



CENTRUM FÖR KEMISKA
BEKÄMPNINGSMEDEL
I MILJÖN

Gustaf Boström och Mikaela Gönczi

Utvärdering av effekter av diflufenikankampanjen 2018 - 2020

Styrande faktorer för uppmätta halter av diflufenikan i ytvatten



CKB rapport 2021:1

Uppsala 2021

SLU Centrum för kemiska bekämpningsmedel i miljön (CKB)
Sveriges lantbruksuniversitet

SLU Centre for Pesticides in the Environment (CKB)
Swedish University of Agricultural Sciences

Utvärdering av effekter av diflufenikankampanjen 2018 – 2020

Styrande faktorer för uppmätta halter av diflufenikan i ytvatten

Gustaf Boström och Mikaela Gönczi

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, SLU Centrum för kemiska bekämpningsmedel i miljön (CKB)
Utgivningsår: 2021
Utgivningsort: Uppsala
Tryck: Repro, SLU
Omslagsbild: Vetefält. Foto: Jenny Svennås-Gillner, SLU
Serietitel: CKB rapport
Delnummer i serien: 2021:1
ISBN: 978-91-576-9869-8 (tryckt version)
978-91-576-9870-4 (elektronisk version)

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
English summary	3
1. Inledning.....	5
2. Bakgrund och syfte.....	5
2.1 Diflufenikankampanjen	5
2.2 Syfte	6
3. Material och metod.....	6
3.1 Fakta om diflufenikan	6
3.2 Riktvärde och bedömningsgrund för diflufenikan.....	7
3.3 Data från nationell miljöövervakning.....	8
Provplatser.....	8
Provtagning och kemiska analyser	9
Odlingsinventering	10
Representerar odlingsregioner.....	12
4. Resultat.....	12
4.1 Användning	12
Svar på frågor om diflufenikankampanjen	14
4.2 Uppmätta halter	15
4.3 Styrande faktorer	20
5. Diskussion	27
Har användningsmönster och uppmätta halter av diflufenikan förändrats under kampanjperioden?	27
Vilka faktorer påverkar de uppmätta halterna av diflufenikan?	28
6. Slutsatser	30
7. Tackord.....	31
8. Referenser.....	31
9. Bilagor	34
Bilaga 1 – De två informationsbladen om diflufenikankampanjen från Säkert växtskydd	35
Bilaga 2 – Användning, ytterligare figurer.....	39
Bilaga 3 – Styrande faktorer, ytterligare figurer.....	40

Sammanfattning

Diflufenikan har under lång tid varit den aktiva substans som oftast överskrider sitt riktvärde i olika miljöövervakningsstudier. Säkert växtskydd (<https://www.sakertvaxtskydd.se/>) har därför under perioden 2018–2020 bedrivit en kampanj för att informera om hur det genom frivilliga åtgärder och ökad medvetenhet om föreskrivna riskhanteringsåtgärder går att minska riskerna för att diflufenikan ska läcka ut i vattendrag. Åtgärderna handlar t.ex. om att minska användningen genom lägre dos eller att bespruta mindre arealer, att flytta viss bekämpning från hösten till våren samt att vara extra noga med att hålla skyddsavstånd.

Diflufenikan är en substans som har använts som ogräsmedel i Sverige sedan 1993 och används mot örtogräs i odlingar av stråsäd, främst på hösten. Ämnet är unikt i sitt sätt att verka och hittills har mycket få fall av resistensutveckling mot diflufenikan rapporterats. Diflufenikan binder relativt starkt till markpartiklar och är relativt persistent. Det nuvarande godkännandet på EU-nivå går ut 31 december 2021 och substansen är därför under omprövning. Inom vattenförvaltningsarbetet är diflufenikan ett av de särskilda förorenande ämnen som Havs- och vattenmyndigheten anger i sina föreskrifter med en bedömningsgrund i ytvatten på 0,01 µg/l. Det är också detta värde som används som riktvärde för påverkan på vattenlevande organismer.

På uppdrag av Växtskyddsrådet har SLU Centrum för kemiska bekämpningsmedel i miljön (CKB) tagit fram denna sammanställning som utgör ett underlag till den kommande utvärderingen av om kampanjen har uppnått sina syften. Uppdraget syftar också till att belysa vilka som är de viktigaste faktorerna som påverkar uppmätta halter av diflufenikan. Underlagsdata om halter och användning av diflufenikan har tagits från den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) som finansieras av Naturvårdsverket. Data kommer från fyra små avrinningsområden med hög jordbruksintensitet i Skåne (M42), Halland (N34), Östergötland (E21) och Västergötland (O18) samt från två större åar i Skåne, Skivarpsån och Vege å. Odling och växtskyddsmedelsanvändning i de så kallade typområdena anses vara representativ för de fyra svenska odlingsregionerna de ligger i.

Proverna i typområdena tas med tidsstyrda automatiska provtagare var 90:e minut och poolas sedan till ett tidsintegrerat samlingsprov per vecka under huvuddelen av säsongen. Prover tas även under vintern med varierande omfattning mellan typområdena. I Skivarpsån och Vege å tas momentanprover 2 gånger per månad under maj och juni och 1 gång per månad under juli-november. Proverna analyseras av laboratoriet för organisk miljökemi (OMK) vid Institutionen för vatten och miljö, SLU. Analysmetoderna är ackrediterade av SWEDAC och laboratoriet deltar regelbundet i internationella interkalibreringar. I typområdena genomförs också årligen en inventering av odling och användning av växtskyddsmedel genom intervjuer med lantbrukarna. Data från dessa undersökningar har använts för att åskådliggöra hur användningen av diflufenikan varierat från år till år samt för att undersöka i vilken mån användningen kan relateras till uppmätta halter. I intervjuerna som gjordes för åren 2018–2020 inkluderades även några frågor kring diflufenikankampanjen.

Odlingsinventeringen i typområdena visar på en bred kännedom om diflufenikankampanjen, särskilt i Skåne där kampanjen haft sitt fokus. En stor del av lantbrukarna har uppgett att de vidtagit extra skyddsåtgärder för att t.ex. minska vindavdrift och att de varit extra noga med att hålla skyddsavstånd. Det är ingen skillnad i hur mycket diflufenikan som använts i typområdena sedan kampanjen startade, inte heller den totala försäljningen av diflufenikan i Sverige visar på någon minskning under perioden (2018–2020).

Eventuella skillnader i halter av diflufenikan mellan de tre åren kampanjen pågått (2018–2020) och de tre åren innan (2015–2017) testades med hjälp av en statistisk modell, dels i M42 och dels för alla typområden och åarna. Även skillnad mellan säsong (september–december jämfört med januari–augusti) testades. Det är ingen statistisk skillnad i halter i typområdena eller åarna, mellan de tre åren kampanjen pågått och de tre åren innan. Däremot är det signifikant högre halter av diflufenikan på hösten än under resten av året. Halter över riktvärdet förekommer också på sommaren och på grund av att diflufenikan bryts ner relativt långsamt i jorden kan halter över riktvärdet uppmätas även då substansen inte har använts under säsongen, ifall flödet är lågt och utspädningen därmed liten.

Hur höga halterna av diflufenikan blir i ett vattendrag beror av det komplexa samspelet mellan användning, nederbörd och flöden samt den tidsfördröjning som ofta sker mellan användning och effekter på uppmätta halter. Det är därför en utmaning att analysera sambanden statistiskt. Här har vi använt datasetet från typområde M42 åren 2011–2020 och jämfört uppmätta halter med olika variabler för användning, flöde, nederbörd m.m., i en statistisk modell.

De tre hydrologiska faktorerna medelflöde i vattendraget, andel ”snabbt flöde” och nederbörd under provtagningsperioden har starkast statistisk korrelation med de uppmätta halterna av diflufenikan. Ytterligare två faktorer, knutna till användningen av diflufenikan på fälten, har signifikant korrelation till de uppmätta halterna. Dessa faktorer är den totala användningen i avrinningsområdet under de senaste 30 dagarna samt antal dagar sedan senaste användningen.

När det gäller användningen, vilket är de faktorer som går att styra över, verkar den totala användningen i området, d.v.s. dosen i kombination med hur stor andel av avrinningsområdet som besprutas, vara avgörande. En användning på mindre än 15 % av avrinningsområdet verkar sällan ge upphov till medelhalter över riktvärdet på 0,01 µg/l om användningen varit så låg under längre tid.

Andra faktorer som inte ingår i den statistiska modellen men som kan påverka de uppmätta halterna är till exempel jordförhållanden, dränering och topografi på de fält där diflufenikan använts, förluster via vindavdrift och effekter av vidtagna skyddsåtgärder.

English summary

Evaluation of the effects of the diflufenican campaign 2018-2020

Controlling factors for measured levels of diflufenican in surface water

Diflufenican has for a long time been the active substance that most often exceeds its guideline value in various environmental monitoring studies. “Safe Pesticide Management” (<https://www.sakertvaxtskydd.se/>) has therefore conducted a campaign during the period 2018–2020 to inform about how to reduce the risks of diflufenican leaking into watercourses through voluntary measures and increased awareness of prescribed risk management measures. The measures deal with e.g. to reduce use by lowering doses or to spray smaller areas, to move some treatments from autumn to spring and to be extra careful in keeping safeguard zones.

Diflufenican is a substance that has been used as a herbicide in Sweden since 1993 and is used against herbaceous weeds in cereals, mainly in the autumn. The substance is unique in its mode of action and so far very few cases of development of resistance to diflufenican have been reported. Diflufenican binds relatively strongly to soil particles and is relatively persistent. The current approval at EU level expires on 31 December 2021 and the substance is therefore under review. Diflufenican is one of the River Basin Specific Pollutants included in the Swedish Agency for Marine and Water Management regulations and has an environmental quality standard in surface water of 0.01 µg/L. The same value is also used as a water quality objective indicating risks for aquatic organisms.

On behalf of the Swedish Plant Protection Council, the SLU Centre for Pesticides in the Environment (CKB) has produced this report, which can be used for the forthcoming evaluation of whether the campaign has achieved its objectives. The assignment also aims to shed light on which are the most important factors that affect measured concentrations of diflufenican. Data on concentrations and use of diflufenican have been taken from the national environmental monitoring of pesticides (plant protection products) funded by the Swedish Environmental Protection Agency. Data come from four small catchment areas, referred to as model catchments, with high agricultural intensity in Skåne (M42), Halland (N34), Östergötland (E21) and Västergötland (O18) and from two larger rivers in Skåne, Skivarpsån and Vege å. Cultivation and use of plant protection products in the model catchments are considered to be representative of the four Swedish cultivation regions in which they are located.

The samples in the model catchments are taken with time-controlled automatic samplers every 90 minutes and are pooled to a time-integrated composite sample per week during the main part of the season. Samples are also taken during the winter to a varying degree between the type areas. In Skivarpsån and Vege å, grab samples are taken twice a month during May and June and once a month during July-November. The samples are analyzed by the Laboratory for Organic Environmental Chemistry (OMK) at the Department of Aquatic Sciences and Assessment, SLU. The analysis methods are accredited by SWEDAC and the laboratory regularly participates in international intercalibrations. In the model catchments, an inventory of cultivation and use of plant protection products is also carried out annually through interviews with the farmers. Data from these studies have been used to illustrate how the use of diflufenican has varied from year to year and to investigate the extent to which the use can be related to measured concentrations. The interviews conducted for the years 2018–2020 also included some questions about the diflufenican campaign.

The cultivation inventory in the model catchments shows a broad knowledge of the diflufenican campaign, especially in Skåne where the campaign had its focus. A large part of the farmers have

stated that they have taken extra protective measures to e.g. reduce wind drift and that they have been extra careful to keep safeguard zones. There is no difference in how much diflufenican has been used in the model catchments since the campaign started, nor does the total sales of diflufenican in Sweden show any decrease during the period (2018–2020).

Any differences in levels of diflufenican between the three years the campaign lasted (2018–2020) and the three years before (2015–2017) were tested using a statistical model, both in M42 and for all model catchments and rivers. The difference between seasons (September – December compared with January – August) was also tested. There was no statistical difference in concentrations in the type areas or rivers, between the three years the campaign has been running and the three years before. However, the levels of diflufenican are significantly higher in the autumn than during the rest of the year. Concentrations above the water quality objective also occur in the summer and due to the fact that diflufenican degrades relatively slowly in the soil, concentrations above the water quality objective can be measured even when the substance has not been used during the season, if the flow is low and the dilution is small.

How high the concentrations of diflufenican become in a watercourse depends on the complex interplay between use, precipitation and water flow as well as the time delay that often occurs between use and effects on measured concentrations. It is therefore a challenge to analyze the relationships statistically. Here we have used the dataset from model catchment M42 in the years 2011–2020 and compared measured concentrations with different variables for use, flow, precipitation, etc., in a statistical model.

The three hydrological factors average flow in the watercourse, proportion of “fast flow” and precipitation during the sampling period have the strongest statistical correlation with the measured concentrations of diflufenican. Two additional factors, related to the use of diflufenican in the fields, have a significant correlation to the measured concentrations. These factors are the total use in the catchment area during the last 30 days and the number of days since last use.

In terms of usage, which are the factors that can be controlled, the total usage in the area, i.e. the dose in combination with the proportion of the catchment area that is sprayed, seems decisive. A use on less than 15 % of the catchment area rarely seems to give rise to average concentrations above the water quality objective of 0.01 µg/L if the use has been that low for a long time.

Other factors that are not included in the statistical model but that can affect the measured concentrations are, for example, soil conditions, drainage and topography for the fields where diflufenican has been used, losses via wind drift and effects of protective measures taken.

1. Inledning

Växtskyddsrådet vill utvärdera om den så kallade diflufenikankampanjen (se nedan) har resulterat i minskad transport av diflufenikan till ytvatten, och därmed lägre halter av ämnet i vattendrag.

Regeringen har genom Livsmedelsstrategin specificerat att Växtskyddsrådet, under ledning av Jordbruksverket, ska arbeta för att uppnå ett hållbart växtskydd.

Denna sammanställning är framtagen efter initiativ från Växtskyddsrådet och är ett led i Växtskyddsrådets uppdrag att stödja implementeringen av Livsmedelsstrategin. De i rådet ingående organisationerna kan trots detta ha avvikande inställning till slutsatser som framkommer i rapporten, och Växtskyddsrådet som helhet kan därför inte per automatik betraktas gemensamt stå bakom innehållet.

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) är huvudansvarig för resultaten som presenteras i denna sammanställning. Underlaget är framtaget av SLU Centrum för kemiska bekämpningsmedel i miljön (CKB) och har finansierats av Jordbruksverket genom Växtskyddsrådet (Dnr 4.4.11-01029/2021) samt av CKB.

2. Bakgrund och syfte

Diflufenikan är ett verksamt ämne som används i växtskyddsmedel mot örtogräs i odlingar av stråsäd. Användningen är som störst under hösten eftersom höstbehandlingar har god effekt på vanliga, höstgroende ogräsarter, som viol, veronika och plister. Ämnet är unikt i sitt sätt att verka i ogräset och hittills har mycket få fall av resistensutveckling mot diflufenikan i ogräs rapporterats. Därför är ämnet särskilt viktigt även mot resistensutsatta ogräs som våtarv, baldersbrå, kamomill, blåklint och vallmo.

2.1 Diflufenikankampanjen

Diflufenikan har under lång tid varit den aktiva substans som oftast överskrider sitt riktvärde i olika miljöövervakningsstudier (Boström m.fl., 2015; Boström m.fl., 2017; Lindström m.fl., 2015; Nanos & Kreuger, 2019). Säkert växtskydd (<https://www.sakertvaxtskydd.se/>) har därför under perioden 2018–2020 bedrivit en kampanj för att informera om hur det genom frivilliga åtgärder och ökad medvetenhet om föreskrivna riskhanteringsåtgärder går att minska riskerna för att diflufenikan ska läcka ut i vattendrag. Kampanjen riktar sig till lantbruket i Skåne, så som odlare, rådgivare, återförsäljare, innehavare av produktgodkännande samt tillsynspersonal på länsstyrelse och kommun som berörs av information kring växtskyddsmedel. Den viktigaste mottagaren av informationen och nyckeln till att kampanjen ska nå måluppfyllelse är lantbrukare som använder diflufenikan i sina fält.

Under diflufenikankampanjen har Säkert växtskydd publicerat två informationsblad med råd och rekommendationer, se Bilaga 1. De åtgärder som lyfts fram för att minska risken för diflufenikan (DFF) i vattendrag är:

- Sänk användningsintensiteten. Sätt som mål att inte behandla mer än 20 procent av din odlade areal med DFF årligen eller maximera användningen till vartannat eller vart tredje år.
- Flytta, om möjligt, behandlingen med DFF till våren.
- Sänk dosen. Även doser ner mot 0,05 l/ha (DFF-produkt, 500g/l) har effekt på känsliga ogräsarter om tidpunkten är den rätta.

- Håll de skyddsavstånd som finns bestämda.
- Reducera avdriften till ett absolut minimum.
- Anlägg skyddszoner i erosionsutsatta områden.
- Jordartsanpassa dosen. Sänk dosen DFF på fält med höga lerhalter.
- Var extra återhållsam med bekämpning med DFF på lerjordar med makroporer och tendens till sprickbildning som snabbt transporterar nederbörd och partiklar till dränering ut i vattendrag.

Kampanjens budskap har också förts fram i andra forum, bl.a. i Jordbruksverkets *Ogräsbrev* och i tillsynsprojektet *Tillsyn i fält 2019* (Jordbruksverket, 2020).

2.2 Syfte

Denna rapport utgör ett underlag till den kommande utvärderingen av om kampanjen har uppnått sina syften att informera lantbrukarna om problemet och möjliga åtgärder, och om detta lett till minskade risker för ytvattenmiljön i de undersökta områdena. Uppdraget syftar också till att belysa vilka som är de viktigaste faktorerna som spelar in för när överskridande av riktvärdet förekommer, förekommande samband mellan halter och hydrologiska data, samt vilka riskhanteringsåtgärder som kan bidra till att halterna i berörda vattendrag sjunker till en acceptabel nivå. För utvärderingen används data från den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) i ytvatten vilken utförs av SLU på uppdrag av Naturvårdsverket.

3. Material och metod

3.1 Fakta om diflufenikan

Diflufenikan är en substans som har använts som ogräsmedel i Sverige sedan 1993. Diflufenikan är både blad- och jordverkande och vid en behandling med diflufenikan blockeras karotenoidproduktionen och fotosyntesen minskar (EFSA, 2007) .

Det nuvarande godkännandet på EU-nivå går ut 31 december 2021 och substansen är därför under omprövning. Diflufenikan är ett kandidatämne för substitution (EU-kommissionen, 2015). I Sverige ingår diflufenikan i 10 olika växtskyddsmedelsprodukter 2021-06-04 (Diflanil 500 SC, Legacy 500 SC, Sempra, Alliance, Othello OD, Saracen Delta, DFF SC 500, Purelo, Jura, Mateno Duo).

Försäljningen av diflufenikan i Sverige varierar mellan åren (Tabell 1) men kan inte sägas ha minskat under de åren diflufenikankampanjen pågått.

Tabell 1 Försäljning av diflufenikan i Sverige 2012–2020. Data från Kemikalieinspektionens rapport *Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2019*, (Kemi, 2019). Data för år 2020 genom personlig kommunikation (Kemi, 2021a).

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Försäljning av diflufenikan i Sverige (ton)	24,9	2,1	11,9	8,8	17,2	18,8	10,8	17	19,1

Diflufenikan är relativt persistent med en angiven halveringstid i jord på 141,8 dygn¹ (EFSA, 2007). Halveringstiden varierar beroende på markförhållanden och en sammanställning av flera olika studier ger halveringstider i intervallet 41,4–318 dygn (PPDB, 2021). Ämnet binder relativt starkt till markpartiklar ($K_{\text{foc}} = 3417 \text{ ml/g}$ (EFSA, 2007) med intervallet 1531,6–7431 ml/g och har en låg vattenlöslighet, 0,05 mg/l (PPDB, 2021).

Maxdosen på hösten är 0,25 l/ha Diflufenikan-produkt (500 g/l) för flera produkter. Normalt har rekommenderad dos enligt Jordbruksverket varit 0,1–0,25 l/ha (Jordbruksverket, 2018). I diflufenikakampanjen framförs nu att en dos ner mot 0,05 l/ha diflufenikan-produkt (500 g/l) är effektiv mot känsliga arter vid tidig behandling.

