



Växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper

Trender i användning, halter och toxicitet i ytvatten

Vanya Niskakoski

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för vatten och miljö
Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram
Uppsala 2025



Växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper. Trender i användning, halter och toxicitet i ytvatten

Plant protection products containing candidates for substitution. Trends in usage, concentrations, and toxicity in surface water

Vanya Niskakoski

Handledare: Bodil Lindström, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vatten och miljö

Bitr. handledare: Kajsa Weslien, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vatten och miljö

Examinator: Willem Goedkoop, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vatten och miljö

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i miljövetenskap

Kurskod: EX0896

Program/utbildning: Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2025

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Kemiska växtskyddsmedel, kandidatämnen för substitution, bekämpningsmedel, ogräsmedel, svampmedel, insektsmedel

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för vatten och miljö

Sammanfattning

Kemiska växtskyddsmedel är viktiga för samhället, men vissa av dem innehåller verksamma ämnen med särskilt farliga egenskaper som kan innebära en risk för människor, andra organismer och miljö. Dessa verksamma ämnen är kandidatämnen för substitution (kandidatämnen) inom Europeiska unionen enligt förordning (EG) 1107/2009. Sverige har som mål att till 2030 minska användningen av växtskyddsmedel som innehåller kandidatämnen, med syftet att minska riskerna för hälsa och miljö. Men trots att det har skett en minskning i försålda mängder är det osäkert om målet kommer att nås i tid.

Denna uppsats syftar till att bidra med ökad kunskap om kandidatämnen i Sverige genom att analysera trender för dessa ämnen under 2009–2023. Fokus ligger på deras användning på åkermark, räknat som areal och antal kilogram, samt på deras halter och toxicitet i ytvatten. Det diskuteras även huruvida resultaten indikerar att etappmålet ser ut att kunna uppnås till 2030.

Analysen baseras på data från den nationella miljöövervakningens typområden. Data har filtrerats i Excel med avseende på perioden 2009–2023 samt relevanta kandidatämnen. I RStudio har materialet därefter analyserats med avseende på total besprutad areal (summahektar), total använd mängd (summakilo), totala uppmätta halter (summahalter) samt summerad toxicitet (PTI). Kandidatämnena grupperades även utifrån om de var godkända per april 2025 eller om det fanns ett gällande eller kommande användningsförbud per april 2025 (i uppsatsen benämns dessa ämnen som ”förbjudna”). För att analysera trender genomfördes en trendanalys med hjälp av Mann-Kendall testet.

Resultaten visar att användningen av förbjudna kandidatämnen har minskat, vilket också återspeglas i lägre uppmätta halter av dessa ämnen i ytvatten. För godkända kandidatämnen ses inga signifikanta förändringar i användning eller halter i ytvatten. Den minskade användningen av förbjudna ämnen har sålunda inte lett till en ökad användning av godkända kandidatämnen, men det är oklart om andra ämnen som inte är kandidatämnen har använts i stället. Toxiciteten visar inget tydligt mönster; att den minskade användningen inte har lett till en lägre toxicitet kan bero på ämnesspecifika riktvärden. Detta resultat tyder på att det krävs en minskning i användningen av giftiga ämnen med låga riktvärden för att nå en minskning i toxiciteten.

Den konstaterade minskningen i användning indikerar att vi är på väg mot etappmålet. Men en fortsatt minskning krävs för att nå etappmålet i tid, vilket i sin tur troligtvis förutsätter att fler ämnen omfattas av förbud. Det är osäkert om nödvändiga förbud kommer att införas i tid. Något som försvårar eventuella förbud är att alternativa bekämpningsmetoder och växtskyddsmedel saknas. Detta bidrar till att det fortfarande är osäkert huruvida etappmålet kommer nås i tid.

För framtida studier föreslås en mer noggrann analys av vissa ämnen eller grupper av ämnen, avseende användning i relation till andra viktiga faktorer, såsom vilka grödor som odlas och väderförhållanden. Vidare skulle det vara intressant att analysera användningen av kandidatämnen som kan brytas ned till triflourättiksyra, exempelvis diflufenikan och fluopikolid. Slutligen föreslås en enkätundersökning för att ta reda på om, och i så fall hur, lantbrukare själva försöker minska användningen av kandidatämnen.

Nyckelord: Kemiska växtskyddsmedel, kandidatämnen för substitution, bekämpningsmedel, ogräsmedel, svampmedel, insektsmedel

Abstract

Chemical plant protection products (PPPs) are important for society, but some of them contain active substances with harmful characteristics that could be a risk for humans, other organisms and the environment. These active substances are candidates for substitution (candidate substances) within the European union according to Regulation (EC) 1107/2009. Sweden has a goal to reduce the use of PPPs containing these candidate substances until 2030, with the aim to reduce the risks for health and environment. But despite a decrease in quantities sold, it is still uncertain whether the goal will be reached in time.

This thesis aims to contribute to increased knowledge about candidate substances in Sweden by analyzing trends for these substances during 2009–2023. The focus is on their usage on farmland, area and number of kilograms, as well as their concentration and toxicity in surface water. Whether the goal will be reached by 2030 is also discussed.

The analysis is based on data from the national environmental monitoring program's model catchments. Data were filtered in Excel with respect to the period 2009–2023 and relevant candidate substances. The dataset was then analyzed in RStudio regarding total sprayed area (sum hectares), total quantity used (sum kilos), total concentrations (sum concentrations), and summed toxicity (PTI). The candidate substances were also grouped based on whether they were approved as of April 2025 or subject to an existing or upcoming usage ban as of April 2025 (in this thesis, these substances are referred to as “prohibited”). To analyze trends, a trend analysis was performed using the Mann-Kendall test.

The results show that the use of prohibited candidate substances has decreased, which is also reflected in lower measured concentrations of these substances in surface water. For approved candidate substances, no significant changes in usage or concentrations in surface water were observed. The reduced use of prohibited substances has therefore not led to an increased use of approved candidate substances, but it is unclear whether other substances that are not candidate substances have been used instead. Toxicity shows no clear pattern; the lack of decrease in toxicity despite the reduced usage may be attributed to substance-specific water quality objectives (WQO). This result suggests that a reduction in the use of toxic substances with low WQO is required to achieve a decrease in toxicity.

The observed reduction in use indicates progress toward the set target. However, a continued decrease is necessary to reach the target on time, which in turn likely requires that more substances are subject to bans. It is uncertain whether the necessary bans will be implemented in time. A factor complicating potential bans is the lack of alternative pesticide methods and PPPs. This contributes to continued uncertainty about whether the goal for 2030 will be met on time.

For future studies, a more detailed analysis of certain substances or groups of substances is suggested, focusing on their usage in relation to other important factors such as the types of crops cultivated and weather conditions. It would furthermore be interesting to analyze the usage of candidate substances that can break down into trifluoroacetic acid, for example diflufenican and fluopicolide. Finally, a survey is proposed to assess whether, and if so how, farmers themselves are undertaking measures to reduce the use of candidate substances.

