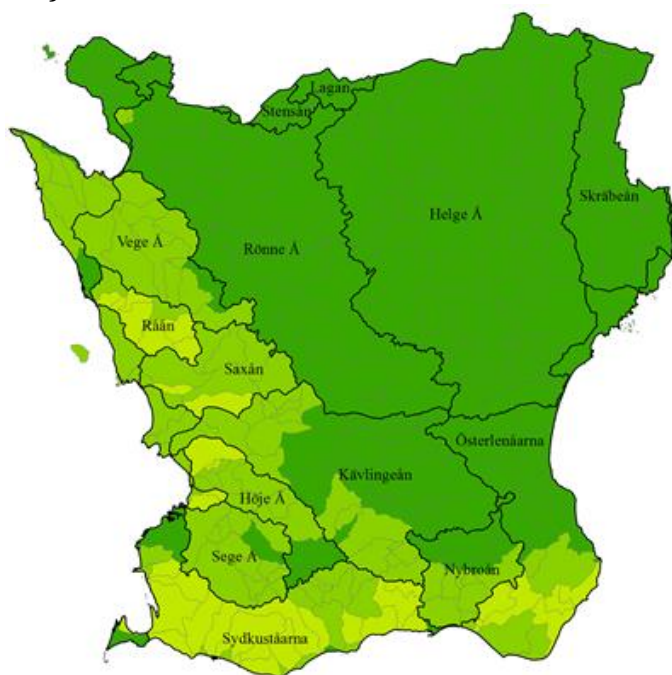
maj



juni



juli



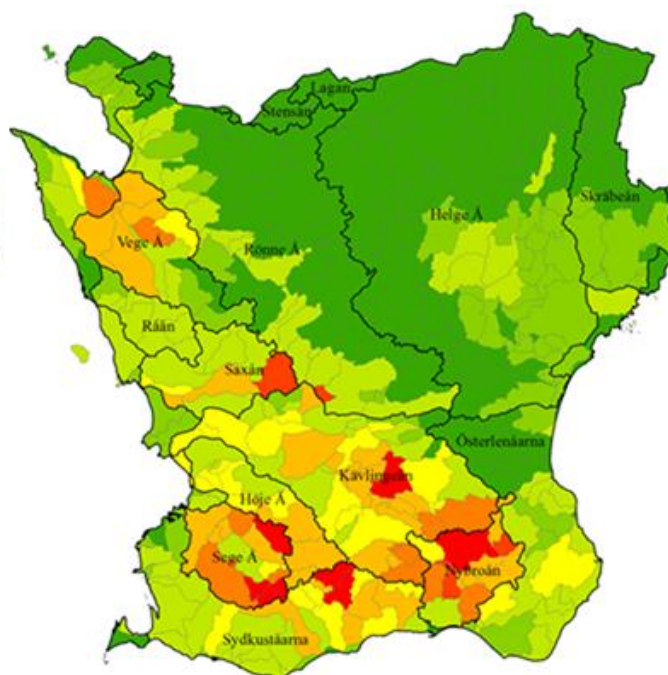
augusti



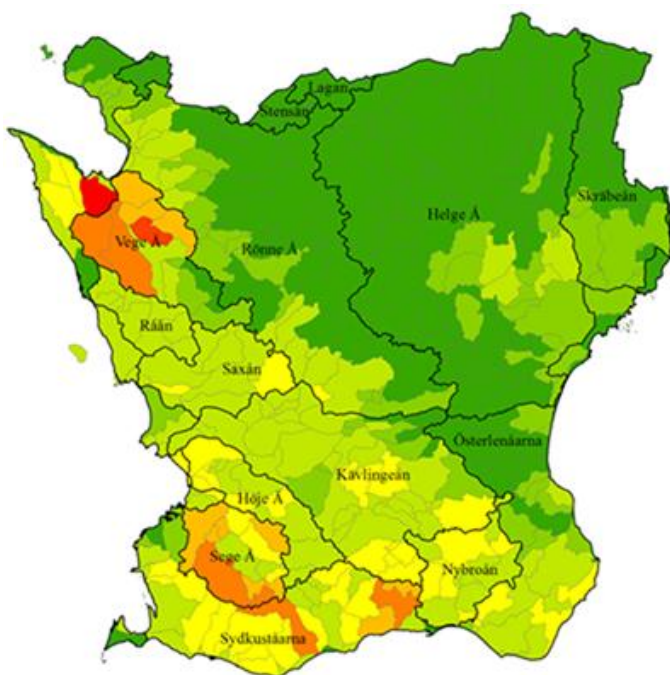
september



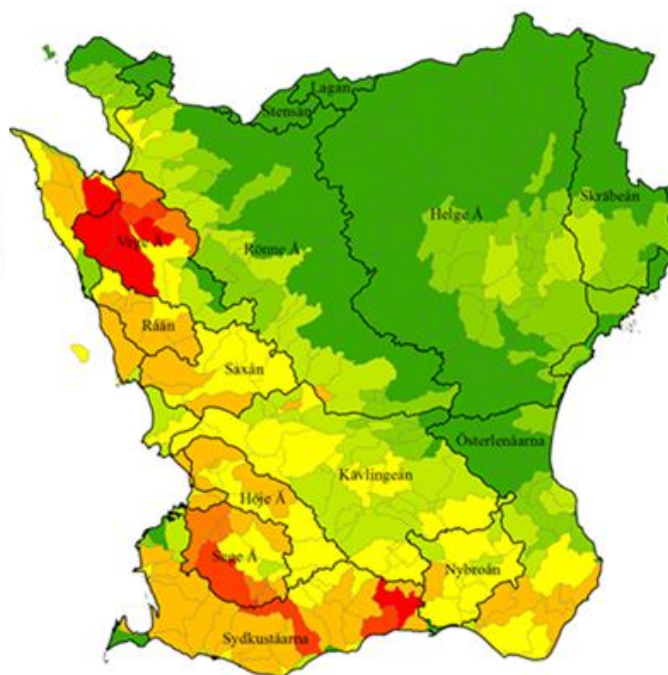
oktober



november



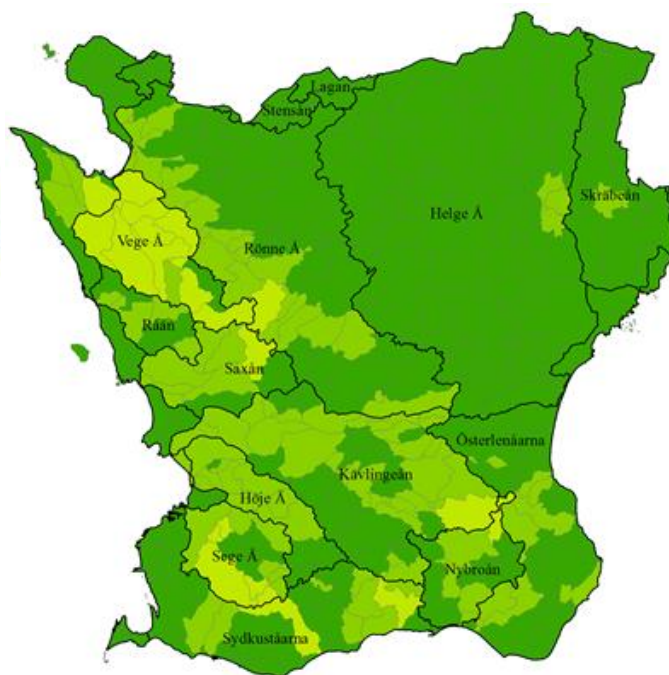
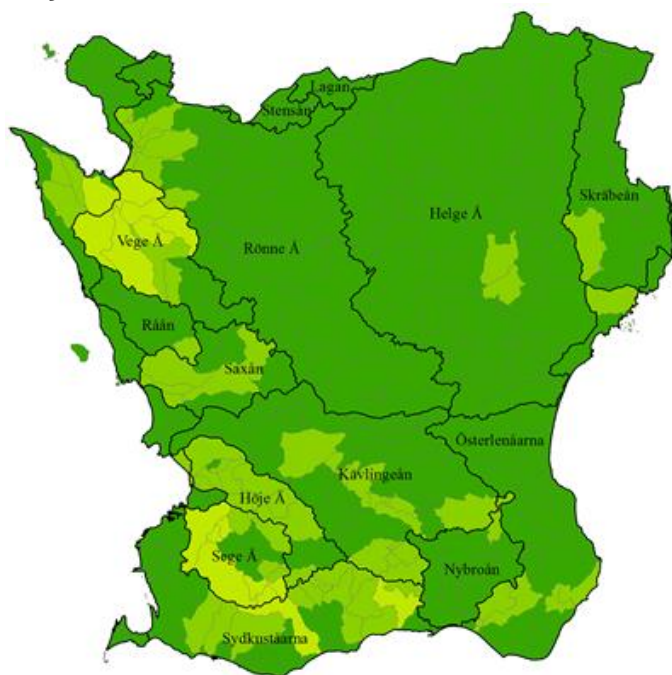
december