3.2 Riktvärde och bedömningsgrund för diflufenikan

För att bedöma möjlig påverkan av olika substanser i ytvatten jämförs de påträffade halterna med så kallade riktvärden som är satta för att kunna bedöma vid vilken koncentration en specifik substans riskerar att orsaka negativa effekter på vattenlevande organismer (KemI, 2021c; NV, 2021). På detta sätt går det att få en bild av vilka ämnen som utgör en större risk för vattenlevande organismer än andra och det kan bli ett underlag för åtgärdsarbetet. Diflufenikan har under många år varit en av de substanser som oftast överskrider sitt riktvärde (Boström m.fl., 2015; Boström m.fl., 2017; Lindström m.fl., 2015; Nanos & Kreuger, 2019).

Det finns ett antal olika underlag som används som riktvärden när data från den nationella miljöövervakningen utvärderas. Vissa växtskyddsmedel är reglerade inom Ramdirektivet för vatten som prioriterade ämnen med EU-gemensamma miljö kvalitetsnormer eller som särskilda förorenande ämnen (SFÄ) med nationella bedömningsgrunder. Dessa finns angivna i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter HVMFS 2019:25 (HaV, 2019) och tillämpas i första hand. För de substanser som inte inkluderas i föreskriften har riktvärden från Kemikalieinspektionen använts. Kemikalieinspektionen tog 2004 fram riktvärden för 100 växtskyddsmedelssubstanser inom ramen för miljömålet *Giftfri miljö* och vissa av dessa reviderades 2007 på uppdrag av Naturvårdsverket (KemI 2008, KemI 2021c). De substanser som ingår i analyserna men som saknar både riktvärde från Havs- och vattenmyndigheten och Kemikalieinspektionen har fått riktvärden som beräknats inom miljöövervakningen (Andersson & Kreuger, 2011; Andersson m.fl., 2009).

Diflufenikan är ett av de särskilda förorenande ämnena och har en bedömningsgrund på 0,01 µg/l (HVMFS 2019:25).

Bedömningsgrunden som anges i HVMFS 2019:25 gäller för årsmedelvärdet av de uppmätta koncentrationerna i en vattenförekomst. Vägledningen för klassificering av ytvattenstatus (HaV, 2016) anger att jämförelsen med uppmätta koncentrationer i miljön kan göras mot medelvärde för prover tagna under den säsong då man kan förvänta sig förhöjda halter för vissa ämnen, t.ex. bekämpningsmedel.

Riktvärdena, med sina olika ursprung, är dock framtagna för att mer generellt användas för att relatera uppmätta halter i miljön till möjliga effekter på vattenlevande organismer och det är främst med det syftet riktvärdet/bedömningsgrunden för diflufenikan används i den här rapporten och vi kommer framöver använda begreppet riktvärde.

¹ DT₅₀ vid labbförsök vid 20 °C

Ett ytterligare värde som kan vara relevant att jämföra de uppmätta halterna mot är den regulatoriskt acceptabla koncentrationen (RAC) för diflufenikan på 0,073 µg/l (KemI, 2021b). Det är det värde som använts i miljörisksbedömningen för den i Sverige senast godkända produkten innehållande diflufenikan. Predikterade koncentrationer till följd av den ansökta användningen jämförs mot RAC-värdet, vilket baseras på ekotoxikologiska studier, för att se om användningen kan bli godkänd.

3.3 Data från nationell miljöövervakning

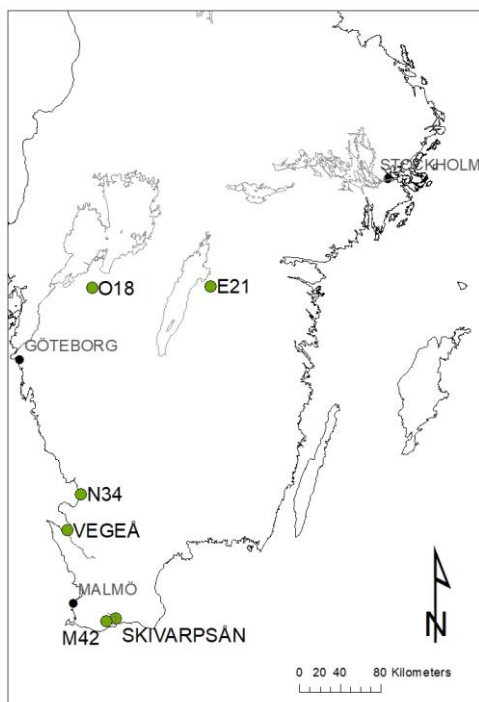
Provplatser

Data för uppmätta halter i miljön och användning har tagits från den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) som inleddes 2002 och finansieras av Naturvårdsverket. Den huvudsakliga delen av programmet utgörs av övervakning av typområden på jordbruksmark. Typområdena är fyra små avrinningsområden (ca 8–16 km²) med hög jordbruksintensitet (ca 85–92 % åkermark) (Tabell 2). Områdena är belägna i Skåne (M42), Halland (N34), Östergötland (E21) och Västergötland (O18) och representerar fyra stora jordbruksregioner i Sverige (Figur 1). Jordarter, klimat och hydrologiska förhållanden varierar något mellan områdena och är representativa för typiska svenska odlingsjordar (Lindström m.fl., 2015). Data på nederbörd, flöde och temperatur för typområdet M42 används i avsnitt 4.3 Styrande faktorer och har tagits från olika källor. Nederbörden mäts i M42 i närheten av provtagningspunkten för ytvatten och summanederbörd per dygn har använts här. I de fall nederbördsmätningarna varit ur funktion har mätvärden tagits från närmaste aktiva SMHI-station, Skurup D (stationsnr 53280) eller Trelleborg (stationsnr 53230). Flödet i vattendraget mäts var 5–15:e minut vid samma punkt som ytvattenprover tas, och ett medelflöde per dygn har använts här. Temperatur har tagits från SMHI:s närmaste station Sturup (stationsnr 53300).

I övervakningsprogrammet ingår även två större åar i Skåne, Skivarpsån och Vege å med avrinningsområden på ca 102 km² respektive 488 km² och 72 % resp. 57 % åkermark (Figur 1). Ytvattendelen av den nationella miljöövervakningen av växtskyddsmedel beskrivs utförligt i en rapport av Lindström m.fl. (2015).

Tabell 2 Översikt över areal, andel åker, dominerande jordart, summa årsnederbörd och årsmedeltemperatur för 2002-2012, årsavrinning (ytvatten) samt antal gårdar som svarat i odlingsinventering 2002-2019 och hur många av dessa som uppgett att de använt diflufenikan, i de fyra typområdena

Område	Landskap	Areal (ha)	Andel åker	Jordart	Nederbörd (mm)	Temperatur (°C)	Års-avrinning	Antal gårdar	Antal gårdar som använt diflufenikan
O18	Västergötland	766	92 %	Lera	650	7,0	56 %	14-21	1-6
E21	Östergötland	1 632	89 %	Morän-lera	584	6,9	29 %	21-27	1-12
N34	Halland	1 393	85 %	Sand	775	8,2	52 %	14-27	2-6
M42	Skåne	824	92 %	Morän-lera	731	8,5	34 %	15-20	3-14



Figur 1 Karta över södra Sverige med de fyra typområden M42 (Skåne), N34 (Halland), E21 (Östergötland) och O18 (Västergötland) samt de två åarna Skivarpsån och Vege å utmärkta.

Provtagning och kemiska analyser

Data för uppmätta halter i miljön som används för denna rapport har tagits från provtagning av bäckar i de 4 typområdena och de 2 åarna, och innefattar perioden 2002–2020. Alla prover från hösten 2020 var dock inte analyserade då rapporten skrevs, och därför saknas några prover under hösten, främst i Skivarpsån och Vege å. Proverna i typområdena tas med tidsstyrda automatiska provtagare.

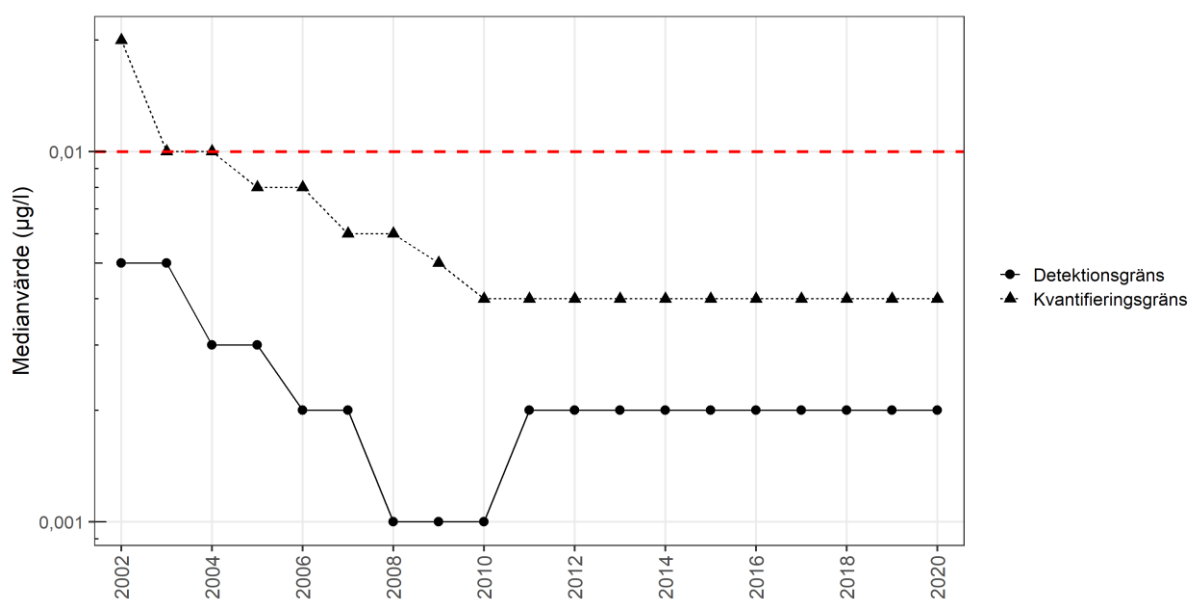
Provtagningen delas upp i sommar- och vintersäsong och sommarsäsongens provtagning pågår mellan maj och oktober i Väster- och Östergötland, och fortsätter hela november i Skånes och Hallands typområde på grund av den längre odlingssäsongen i sydligaste Sverige. Under sommarsäsongen tas ett delprov cirka var 90:e minut och detta poolas sedan till ett tidsintegrerat samlingsprov per vecka. Denna provtagning ger därmed en medelhalt för hela veckan, oavsett flöde.

Provtagningen gör ett uppehåll under augusti i Väster-, Östergötlands och Skånes typområden då det vanligen är låg vattenföring i vattendragen i dessa områden. I Hallands typområde tas prover året runt och även i Skånes typområde pågår provtagningen under vintern och då med tvåveckors intervall under perioden december-april. Vinterprovtagning har skett årligen sedan 2007/2008 i Skånes typområde, och sedan 2010/2011 i Hallands typområde, då en betydande del av transporten av växtskyddsmedel sker under vintern. Under 2019 genomfördes en vinterprovtagningskampanj även i Västergötlands och Östergötlands typområde, för att undersöka vilka växtskyddsmedel som påträffas mellan november och april i dessa områden. I Skånes typområde tas även flödesproportionerliga prover med en separat automatisk provtagare, men dessa prover inkluderas inte i denna rapport.

I Skivarpsån och Vege å tas momentanprover 2 gånger per månad under maj och juni och 1 gång per månad under juli-november.

Vattenproverna analyseras av laboratoriet för organisk miljö kemi (OMK) vid Institutionen för vatten och miljö, SLU. Analysmetoderna är ackrediterade av SWEDAC och laboratoriet deltar regelbundet i internationella interkalibreringar.

Diflufenikan har analyserats under hela perioden 2002–2020. Detektionsgränsen för diflufenikan låg på 0,005 µg/l de första åren men har sedan kunnat sänkas och ligger sedan 2011 på 0,002 µg/l (Figur 2). Under hela perioden har detektionsgränsen legat under riktvärdet 0,01 µg/l. Mätvärdesspår (halter mellan detektionsgränsen och kvantifieringsgränsen) från miljöövervakningens prover rapporterades till och med 2008 som medelvärde mellan detektionsgränsen och kvantifieringsgränsen. Från och med 2009 introducerades en ny analysmetod så att numeriska mätvärdesspår kunde anges istället för ett beräknat medelvärde. Från och med 2012 är mätvärdesspårerna dessutom ackrediterade.



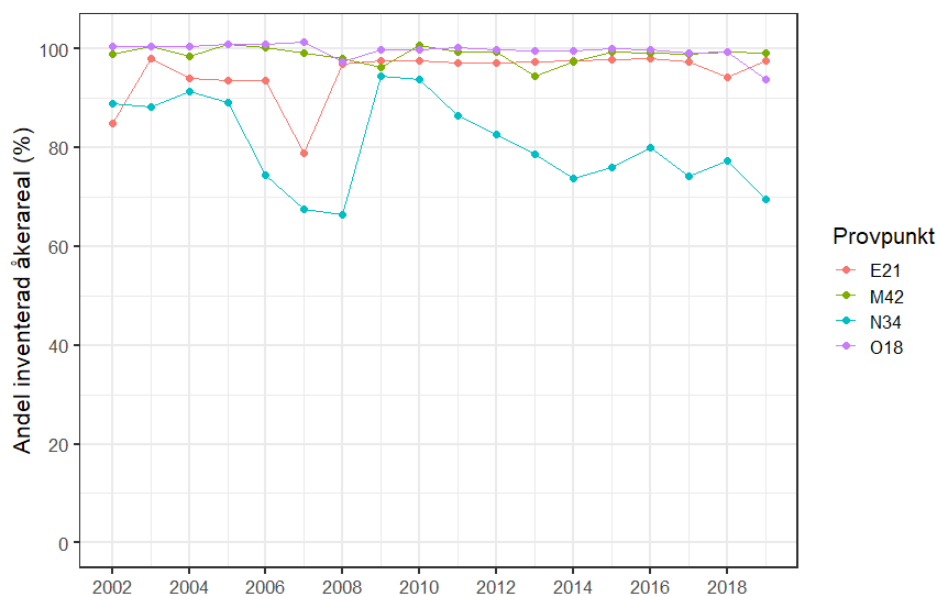
Figur 2 Median av detektionsgränser och kvantifieringsgränser per år för diflufenikan 2002-2020. Den streckade röda linjen visar riktvärdet 0,01 µg/l.

Odlingsinventering

Inom den nationella miljöövervakningen i typområdena genomförs också årligen en inventering av odling och användning av växtskyddsmedel genom intervjuer med lantbrukarna inom respektive område. Data från dessa undersökningar har använts för att åskådliggöra hur användningen av diflufenikan varierat från år till år samt för att undersöka i vilken mån användningen kan relateras till uppmätta halter. I intervjuerna som gjordes för åren 2018–2020 inkluderades även några frågor om lantbrukarna kände till diflufenikankampanjen samt om olika åtgärder kopplat till diflufenikan. På grund av den pågående Corona-pandemin försenades inventeringen i Hallands typområde och inga data därifrån för 2020 har därför kunnat inkluderas i rapporten. Resterande data från odlingsinventeringen 2020 ska också ses som något preliminära då de inte gått igenom alla kvalitetskontroller som görs innan publicering i årsrapport.

Typområdena är olika stora, 8–16 km², och 14–27 gårdar är verksamma inom områdena (Tabell 2). Siffran för antal gårdar i tabellen baseras på hur många som svarat i odlingsinventeringen och kan variera något mellan åren (2002–2019). Andelen inventerad åkermark, d.v.s. åkermark som ingår i de gårdar som svarat i inventeringen, ligger på 66–100 % under åren 2002–2019 (Figur 3). Det varierar

också hur många av gårdarna som uppgett att de använt diflufenikan. Generellt är det flest gårdar i typområdena i Skåne och Östergötland som använt diflufenikan under perioden.



Figur 3 Andel av åkerarealen som inventerats i respektive typområde, per år.

Hur mycket höstsäd som odlas är en relevant faktor som kan påverka hur mycket diflufenikan som används. I Figur 4 visas hur stor andel av åkermarken i de fyra typområdena som odlas med höstsäd, vårsäd respektive övrigt under åren 2002–2019. I N34, området i Halland, ligger andelen höstsäd mestadels under 20 %, i övriga områden ligger den ofta runt 40 % men varierar mellan åren.



Figur 4 Andel av åkerarealen som såtts med höstsäd, vårsäd och övriga grödor per år, uppdelat per typområde. Figuren visar vilken gröda som växer på sommaren under angivet år, höstsäd för 2018 avser alltså säd som såtts på hösten 2017.

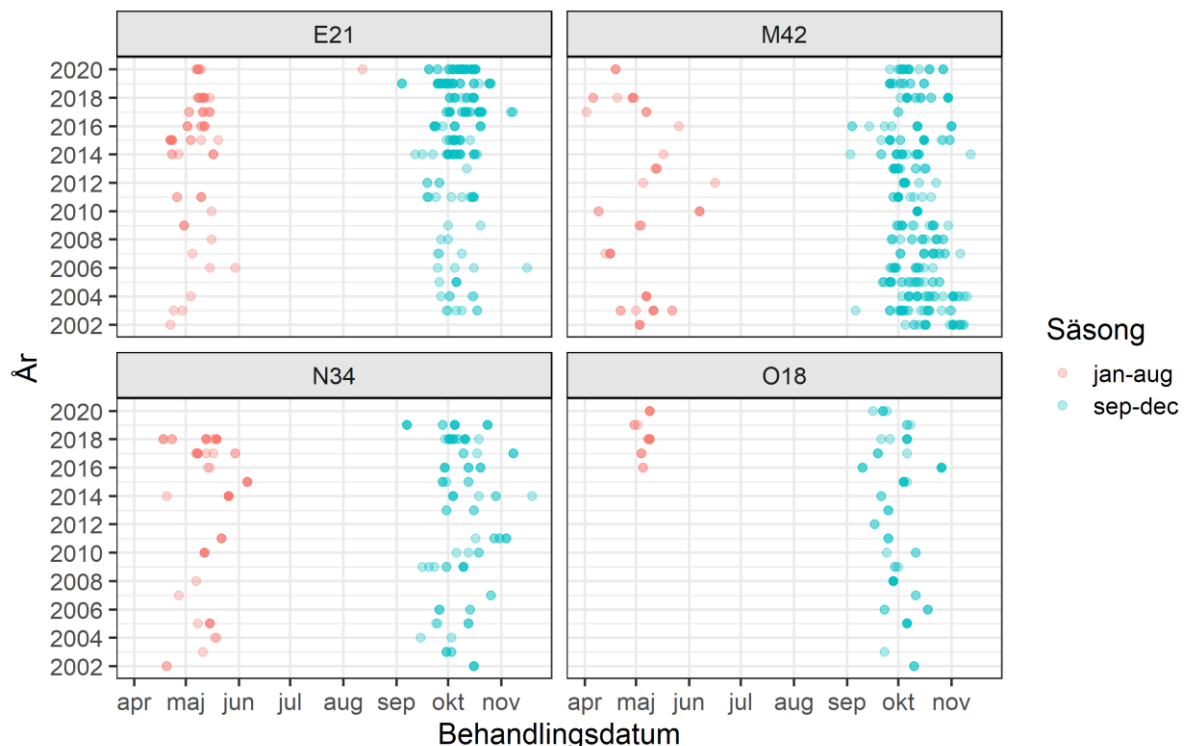
Representerar odlingsregioner

Typområdena inom den nationella miljöövervakningen är tänkta att vara just typiska områden. Exakt placering anges inte eftersom huvudintresset inte är att följa just de områdena. Odlingsstrategier, användning och hantering av växtskyddsmedel och andra växtskydds- och miljöåtgärder som vidtas i typområdena antas motsvara vad som görs i andra liknande områden i den odlingsregionen och dessa, såväl som de uppmätta halterna i vattenmiljön, får därmed representera de fyra svenska odlingsregionerna Skåne, Halland, Västergötland och Östergötland i stort.