Keywords: Chemical plant protection products, candidates for substitution, pesticides, herbicides, fungicides, insecticides

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	9
Figurförteckning	10
Förkortningar	11
1. Inledning	12
2. Syfte och frågeställningar	13
3. Bakgrund	14
3.1.1 Växtskyddsmedel.....	14
3.1.2 Växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper	14
3.1.3 Nationell miljöövervakning av växtskyddsmedel i miljön	16
3.1.4 Riktvärden för växtskyddsmedel och toxicitetsindex	17
4. Material och metod	18
4.1 Filtrering av kandidatämnen för substitution och källa för data	18
4.2 Data – filtrering, bearbetning och analys	19
4.3 Avgränsningar	20
5. Resultat	21
5.1 Användning av kandidatämnen – summahektar och summakilo	21
5.1.1 Fördjupning kring ett urval av ämnen – användning	25
5.2 Fynd av kandidatämnen i ytvatten – summahalter och summerad toxicitet	26
5.2.1 Fördjupning kring ett urval av ämnen – fynd	31
6. Diskussion	32
6.1 Användning av kandidatämnen.....	32
6.2 Fynd av kandidatämnen i ytvatten	32
6.3 Nås etappmålet till 2030?	33
7. Slutsatser	36
8. Förslag på framtida studier.....	37
Referenser.....	38
Bilaga A	41
Bilaga B	43
Bilaga C	53
Tack	54

Tabellförteckning

Tabell 1. Kriterier för att ett verksamt ämne ska klassificeras som ett kandidatämne för substitution enligt bilaga II, punkt 4 (EG) 1107/2009.....	15
Tabell 2. Resultat från Mann-Kendall trendtest av användardata för växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper (2009–2023). Tabellen visar Kendall's tau-värde (anger trendens styrka och riktning, från 1 till –1) och tvåsidigt p-värde (anger trendens signifikans). Signifikanta p-värden ($p < 0,05$) indikeras med fetstil. N = 15.	22
Tabell 3. Resultat från Mann-Kendall trendtest av analysresultat för växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper (2009–2023). Tabellen visar Kendall's tau-värde (anger trendens styrka och riktning, från 1 till –1) och tvåsidigt p-värde (anger trendens signifikans). Signifikanta p-värden ($p < 0,05$) indikeras med fetstil. N = 15.	27

Figurförteckning

- Figur 1. Summa av antalet hektar behandlad med kandidatämnen från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. 23
- Figur 2. Summa använd mängd i kilogram av kandidatämnena från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. 24
- Figur 3. Summerade halter ($\mu\text{g/l}$) av kandidatämnena från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. 28
- Figur 4. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnena från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. 29
- Figur 5. Samma data som i Figur 4, med justerad skala på y-axeln för att tydligare visa de lägre värdena. Figuren visar summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnena från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. OBS! Värdena 2014, 2015 och 2017 fortsätter över 250. Under dessa år har de förbjudna ämnena i stapeln ingen svart ram. 30

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
EU	Europeiska unionen
Kandidatämne	Kandidatämne för substitution
LOD	Detektionsgräns (Limit of detection)
LOQ	Kvantifieringsgräns (Limit of quantification)
PTI	Toxicitetsindex (pesticide toxicity index)
µg/l	Mikrogram per liter (en miljondels gram per liter)

1. Inledning

Växtskadegörare orsakar årligen stora förluster inom den globala produktionen av grödor (FAO 2022). För att skydda grödor från dessa skadegörare samt konkurrerande ogräs används bland annat kemiska växtskyddsmedel. Dessa har sedan mitten på 1900-talet bidragit till en ökad livsmedelsproduktion och spelar fortfarande en viktig roll inom jordbruket (Sveriges lantbruksuniversitet 2024a).

Vissa kemiska växtskyddsmedel medför dock andra problem, eftersom de på olika sätt kan vara skadliga för människor, andra organismer och miljön – exempelvis genom att vara cancerogena eller persistenta (Ahmad et al. 2024). Särskilt utsatta är de lantbrukare som hanterar dessa växtskyddsmedel, eftersom risken för exponering, och därmed risken för negativa hälsoeffekter, är hög (Arbetsmiljöverket 2025). Dessutom kan växtskyddsmedel spridas vidare från åkrarna till den omgivande miljön, vilket kan leda till påverkan på andra organismer än de avsedda (Sveriges lantbruksuniversitet 2020). Spridningen kan exempelvis ske via läckage genom marken till yt- och grundvatten eller via regn och vindavdrift.

Vilka växtskyddsmedel som är godkända i Sverige regleras både inom Europeiska unionen (EU) och på nationell nivå i enlighet med EG-förordning (1107/2009). Inom denna lagstiftning klassas en viss grupp av ämnen med särskilt farliga egenskaper som *kandidatämnen för substitution* (fortsättningsvis kallat kandidatämnen) (Naturvårdsverket 2022). På EU- samt nationell nivå ställs det krav på att, om möjligt, substituera farliga produkter/ämnen med sådana som innebär en lägre risk (se exempelvis artikel 50 (EG) 1107/2009 & 2 kap. 4§ miljöbalken SFS 1998:808).

Att minska de miljö- och hälsorelaterade riskerna kopplade till kandidatämnen är det huvudsakliga syftet med etappmålet *användningen av växtskyddsmedel* (Sveriges miljömål 2025). Målet anger att det ska ske en väsentlig minskning i användningen till 2030. Enligt Kemikalieinspektionens (se Naturvårdsverket 2025c) tolkning innebär detta en minskning av försäljningsvolymen med 33 procent jämfört med genomsnittet för 2015–2017.

Överlag har försäljningen av växtskyddsmedel innehållandes kandidatämnen minskat sedan 2015, men den försålda mängden varierar mellan åren (Kemikalieinspektionen 2024a). Att försäljningen minskat kan till viss del förklaras av att produkter har förbjudits i Sverige.

Trots minskningen i försålda mängder hittills, råder det osäkerhet kring om målet kommer att uppnås i tid (Sveriges miljömål 2025). I relation till detta är det alltså av stor vikt att bidra med mer kunskap kring kandidatämnen i Sverige.

2. Syfte och frågeställningar

Syftet med denna uppsats är att bidra med ökad kunskap om trender för kandidatämnen i Sverige genom att analysera användning på åkermark samt halter och toxicitet i ytvatten under perioden 2009–2023. Detta undersöks med hjälp av data från typområdena inom den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel.

För att uppnå uppsatsens syfte ställs således följande frågor:

1. Går det att se en minskning i användningen av kandidatämnen på åkermark?
2. Går det att se en minskning i halter och toxicitet av kandidatämnen i ytvatten?