Diflufenikan

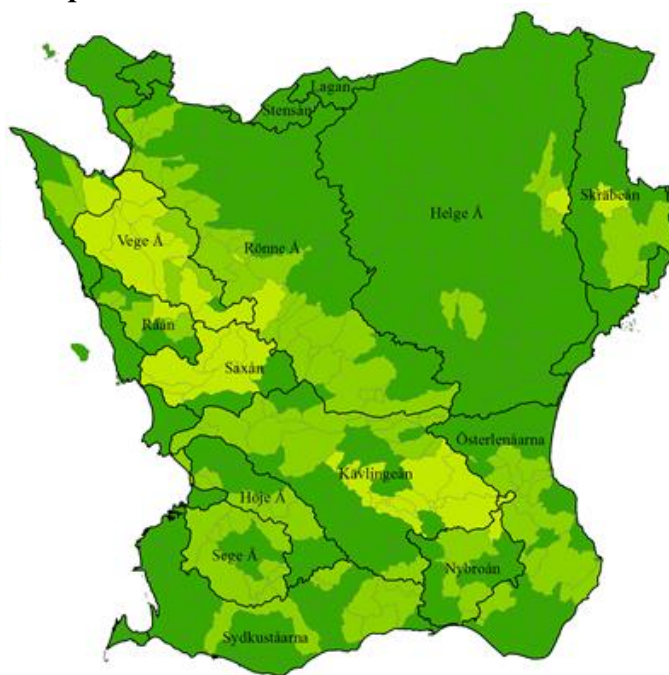
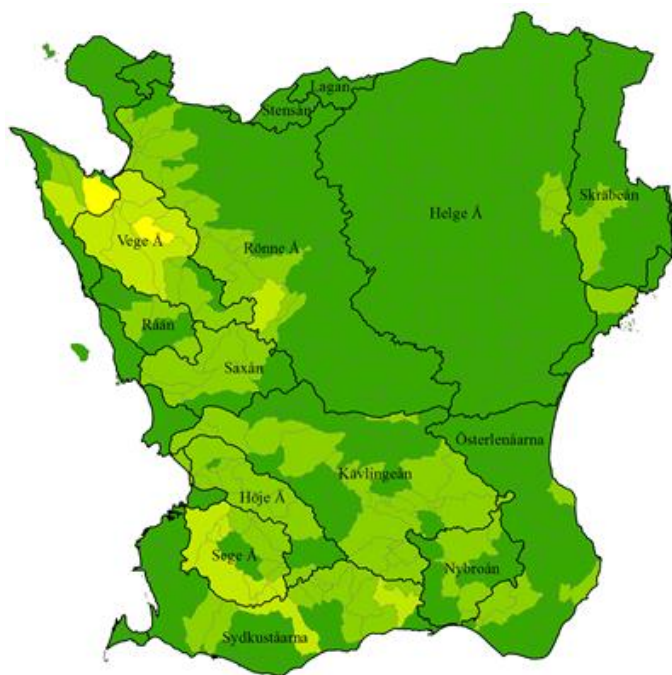
januari