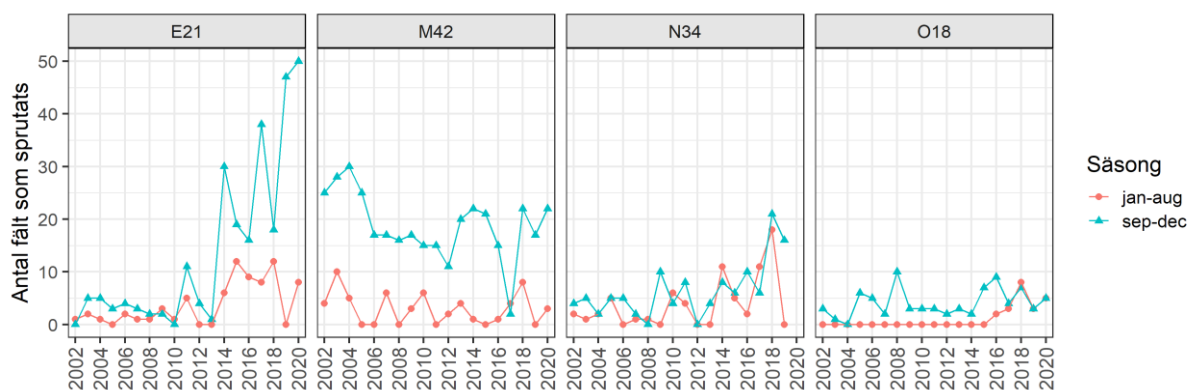
4. Resultat

4.1 Användning

Användningen av diflufenikan i de fyra typområdena är tydligt uppdelad på en användning på våren, med tonvikt på april–maj, och en, vanligen mer omfattande, på hösten, med tonvikt på september–november (Figur 5). Av denna anledning har de flesta analyser som görs i denna rapport delats upp på säsongerna januari till augusti respektive september till december. Under perioden 2002–2020 har antalet fält som sprutats med diflufenikan varit relativt konstant i M42 medan man ser en tendens till fler behandlingar i E21, särskilt på hösten, i N34 och på våren i O18, under de senaste åren (Figur 5 och Figur 6).

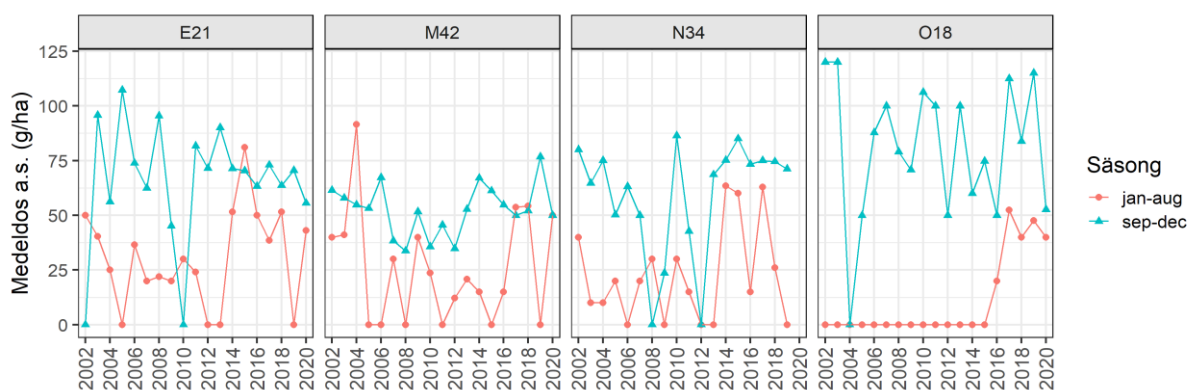


Figur 5 Tidpunkter för behandling med diflufenikan per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde.



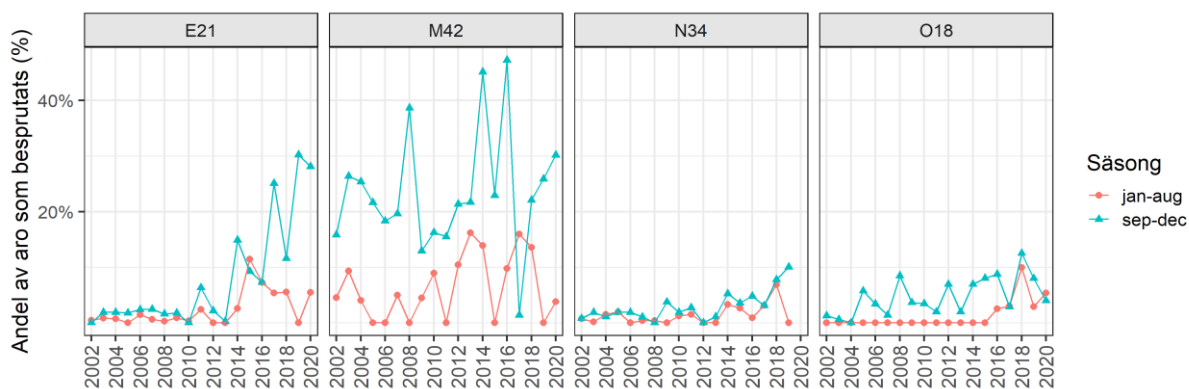
Figur 6 Antal fält som behandlats med diflufenikan per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde.

I Figur 7 åskådliggörs medelvärden av de doser av diflufenikan som har använts i respektive typområde under perioden. Figuren visar att de använda doserna vanligen är lägre på våren än på hösten. Figuren visar också att det inte finns någon tydlig skillnad mellan områdena, möjligen att doserna generellt är högst i O18 och lägst i M42. Variationen mellan år är stor och vissa år är medeldosen 0 vilket innebär att det inte skett någon användning den säsongen, detta syns också i Figur 5.



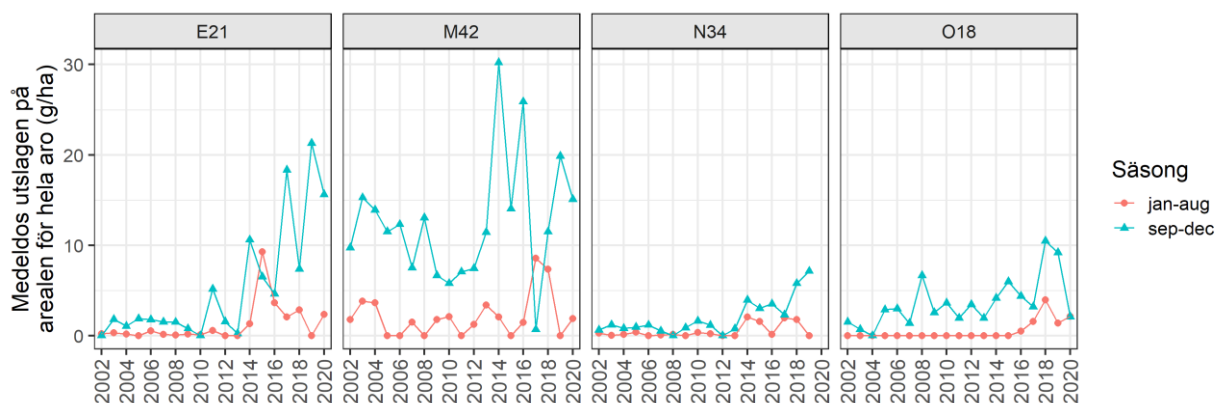
Figur 7 Medelvärden av använda doser diflufenikan (kg aktiv substans per hektar behandlad) per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde.

Andelen av respektive avrinningsområde som har besprutats är, sett över hela perioden, högst i M42 och betydligt lägre i N34 och O18 (Figur 8). I E21 ser man en tendens till att en större del av avrinningsområdet besprutas under de senaste åren.



Figur 8 Andel av respektive avrinningsområde (aro) som behandlats med diflufenikan per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde.

En beräkning av den totalt använda mängden per område, utslaget på den totala ytan för respektive avrinningsområde (Figur 9) visar ett liknande mönster som andelen av avrinningsområdet som besprutats.



Figur 9 Använd mängd diflufenikan utslaget på hela avrinningsområdets storlek (gram aktiv substans per hektar) per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde.

Figurer över den totalt använda mängden och den totalt besprutade arealen per år, säsong och typområde visas i Bilaga 2.

Överlag visar inte data från inventeringen i typområdena på någon minskad användning sedan kampanjen startade.

Svar på frågor om diflufenikankampanjen

Nedan sammanfattas lantbrukarnas svar på frågorna om diflufenikankampanjen, som ingick i inventeringen i typområdena 2018, 2019 och 2020.

Medvetenheten om kampanjen har ökat under de tre åren. I Skåne känner alla lantbrukare i området till kampanjen (vissa gårdar som inte har växtodling exkluderade). I Östergötland kände 95 % av relevanta gårdar till kampanjen 2020. I övriga typområden var andelen lägre men där är även andelen som använder diflufenikan klart lägre. Eftersom frågan ställdes vid upprepade tillfällen så är det inte säkert att svaren är representativa för andra lantbrukare, som inte blivit uppmärksammade på kampanjen på det här sättet.

Frågorna som ställts kring vilka åtgärder som vidtagits för att minska riskerna med diflufenikan har varit något olika mellan åren. Dock är de åtgärder som flest lantbrukare angett följande:

- Reducerar vindavdrift
- Är nogga med skyddsavstånd
- Använder lägre dos än maxdos

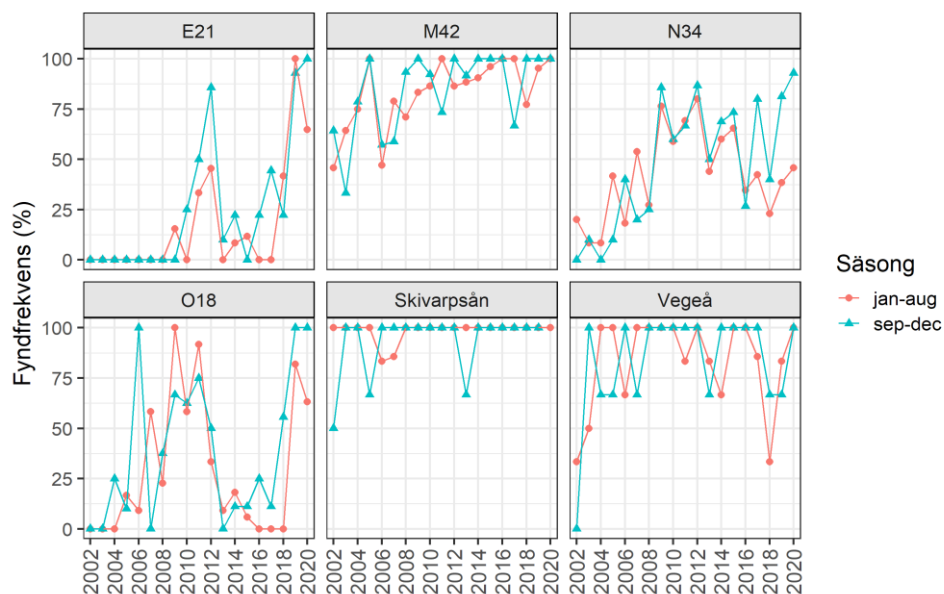
Framför allt i Skåne har man fokuserat på att minska vindavdriften genom avdriftreducerande munstycken, låg bomhöjd samt att köra på kvällen och när det är vindstilla. I Östergötland har fokus varit på att hålla skyddsavstånd och jordartsanpassa dosen. Många använder lägre dos än maxdos men bara ett fåtal svarar att man använt lägre dos än tidigare.

Svaren från lantbrukarna i typområdena kan jämföras med svaren som inkom i tillsynsprojektet *Tillsyn i fält 2019* anordnad av Jordbruksverket, Naturvårdsverket och Kemikalieinspektionen. Resultaten från tillsynsprojektet antyder att medvetenheten och engagemanget kring diflufenikankampanjen är hög

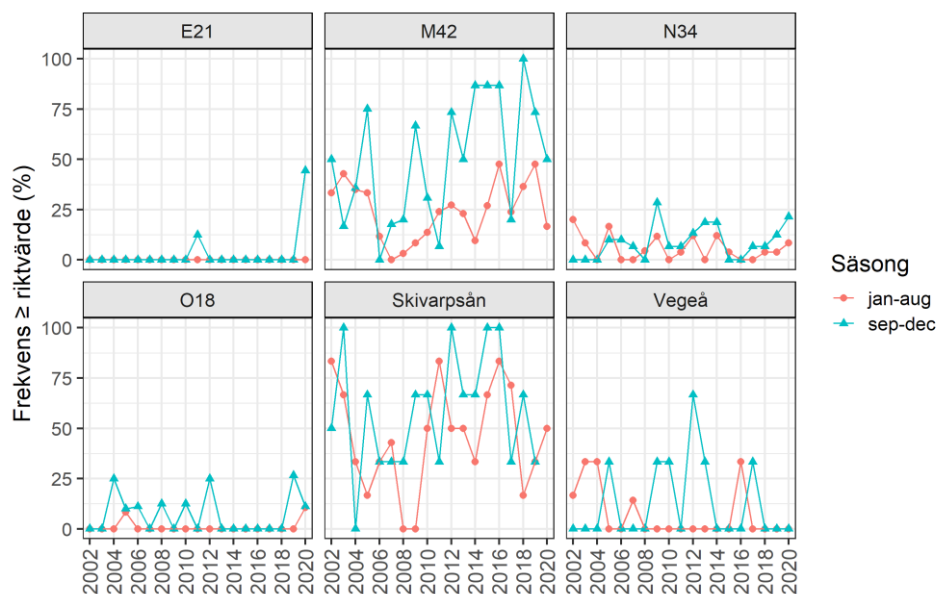
(Jordbruksverket, 2020). De vanligaste åtgärderna som jordbrukarna vidtar är anpassning av utrustning och tidpunkt för att minimera vindavdrift samt att de använder en sänkt dos jämfört med rekommenderad.

4.2 Uppmätta halter

Diflufenikan uppmäts över detektionsgränsen i en stor andel av alla prover i typområdet M42 och de två åarna i Skåne, och i något lägre andel i de tre andra typområdena (Figur 10). Variationerna mellan åren är stora. Andelen av alla prover som tangerar eller överskrider riktvärdet 0,01 µg/l är också högre i Skåneområdet och de två åarna, särskilt i Skivarpsån (Figur 11).

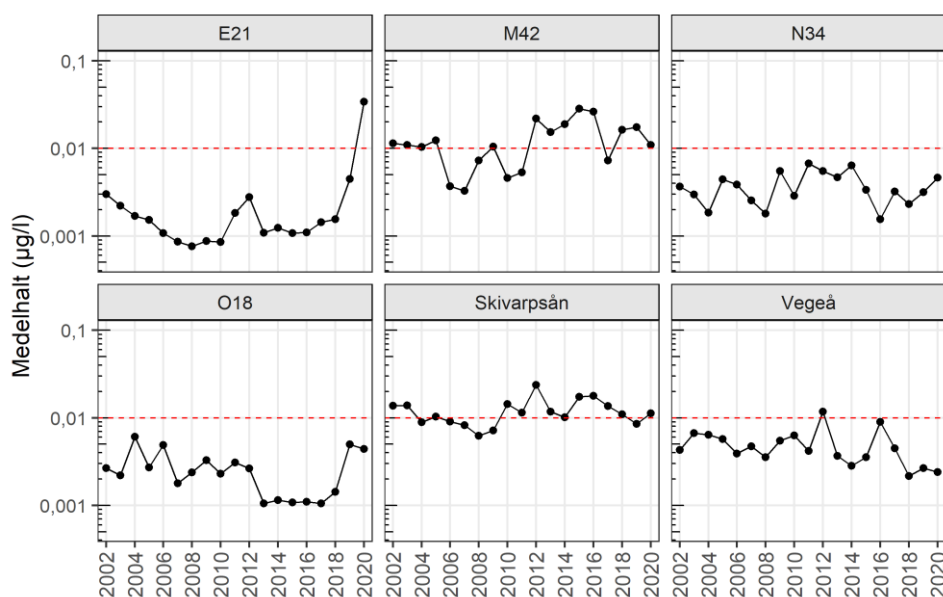


Figur 10 Fyndfrekvenser (andel prover där substansen uppmäts över detektionsgränsen) per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per provtagningspunkt.



Figur 11 Frekvens över eller lika med riktvärdet (andel prover där diflufenikan uppmäts över eller lika med riktvärdet 0,01 µg/l) per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per provtagningspunkt.

Bedömningsgrunderna för växtskyddsmedel som används inom vattenförvaltningen gäller för medelkoncentrationen under den säsong då man kan förvänta sig förhöjda halter i vattenförekomster (HaV, 2016). En jämförelse med bedömningsgrunden för diflufenikan (vilket är samma värde som riktvärdet) har därför gjorts för medelhalter för prover tagna under april–november, den period då användningen förekommer (Figur 12), detta är alltså en annan säsongsindelning än den uppdelning som gjorts i övriga figurer i rapporten. Även Figur 12 visar på att typområdet M42 och Skivarpsån har de flesta överskridandena av bedömningsgrunden. E21 och Vege å har 1 säsongsmedelhalt som överskrider vardera medan N34 och O18 saknar överskridanden. Det är bara provpunkterna i Skivarpsån, Vege å samt E21 som ligger i en vattenförekomst, övriga provpunkter ligger i biflöden till vattenförekomster. De jämförelser som fortsättningsvis görs med bedömningsgrunden/riktvärdet för diflufenikan i denna rapport har inte som syfte att visa på om kraven i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift efterlevs utan syftar till att mer generellt relatera uppmätta halter till möjliga effekter på vattenlevande organismer (läs mer i avsnitt 3.2).



Figur 12 Medelhalt av diflufenikan per år, endast prover tagna april–november inkluderas. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen. Bedömningsgrunden 0,01 µg/l visas som streckad röd linje.

En översikt över alla uppmätta halter över åren visar också att halterna i M42 och Skivarpsån generellt är högre (Figur 13). Figuren visar också att spridningen i uppmätta halter är stor, och att det kan vara en betydande skillnad mellan år. Till exempel är flertalet uppmätta halter i M42 under hösten 2017 under riktvärdet vilket kan förklaras med att det var en höst med mycket nederbörd där få lantbrukare hade möjlighet att så höstsäd (Figur 4) och få behandlingar med diflufenikan gjordes (Figur 6). Under hösten 2018 uppmättes å andra sidan alla halter över riktvärdet. Det går också att se i Figur 13 att halterna i E21 är högre under de senaste åren, särskilt 2020, vilket sammanfaller med en ökad användning i typområdet under de senaste åren (se t.ex. Figur 8).

I Figur 13 har också den regulatoriskt acceptabla koncentrationen på 0,073 µg/l lagts in. Det är den halt som använts i miljöriskbedömningen för den i Sverige senast godkända produkten innehållande diflufenikan.

I M42 går det att se minskande medelhalter under höstsäsongerna 2018–2020, och dessa är även lägre än medelhalterna för 2015 och 2016 (dock inte 2017 som nämnts tidigare). Även i Skivarpsån och Vege å kan man skönja en liknande trend, dock bygger underlaget från åarna på färre prover. För att testa denna nedgång statistiskt jämfördes halter från de tre åren innan kampanjen, 2015–2017, med

halter från åren sedan kampanjen startade, 2018–2020. Uppmätta halter logtransformerades för att uppnå approximativ normalfördelning.

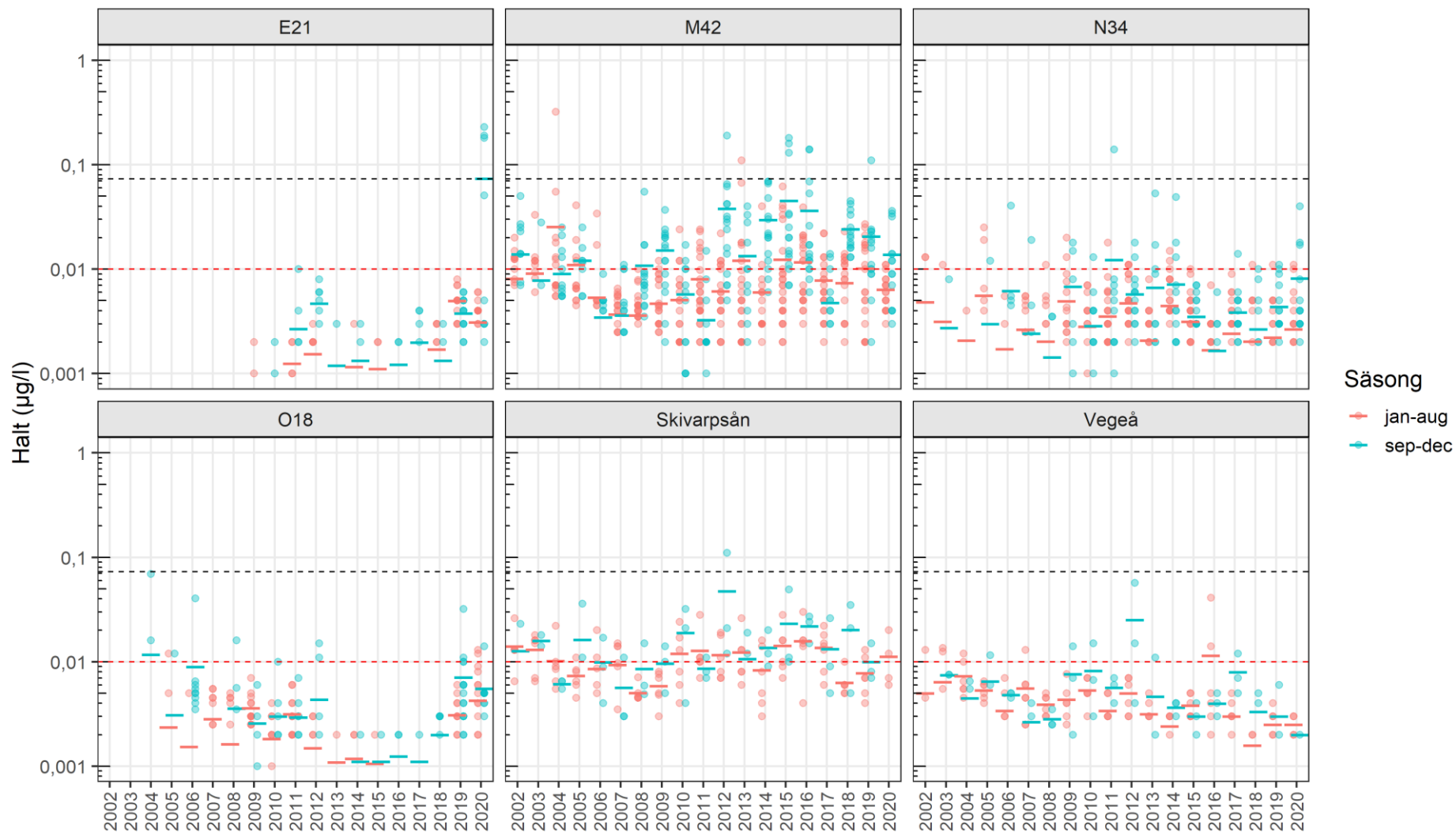
Eftersom kampanjen fokuserats på Skåne och mest data finns för typområdet M42 så testades först eventuella skillnader mellan perioderna 2015–2017 och 2018–2020 endast för M42. En statistisk modell kallad *generalized least squares* användes, eftersom denna metod kan justeras för att observationerna inte är oberoende, då det är en tidstrend som analyseras². Period (2015–2017 eller 2018–2020), säsong (januari-augusti eller september-december) och deras interaktion ingick i modellen. Varken interaktionen eller perioden var statistiskt signifikant (Figur 14). Däremot fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan säsongerna januari–augusti jämfört med september–december, med högre halter under september–december, efter att interaktionen togs bort från modellen.