I uppsatsen diskuteras även huruvida resultaten indikerar att det svenska etappmålet *användningen av växtskyddsmedel* ser ut att kunna uppnås till 2030.

3. Bakgrund

3.1.1 Växtskyddsmedel

Växtskyddsmedel är produkter som skyddar växter mot skadegörare, såsom insekter och svampangrepp, samt mot oönskad växtlighet (Sveriges lantbruksuniversitet 2024a). Det finns olika typer av växtskyddsmedel med olika användningsområden: insekticider används mot insekter, fungicider används mot svampar, och herbicider använd mot ogräs. Vidare kan växtskyddsmedel delas upp i två kategorier: kemiska och biologiska. Biologiska växtskyddsmedel bygger på användningen av nyttoorganismer för att bekämpa de skadliga organismerna. Medan de kemiska växtskyddsmedlen i sin tur verkar genom olika kemiska substanser, så kallade verksamma ämnen, som bekämpar skadegörarna. Kemiska växtskyddsmedel innehåller ett eller flera sådana verksamma ämnen.

Växtskyddsmedel regleras på EU-nivå samt nationell nivå. Inom EU finns ett övergripande ramverk kring växtskyddsmedel; den nu gällande förordningen, *Europaparlamentets och rådets förordning ((EG) 1107/2009) om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden* (växtskyddsmedelsförordningen), reglerar bland annat försäljning och användning av växtskyddsmedel inom EU (Sveriges lantbruksuniversitet 2024a). På nationell nivå är det Kemikalieinspektionen som beslutar vilka växtskyddsmedel som är godkända för användning i Sverige (Naturvårdsverket 2024a).

Vissa verksamma ämnen, exempelvis kandidatämnena, kan vara godkända på EU-nivå, medan produkter som innehåller dessa ämnen kan vara förbjudna i enskilda medlemsländer. Ett exempel är ämnet lambda-cyhalotrin, som är godkänt på EU-nivå (se EU:s pesticiddatabas – European Commission u.å.) men som sedan januari 2019 är förbjudet för användning i Sverige (se bekämpningsmedelsregistret – Kemikalieinspektionen 2025).

3.1.2 Växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper

Ettapmålet *användningen av växtskyddsmedel* infördes 2021 av Sveriges regering och gäller för växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper (Naturvårdsverket 2022). Dessa växtskyddsmedel är de som innehåller ett eller flera verksamma ämnen som klassificeras som kandidatämnena. Syftet med klassificeringen är att främja ett växtskydd som är mer hållbart (European Commission 2015a). Förteckningar över kandidatämnena är upprättade genom *Kommissionens genomförandeförordningar* (EU) 2015/408 samt (EU) 540/2011, i enlighet med växtskyddsmedelsförordningen (EG) 1107/2009.

Enligt växtskyddsmedelsförordningen (EG) 1107/2009 måste verksamma ämnen uppfylla två krav för att klassificeras som ett kandidatämne (se *artikel 24.1*

samt 80.7). För det första måste det verksamma ämnet vara godkänt inom EU. Verksamma ämnen kan antingen vara godkända enligt den tidigare förordningen (91/414/EG) eller bli godkända om de uppfyller kriterierna i *artikel 4* i den nu gällande växtskyddsmedelsförordningen. Vidare ska det verksamma ämnet uppfylla ett eller flera av kriterierna i *bilaga II, punkt 4* i växtskyddsmedelsförordningen (se **Tabell 1**). Dessa kriterier handlar bland annat om huruvida ett verksamt ämne kan klassificeras som cancerogent, anses vara hormonstörande, eller om det uppfyller vissa kriterier för persistenta, bioackumulerande och toxiska ämnen. Det är dessa egenskaper som ligger till grund för bedömningen om ett godkänt verksamt ämne bör substitueras. Klassificeringen som kandidatämne kan dock upphävs om det vid utvärderingar på EU-nivå (exempelvis vid förnyelse av godkännandet) framkommer ny kunskap kring kandidatämnets egenskaper och effekter som visar att det inte längre uppfyller kriterierna i *bilaga II, punkt 4* (European Commission 2015b).

Tabell 1. Kriterier för att ett verksamt ämne ska klassificeras som ett kandidatämne för substitution enligt bilaga II, punkt 4 (EG) 1107/2009.

Kandidatämnen för substitution – kriterier
Om det verksamma ämnet har betydligt lägre ADI (godtagbart dagligt intag), ARfD (akut referensdos) eller AOEL (godtagbar användarexponering) än andra godkända verksamma ämnen.
Om det verksamma ämnet uppfyller två kriterier för, så kallade, PBT-ämnen (persistenta, bioackumulerande och toxiska).
Om riskfyllda situationer kan uppstå på grund av det verksamma ämnets kritiska effekter (t.ex. utvecklingsstörande neurotoxiska effekter), trots strikta åtgärder för riskhantering.
Om det verksamma ämnet innehåller en betydande andel icke aktiva isomerer.
Om det verksamma ämnet klassificeras eller ska klassificeras som ett kategori 1A eller 1B cancerogent ämne enligt EG 1272/2008.
Om det verksamma ämnet klassificeras eller ska klassificeras som ett kategori 1A eller 1B reproduktionstoxiskt ämne enligt EG 1272/2008.
Om det verksamma ämnet anses ha hormonstörande egenskaper som kan ge negativa effekter för människor.

Vidare godkänns verksamma ämnen inom EU för en specifik tidsperiod (Kemikalieinspektionen 2024b). Ämnen som har godkänts enligt den nu gällande växtskyddsmedelsförordningen (EG) 1107/2009 och som samtidigt klassificerats som kandidatämne får ett godkännande för högst sju år. Detta godkännande kan förlängas en eller flera gånger. Verksamma ämnen som godkänts enligt den tidigare förordningen (91/414/EG) och därefter klassificerats som kandidatämnen behåller den godkännandeperiod som tidigare fastställts (European Commission 2015b).

Om dessa ämnen därefter godkänns på nytt enligt den nu gällande växtskyddsmedelsförordningen, gäller samma sjuårsgräns som nämnts ovan.

Den praktiska betydelsen av klassificeringen är att medlemsländerna, enligt *artikel 50* i växtskyddsmedelsförordningen (EG) 1107/2009, ska göra en jämförande bedömning vid prövningen om godkännande av ett växtskyddsmedel som innehåller ett sådant ämne. Den jämförande bedömningen ska bland annat undersöka om det finns ett lämpligt alternativ som är säkrare (enligt vetenskapliga eller tekniska rön) samt om en substitution skulle innebära ekonomiska eller praktiska nackdelar. Denna prövning ska göras på ansökningar som skickas in efter 1 augusti 2015 och gäller för alla kandidatämnen (European Commission 2015b).