februari

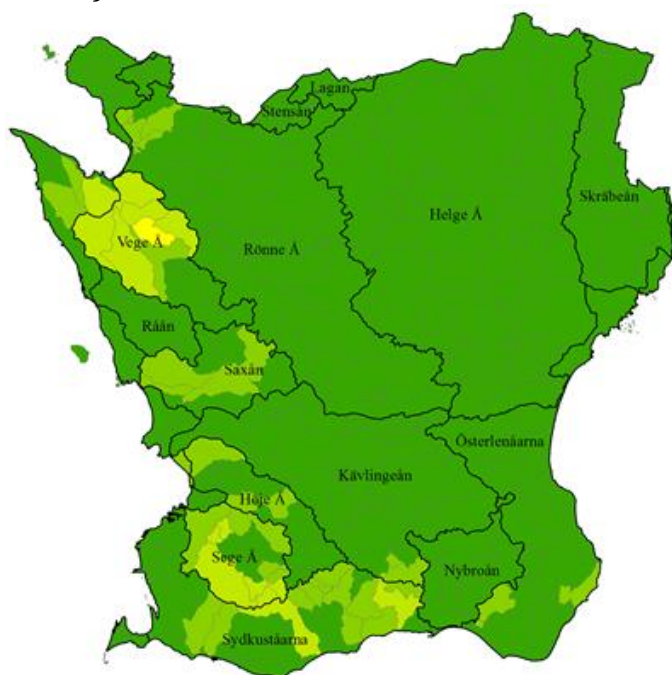


mars

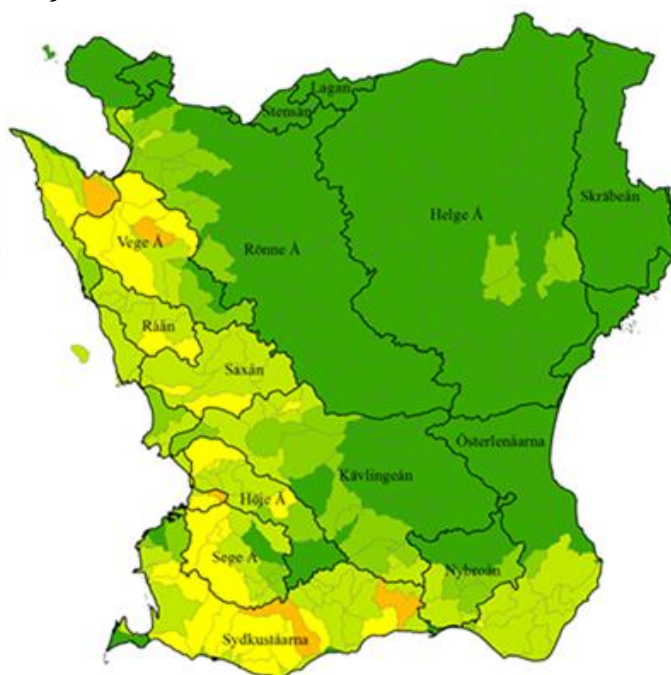
april



maj



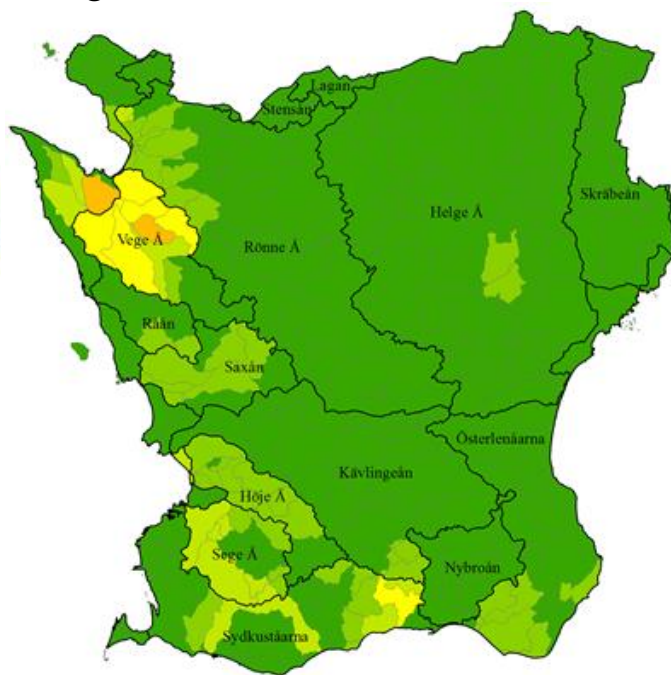
juni



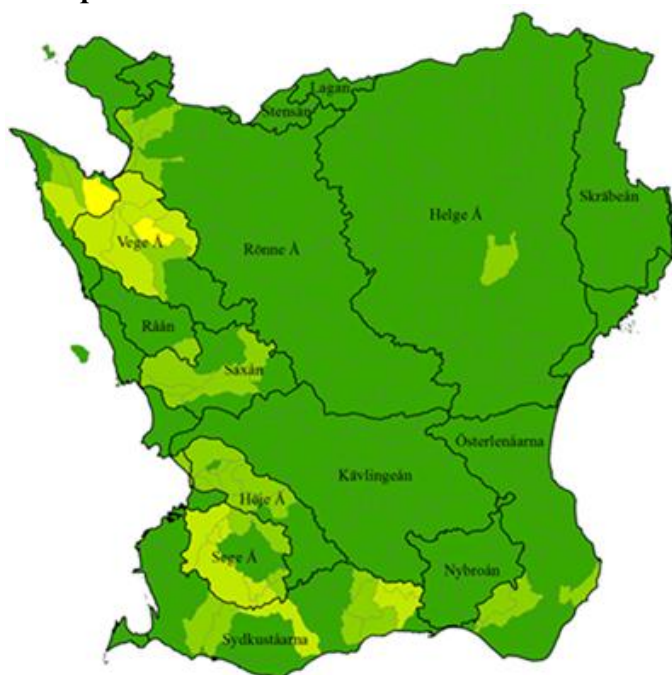
juli



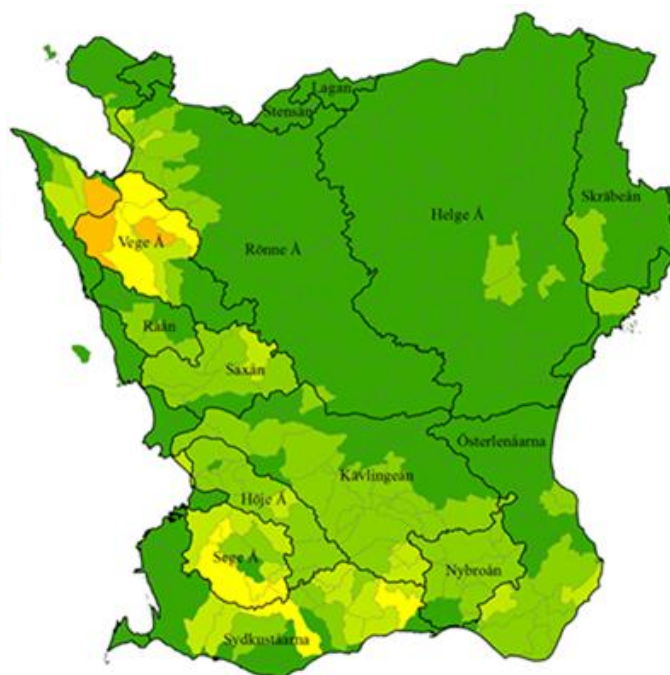
augusti



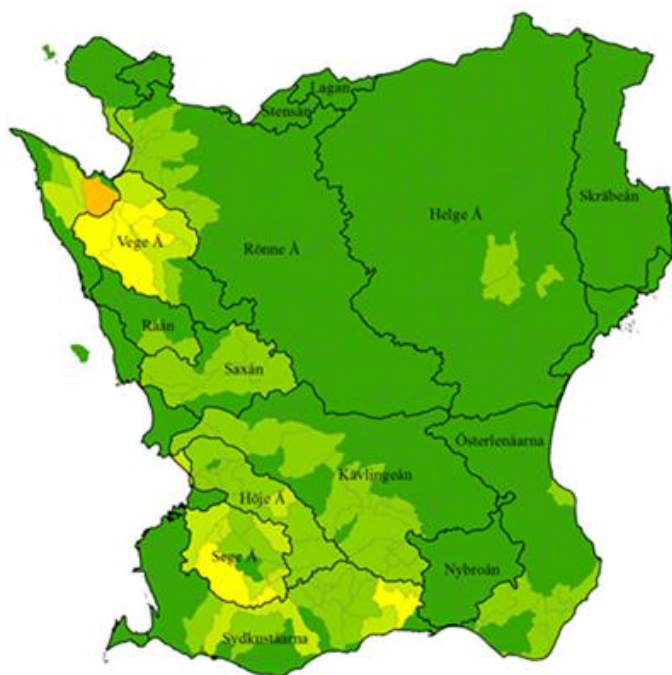
september



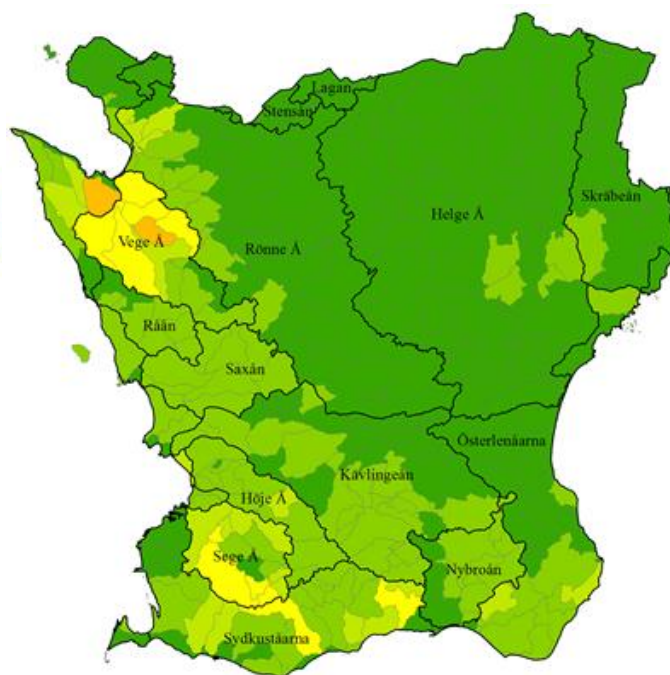
oktober



november

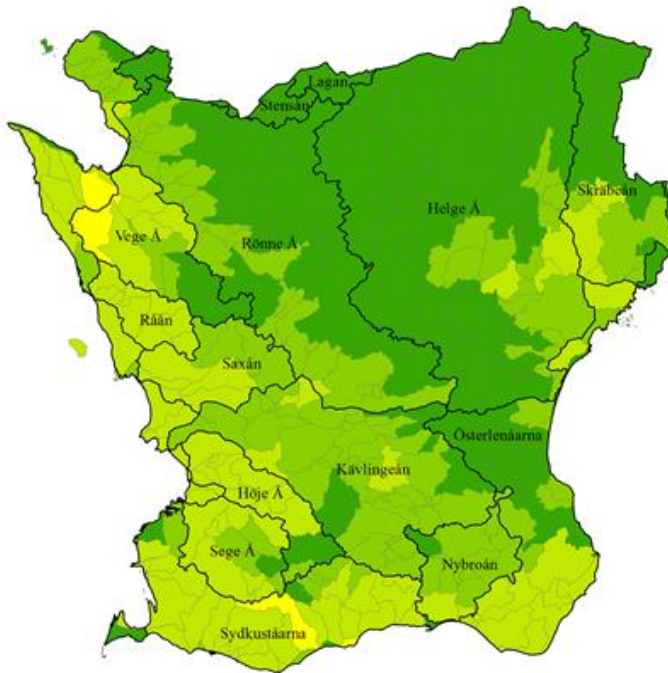


december

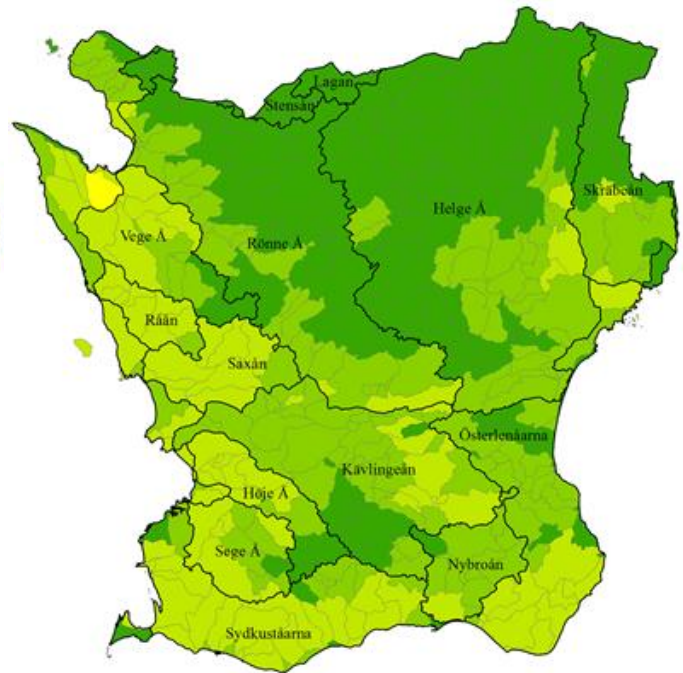


Imidakloprid

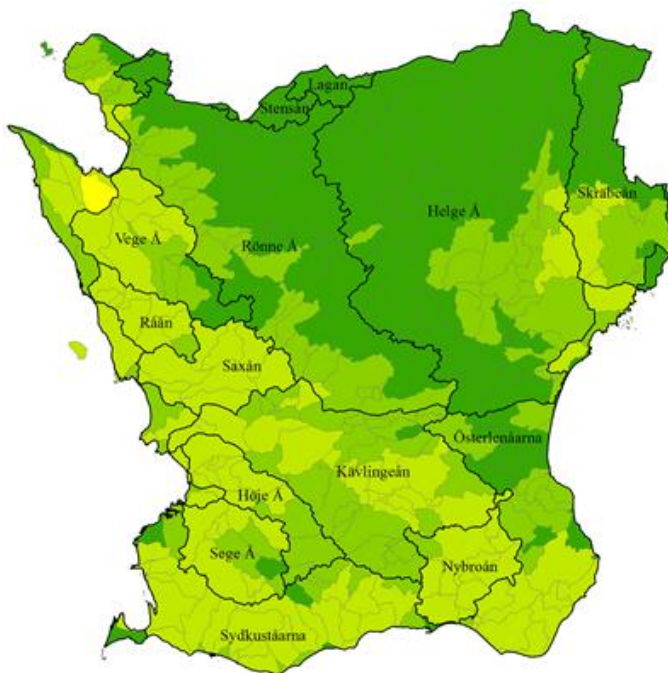
januari