För att testa skillnader mellan perioderna för alla provpunkter användes en *linear mixed-effects model* där provpunkten lagts in som en s.k. slumpmässig faktor. I övrigt var modellen uppbyggd på samma sätt som ovan och även här var endast skillnaden mellan säsongerna statistiskt signifikant.

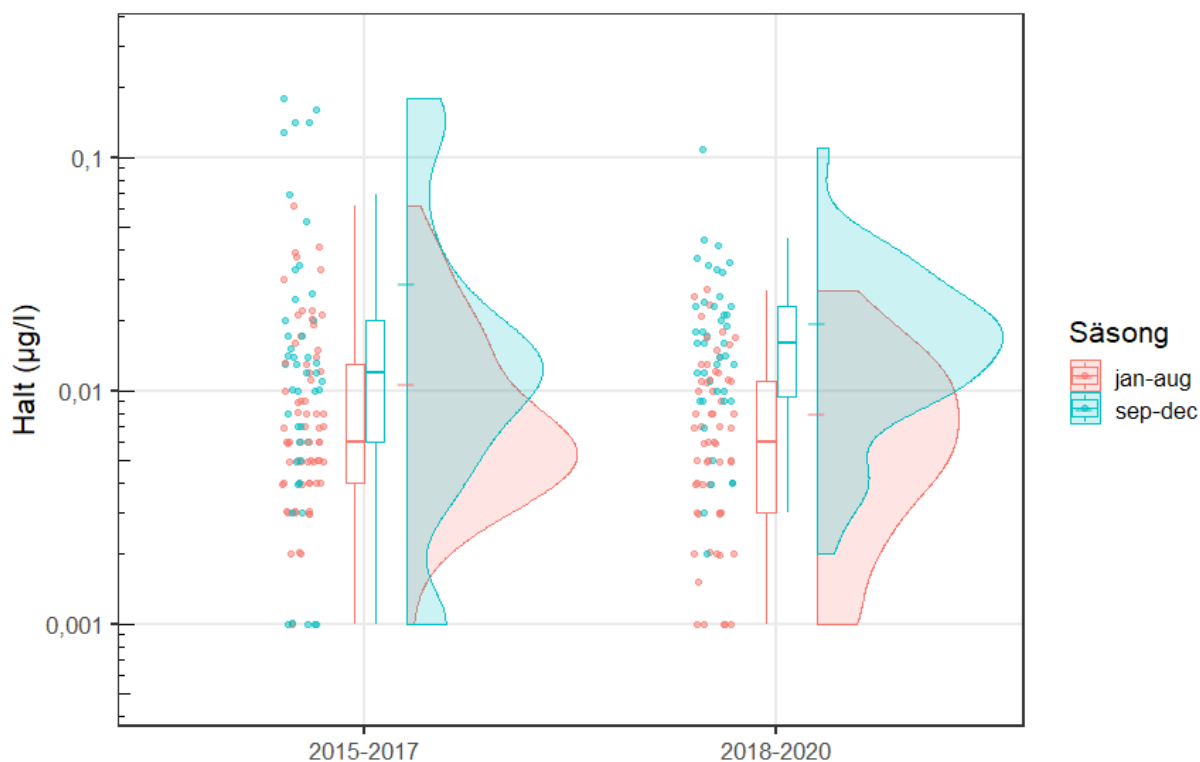
Skillnaderna före och efter kampanjens start var inte heller statistiskt signifikanta med någon av modellerna ifall år 2017, då den höga nederbörden ledde till ovanligt liten användning av diflufenikan, exkluderades.

Trots till synes nedåtgående trender i medelhalter under höstsäsongerna i M42 så visar alltså de statistiska modellerna inte någon skillnad i halter före och efter kampanjens start. I Figur 14 och Figur 13 framgår att fler höga halter, mellan 0,05 och 0,2 µg/l uppmätts under 2015–2017 än 2018–2020, och dessa halter drar upp medelhalterna. Fördelningarna och de boxplots som visas i Figur 14 gör det dock tydligare att det inte är någon markant skillnad i halter för den stora majoriteten av prover som uppmätts. Till skillnad från medelvärdena är medianvärdena under hösten högre för perioden 2018–2020 än för den tidigare perioden.

² Modellen har justerats genom att lägga till en tidseriestructur i feltermen.



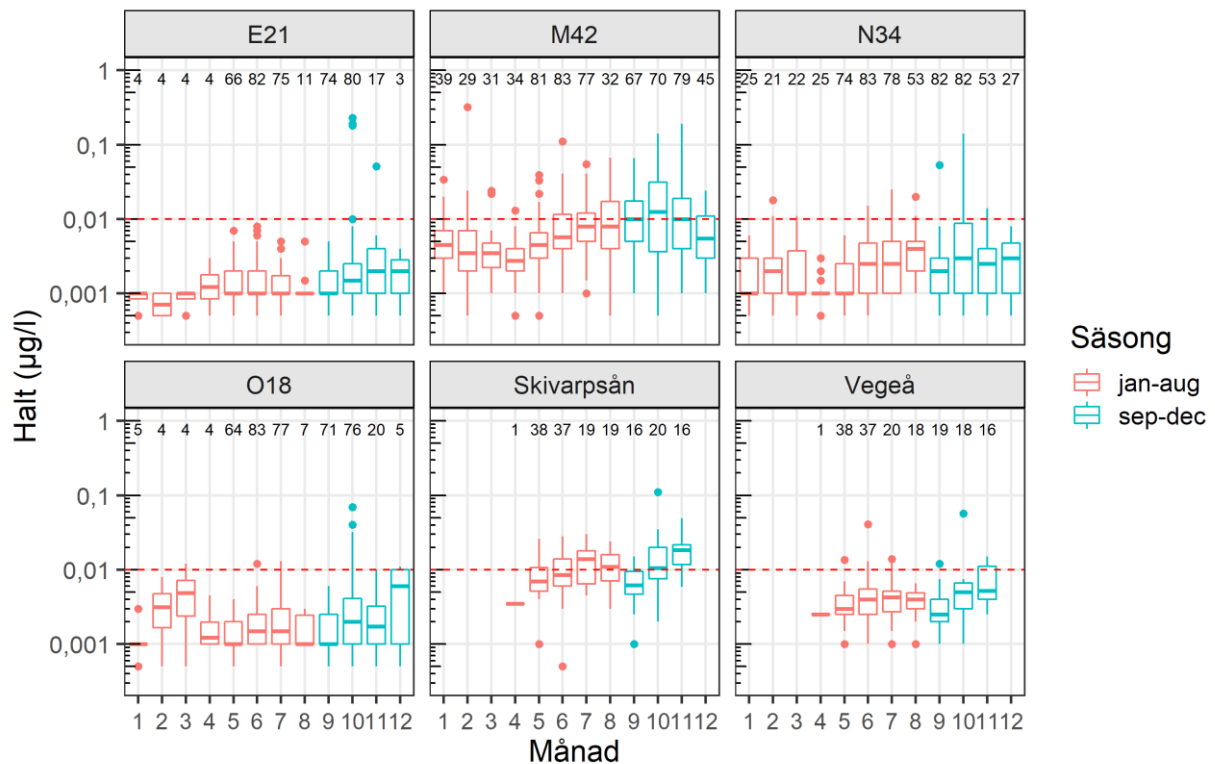
Figur 13 Uppmätta halter av diflufenikan per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per provtagningspunkt. De korta horisontella strecken visar medelhalten under säsongen (halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen innan beräkning av medelhalt), den streckade röda linjen visar riktvärdet 0,01 µg/l och den streckade svarta linjen visar den regulatoriskt acceptabla koncentrationen 0,073 µg/l.



Figur 14 Uppmätta halter i M42 under 2015-2017 jämfört med 2018-2020, dels som enskilda uppmätta värden (punkter längst till vänster), som boxplots³ i mitten och som empiriska sannolikhetsfördelningar, s.k. *density estimation*, längst till höger. Aritmetiska medelvärden för perioden visas som horisontellt streck längst till vänster i sannolikhetsfördelningarna. Röd färg för prover tagna under januari-augusti och blå färg för september-december.

³ Så kallade Tukey boxplots används i rapporten, där den horisontella linjen visar medianen, längden av lådan innefattar hälften av mätvärdena (25:e till 75:e percentil, även kallat kvartilavståndet) och ”morrhåren” (de vertikala strecken som går ut från lådan) dras till det lägsta eller högsta värdet som ligger inom 1,5 * kvartilavståndet. Värden utanför 1,5 * kvartilavståndet visas som separata punkter.

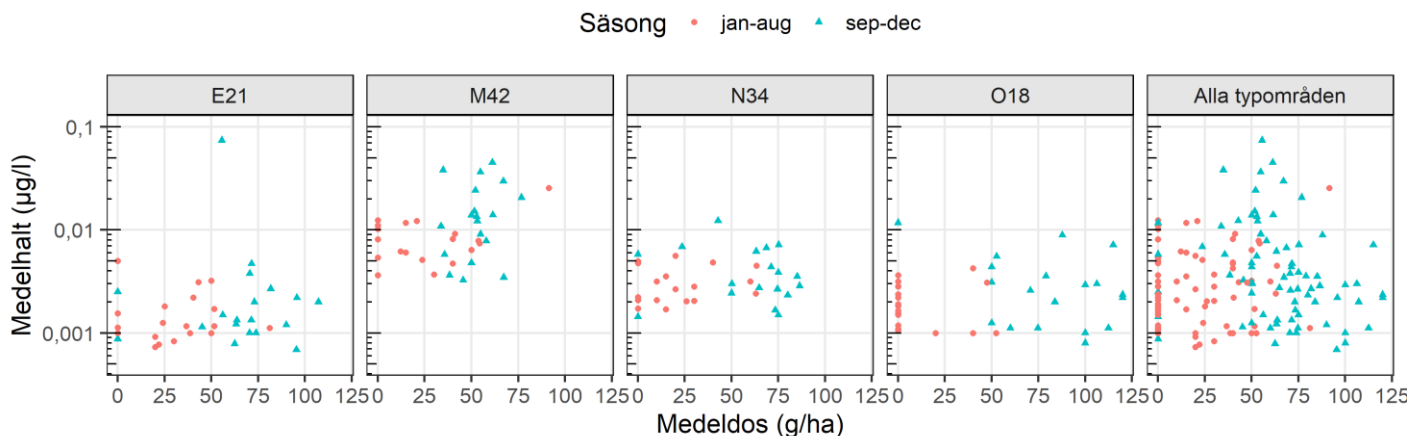
I Figur 15 visas variationerna i halter över årets månader, under hela perioden 2002–2020. Här är halterna generellt högre under höstmånaderna, dock finns även förhöjda halter under sommarmånaderna, till exempel under juli i Skivarpsån och augusti i N34.



Figur 15. Boxplots av uppmätta halter per månad under hela perioden 2002-2020, uppdelat per provtagningspunkt. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen. Antalet prover som ingår i varje boxplot visas med svarta siffror. Den streckade röda linjen visar riktvärdet 0,01 µg/l

4.3 Styrande faktorer

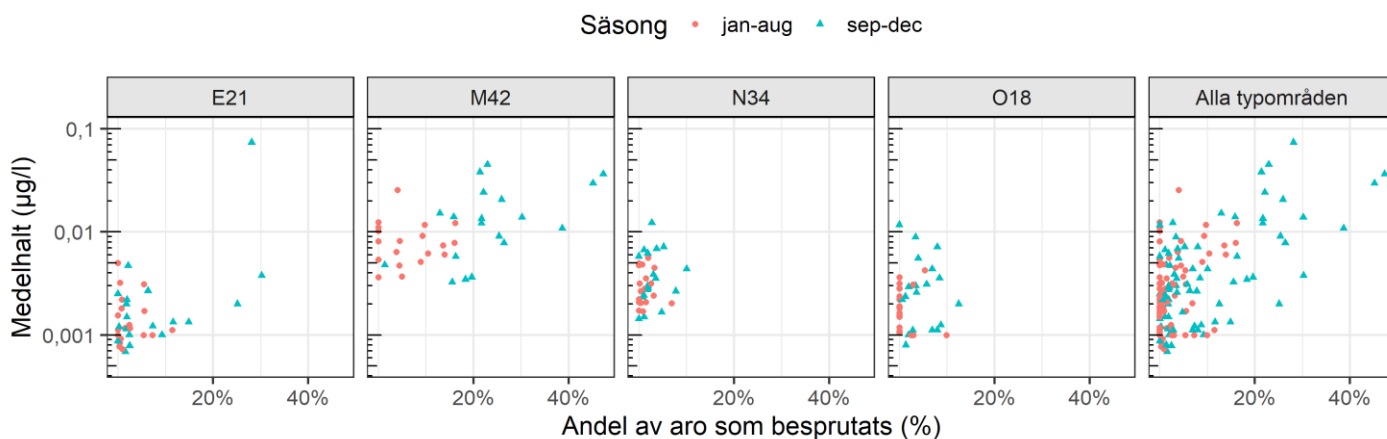
För att belysa de viktigaste faktorerna som spelar in för att förhöjda halter diflufenikan ska påträffas i ytvatten har uppmätta medelhalter per år och säsong jämförts med olika mått på användningen i de fyra typområdena (Figur 16–18). Använda medeldoser visar inte något samband med uppmätta medelhalter (Figur 16). De högsta doserna har använts i O18 där det endast finns en uppmätt medelhalt över 0,01 µg/l medan använda doser i M42 generellt verkar vara något lägre men där fler medelhalter över riktvärdet uppmätts.



Figur 16 Medel av uppmätta halter diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) jämfört med medel av använda doser diflufenikan (g a.s./ha), en punkt per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde samt för alla typområden tillsammans. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen innan medelvärdet beräknats.

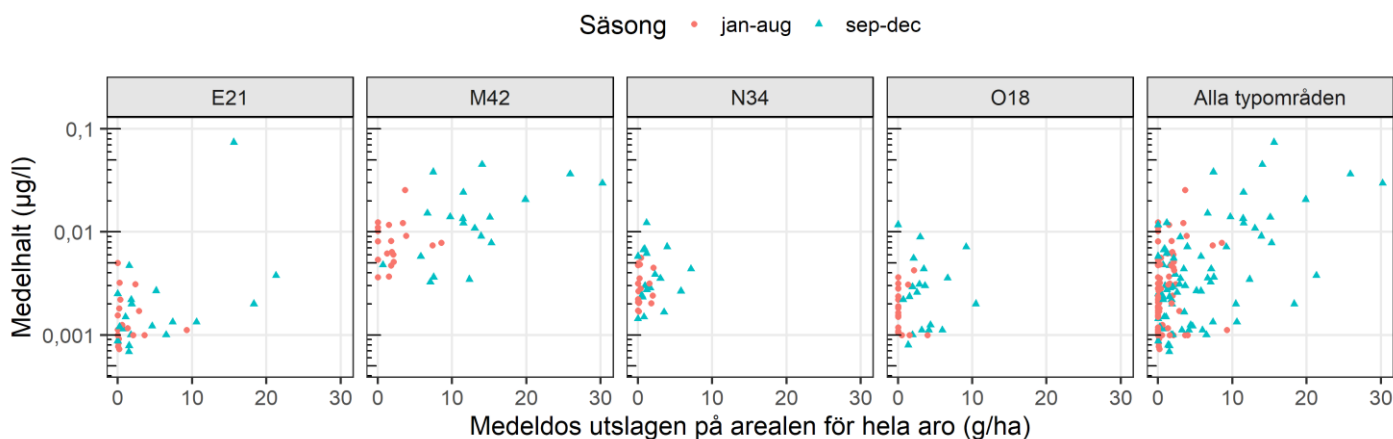
Andelen av avrinningsområdet som besprutas har relaterats till uppmätta medelhalter i Figur 17. Några tydliga samband kan inte ses, men det finns en tendens till att en högre andel av avrinningsområdet som besprutas leder till högre uppmätta medelhalter, särskilt i typområdet M42. Något som kan noteras är att i typområdena N34 och O18 är halterna genomgående under $0,01 \mu\text{g/l}$ (endast en medelhalt i vardera område har varit högre) och i dessa områden har andelen av avrinningsområdet som besprutats varit som högst 10 % respektive 12,5 %.

Även i E21 har medelhalterna legat under $0,01 \mu\text{g/l}$ alla år utom ett (hösten 2020). Förutom under tre höstar har också andelen av avrinningsområdet som besprutats med diflufenikan legat lågt, under 15 %. I M42 verkar även år med låg andel besprutad areal kunna ge upphov till medelhalter över $0,01 \mu\text{g/l}$, främst i januari-augusti. Detta kan bero på att diflufenikan bryts ner långsamt och ligger kvar i marken och kan läcka ut flera månader senare och uppmätas i halter över riktvärdet då flödet i vattendraget går ner under sommaren och utspädningen minskar (läs mer i skrivningarna om Figur 19).



Figur 17 Medel av uppmätta halter diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) jämfört med andel av avrinningsområdet (aro) som besprutats med diflufenikan (%), en punkt per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde samt för alla typområden tillsammans. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen innan medelvärdet beräknats.

Totalt använd mängd utslaget på hela avrinningsområdets storlek (Figur 18) visar ett liknande mönster som andelen av avrinningsområdet som besprutats. Teoretiskt bör det vara den använda mängden utslaget på hela avrinningsområdet (utspädning från annan mark) som påverkar vilka medelhalter som uppmäts i vattendraget, men då de använda doserna är relativt lika mellan områden blir andelen av avrinningsområdet som besprutas ett mått som är relativt likvärdigt. Figurer för den totalt använda mängden och den totalt besprutade arealen per år och säsong, uppdelat per typområde, visas i Bilaga 2.