3.1.3 Nationell miljöövervakning av växtskyddsmedel i miljön

Syftet med miljöövervakning är att beskriva tillståndet i miljön, för att upptäcka eventuella förändringar, identifiera potentiella miljöhot samt avgöra om vidtagna åtgärder har haft effekt (Naturvårdsverket 2025a). För att möjliggöra detta sker systematiska och återkommande undersökningar där data samlas in och analyseras.

Den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel i miljön har pågått sedan 2002 (Lindström et al. 2015). Övervakningen bedrivs inom programområdet Jordbruksmark på uppdrag av och med finansiering från Naturvårdsverket, och undersökningarna utförs av institutionen för vatten och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (Naturvårdsverket 2024b, 2025b). Den data som framställs ägs av Naturvårdsverket men är fria att använda genom CC0-licens och finns tillgängliga via datavärden institutionen för mark och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (Sveriges lantbruksuniversitet 2024c).

Den mest intensiva provtagningen av växtskyddsmedel sker vid fyra så kallade typområden som till största delen består av åkermark: Västergötland (O-18), Östergötland (E-21), Halland (N-34) och Skåne (M-42) (Lindström et al. 2015). Dessa områden beskrivs som representativa för respektive region och består av odlingsjordar som är typiska för Sverige. Typområdena är mindre avrinningsområden (8–17 km²) där provtagningen sker i den bäck som avvattnar respektive område. Lantbrukarna i typområdena intervjuas även årligen för att samla in data om odling och användning av växtskyddsmedel (Nanos et al. 2021).

I typområdena sker tidsstyrd veckomedelsprovtagning av ytvatten med hjälp av en ISCO-provtagare (Nanos et al. 2021). Vid sommarprovtagning (månadsskiftet april-maj till slutet av november) tas ett mindre prov var 90:e minut under en vecka medan det vid vinterprovtagning (slutet av november till slutet av april) tas ett mindre prov var 180:e minut under två veckor. De poolade (sammanblandade) delproverna ger information kring vilka växtskyddsmedel som passerat under provtagningsveckan/veckorna samt deras veckomedelhalter.

Analysen av de insamlade ytvattenproverna sker med ackrediterade (SWEDAC) analysmetoder på laboratoriet för organisk miljökemi (OMK) vid institutionen för vatten och miljö på Sveriges lantbruksuniversitet (Nanos et al. 2021). Flera olika analysmetoder används för att analysera ytvattenproverna. Metoderna OMK 57 och OMK 58 introducerades 2009 och har möjliggjort analys av fler substanser i ytvattenprover och med lägre detektionsgränser än tidigare. Detektionsgränsen (LOD) är den lägsta halt av en substans som kan detekteras med en given metod, precisionen är dock inte så hög. Ett lägre LOD innebär att substanser kan påträffas i lägre halter. Den lägsta halt som man med tillfredsställande precision kan bestämma kallas för kvantifieringsgräns (LOQ) (Nanos et al. 2021). Halter som befinner sig mellan dessa gränser kallas för spårhalter (Lindström et al. 2015). Inom den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel används både halter och spårhalter för uppmätta ämnen.

3.1.4 Riktvärden för växtskyddsmedel och toxicitetsindex

Riktvärden för växtskyddsmedel ”anger den högsta halt då man inte kan förvänta sig några negativa effekter av ett ämne i vattnets ekosystem” (Naturvårdsverket 2024b). De har tagits fram av Sveriges lantbruksuniversitet på uppdrag av Naturvårdsverket och är inte lagligt bindande. Inom den nationella miljöövervakningen används dessa riktvärden för att utvärdera toxiciteten hos de verksamma ämnen som detekteras i ytvatten.

Toxiciteten i ett vattendrag kan uppskattas genom att halten av en påträffad substans divideras med riktvärdet för substansen (Asp & Kreuger 2005). Genom att summera toxicitetskvoterna per prov eller år får man en summerad toxicitet, även kallad toxicitetsindex eller PTI (pesticide toxicity index). Beräkningarna illustreras i **Ekvation 1** nedan.

Ekvation 1. Beräkning av toxicitetsindex (PTI) (Asp & Kreuger 2005).

$$PTI = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{RV_i}$$

E_i = halt av växtskyddsmedel i

RV_i = riktvärde för växtskyddsmedel i

n = antalet växtskyddsmedel

4. Material och metod

4.1 Filtrering av kandidatämnen för substitution och källa för data

Information om vilka ämnen som klassificerats som kandidatämnen har hämtats från genomförandeförordningarna EU 2015/408 och EU 540/2011 samt efterföljande uppdateringar av dessa (till och med 2024-11-24 respektive 2025-03-01). Med hjälp av Kemikalieinspektionens (u.å.) databas, *bekämpningsmedelsregistret*, har kandidatämnena sedan filtrerats med avseende på följande:

- Om ämnet ingår eller har ingått i växtskyddsmedel i Sverige.
- Om växtskyddsmedlen som innehåller kandidatämnet har varit godkända i Sverige under 2009–2023.
- Om växtskyddsmedlen som innehåller kandidatämnet inte har varit godkänt under perioden men där datum för användningsförbud ligger inom 2009–2023.

En tabell över de kandidatämnen som uppfyller de ovan angivna kriterierna hittas i **Bilaga A**. I tabellen anges för varje ämne när det godkändes i Sverige samt eventuellt gällande eller kommande användningsförbud. Denna information har hämtats från *bekämpningsmedelsregistret*.

Vidare anges det även i tabellen i vilken genomförandeförordning (EU 2015/408, EU 540/2011, eller båda) som respektive kandidatämne förekommer. Tabellen har även kompletterats med riktvärden från Naturvårdsverket (2024c), Kemikalieinspektionen (2008) eller Andersson & Kreuger (2011). Dessutom anges ämnenas godkännandestatus inom EU, vilket har hämtats från EU:s pesticiddatabas (European Commission u.å.).

Den sammanställda tabellen i **Bilaga A** har sedan använts som grund för att filtrera ut relevanta kandidatämnen ur databaser med analysresultat och användardata från den nationella miljöövervakningen av växtskyddsmedel i miljön. En beskrivning av denna process samt den efterföljande databearbetningen presenteras i **avsnitt 4.2** nedan.

4.2 Data – filtrering, bearbetning och analys

Med utgångspunkt i de kandidatämnen som identifierats enligt **avsnitt 4.1** (se **Bilaga A**) har relevant data extraherats, med hjälp av Excel (Version 2505), från sammanställningar av analysresultat respektive användardata från typområdena inom den nationella miljöövervakningen av växtskyddsmedel i miljön. Filtreringen har genomförts utifrån årtal (2009–2023), verksamt ämne (se kandidatämnen i **Bilaga A**) och typområde (E-21, M-42, N-34, och O-18, se **avsnitt 3.1.3**).