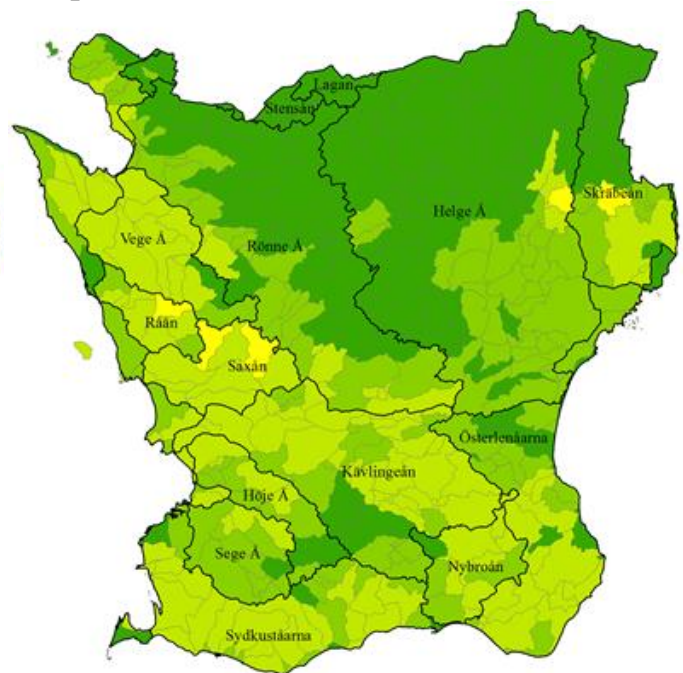
februari



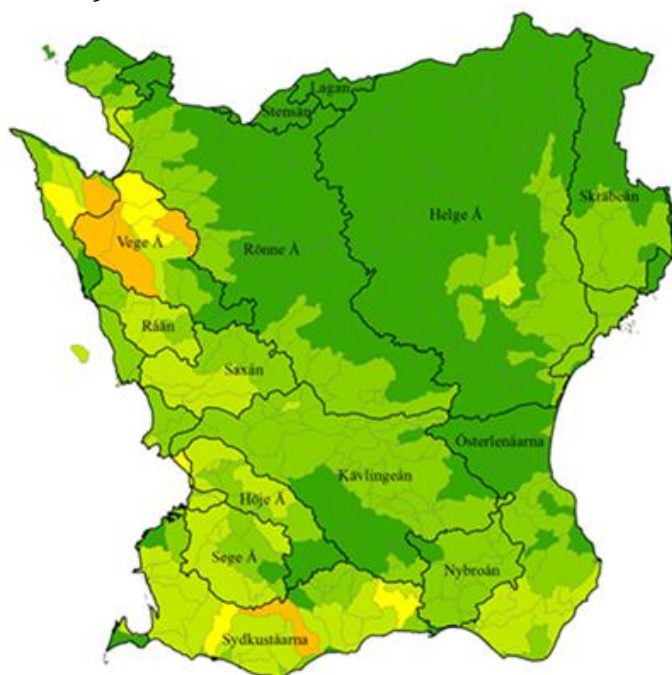
mars



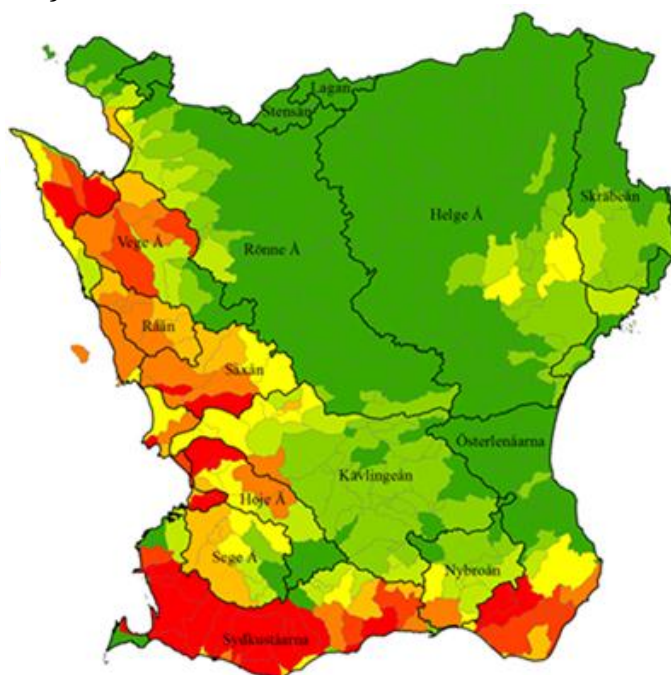
april



maj



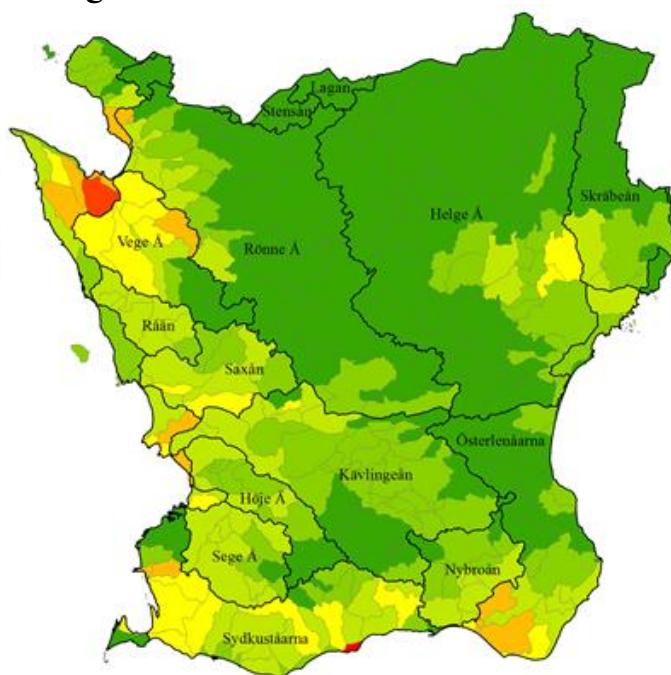
juni



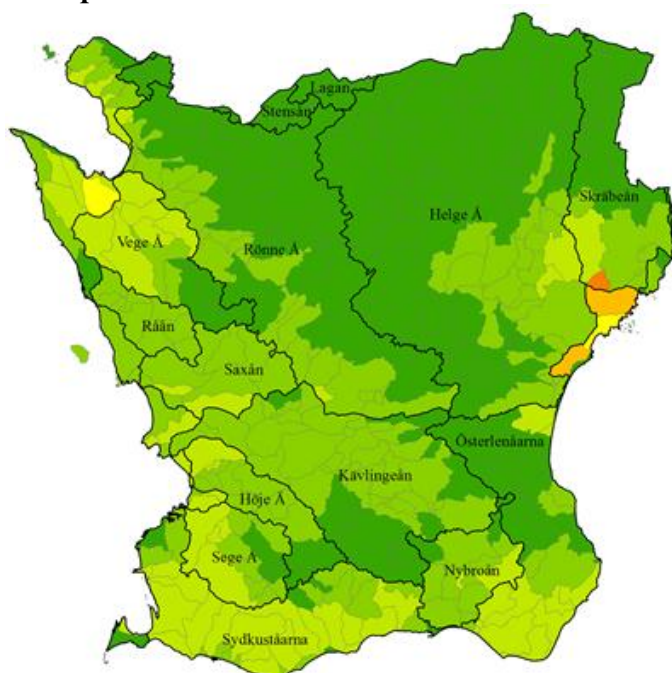
juli



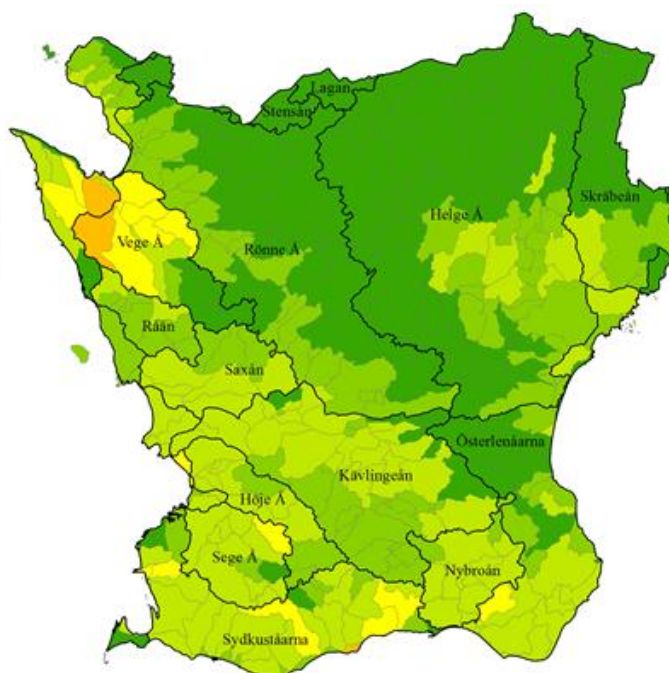
augusti



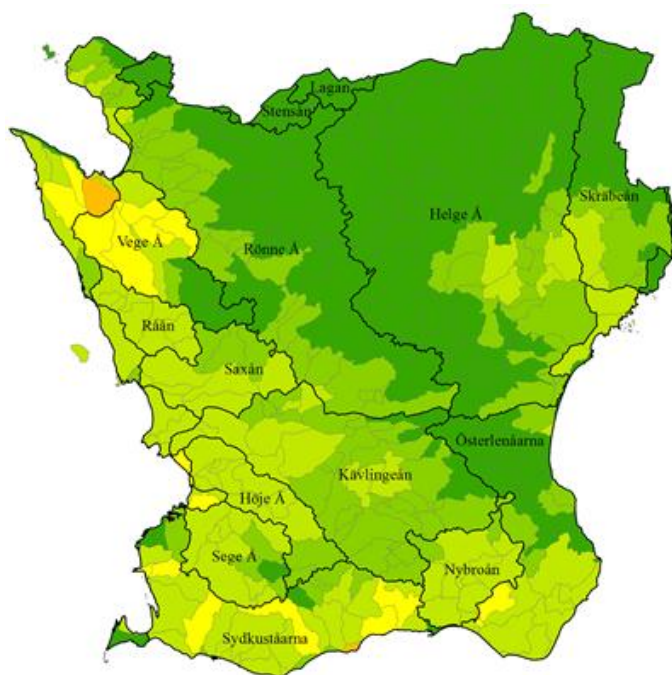
september



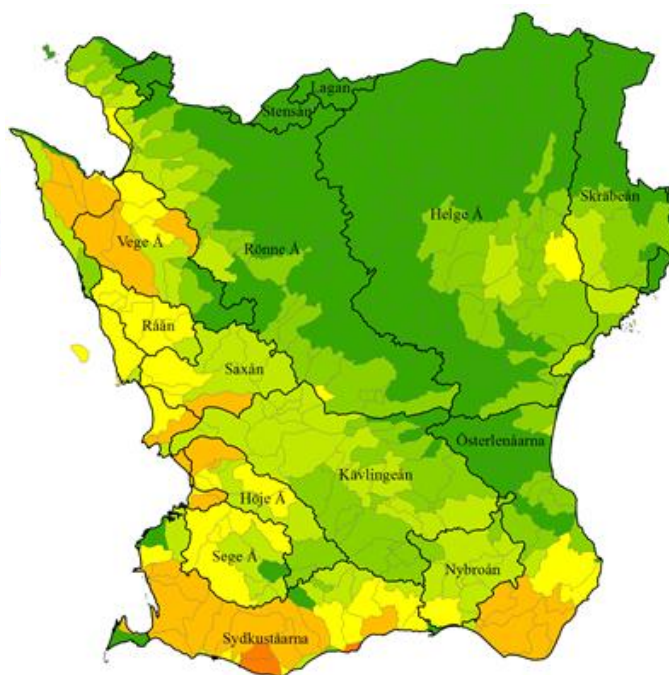
oktober



november

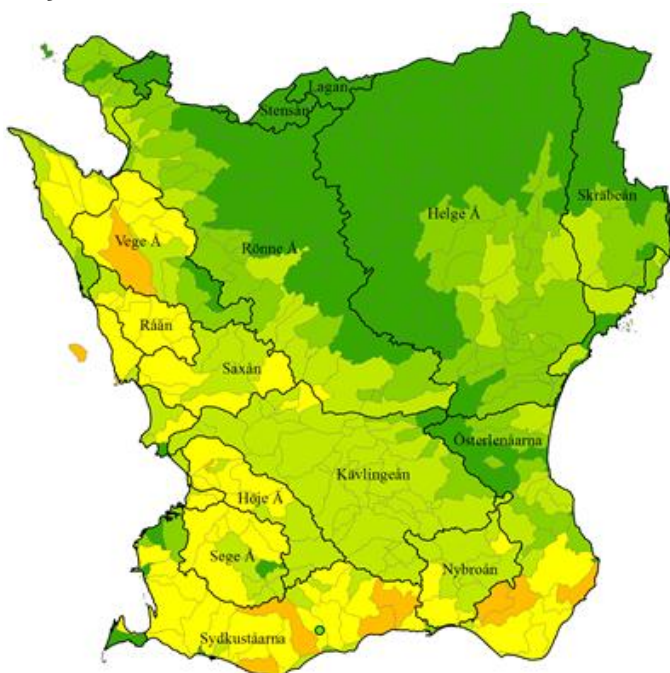


december

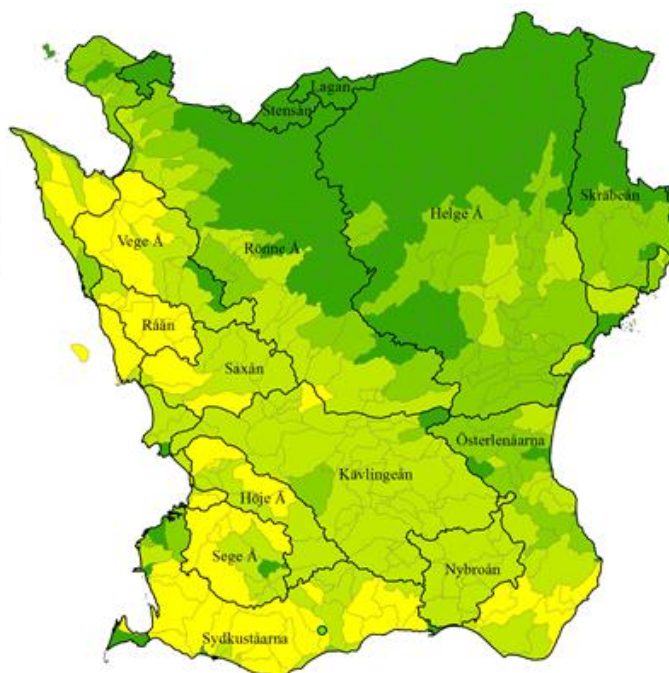


Metazaklor