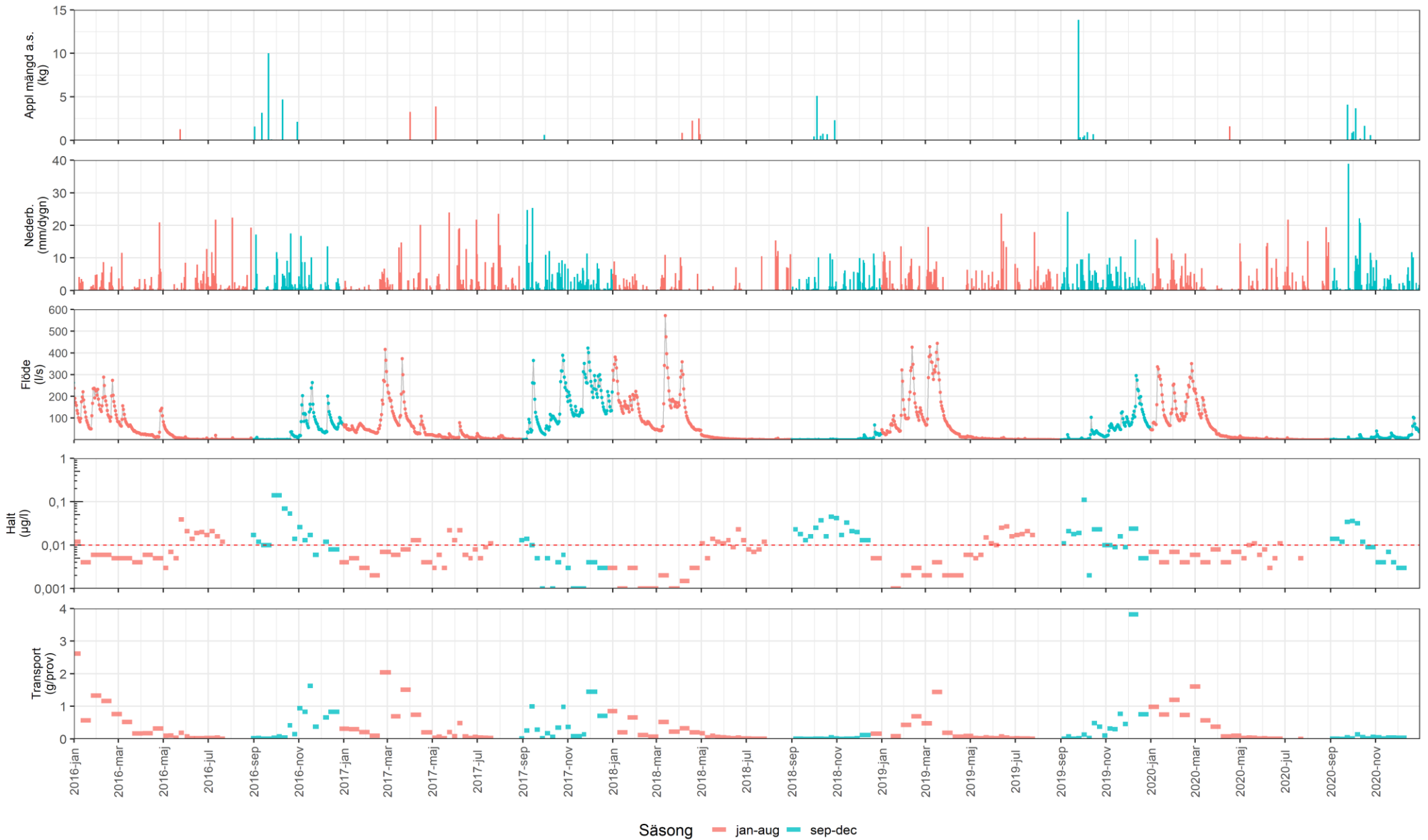


Figur 18 Medel av uppmätta halter diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) jämfört med använd mängd diflufenikan utslaget på hela avrinningsområdets storlek (gram aktiv substans per hektar), en punkt per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde samt för alla typområden tillsammans. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen innan medelvärdet beräknats.

Eftersom förhållandena mellan uppmätta halter och användning är komplex visar jämförelserna ovan på relativt stor spridning och inga tydliga samband. För att ytterligare belysa samspelet mellan användning och uppmätta halter och även inkludera väderfaktorer som nederbörd och flöden i vattendraget i resonemangen så sammanställdes dessa faktorer för typområdet M42 för åren 2011–2020. Detta åskådliggörs i Figur 19, där ett utsnitt för 2016–2020 visas. I figuren kan man se att en stor sammanlagd användning t.ex. i september 2016 och september 2019 efterföljs av förhöjda halter uppmätta i vattendraget. De förhöjda halterna uppmäts dock inte alltid under samma vecka (veckomedelsprov) som användningen skett, utan det kan vara en fördröjning. Till exempel användes relativt stora mängder diflufenikan den 21:a september 2016, det regnade 8 mm den 23:e september och i provet som togs 18:e till 25:e september var halten $0,01 \mu\text{g/l}$. I provet som togs 25:e september till 2:a oktober var halten betydligt högre, $0,14 \mu\text{g/l}$ efter att det regnat 9,4 mm både 28:e och 30:e september, med bara en liten användning den 25:e september. Även i det efterföljande provet, taget mellan 2:a och 9:e oktober var halten $0,14 \mu\text{g/l}$, trots ingen ytterligare användning under de dagarna, dock en nederbörd på 2,8 mm 3:e oktober och 11,2 mm 9:e oktober.

I Figur 19 visas även transporten i gram per prov, vilken beräknats som den uppmätta halten ($\mu\text{g/l}$) multiplicerat med vattenföringen under veckan (m^3) dividerat med 1000. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen. Transporten uppvisar ett annat mönster än halterna eftersom även flödet tas med i beräkningarna, transporten är generellt som högst under sen höst till tidig vår, och betydligt lägre under sommaren.

Det framgår av Figur 19 att halter över riktvärdet kan uppmätas även under säsonger då ingen användning skett. Till exempel finns ingen registrerad användning under våren 2019, men då flödena går ner under våren och sommaren stiger halterna och tangerar eller överskrider riktvärdet i alla prover som togs mellan 19:e maj och 28 juli. Detta tyder på att diflufenikan bryts ner långsamt och ligger kvar i marken och kan läcka ut flera månader senare och uppmätas i halter över riktvärdet då flödet i vattendraget går ner och utspädningen minskar.



Figur 19 Applicerad mängd (kg aktiv substans/dygn), nederbörd (mm/dygn), medelflöde (l/s), uppmätt medelhalt av diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) och transport av diflufenikan (g/prov) i typområdet i Skåne (M42) under 2016 till 2020. Röd färg visar värden för januari till augusti och blå färg värden för september till december. Halter under detektionsgränsen visas som streck på baslinjen (vid $0,001 \mu\text{g/l}$).

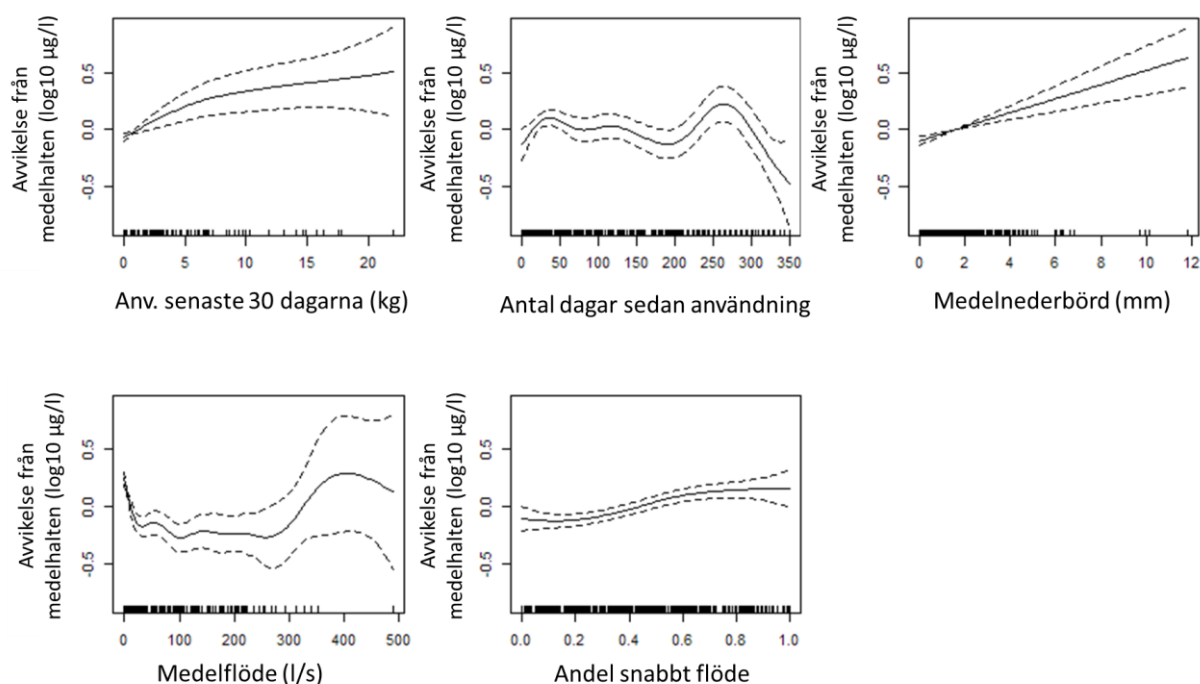
På grund av det komplexa samspelet mellan användning, nederbörd och flöden och den tidsfördröjning som ofta sker mellan användning och effekter på uppmätta halter av diflufenikan är det en utmaning att analysera sambanden statistiskt. Här har vi använt datasetet från typområde M42 åren 2011–2020 och jämfört uppmätta halter med olika variabler för användning, flöde, nederbörd m.m., i en statistisk modell kallad *generalized additive model*. Med denna statistiska modell behöver man inte i förväg bestämma ett funktionellt samband (t.ex. linjärt eller exponentiellt) utan modellen anpassar en kurva till de data som finns, och den bästa anpassningen tas fram genom korsvalidering, med en ”bestraffning” för mer ”kurviga” linjer, för att undvika ”over-fitting”. På detta sätt går det att relativt förutsättningslöst undersöka hur sambanden mellan responsvariabeln och de förklarande variablerna ser ut, och vilka variabler som är mer förklarande, eftersom ungefärliga p-värden kan beräknas. Även i denna modell har en korrektion gjorts för att det är en tidsserie och inte oberoende observationer och de uppmätta halterna har logtransformerats för att uppnå approximativ normalfördelning. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.

De i ytvatten uppmätta halterna av diflufenikan har jämförts med följande förklarande variabler:

- Medelanvändning under dagarna provet tagits (kg/dygn)
- Totalt använd mängd under de senaste 30 dagarna innan stoppdatum för provet (kg)
- Antal dagar sedan senaste användning, i relation till stoppdatum för provet (antal dagar)
- Medelflöde under dagarna provet tagits (l/s)
- Andel av vattenföringen (mängden vatten som passerat, i m³) under de dagar som provet tagits som varit ”snabbt flöde” ((vattenföring-vattenföring i basflöde⁴)/vattenföring) (andel)
- Medelnederbörd under dagarna provet tagits (mm/dygn)
- Antal dagar sedan senaste nederbörd, i relation till stoppdatum för provet (antal dagar)
- Medel lufttemperatur under dagarna provet tagits (°C)

Ett p-värde under 0,05 anses visa att en variabel är statistiskt signifikant och förklarande variabler som inte var signifikanta togs stegvis bort från modellen. Den variabel med högst p-värde togs bort först, tills endast signifikanta variabler återstod. I Figur 20 visas de anpassningar som gjorts av de signifikanta förklarande variabelernas relation till log₁₀ av uppmätta halter, enligt modellen. I Tabell 3 visas ungefärliga p-värden för anpassningarna.

⁴ Beräknat med ett excelprogram från Martin Morawietz på Oslo universitet. Algoritmen för att separera basflöde från totalt flöde är baserad på en rapport från Institute of hydrology (1980).



Figur 20 Spline-anpassningar av de förklarande variabelernas relation till log10 av uppmätta halter av diflufenikan i den statistiska modellen (generalized additive model) med data från M42 2011-2020. De streckade linjerna visar ungefärliga 95 % konfidensintervall runt passningarna. På x-skalan visas även en s.k. "rug plot" som visar vilka värden på x-axeln som motsvaras av en datapunkt.

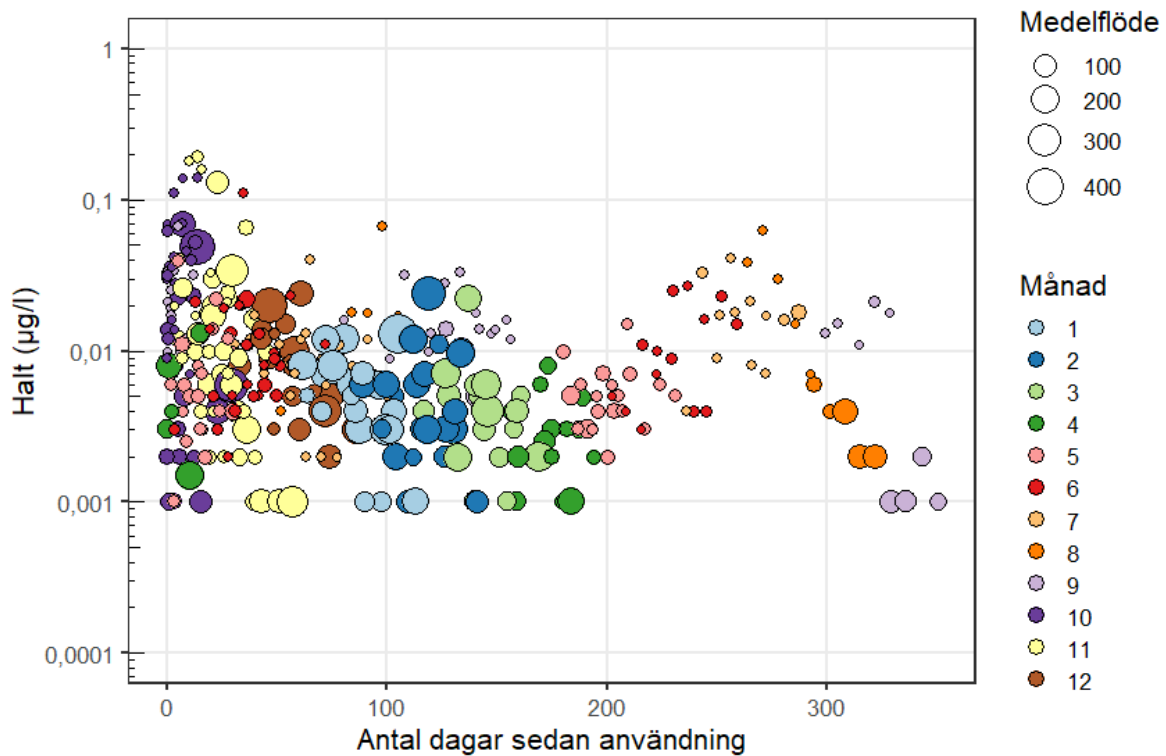
Tabell 3 Ungefärliga p-värden för de förklarande variabelernas relation till log10 av uppmätta halter av diflufenikan i den statistiska modellen (generalized additive model) med data från M42 2011-2020

Förklarande variabel	Ungefärligt p-värde
Medelflöde	$< 2 \times 10^{-16}$
Medelnederbörd	3×10^{-06}
Andel snabbt flöde	3×10^{-05}
Anv senaste 30 dagarna	0,0005
Antal dagar sedan anv	0,0007

Medelflödet under dagarna provet tagits har det lägsta p-värdet och är alltså en tydligt signifikant avgörande faktor för halterna. Utifrån kurvan som visas i Figur 20 går det att se att halterna avtar kraftigt när flödet ökar, i spannet då flödena är mycket låga till något högre, och fortsätter sedan vara något avtagande. Vid de högsta flödena ser sedan halterna ut att öka igen, vilket är svårt att förklara, men för medelflöden över 300 l/s finns bara ett fåtal prover så dataunderlaget är bristfälligt. Se även Figur B5 i Bilaga 3 för ett spridningsdiagram för relationen mellan uppmätt halt och medelflöde, för alla prover.

Medelnederbörden under de dagar som provet tagits har en helt linjär passning med ökande halter av diflufenikan vid högre nederbörd (Figur 20). Även den totalt använda mängden de senaste 30 dagarna och andelen av vattenföringen som varit "snabbt flöde" har nära linjärt ökande samband med uppmätta halter (Figur 20). Se även Figur B6-B8 i Bilaga 3 för spridningsdiagram.

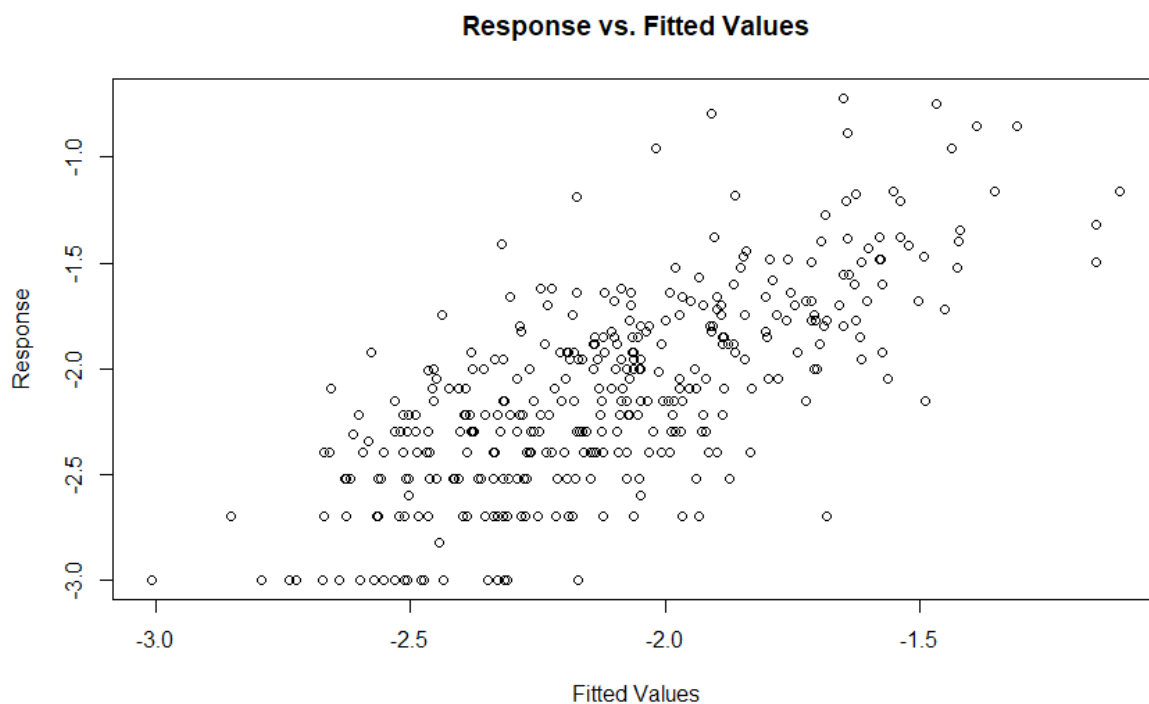
Relationen mellan uppmätta halter av diflufenikan och antal dagar sedan senaste användning i fält är också statistiskt signifikant men är svårare att tolka. Överlag är kurvan avtagande vid större antal dagar sedan senaste användning, men mellan cirka 200–300 dagar går kurvan uppåt (Figur 20). Dessa punkter har undersökts närmare och det är prover som tagits mellan maj och augusti då flödet också har varit lågt (Figur 21), där diflufenikan alltså inte använts under våren men halter över 0,01 µg/l ändå uppmätts.



Figur 21 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan (µg/l) och antal dagar sedan senaste gången diflufenikan använts i området (i relation till stoppdatum för provet), för prover tagna i M42 2011-2020. Storleken på varje punkt indikerar medelflödet under de dagar provet togs och färgerna visar vilken månad provet togs. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.

Separata spridningsdiagram mellan uppmätta halter och alla de förklarande variablerna visas i Bilaga 3.

Hela modellens passning till uppmätta halter visas i Figur 22. Det justerade R^2 -värdet för modellen är 0,484 vilket innebär att cirka 50 % av variationen i halter kan förklaras av de inkluderade variablerna, om de beskrivs med kurvorna som åskådliggörs i Figur 20.



Figur 22 Spridningsdiagram som visar predikterade halter ($\mu\text{g/l}$) enligt modellen (Fitted Values) jämfört med de faktiska halterna (Response), på en \log_{10} -skala.

5. Diskussion

I denna rapport har underlag från den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel använts för att bedöma effekterna av diflufenikankampanjen från Säkert växtskydd 2018–2020. Syftet med kampanjen har varit att halterna av diflufenikan i vattenmiljön ska minska genom information om problemet till lantbrukare och andra berörda samt att rekommendera möjliga åtgärder. Syftet med rapporten har också varit att belysa vilka som är de viktigaste faktorerna som spelar in för när överskridande av riktvärdet förekommer, förekommande samband mellan halter och hydrologiska data, samt vilka riskhanteringsåtgärder som kan bidra till att halterna i berörda vattendrag sjunker till en acceptabel nivå.

Har användningsmönster och uppmätta halter av diflufenikan förändrats under kampanjperioden?