Av de 37 kandidatämnen som identifierats enligt **avsnitt 4.1** fanns 32 stycken i antingen analysresultat eller användardata. De ämnen som ej förekom i något av dessa datamaterial är glufosinat (glufosinatammonium), kizalofop-p-tefuryl, kopparhydroxid, paklobutrazol och tepraloxidim (i **Bilaga A** är dessa ämnen kursiverade).

Data har sedan bearbetats och analyserats med hjälp av RStudio (2024.12.1 Build 563) med avseende på samtliga typområden gemensamt samt följande variabler per verksamt ämne och år:

- **Summahektar** – den totala besprutade arealen (om en åker på 5 ha besprutats två gånger med ett verksamt ämne blir summahektaren 10).
- **Summakilo** – den totala använda mängden i kilo av ett verksamt ämne.
- **Summahalter** – den totala uppmätta halten ($\mu\text{g/l}$) av ett verksamt ämne, beräknad som summan av alla halter över detektionsgränsen.
- **Summerad toxicitet (PTI)** – en summering av den beräknade toxiciteten enligt **Ekvation 1** utifrån analysresultaten.

Vid bearbetningen har kandidatämnena grupperats med avseende på om produkter innehållandes dessa ämnen är godkända i Sverige per april 2025, eller om samtliga sådana produkter omfattas av användningsförbud eller ett kommande användningsförbud per april 2025. Även dimetoat, isoproturon samt pendimetalin, vars användning förbjöds före 2015, har inkluderats då de förekommer under den undersökta perioden 2009–2023 (se vidare diskussion i **avsnitt 4.3**) I fortsättningen benämns samtliga ämnen med användningsförbud som ”förbjudna”, även om vissa användningsförbud ännu inte trätt i kraft.

För att identifiera eventuella trender har resultaten analyserats statistiskt. Varje variabel (summahektar, summakilo, summahalter och summerad toxicitet) har summerats per gruppering (alla ämnen, godkända ämnen, förbjudna ämnen) och år (2009–2023), varefter trendanalyser har genomförts med Mann-Kendall testet från R-paketet ”Kendall”.

Slutligen har figurer gjorts med hjälp av ”ggplot2” i RStudio. För en del av figurerna med summerad toxicitet (PTI) har även ”ggbreak” version 0.1.4 använts (Xu et al. 2021).

Resultaten presenteras i **avsnitt 5.1** och **5.2**. Figurer för ovanstående variabler, uppdelat per typområde, visas i **Bilaga B**.

4.3 Avgränsningar

Denna uppsats handlar om växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper, så kallade kandidatämnen. Fokus ligger på deras användning samt förekomst och toxicitet i ytvatten under perioden 2009–2023. Även om miljöövervakningen av växtskyddsmedel inom jordbruket har bedrivits sedan 2002, har data från 2002–2008 inte inkluderats i analysen. Anledningen är att analysmetoderna förändrades under 2009, då metoderna OMK 57 och OMK 58 infördes (se **avsnitt 3.1.3**). Dessa metoder möjliggjorde att flera substanser än tidigare kunde analyseras samt lägre detektionsgränserna. För att resultaten ska vara mer jämförbara över tid har därför endast data från 2009 och framåt använts i denna studie. Data efter 2023 inte har tagits med, eftersom dessa ännu inte är färdigställda. Detta beror på att det tar tid att analysera prover samt att samla in och kvalitetsgranska användardata.

I analysen har samtliga typområden (E-21, M-42, N-34, och O-18; se **avsnitt 3.1.3**) undersökts tillsammans för att identifiera generella trender vad gäller kandidatämnen inom dessa områden. Det är dock möjligt att dessa trender skiljer sig åt mellan de olika typområdena. För den som är intresserad finns figurer för respektive typområde och variabel samlade i **Bilaga B**. I dessa figurer är ämnena dock inte grupperade efter om de är godkända eller ”förbjudna” per april 2025.

Startåren för etappmålet om minskad användning av kandidatämnen definieras som genomsnittet för användningen 2015–2017. I denna uppsats har dock hela perioden 2009–2023 använts i de statistiska analyserna. Syftet med detta var att få en mer heltäckande bild av förändringar i både användning på åkermark och fynd i ytvatten. Detta anses vara av stor vikt, bland annat då användningen, och därigenom fynd i ytvatten samt toxiciteten, av växtskyddsmedel kan skilja sig från år till år på grund av andra faktorer, exempelvis vilka grödor som odlas, angrepp av skadegörare och väderförhållanden (Sveriges lantbruksuniversitet 2024b).

Viktigt att betona är att de växtskyddsmedel som innehåller förbjudna kandidatämnena har varit godkända vid tiden för användningen. I uppsatsen har även ämnen vars produkter belagts med användningsförbud efter 2023 inkluderats i kategorin förbjudna. Detta har gjorts för att ge en mer aktuell bild av läget kring regleringen av växtskyddsmedel samt för att möjliggöra en mer relevant tolkning av trenderna. Vidare har även dimetoat, isoproturon samt pendimetalin inkluderats i resultatet trots att de förbjöds innan 2015. Anledningen är att de förekommer under den undersökta tidsperioden, för summahalter förekommer exempelvis isoproturon efter det att ämnet förbjöds. Detta metodval påverkar främst det statistiska resultatet för summahalter. För transparens diskuteras detta kort i resultaten och i **Bilaga C** presenteras de två olika statistiska resultaten och dess främsta skillnader. För mer detaljer kring datum för eventuella användningsförbud se **Bilaga A**.

Slutligen är det värt att nämna att uppsatsen enbart fokuserar på miljöaspekterna av etappmålet och inte effekter på människors hälsa. När det gäller fynd i ytvatten samt toxicitet ligger fokus således på påverkan på vattenekosystemet.

5. Resultat

Resultaten från användardata (summa av besprutade hektar och summa av kilogram använda) presenteras i **avsnitt 5.1** samt **5.1.1**, medan resultaten från analysresultat (summerade halter och summerad toxicitet) presenteras i **avsnitt 5.2** samt **5.2.1**. Figurer för enskilda typområden återfinns i **Bilaga B**. För mer detaljer om de olika kandidatämnena för substitution, se **Bilaga A**.

5.1 Användning av kandidatämnen – summahektar och summakilo

I detta avsnitt redovisas resultaten från användardata från samtliga typområden under perioden 2009–2023. I figurerna är kandidatämnena uppdelade på om växtskyddsmedel innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. Resultaten från den statistiska trendanalysen, som genomförts med Mann-Kendall testet, identifierar om det förekommer en signifikant trend i data samt trendens riktning (1 = starkt positiv; -1 = starkt negativ). Analysen har tillämpats på varje variabel (summahektar samt summakilo) och för varje gruppering (alla ämnen, godkända ämnen samt förbjudna ämnen) under 2009–2023.