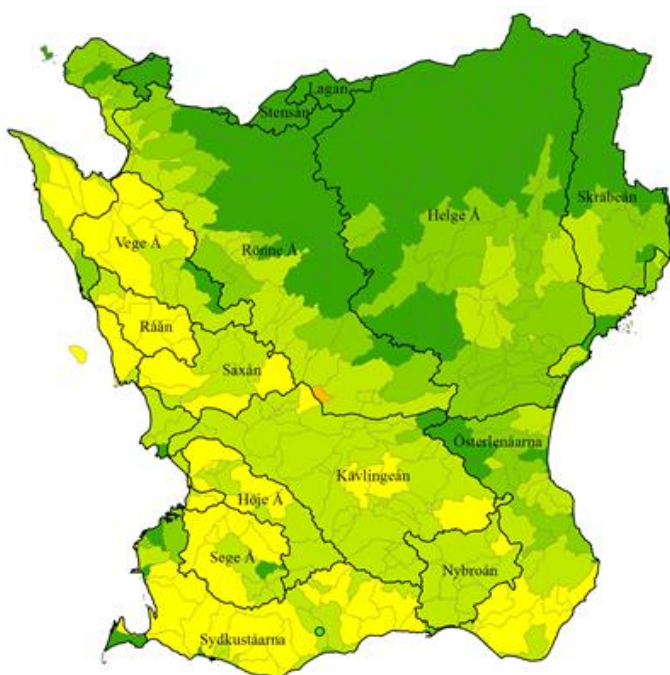
januari



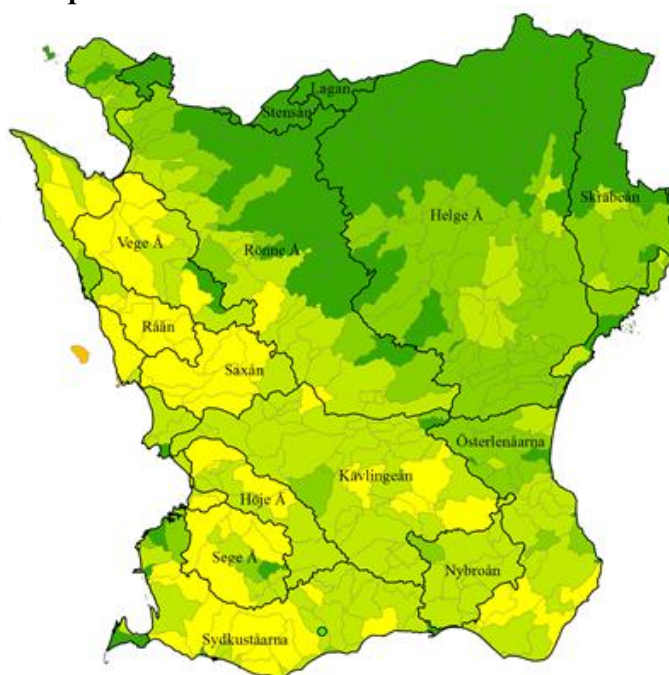
februari



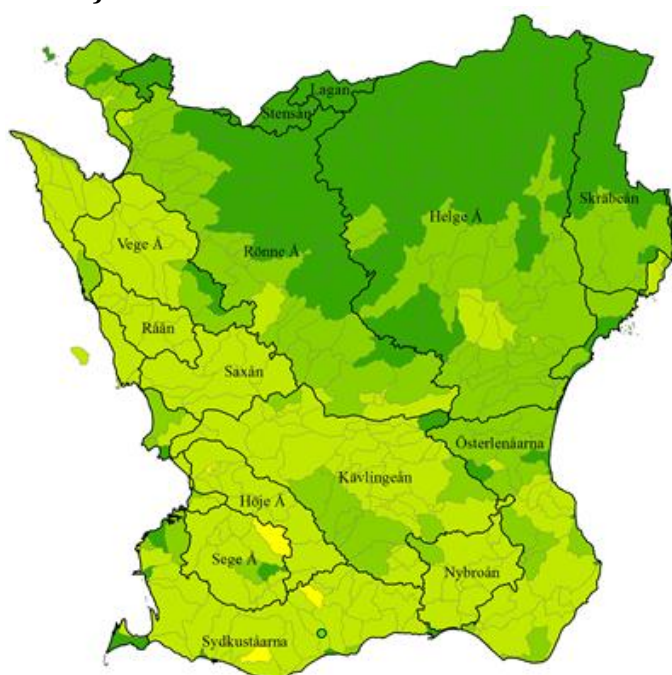
mars



april



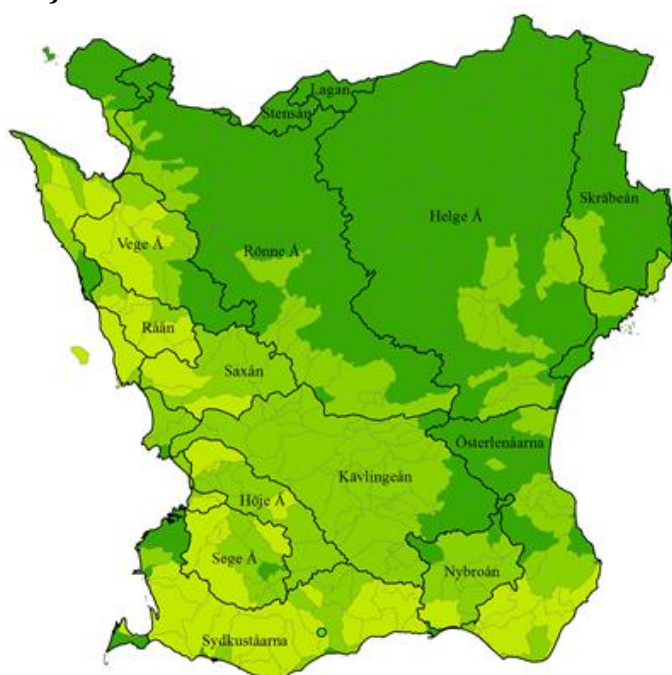
maj



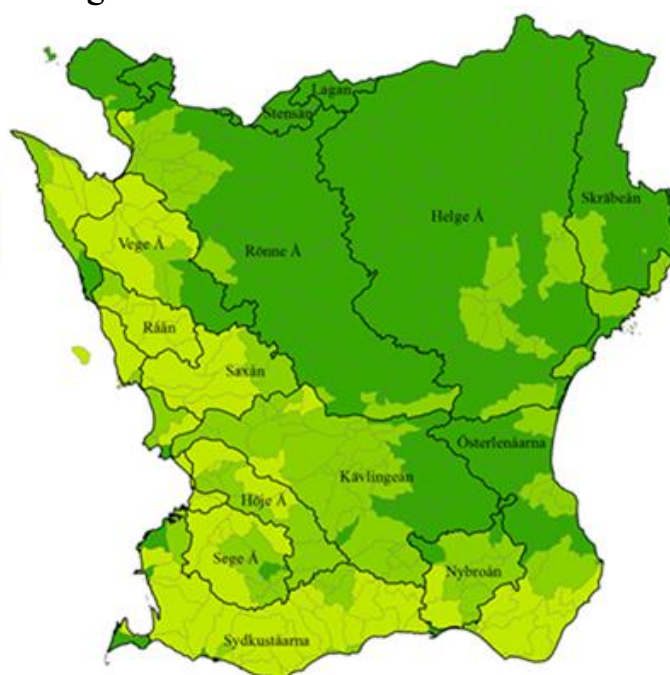
juni



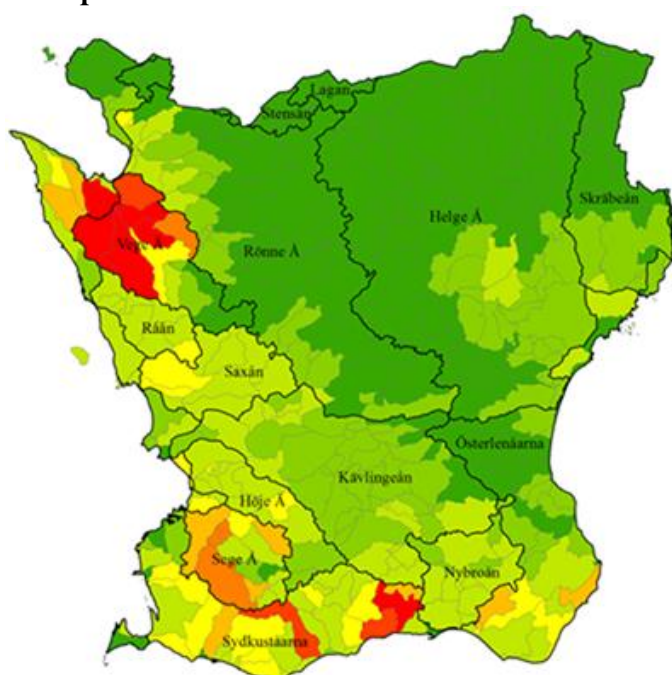
juli



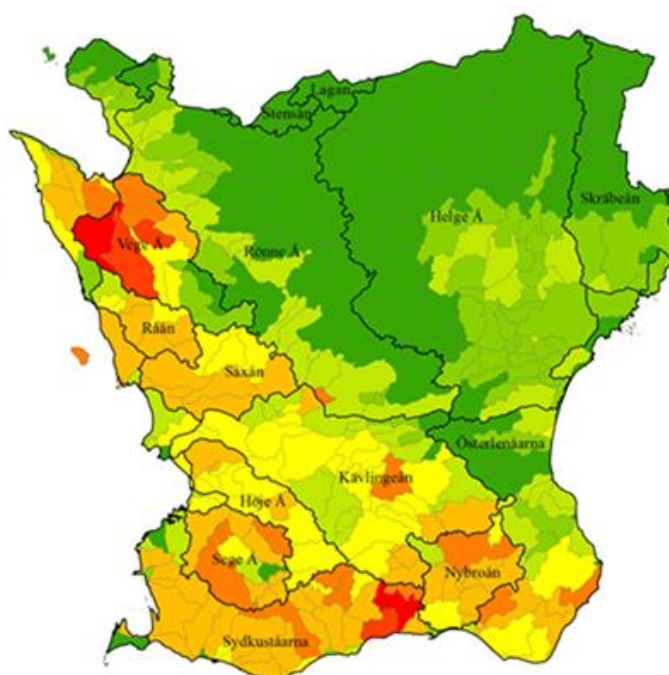
augusti



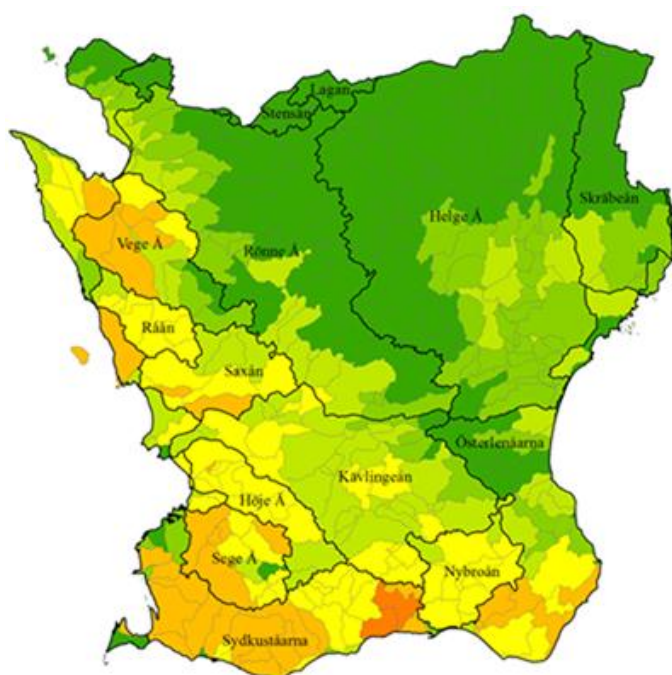
september



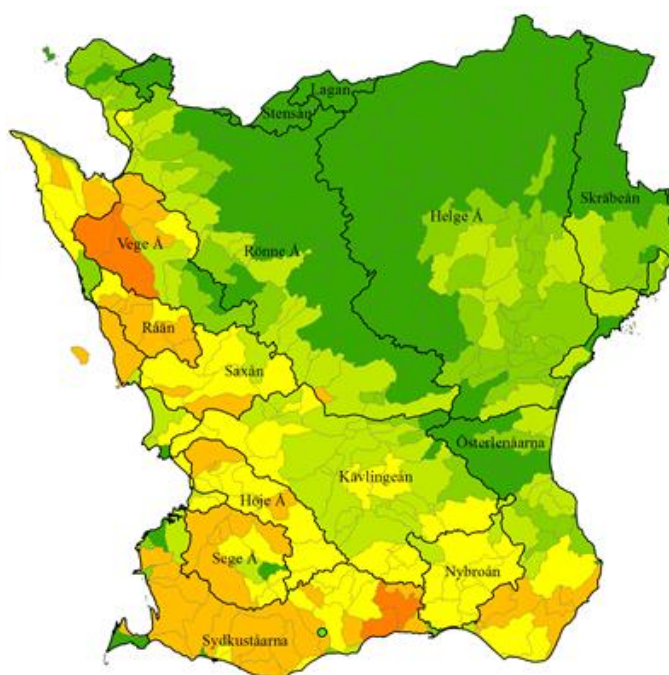
oktober



november



december



Kloridazon

januari



februari



mars



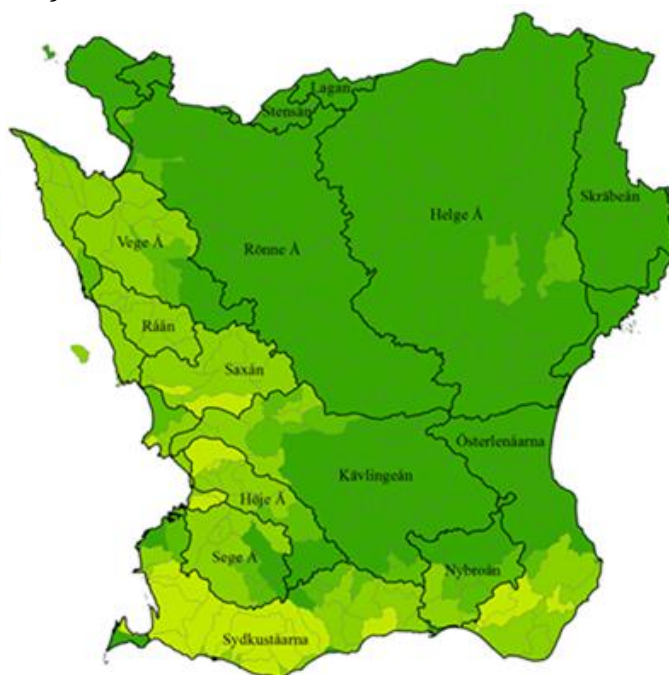