Baserat på det underlag som använts i rapporten går det inte att visa att kampanjen har haft den önskade effekten att halterna ska minska. Den statistiska analysen av halter i de undersökta områdena visar inte på någon signifikant skillnad mellan de tre kampanjåren (2018–2020) och de tre åren innan (2015–2017). Separat analys av M42 i Skåne visar att medelhalten för höstsäsongerna är lägre de senare åren men medianvärdet är högre för perioden 2018–2020 än för den tidigare perioden. Det är några höga halter under 2015 och 2016 som drar upp medelvärdet för den perioden. Så svaret på frågan om halterna minskat under kampanjperioden eller inte beror på vilket mått som används. Det är många faktorer som påverkar uppmätta halter i vattendraget, vilket diskuteras i nästa avsnitt, till stor del sådant som vi inte kan påverka.

Förutom huvudsyftet att minska halterna av diflufenikan i miljön har kampanjen fokuserat på att få stor spridning med sina rekommendationer. Enligt underlaget från odlingsinventeringen i typområdena såväl som från tillsynskampanjen *Tillsyn i fält 2019* verkar kampanjen vara känd, särskilt i Skåne, som varit huvudfokus för kampanjen. Lantbrukarna har också uppgett att de vidtagit åtgärder baserat på kampanjen. Det har främst handlat om olika sorters skyddsåtgärder för att t.ex. minska vindavdrift och att vara extra noga med skyddsavstånd. Det är dock oklart i vilken utsträckning de åtgärder som vidtagits har gått längre än vad som föreskrivs genom spridningsföreskrifter och användningsvillkor för växtskyddsmedel med diflufenikan. Det har inte skett någon minskning i användning i typområdena (varken lägre doser eller lägre andel besprutad areal). Vissa lantbrukare har uppgett att de jordartsanpassat dosen, främst i E21, typområdet i Östergötland, vilket också är det område som har mest varierande jordar, men den totala användningen i området ökade under kampanjperioden.

Inte heller den totala försäljningen av diflufenikan i Sverige visar på någon minskning under perioden enligt Kemikalieinspektionens statistik. Att minska användningen kan naturligtvis påverka odlingen negativt i högre grad än att införa extra skyddsåtgärder. Kanske krävs att lantbrukaren gör en omplanering för att sätta in andra sorters växtskyddsåtgärder, och att tre år i det sammanhanget kan vara en kort tid.

Hur de extra skyddsåtgärderna för att minska risken för att diflufenikan transporteras ut i närliggande vattendrag har påverkat de uppmätta halterna är inte möjligt att svara på utifrån de uppgifter vi har. All minskad förlust är naturligtvis positiv men det är svårt att kvantifiera.

Diflufenikankampanjen har rekommenderat att flytta viss behandling från hösten till våren. Det har inte gjorts i någon omfattning som syns i dataunderlaget från typområdena.

Något som påverkar hur mycket diflufenikan som används är vilka grödor som odlas. Diflufenikan är tillåtet för användning i stråsäd och används till stor del i höstsäd. I odlingsinventeringen från typområdena uppger lantbrukarna vilka grödor som odlas. Det har tyvärr inte varit möjligt inom detta projekt att koppla gröda till användning av diflufenikan när behandlingen sker på hösten (d.v.s. året innan grödan skördas). Vi har dock kunnat visa generellt vilka grödor som odlas i respektive typområde, och intressant är att andelen höstsäd som odlas är lika hög i område O18, i Västergötland som i område M42, i Skåne. Användningen av diflufenikan är däremot klart lägre i O18 än i M42.

Vilka faktorer påverkar de uppmätta halterna av diflufenikan?

För att belysa de viktigaste faktorerna som spelar in för att förhöjda halter diflufenikan ska uppmätas i vattendragen så har medelhalter per år och säsong beräknats utifrån insamlade prov och jämförts med olika mått på användningen i de fyra typområdena.

De använda doserna är relativt lika mellan typområdena men de uppmätta halterna är olika, så dosen i sig verkar inte vara avgörande utan snarare den totala användningen i området. Teoretiskt bör det vara den använda mängden utslaget på hela avrinningsområdet (utspädning från annan mark) som påverkar vilka medelhalter som uppmätts i vattendraget, men då de använda doserna är relativt lika mellan områden blir andelen av avrinningsområdet som besprutas ett mått som är relativt likvärdigt och möjligen lättare att kommunicera och för lantbrukarna att förhålla sig till.

En användning på mindre än 15 % av avrinningsområdet verkar sällan ge upphov till medelhalter över riktvärdet på 0,01 µg/l om användningen varit så låg under längre tid. Eftersom diflufenikan bryts ner relativt långsamt i jord verkar den kunna ligga kvar i marken och läcka ut flera månader senare och uppmätas i halter över riktvärdet om flödet i vattendraget går ner och utspädningen minskar. Det här är

en anledning till att det är svårt att få tydliga korrelationer mellan användning och uppmätta halter. Substansens inneboende egenskaper tillsammans med nederbörd och flöde överskuggar ofta de kopplingarna.

Det är signifikant högre halter av diflufenikan i proverna tagna under höstsäsongen (september–december) än under resten av året (januari–augusti). Det beror delvis på att användningen av diflufenikan också är högre under hösten än på våren. Dessutom är riskerna för läckage av växtskyddsmedel generellt högre på hösten än på våren. Det finns flera faktorer som bidrar till det, till exempel högre nederbörd, att hydrologin är annorlunda med mer flöden ut från fälten istället för upptag i växter och genom avdunstning (evapotranspiration) samt att temperaturen är lägre vilket leder till lägre nedbrytningshastighet.

I rapporten har datasetet från M42 2011–2020 använts för att jämföra uppmätta halter med olika variabler för användning, flöde, nederbörd m.m. i en statistisk modell kallad *generalized additive model*. Det som visade sig vara starkast korrelerat till de uppmätta koncentrationerna var flödet (medelflöde under dagarna provet tagits, l/s). Ett lågt flöde ger en liten utspädning och därmed ofta en högre halt. Flödet är också kopplat till den totala transporten av diflufenikan ut från området via vattendraget. Transporten ökar under perioder med högt flöde. Det som styr både halterna och transporten är hur mycket av substansen som tar sig från fältet till vattendraget, som där kan spädas ut mer eller mindre beroende på flödet.

I den statistiska modellen är medelnederbörden under de dagar provet tagits signifikant korrelerat till högre uppmätta halter. Detta kan förklaras med att de flesta växtskyddsmedel, även diflufenikan, i stort följer vattnets rörelser. Nederbörd behövs därför för att läckage ska kunna ske. Men det kan regna utan att det blir några större mängder som transporteras ut från fältet om den nederbörd som faller främst tas upp av växter eller avdunstar istället för att transporteras ut i vattendragen. I dessa fall kan flödet i vattendraget vara mycket lågt men halterna ändå inte så höga. Nederbörd och flöde är alltså två viktiga styrande faktorer för de uppmätta halterna. Flödet är beroende av nederbörden, men sambandet är komplext eftersom även andra faktorer spelar in.

I modellen testades också andelen av vattenföringen som varit ”snabba flöden”. Transport av växtskyddsmedel sker till stor del genom makroporer i marken vilket gör att transporten ner till dräneringsledningarna och vidare ut i ett vattendrag kan ske snabbt. Mycket makroporer förekommer främst i styva lerjordar där det lätt uppstår sprickor, men finns även i andra jordtyper t.ex. i leriga moränjordar vilket dominerar i M42 (Roulier och Jarvis, 2003). Snabba flöden kan också bero på ytavrinning direkt till vattendrag eller till dräneringsbrunnar. När transporten sker snabbt hinner inte substanserna bindas i marken och brytas ner av mikroorganismer vilket kan leda till högre halter i ytvattnet (Jarvis, 2007). Detta bekräftas av att andelen ”snabba flöden” var signifikant korrelerat till de uppmätta halterna. Hur mycket snabba flöden som sker beror mycket på jordarten på platsen, på dräneringsförhållanden och på topografin men kan också variera på samma plats över året på grund av variationer i hydrologiska förhållanden.

Statistiskt är flöde och nederbörd viktiga för att förklara de uppmätta halterna av diflufenikan. Dessa faktorer kan vi inte styra över. Det som går att påverka är användningen på fälten. I modellen var två testade faktorer för användning statistiskt signifikanta: ”den totala användningen i avrinningsområdet 30 dagar innan provet togs” samt ”antal dagar sedan användning”.

Att sänka användningsintensiteten, vilket förordas i kampanjen, är alltså en relevant åtgärd för att påverka de uppmätta halterna av diflufenikan. Det är den totala användningen i avrinningsområdet som är avgörande i detta sammanhang och den kan påverkas genom att sänka dosen och/eller minska

den behandlade arealen. När användning sker i förhållande till när nederbörd inträffar påverkar också vilka förluster som sker. Samspelet mellan användning och nederbörd har inte explicit inkluderats som variabel i den statistiska modellen men både den genomsnittliga nederbörden under de dagar provet tagits samt antal dagar sedan diflufenikan använts har signifikanta samband med uppmätta halter av substansen.

Den statistiska modellen kombinerar de faktorer som är signifikanta och tillsammans beskriver de ca 50 % av variationen i de uppmätta halterna. Andra faktorer som kan spela in är förhållandena på de fält där diflufenikan använts, till exempel jordart, mullhalt, dränering och topografi (Leu m.fl., 2004; Roulier och Jarvis, 2003; Sandin m.fl., 2018). Förluster via vindavdrift är inte heller inkluderade i modellen, men antas vara försumbara i typområdet M42 eftersom i princip alla diken och vattendrag är kulverterade. Vidtagna skyddsåtgärder för att minska transporten av diflufenikan från fältet, antingen via vindavdrift eller via läckage genom marken har inte heller inkluderats i modellen.

Eftersom samspelet mellan olika förklarande variabler, tillsammans med tidsfördröjningen mellan användning, nederbörd och uppmätta halter som diskuterats tidigare, är mycket komplext är det svårt att beskriva med en statistisk modell. För att ta hänsyn till denna komplexitet har olika typer av simuleringsmodeller utvecklats. De modeller som till exempel används för registrering av bekämpningsmedel är avancerade och kräver mycket indata. Inom CKB utvecklas just nu en enklare simuleringsmodell som är tänkt att kunna simulera risker för läckage till ytvatten på regional skala. Denna modell ska gå snabbt att köra och kräva lite indata men ändå inkludera de viktigaste processerna som styr riskerna. Modellen var inte färdigutvecklad inför sammanställningen av denna rapport men om den visar sig ge tillräcklig precision så skulle den kunna användas för att ytterligare testa vår förståelse för processerna som styr förlusterna av diflufenikan.

6. Slutsatser

Har användningsmönster och uppmätta halter av diflufenikan förändrats under kampanjperioden?

- Odlingsinventeringen i typområdena visar på en bred kännedom om diflufenikankampanjen, särskilt i Skåne där kampanjen haft sitt fokus.
- Användardata från typområdena visar ingen skillnad i hur mycket diflufenikan som använts sedan kampanjen startade, inte heller den totala försäljningen av diflufenikan i Sverige enligt Kemikalieinspektionens statistik visar på någon minskning under perioden (2018–2020).
- En stor del av lantbrukarna i typområdena har uppgett att de vidtagit extra skyddsåtgärder för att t.ex. minska vindavdrift och att de varit extra noga med att hålla skyddsavstånd.
- Det är ingen statistisk skillnad i halter i typområdena eller åarna, mellan de tre åren kampanjen pågick (2018–2020) och de tre åren innan (2015–2017).
- Det är generellt högre halter av diflufenikan på hösten (september–december) än under resten av året (januari–augusti). Statistisk analys av halterna visar på signifikanta skillnader.
- På grund av att diflufenikan bryts ner relativt långsamt i jorden kan halter över riktvärdet uppmätas även då substansen inte har använts under säsongen, ifall flödet är lågt och utspädningen därmed liten.

Vilka faktorer påverkar de uppmätta halterna av diflufenikan?

- De tre hydrologiska faktorerna medelflöde i vattendraget, andel ”snabbt flöde” och nederbörd under provtagningsperioden har starkast statistisk korrelation med de uppmätta halterna av diflufenikan i typområde M42 i Skåne.
- Ytterligare två faktorer, knutna till användningen av diflufenikan på fälten, har signifikant korrelation till de uppmätta halterna. Dessa faktorer är den totala användningen i avrinningsområdet under de senaste 30 dagarna samt antal dagar sedan senaste användningen.
- När det gäller användningen, vilket är de faktorer som går att styra över, verkar den totala användningen i området, d.v.s. dosen i kombination med hur stor andel av avrinningsområdet som besprutas, vara avgörande.
- En användning på mindre än 15 % av avrinningsområdet verkar sällan ge upphov till medelhalter över riktvärdet på 0,01 µg/l om användningen varit så låg under längre tid.
- Andra faktorer som inte ingår i den statistiska modellen men som kan påverka de uppmätta halterna är till exempel jordförhållanden, dränering och topografi på de fält där diflufenikan använts, förluster via vindavdrift och effekter av vidtagna skyddsåtgärder.

7. Tackord

Detta uppdrag har finansierats av Jordbruksverket genom Växtskyddsrådet (Dnr 4.4.11-01029/2021) samt av SLU Centrum för kemiska bekämpningsmedel i miljön, CKB. Ett särskilt tack till lantbrukarna i typområdena som har delgivit oss information om användning och åtgärder och till inventerarna i typområdena som har hjälpt oss samla in informationen. Tack till laboratoriet för organisk miljökemi (OMK, Institutionen för vatten och miljö, SLU) som prioriterat analyserna av diflufenikan. Tack också till Claudia von Brömssen (Institutionen för energi och teknik, SLU) för hjälp med statistiska analyser och till Nick Jarvis, Mats Larsbo (Institutionen för mark och miljö, SLU) Therese Nanos och Bodil Lindström (Institutionen för vatten och miljö, SLU) för hjälp med underlag och för värdefulla kommentarer.

8. Referenser

- Andersson, M., Graaf, S. & Kreuger, J. 2009. Beräkning av temporära riktvärden för 12 växtskyddsmedel i ytvatten. Teknisk rapport 135. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Andersson, M. & Kreuger, J. 2011. Preliminära riktvärden för växtskyddsmedel i ytvatten, beräkning av riktvärden för 64 växtskyddsmedel som saknar svenskt riktvärde. Teknisk rapport 144. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- Boström, G., Lindström, B., Gönczi, M. och Kreuger, J. 2016. Nationell screening av bekämpningsmedel i yt- och grundvatten 2015. CKB rapport 2016:1. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Boström, G., Gönczi, M. & Kreuger, J. 2017. Växtskyddsmedel som regelbundet överskrider riktvärden för ytvatten – en undersökning av bakomliggande orsaker. CKB rapport 2017:2. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

- EFSA. 2007. Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance diflufenican. EFSA Scientific Report (2007) 122, 1-84.
- EU-kommissionen. 2015. Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2015/408 om genomförande av artikel 80.7 i Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 och om upprättande av en förteckning över kandidatämnen för substitution (senast konsoliderad 2020-10-07).
- HaV. 2016. Miljögifter i vatten – klassificering av ytvattenstatus, Vägledning för tillämpning av HVMFS 2013:19. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:26.
- HaV. 2019. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten; (HVMFS 2019:25). Havs- och vattenmyndighetens författningssamling.
- Institute of hydrology. 1980. Low flow studies. Report No 1. Research report. Institute of hydrology, Crowmarsh Gifford Wallingford, Oxon. <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/9093/>
- Jarvis, N.J., 2007. A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. European Journal of Soil Science 58, 523–546. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2007.00915.x>
- Jordbruksverket. 2018. Kemisk ogräsbekämpning 2018.
- Jordbruksverket. 2020. Tillsyn i fält 2019 - Tillsynsprojekt om risker för läckage av växtnäring och växtskyddsmedel till sjöar och vattendrag. Jordbruksverkets rapport 2020:11.
- KemI. 2008. Sammanställning av protokoll om riktvärden för växtskyddsmedel i ytvatten. Version: 2008-04-29. Kemikalieinspektionen, Bekämpningsmedel och biotekniska produkter. <https://www.kemi.se/download/18.164ad6b3172927a9289697bf/1598173026044/protokoll-riktvarden-vaxtskyddsmedel.pdf>
- KemI. 2019. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2019. https://www.kemi.se/download/18.164ad6b3172927a92892bfc7/1594631365983/forsalda_bkm_2019.pdf
- KemI. 2021a. Mats Allmyr personlig kommunikation 2021-06-10.
- KemI. 2021b. Mats Allmyr personlig kommunikation 2021-05-25.
- KemI. 2021c. Riktvärden för ytvatten. Senast uppdaterad 23 augusti 2020. <https://www.kemi.se/bekampningsmedel/vaxtskyddsmedel/anvandning-av-vaxtskyddsmedel/riktvarden-for-ytvatten> (hämtad 2021-06-01).
- Larsbo, M., Sandin, M., Jarvis, N., Etana, A. och Kreuger, J. 2016. Surface Runoff of Pesticides from a Clay Loam Field in Sweden. Journal of Environmental Quality 45, 1367–1374. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.10.0528>
- Leu, C., Singer, H., Stamm, C., Müller, S.R. och Schwarzenbach, R.P. 2004. Variability of Herbicide Losses from 13 Fields to Surface Water within a Small Catchment after a Controlled Herbicide Application. Environ. Sci. Technol. 38, 3835–3841. <https://doi.org/10.1021/es0499593>
- Lindström, B., Larsson, M., Boye, K., Gönczi, M. & Kreuger, J. 2015. Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel). Långtidsöversikt och trender 2002-

2012 för ytvatten och sediment. Rapport 2015:5. Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

NV. 2021. Riktvärden för halter av växtskyddsmedel i ytvatten – vägledning för tillämpning. Senast uppdaterad 31 maj 2016. <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Miljoovervakning/Bedomningsgrunder/Odlingslandskap/Riktvarde-for-vaxtskyddsmedel/> (hämtad 2021-06-01).

Nanos, T. & Kreuger, J. 2019. Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel). Årssammanställning 2017. Rapport 2019:1. Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet.

PPDB. 2021. PPDB: Pesticide Properties DataBase. University of Hertfordshire. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> (hämtad 2021-06-01)

Roulier, S. och Jarvis, N. 2003. Modeling Macropore Flow Effects on Pesticide Leaching. Journal of Environmental Quality 32, 2341–2353. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.2341>

Sandin, M., Piikki, K., Jarvis, N., Larsbo, M., Bishop, K. och Kreuger, J. 2018. Spatial and temporal patterns of pesticide concentrations in streamflow, drainage and runoff in a small Swedish agricultural catchment. Science of The Total Environment 610–611, 623–634. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.068>

9. Bilagor

Bilaga 1. De två informationsbladen om diflufenikankampanjen från Säkert växtskydd

Bilaga 2. Ytterligare figurer till avsnitt 4.1 Användning.

Bilaga 3. Ytterligare figurer till avsnitt 4.3 Styrande faktorer.

Bilaga 1 – De två informationsbladen om diflufenikankampanjen från Säkert växtskydd



Diflufenikan

- luring i vattenmiljön



Fynd av diflufenikan i ytvatten överskrider förhållandevis ofta det uppsatta riktvärdet. Högst halt uppmäts under senare delen av hösten, då också flest bekämpningar görs. **Foto:** Tilla Larsson

Antalet godkända ogräspreparat i Sverige är stort, men deras verkningsmekanismer är klart mer begränsade. Diflufenikan är ett av de ämnen som är viktigt ur ett resistensperspektiv. Dilemmat är att ämnet hittas förhållandevis ofta i vattendrag, där det såklart inte hör hemma. Detta behöver vi gemensamt göra något åt!

Unikt verknings sätt

Diflufenikan (DFF) ingår som ett viktigt ämne och resistensbrytare i ogrässtrategier. DFF är det aktiva ämnet i preparat som Diflanil 500 SC, Legacy 500 SC och Sempra. Det finns också flera produkter, exempelvis Saracen Delta och Othello OD, där DFF ingår som ett av två eller flera aktiva ämnen.

DFF är särskilt viktig i höstsäd, eftersom höstbehandlingar har bra effekter på vanliga, höstgroende ogräs-

arter, som viol, veronika och plister. Särskilt viktig är också effekten på resistensutsatta ogräs som våtarv, baldersbrå, kamomill, blåklint och vallmo.

DFF är för närvarande helt ensam om sitt specifika verknings sätt. Förloras möjligheten att använda DFF, är risken stor att ännu fler ogräs kommer att utveckla resistens mot ämnen i de vanligast förekommande ogräspreparaten, ALS-hämmare (lågdosmedel).



Våtarv har uppvisat resistens mot flera av de vanligaste ogräsmedlen (ALS-hämmare). Foto: Rikard Andersson

Föroreningar i ytvatten

Diflufenikan hittas förhållandevis ofta i ytvatten, som bäckar och åar. Största delen av fynden i landet är från Skåne. DFF är det ämne som oftast överstiger riktvärdet för ekologiska effekter i den nationella miljöövervakningen. Det innebär att ämnet kan ge en negativ effekt på känsliga vattenorganismer.