I resultatet har även dimetoat, isoproturon samt pendimetalin inkluderats, trots att användningsförbudet för dessa trädde i kraft innan 2015. Detta val påverkar inte resultaten för användningen på något nämnvärt sätt (se jämförelse av de två olika statistiska resultaten i **Bilaga C**).

Resultaten visar att 30 olika kandidatämnen har använts i typområdena under 2009–2023 (**Figur 1** och **Figur 2**). Av dessa är 16 ämnen fortfarande godkända 2025, medan 14 ämnen är förbjudna, eller kommer att bli förbjudna, per april 2025. Antalet använda kandidatämnen som är godkända 2025 varierar mellan 8 och 12 över åren, medan antalet använda kandidatämnen som är förbjudna 2025 varierar mellan 2 och 11 över åren. Det totala antalet förbjudna kandidatämnen som använts minskar dock successivt över åren, från 11 till 2 mellan 2010 och 2023 (notera att dimetoat, isoproturon samt pendimetalin är inkluderade i dessa), en liknande minskning ses inte hos de godkända ämnena.

Summan av antalet hektar åker som behandlats med kandidatämnen har varierat mellan 2823 och 7703 hektar under 2009–2023 (**Figur 1**). Från 2014 minskar arealen behandlad med kandidatämnen successivt och trenden över alla år visar en signifikant minskning ($\tau = -0,51$; $p = 0,01$), enligt ett Mann-Kendall test (se **Tabell 2**). Den totala arealen som behandlats med godkända kandidatämnen har varierat mellan 2177 och 4190 ha över åren. För dessa ämnen ses ingen signifikant minskning ($\tau = 0,07$; $p = 0,77$), här finner vi lägst behandlad areal under 2009, 2010,

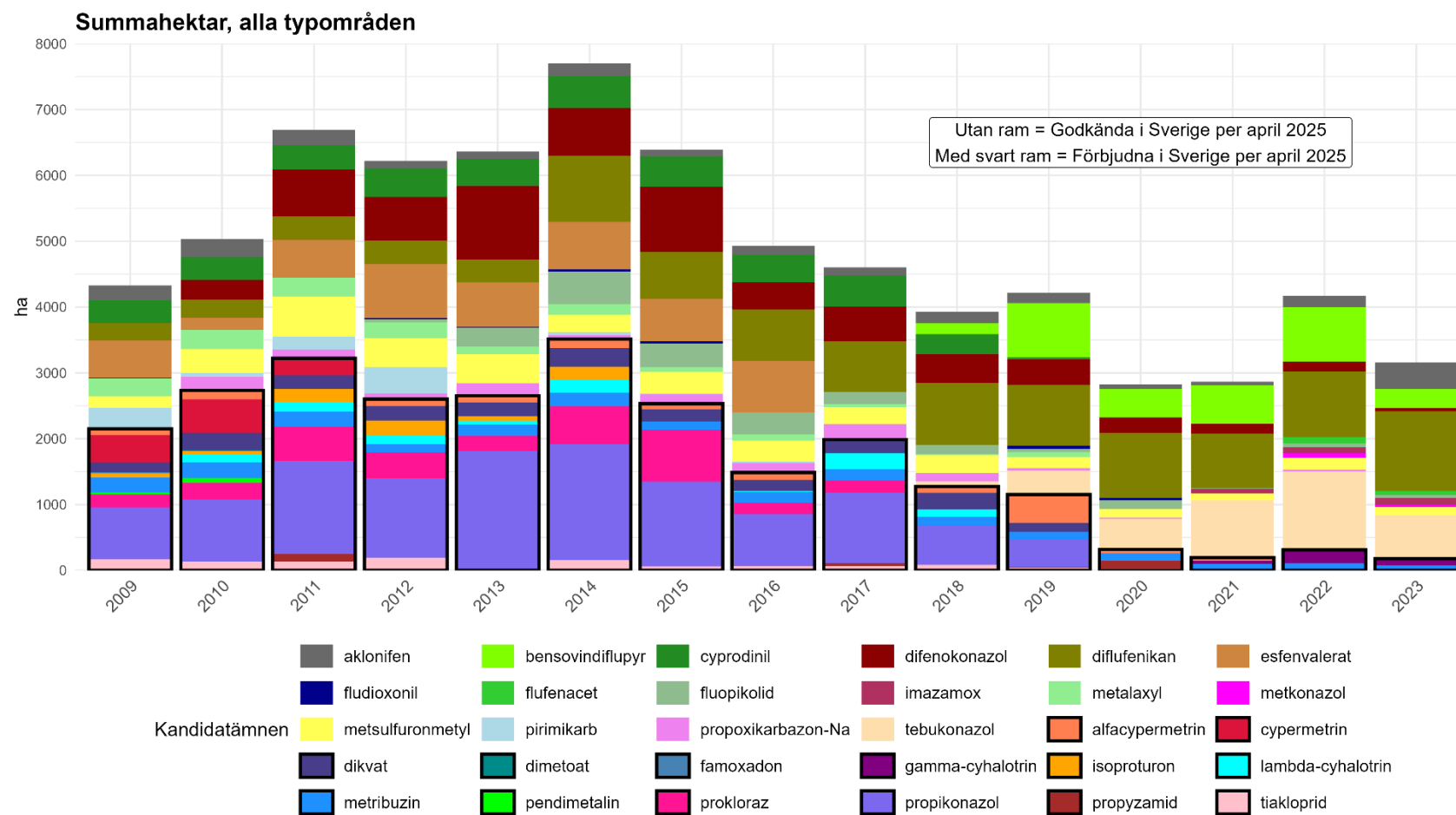
2020 och 2021. Den totala arealen som behandlats med förbjudna kandidatämnen har varierat mellan 177 och 3513 ha över åren. Den behandlade arealen är som störst 2014, men minskar sedan successivt fram till 2023. Enligt ett Mann-Kendall test är den generella trenden över perioden signifikant minskande ($\tau = -0,73$; $p = 0,00017$).

Summan av använd mängd kandidatämnen i kilo har varierat mellan 191 och 783 kg under 2009–2023 (**Figur 2**). Från 2014 minskar den använda mängden kandidatämnen successivt och trenden över alla år visar en signifikant minskning ($\tau = -0,64$; $p = 0,0011$), enligt ett Mann-Kendall test (se **Tabell 2**). Den totala använda mängden av godkända kandidatämnen har varierat mellan 169 och 351 kg över åren. För dessa ämnen ses ingen signifikant minskning ($\tau = -0,28$; $p = 0,17$), här finner vi lägst använd mängd under 2009, 2019–2021 samt 2023. Den totala använda mängden av förbjudna kandidatämnen har varierat mellan 16 och 433 kg över åren. Den använda mängden är som störst 2014, men minskar sedan successivt fram till 2023. Enligt ett Mann-Kendall test är den generella trenden över perioden signifikant minskande ($\tau = -0,68$; $p = 0,00053$).