april



maj



juni



juli



augusti



september



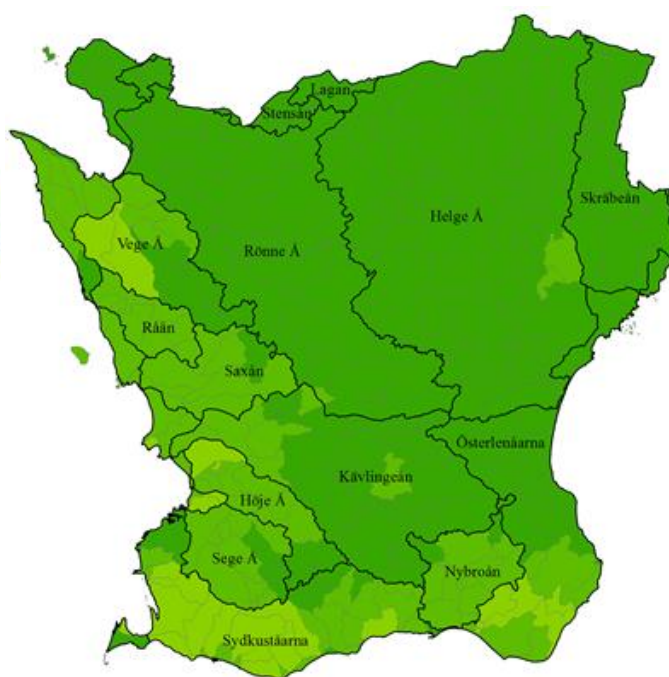
oktober



november



december



Bentazon

januari

februari



mars

april



maj



juni



juli



augusti



september



oktober



november

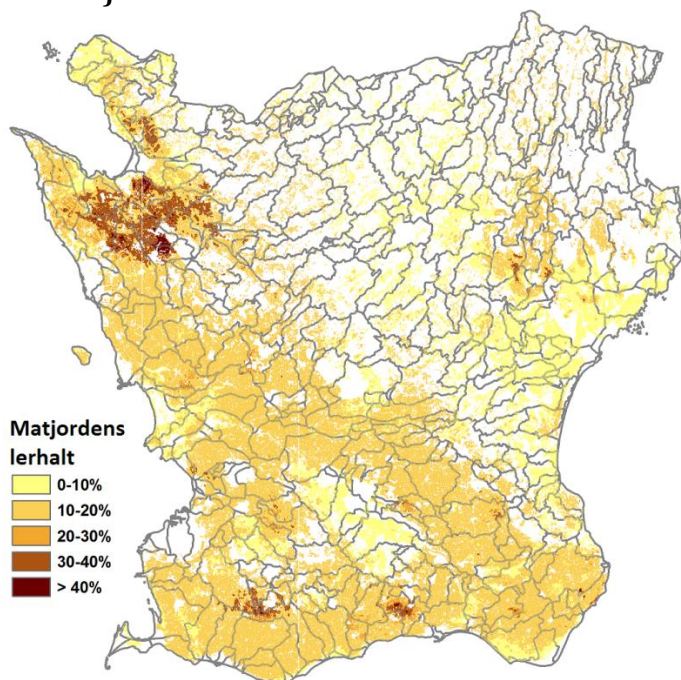


december

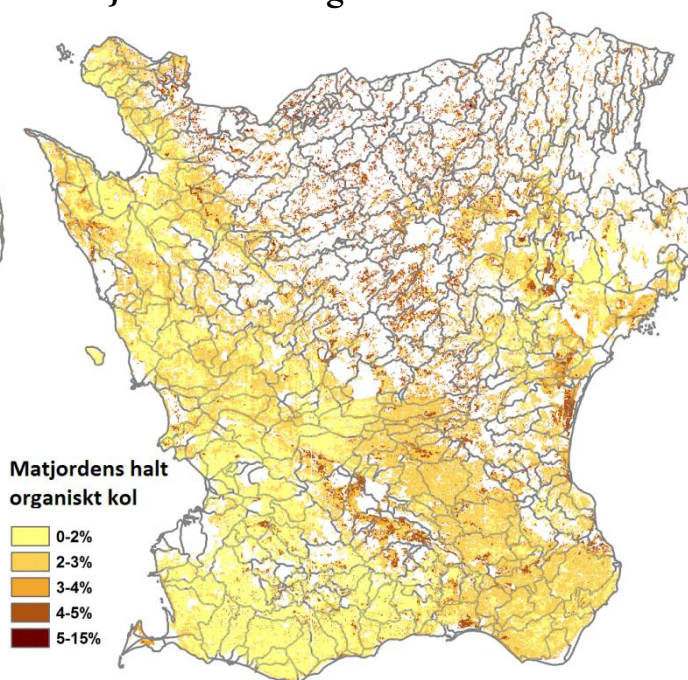


Bilaga 2 – Jordartskartor

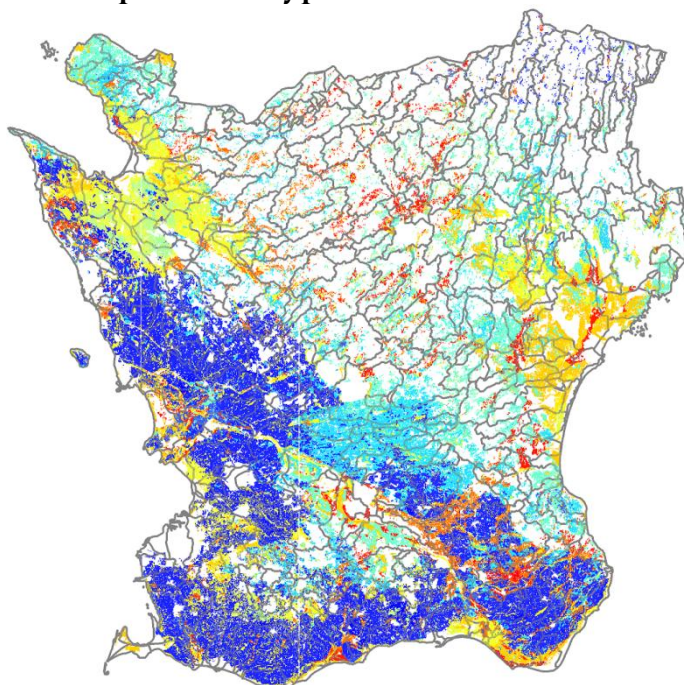
matjordens lerhalt



matjordens halt organiskt kol



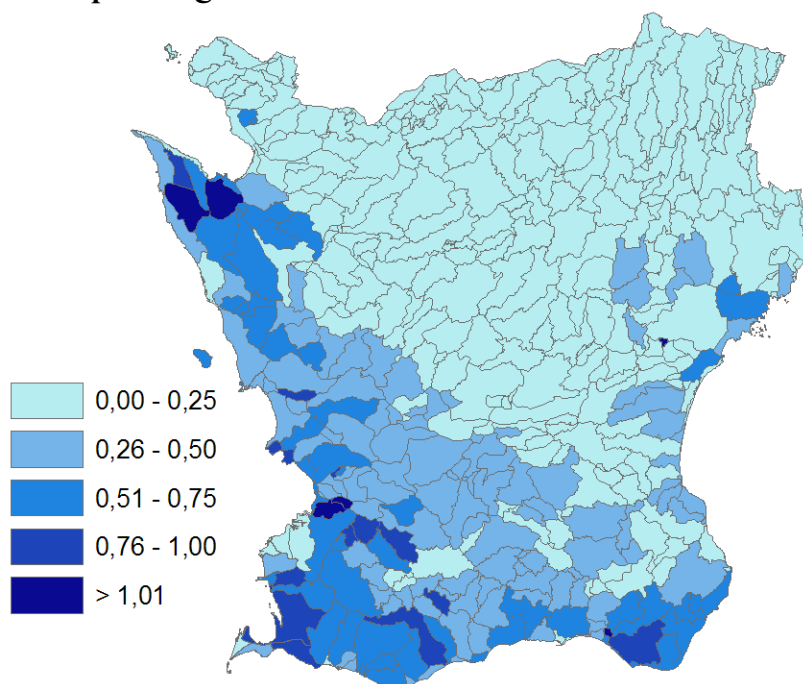
Footprint Soil Type