Vi måste alla hjälpas åt för att få ner förekomsten av diflufenikan i vattendragen. Annars blir det svårt att långsiktigt kunna ha kvar diflufenikan som ett alternativ i ogräsbekämpningen!

Spridningsvägar

Det är troligtvis inte avdrift som är den vanligaste orsaken till fynd av DFF i ytvatten. Snarare är det andra kemiska och fysikaliska processer som står för huvudproblematiken. DFF har egenskaper som delvis kan jämföras med hur fosfor fungerar i marken. Det innebär att ämnet binds till markpartiklar. På det viset transporteras det med vatten både som ytlig erosion, men också i markens porsystem ner till dräneringssystemet. Särskilt genom de större porema, makroporererna, kan flödet vara stort. Det innebär också att lerhalten i behandlade fält är en viktig faktor. Med en ökande lerhalt stiger normalt förekomsten av makroporer. DFF är också förhållandevis stabilt (persistent) i marken vilket gör att läckage kan ske under lång tid. Läckagerisken är störst under hösten och de högsta värdena i vattendragen har främst uppmätts under oktober och november. Dessutom är det då som de flesta behandlingar med DFF görs på fälten.

Åtgärder för att minska risken för diflufenikan i vattendrag

- **Håll de skyddsavstånd** som finns bestämda med exempelvis minst två meter till dräneringsbrunnar och sex meter till vattendrag.
- **Reducera avdriften till ett absolut minimum.** Med rätt val av både utrustning och behandlingstillfälle går det att lösa!
- **Sänk dosen.** Med en dosering på motsvarande 0,1 l/ha av Diflanil 500 SC, Legacy 500 SC eller Sempra får man en bra effekt på de ogräs där DFF har en god verkan. 0,25 l/ha är maxdosen på hösten för de preparat som varit registrerade sedan tidigare. I praktiken är det dock väldigt sällan den högsta dosen behöver användas. Bedömningen är att ett dosintervall på 0,07–0,12 l/ha, av något av preparaten ovan, täcker in åtminstone 80 procent av den tillämpade höstanvändningen.
- **Jordartsanpassa dosen.** Normalt minskar ogrästrycket med stigande lerhalt, medan risken för läckage förväntas öka. Sänk därför dosen DFF på fält med höga lerhalter.
- **Flytta en del av höstanvändningen av diflufenikan till våren.** Läckagerisken bedöms mindre vid en våranvändning. Detta skulle främst kunna vara aktuellt i växtföljder med mycket höstsäd. Att flytta användningen till våren är dock bara aktuellt vid senare såtidpunkter, alternativt när det är lågt ogrästryck från början. För att uppnå samma effekt av en vårbehandling, som motsvarande på hösten, krävs minst en dubblering av dosen för de flesta ogräsarter, eftersom storleken på ogräsen är en nyckelfaktor.
- **Sänk användningsintensiteten.** Med en hög andel höstveten i växtföljden och konsekvent användning av DFF på hösten, så bidrar odlingssystemet till en högre samlad risk för läckage. Det finns restriktioner kring maximalt en behandling per gröda, men i praktiken bör även en mer långsiktig strategi finnas med. Fundera över möjligheten att exempelvis maximera användningen till vartannat eller vart tredje år.
- **Anlägg skyddszoner i erosionsutsatta områden.** Detta behöver inte nödvändigtvis vara i direkt anslutning till vattendrag. Åtgärden kan också vara lämplig i en svacka där det står en dräneringsbrunn, och där ytvatten kan förväntas samlas och föra med sig jordpartiklar ner i dräneringssystemet.

Diflufenikan - luring i vattenmiljön uppföljning 2020



Högst halt av DFF uppmäts under senare delen av hösten, då också flest bekämpningar görs. Foto: Tilla Larsson

Säkert växtskydd startade en kampanj 2018. Den går ut på att påverka lantbrukare att genom ändrat beteende minska förekomsten i vattendrag av diflufenikan (DFF), ett verksamt ämne i flera ogräsmedel. Genom fältvandringar, rådgivning, ogräsbrev och faktablad har vi informerat och debatterat. Nu är det dags för en uppföljning!

Vilka slutsatser kan vi dra?

- Medvetenheten kring problematiken har ökat och informationen har nått ut.
- Årsmånsvariationerna ger stora utslag i mätvärdena.
- Hösten 2017 var halterna av DFF, som uppmättes inom den nationella miljöövervakningen, överlag låga och under riktvärdet. En förhållandevis liten höstsådd areal och en låg andel höstbekämpad areal gav utslag i låga halter i vattendragen.

- Hösten 2018 var halter av DFF strax över riktvärdet i samtliga ytvattenprover tagna inom den nationella miljöövervakningen i Skåne. Det var en stor höstsådd areal som dessutom såddes tidigt. Det fanns därmed både ett större behov och mer tillgänglig tid till bekämpning.
- Det krävs att arealen som behandlas med DFF hålls på en måttlig nivå för att inte halterna i vattendragen ska överstiga riktvärdet.

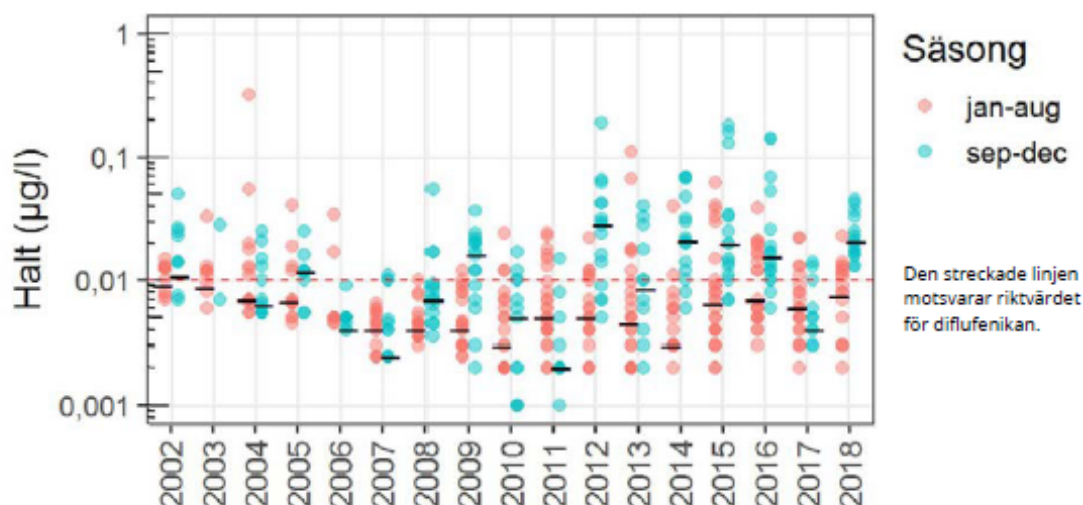
Vad kan vi göra mer?

Vi försöker, med hjälp av resultat från den nationella miljöövervakningen, dra slutsatser kring vilka åtgärder som krävs för att stabilt få ner halterna under riktvärdet. Riktvärdet är satt med tanke på risk för påverkan på vattenlevande organismer och är för DFF 0,01 µg/l. Det gäller att inte slå sig till ro. Vi behöver helt enkelt vässa systemet ytterligare!

Vi måste minska användningen ännu mer i åtminstone de känsligaste områdena i södra Sverige. Det som gäller är fortsatt dosreducering, men också att låta bli att använda DFF på delar av den höstsådda arealen där användningen är störst. I södra Sverige är det främst aktuellt på fält som sås under den senare delen av hösten, men även på fält med förhållandevis lågt ogrässtryck överlag. Från ogräs- och resistenssynpunkt är inte detta en optimal lösning, men verkligheten är att halterna i vattendragen måste minska för att vi ska kunna fortsätta ha tillgång till DFF.

Om vi ska försöka dra någon slutsats av skillnaderna mellan åren från övervakningsområdet i södra Skåne så verkar det vara rimligt att behandla cirka 20 procent av den totala arealen med motsvarande 0,1 l/ha av DFF-produkt (500 g/l), men inte 30–50 procent. För många lantbrukare innebär det helt enkelt att inte hela arealen höstspannmål kan behandlas med DFF. Åren med högst värden i vattendragen har också en stor andel av arealen behandlats. Under de år med låga halter har generellt en lägre andel av arealen behandlats.

Det finns en tendens till att en större andel av proverna ligger över riktvärdet för DFF på hösten (se bild). **Att minska framför allt höstanvändning förväntas därför vara viktigast för att halterna ska gå ner till en acceptabelt låg nivå.**



De blågröna prickarna visar halterna av diflufenikan från september till december och de röda prickarna från januari till augusti.

Framtiden

Användarundersökningar indikerar att användningen under 2019 inte tydligt har minskat i jämförelse med tidigare år i den berörda regionen. Analyser av ytvattenprover från 2019 blir klara till hösten 2020, och först då ser vi om halterna har minskat. Analyser av ytvattenprover från 2020 blir klara hösten 2021, och då sker en slututvärdering av kampanjens tre år.

Resultaten från miljöövervakningen pekar inte tydligt på en nedåtgående trend i halter av DFF i ytvatten. Ändå finns det starka signaler om att medvetenheten och engagemanget kring att minska ytvattenhalterna är stort och att det finns en potential till förändring. Det ska vi ta med oss i det fortsatta arbetet!

Vi måste alla hjälpas åt för att få ner förekomsten av diflufenikan i vattendragen. Annars blir det svårt att långsiktigt kunna ha kvar diflufenikan som ett alternativ i ogräsbekämpningen!

Åtgärder för att minska risken för diflufenikan i vattendrag

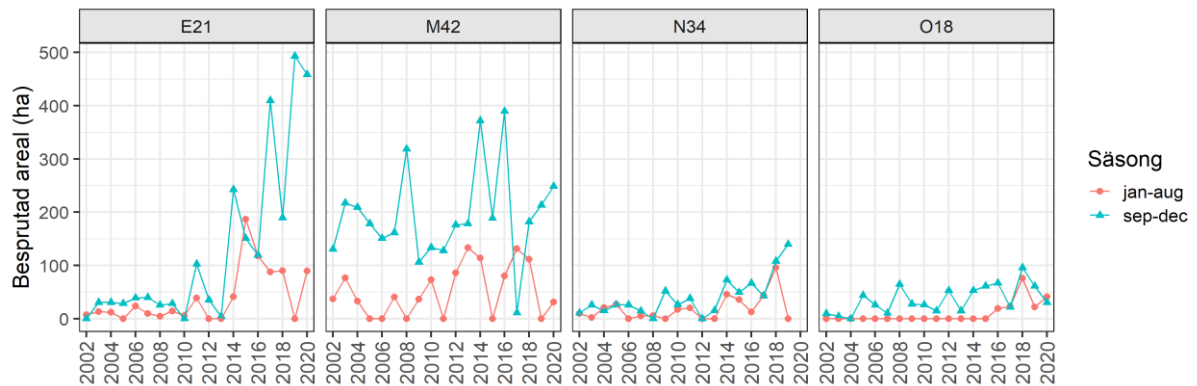
- Sätt som mål att inte behandla mer än 20 procent av din odlade areal med DFF årligen.
- Flytta, om möjligt, behandlingen med DFF till våren.
- Sänk dosen! Även doser ner mot 0,05 l/ha (DFF-produkt, 500g/l) har effekt på känsliga ogräsarter om tidpunkten är den rätta.
- Håll de skyddsavstånd som finns bestämda.
- Reducera avdriften till ett absolut minimum.
- Anlägg skyddszoner i erosionsutsatta områden.

Tänk på:

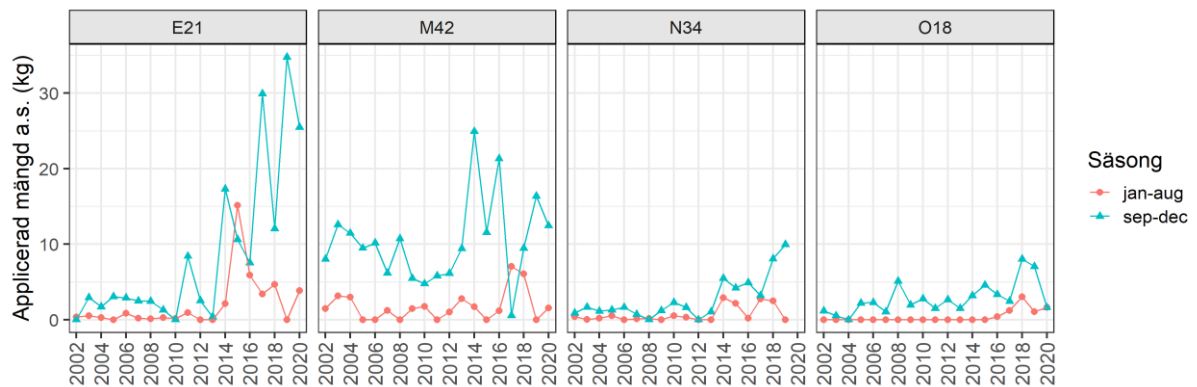
- Var extra återhållsam med bekämpning med DFF på lerjordar med makroporer och tendens till sprickbildning som snabbt transporterar nederbörd och partiklar till dränering ut i vattendrag.

Bilaga 2 – Användning, ytterligare figurer

Ytterligare figurer till avsnitt 4.1 Användning.



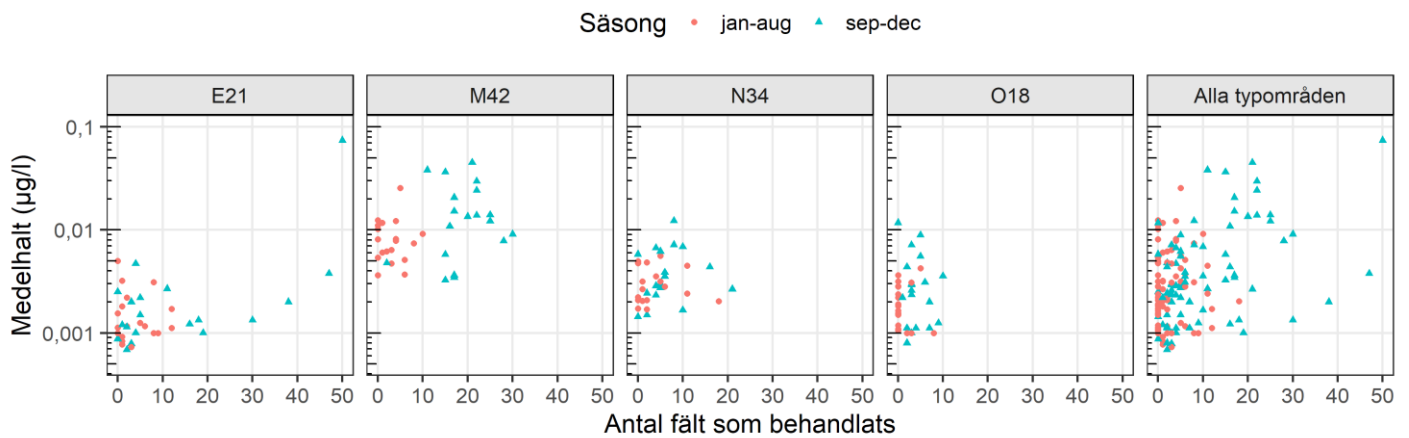
Figur B 1 Total areal besprutad med diflufenikan (hektar) per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde.



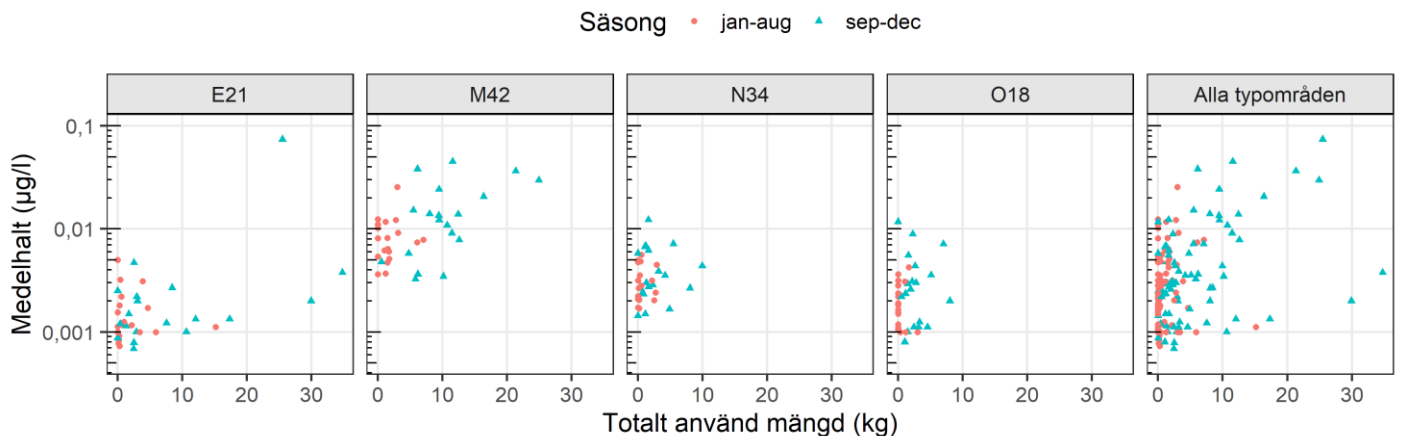
Figur B 2 Total mängd diflufenikan som använts (kg) per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde.

Bilaga 3 – Styrande faktorer, ytterligare figurer

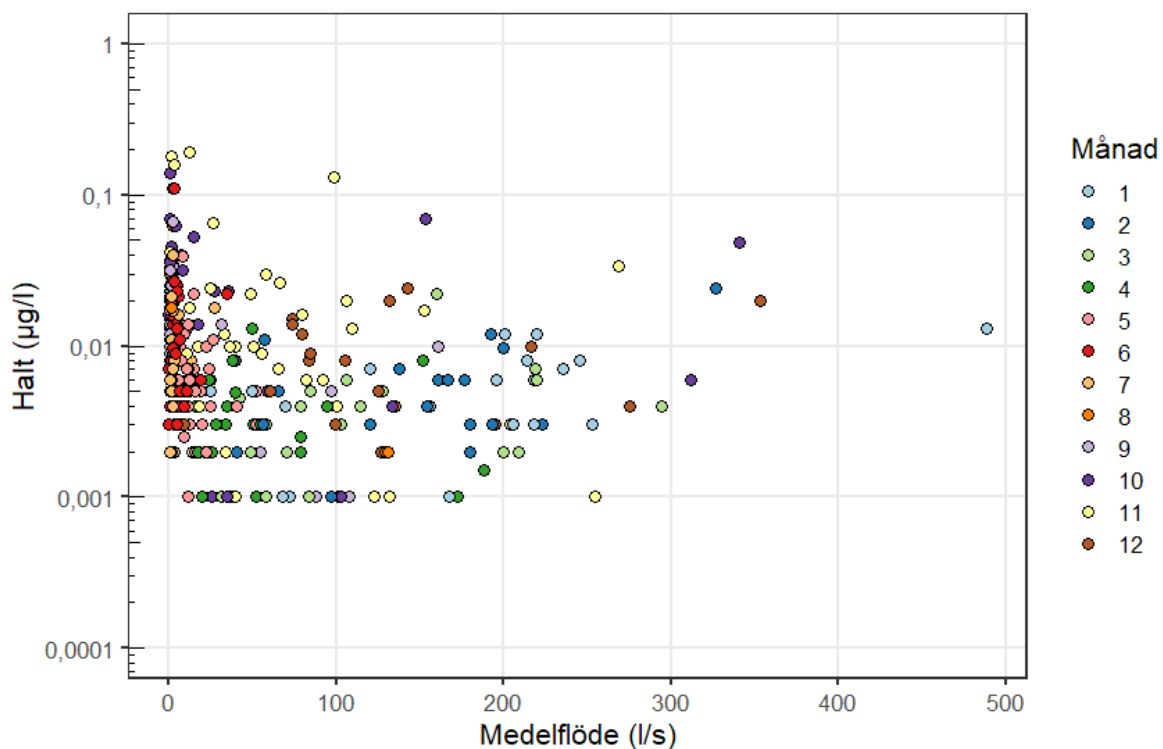
Ytterligare figurer till avsnitt 4.3 Styrande faktorer.