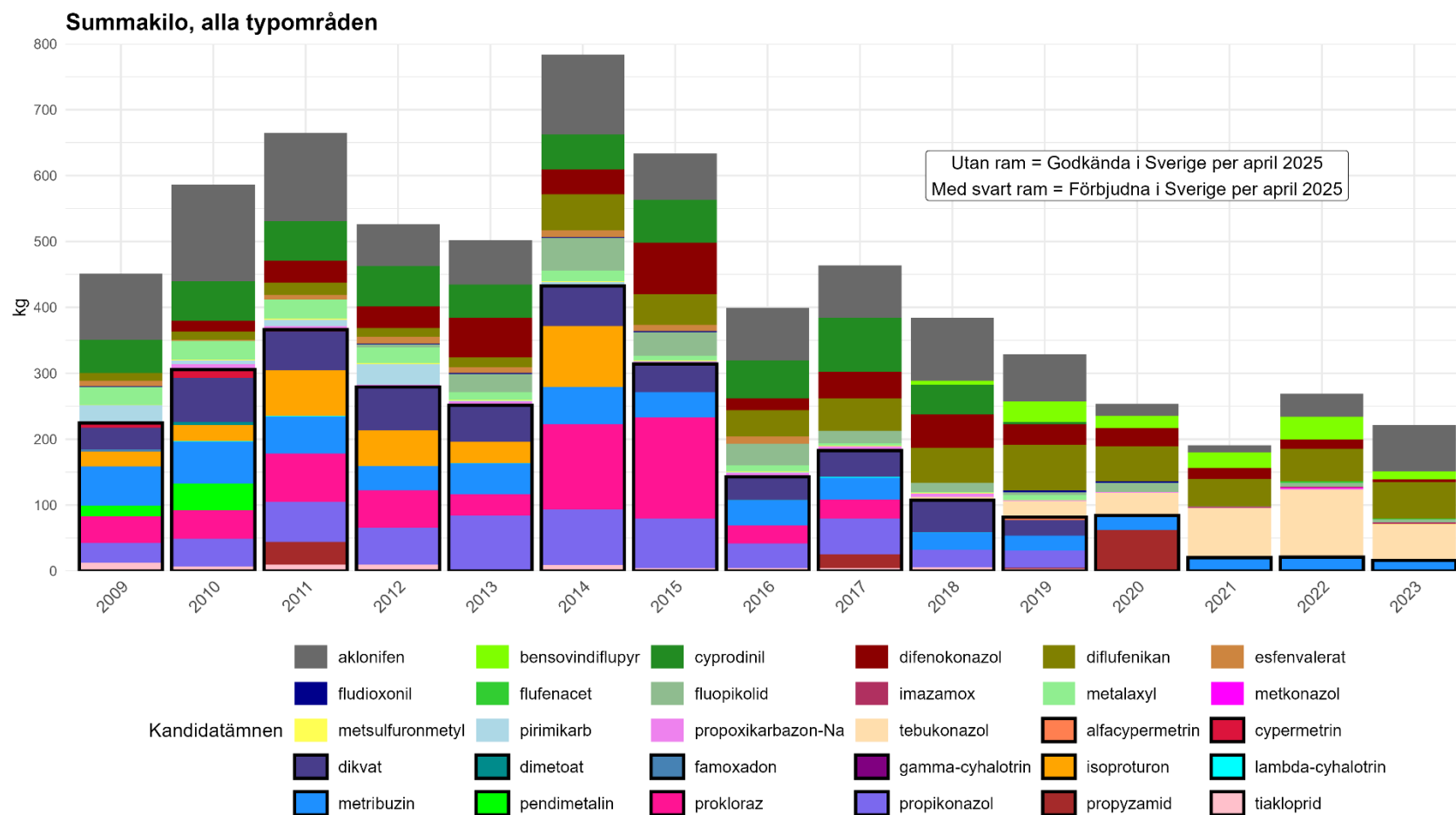
Tabell 2. Resultat från Mann-Kendall trendtest av användardata för växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper (2009–2023). Tabellen visar Kendall's tau-värde (anger trendens styrka och riktning, från 1 till -1) och tvåsidigt p-värde (anger trendens signifikans). Signifikanta p-värden ($p < 0,05$) indikeras med fetstil. $N = 15$.

Mann-Kendall test			
Data		tau	tvåsidigt p-värde*
Användardata, summahektar alla typområden	Alla	-0,51	0,01
	Godkänd april 2025	0,07	0,77
	Förbjudna april 2025	-0,73	0,00017
Användardata, summakilo alla typområden	Alla	-0,64	0,0011
	Godkänd april 2025	-0,28	0,17
	Förbjudna april 2025	-0,68	0,00053

* Resultat i fetstil = p -värde $< 0,05$ (statistiskt signifikant)



Figur 1. Summa av antalet hektar behandlad med kandidatämnen från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025.



Figur 2. Summa använd mängd i kilogram av kandidatämnen från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025.

5.1.1 Fördjupning kring ett urval av ämnen – användning

Detta avsnitt belyser trender i användning för ett urval kandidatämnen som är godkända för användning som växtskyddsmedel i Sverige per april 2025 (**Figur 1** och **Figur 2**).

Två kandidatämnen uppvisar en minskning i användning under de senaste åren; cyprodinil och difenokonazol (**Figur 1** och **Figur 2**). Dessa är fungicider som har varit godkända för användning under hela den analyserade perioden (**Bilaga A**). Cyprodinil användes i störst mängder 2017 och på störst arealer 2014 och difenokonazol användes i störst mängder 2015 och applicerades på störst arealer 2013.

Även herbiciden diflufenikan har varit godkänd under hela den analyserade perioden (**Bilaga A**), men användningen tycks vara någorlunda stabil över åren (**Figur 1** och **Figur 2**) utan någon större ökning eller minskning sedan klassificeringen som kandidatämne. Lägst besprutad areal samt använd mängd återfinns dock innan 2014.

Fungiciden tebukonazol godkändes för användning som växtskyddsmedel 2017 (**Bilaga A**) och har sedan dess ökat något i användning trots klassificering som kandidatämne. Ämnet användes i störst mängder och på störst arealer 2021 och 2022, men minskade sedan något under 2023 (**Figur 1** och **Figur 2**).

Insekticiden esfenvalerat spreds på relativt stora arealer fram tills den förbjöds för användning på åkermark 2017, vilket syns i **Figur 1** och **Figur 2**. Dock är ämnet fortfarande tillåten som växtskyddsmedel för användning i tomma växthus (Kemikalieinspektionen u.å.).