Kartan visa diversiteten av jordartstyper som används i MACRO-SE. Kartan har dock ingen legend eftersom färgerna inte visar något om jordens egenskaper.

Bilaga 3 – Vattenflödes- & utspädningskartor

utspädningsfaktor

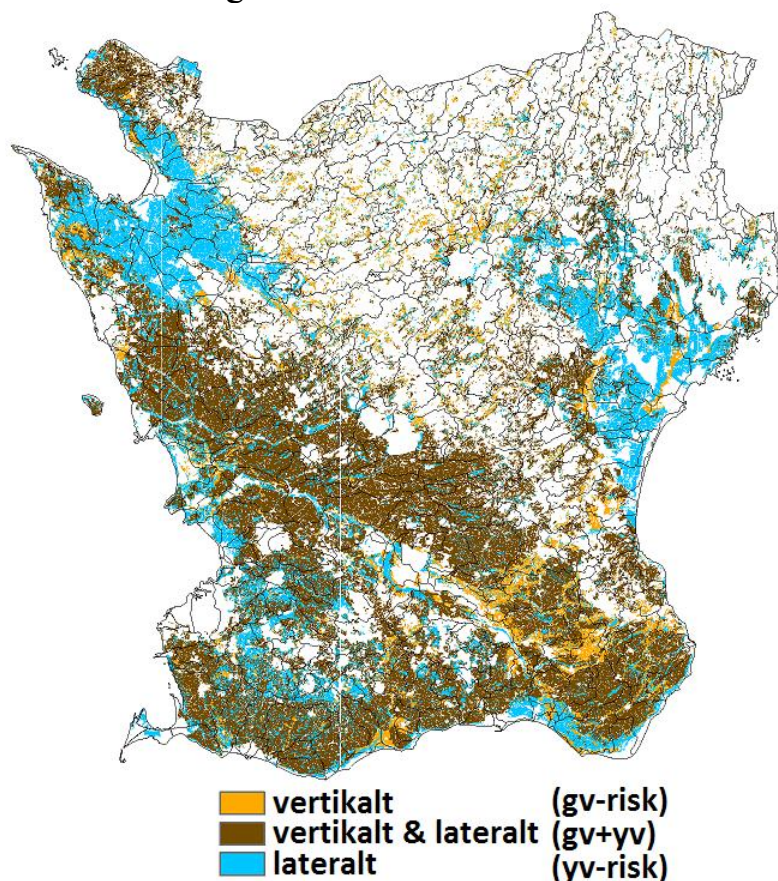


Denna karta visar ett exempel på den beräknade utspädningsfaktorn i varje delavrinningsområde. Variabeln är beräknad genom att dividera flödet från dräneringsrören (MACRO-SE) med flödet i vattendraget (S-HYPE).

I de få fall där utspädningsfaktorn beräknas vara högre än 1 så sätts den till 1 istället. Detta eftersom koncentrationen annars skulle vara högre i vattendraget än i dräneringsröret (orimligt).

Kartan visar genomsnittet för årets alla månader.

huvudsakligt vattenflöde



Denna karta visar om det huvudsakliga vattenflödet i jorden är vertikalt (risk för läckage till djupt grundvatten där dricksvattenuttag kan ske) eller lateralt (risk för läckage till ytvatten eller ytligt grundvatten) eller både och.

Risckartering av bekämpningsmedel i skånska ytvatten



Länsstyrelsen
Skåne

www.lansstyrelsen.se/skane