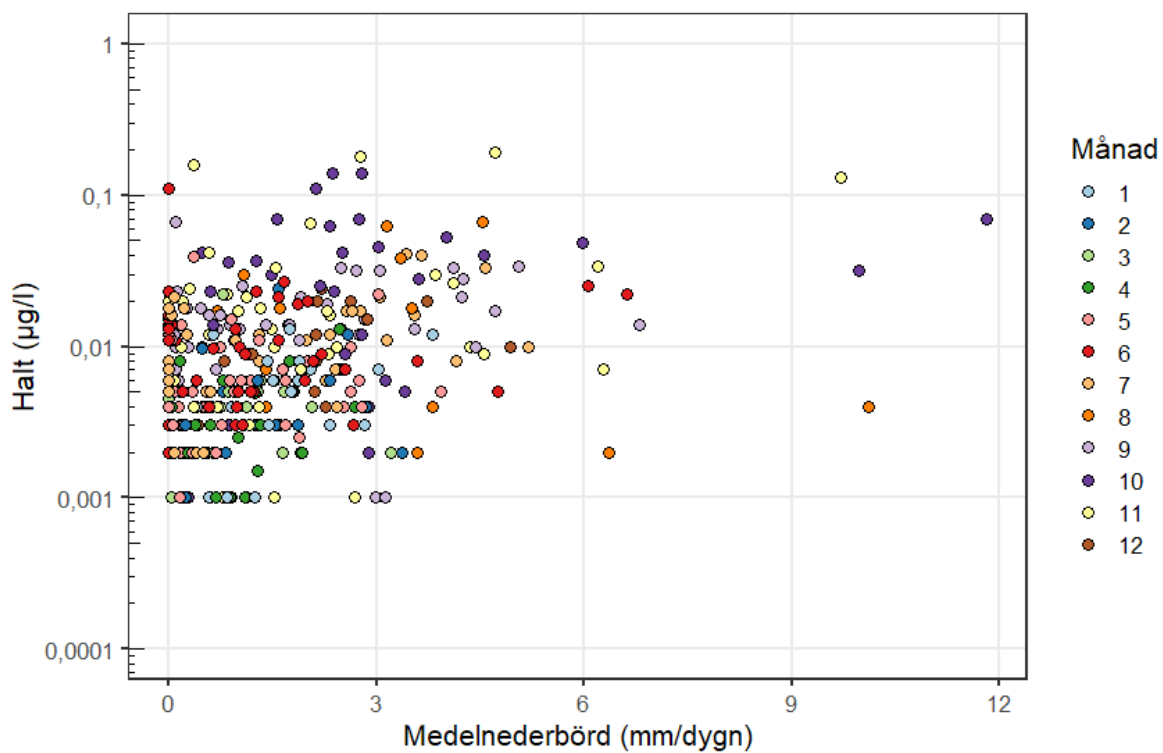
Figur B 3 Medel av uppmätta halter diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) jämfört med antal fält som behandlats med diflufenikan, en punkt per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde samt för alla typområden tillsammans. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen innan medelvärdet beräknats.



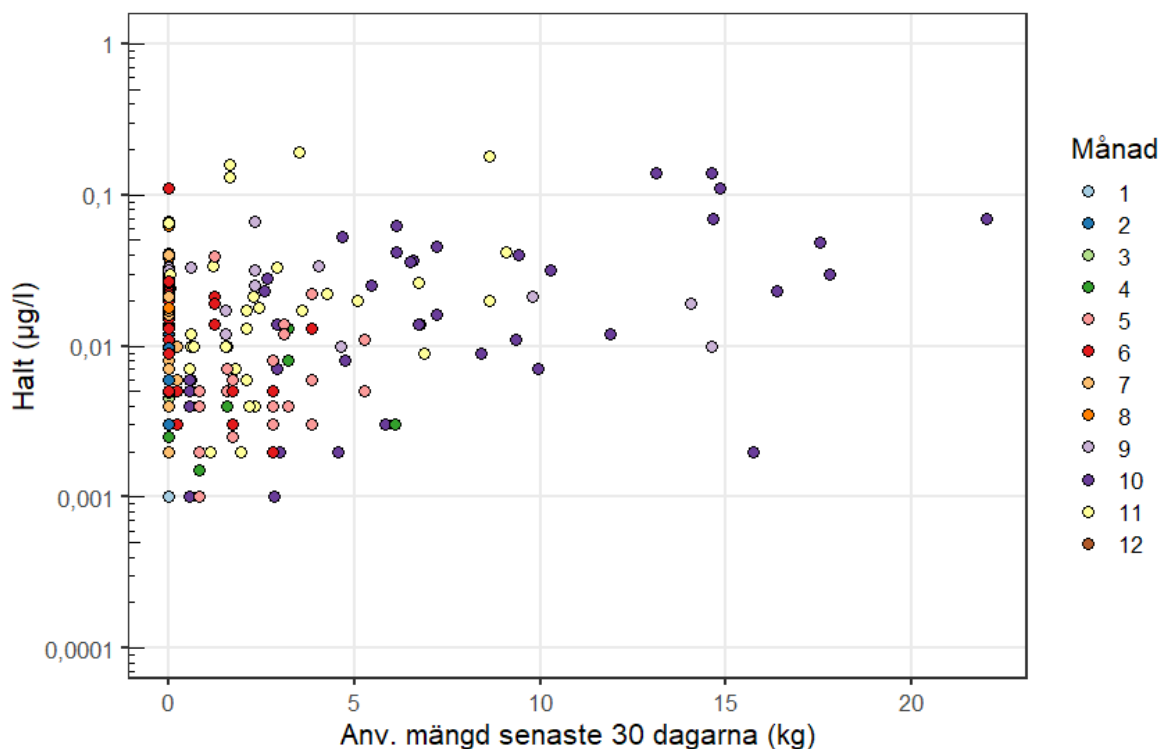
Figur B 4 Medel av uppmätta halter diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) jämfört med totalt använd mängd diflufenikan (kg), en punkt per år och säsong (röda punkter för januari-augusti och blå punkter för september-december), uppdelat per typområde samt för alla typområden tillsammans. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen innan medelvärdet beräknats.



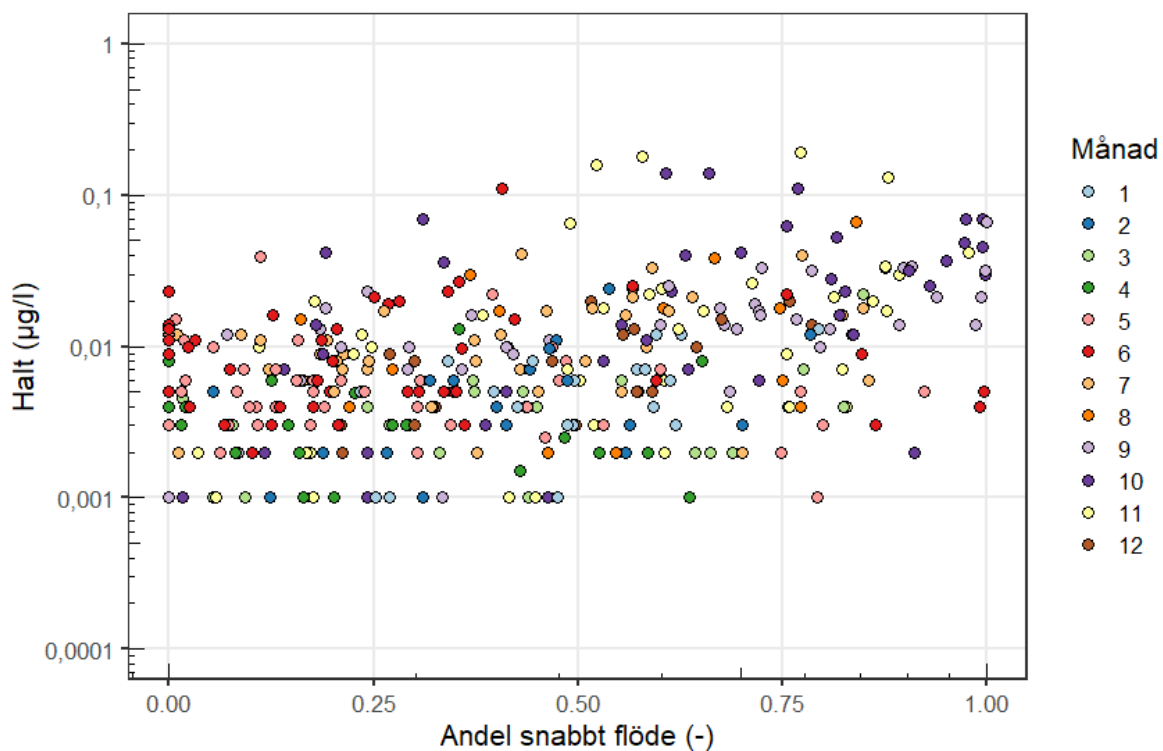
Figur B 5 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) och medelflöde (l/s) under de dagar då provet tagits, för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.



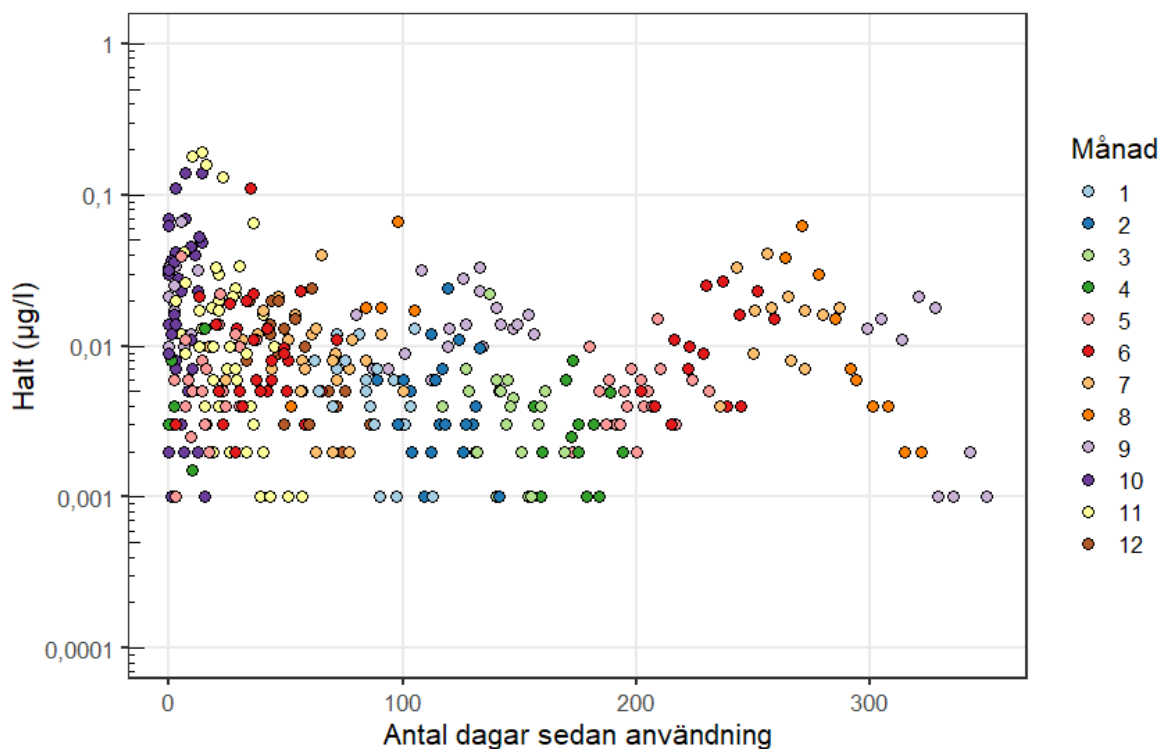
Figur B 6 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) och medelnederbörd (mm/dygn) under de dagar då provet tagits, för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.



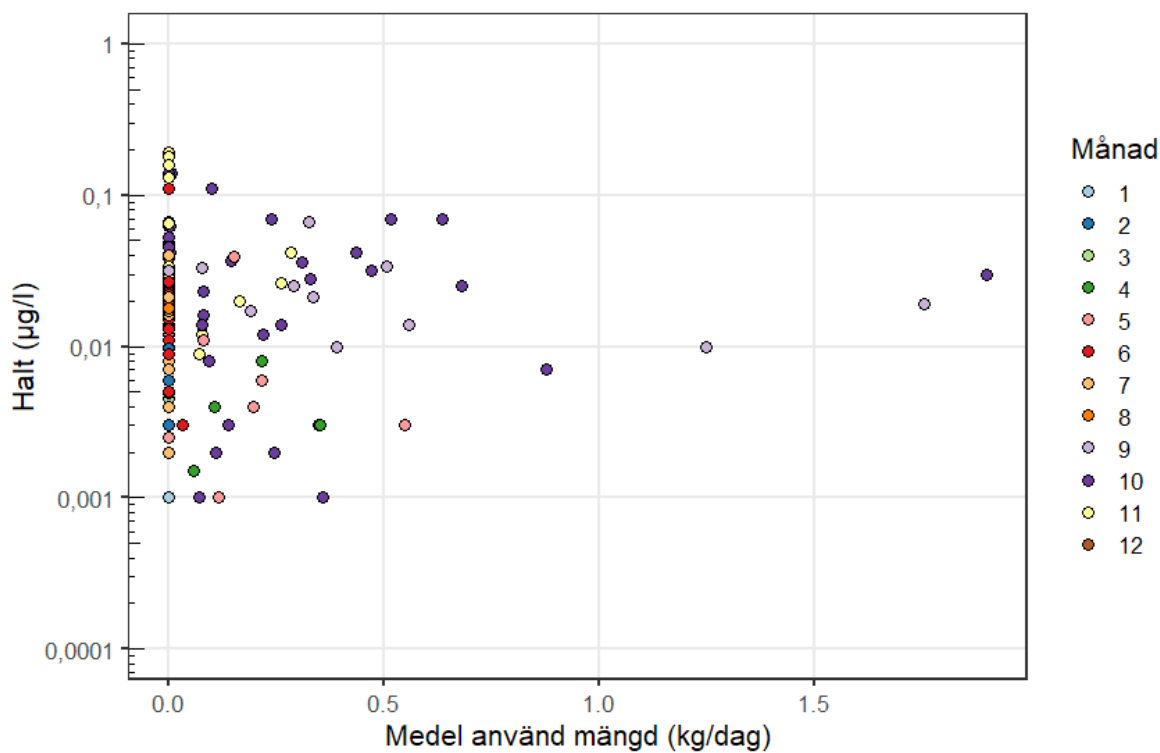
Figur B 7 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) och den totalt använda mängden diflufenikan i området (kg) under de senaste 30 dagarna (i relation till stoppdatum för provet), för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.



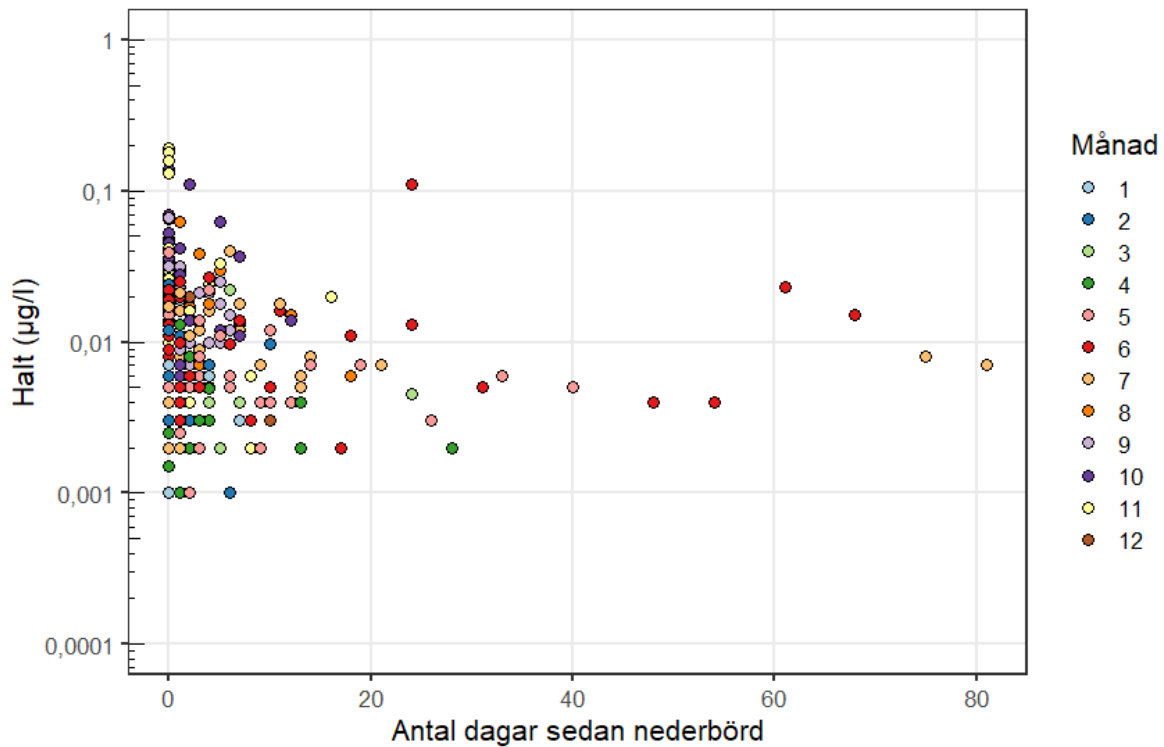
Figur B 8 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) och andelen av vattenföringen (mängden vatten som passerat, i m^3) under de dagar som provet tagits som varit "snabbt flöde" ((vattenföring-vattenföring i basflöde)/vattenföring) under de dagar då provet tagits, för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.



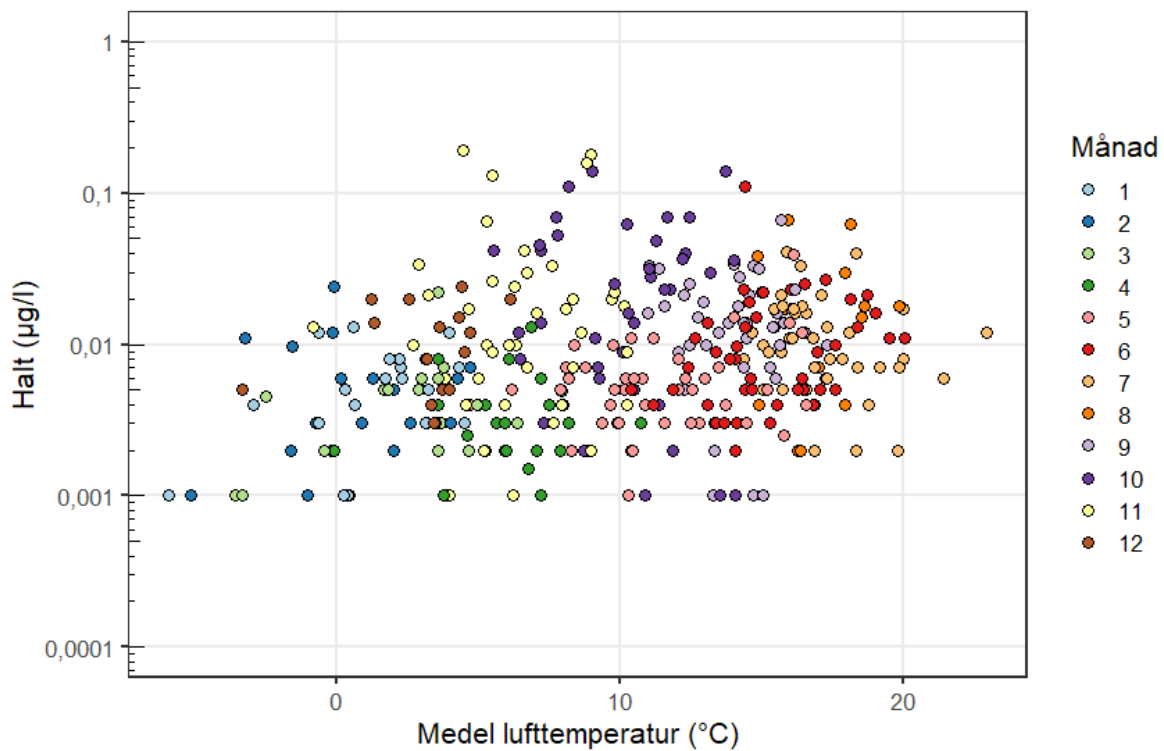
Figur B 9 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan ($\mu\text{g/l}$) och antal dagar sedan senaste gången diflufenikan använts i området (i relation till stoppdatum för provet), för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.



Figur B 10 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenican ($\mu\text{g/l}$) och medel använd mängd diflufenikan (kg aktiv substans/dag) under de dagar då provet tagits, för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.



Figur B 11 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan (µg/l) och antal dagar sedan senaste nederbörd (i relation till stoppdatum för provet), för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.



Figur B 12 Spridningsdiagram över relationen mellan uppmätt halt diflufenikan (µg/l) och medel lufttemperatur (°C) under de dagar då provet tagits, för prover tagna i M42 2011-2020. Färgerna visar vilken månad provet har tagits. Halter under detektionsgränsen har satts till halva detektionsgränsen.