5.2 Fynd av kandidatämnen i ytvatten – summahalter och summerad toxicitet

I detta avsnitt redovisas resultaten från analysresultat från samtliga typområden under perioden 2009–2023. I figurerna är kandidatämnena uppdelade på om växtskyddsmedel innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. Resultaten från den statistiska trendanalysen, som genomförts med Mann-Kendall testet, identifierar om det förekommer en signifikant trend i data samt trendens riktning (1 = starkt positiv; -1 = starkt negativ). Analysen har tillämpats på varje variabel (summahalter samt summerad toxicitet) och för varje gruppering (alla ämnen, godkända ämnen samt förbjudna ämnen) 2009–2023.

I resultatet har även dimetoat, isoproturon samt pendimetalin inkluderats, trots att användningsförbudet för dessa trädde i kraft innan 2015. Valet gjordes bland annat för att halter av isoproturon uppmätts efter 2015. Detta val påverkar främst det statistiska resultatet för summahalter (se jämförelse av de två olika statistiska resultaten i **Bilaga C**).

Resultaten visar att 28 olika kandidatämnen har uppmätts i typområdena under 2009–2023 (**Figur 3**, **Figur 4** och **Figur 5**). Av dessa är 16 ämnen fortfarande godkända 2025, medan 12 ämnen är förbjudna, eller kommer att bli förbjudna, per april 2025. Antalet godkända kandidatämnen som uppmätts under perioden varierar mellan 8 och 16 över åren, medan antalet förbjudna kandidatämnen som uppmätts varierar mellan 5 och 9 över åren. Det totala antalet godkända kandidatämnen som detekteras tycks ha ökat något över åren, från 9 till 16 mellan 2009 och 2023. Antalet förbjudna kandidatämnen är som högst 2011 med 9 stycken och som lägst 2020 med 5 stycken (notera att dimetoat, isoproturon samt pendimetalin är inkluderade i dessa).

Summan av uppmätta halter av kandidatämnen i ytvatten har varierat mellan 2,8 och 19,7 µg/l under 2009–2023 (**Figur 3**). Från 2012 ses en generell minskning i summahalter och trenden över alla år visar en signifikant minskning ($\tau = -0,66$; $p = 0,00077$), enligt ett Mann-Kendall test (se **Tabell 3**) (om dimetoat, isoproturon och pendimetalin exkluderas är resultatet ej längre signifikant, se **Bilaga C**). De summerade halterna av godkända kandidatämnen har varierat mellan 1,9 och 8,9 µg/l över åren. För dessa ämnen ses ingen signifikant minskning ($\tau = -0,14$; $p = 0,49$), här finner vi de lägsta summahalterna 2010 samt 2021–2023. De summerade halterna av förbjudna kandidatämnena har varierat mellan 0,9 och 16,2 µg/l över åren. För dessa ämnen är den generella trenden över perioden signifikant minskande ($\tau = -0,79$; $p = 0,00005$) och de lägsta summahalterna uppmättes 2020–2023 (om dimetoat, isoproturon och pendimetalin exkluderas ökar τ till $-0,56$, men resultatet är fortfarande signifikant, se **Bilaga C**).

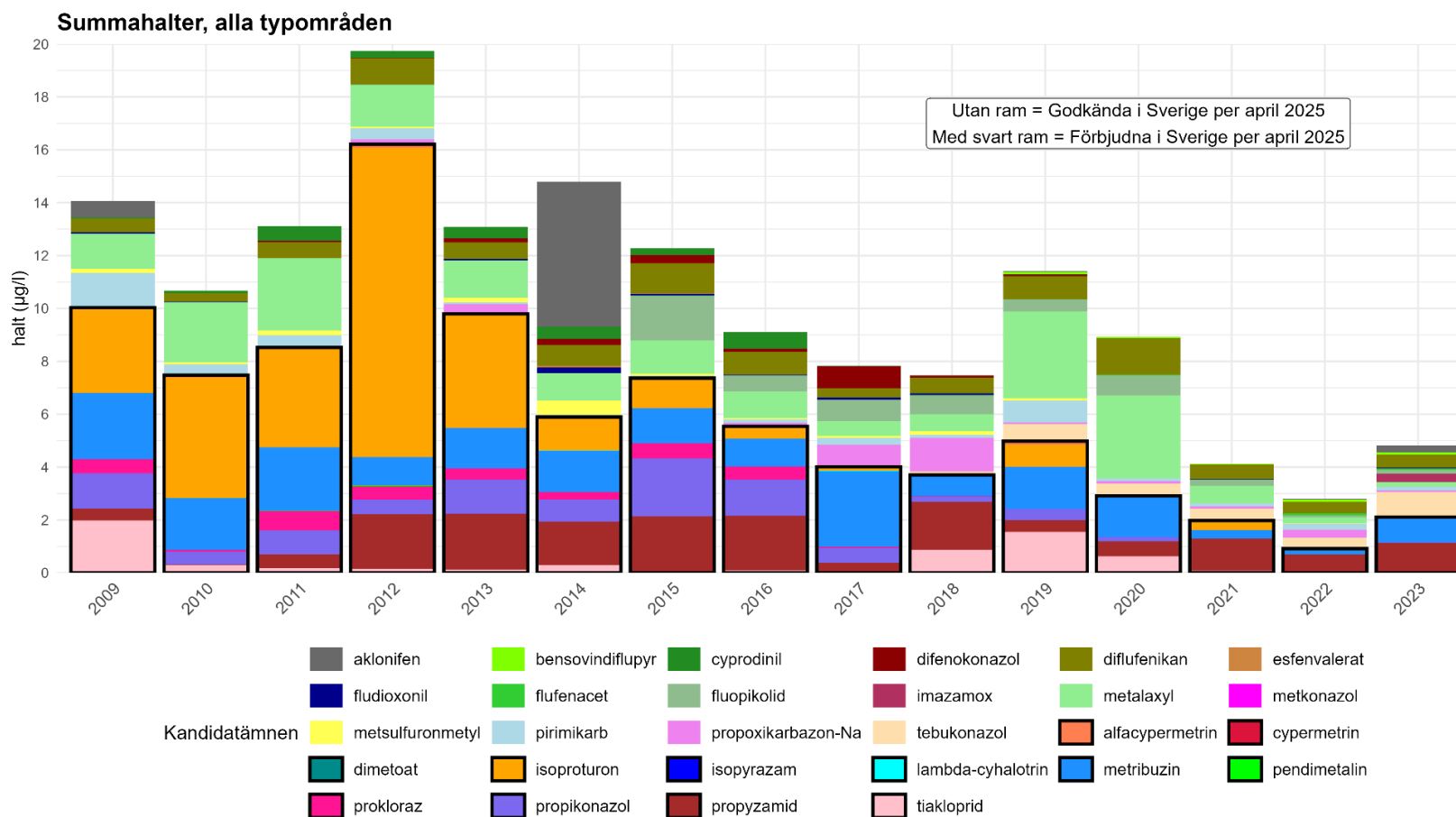
Summerad toxicitet (PTI) hos uppmätta kandidatämnen har varierat mellan 54 och 5601 under 2009–2023 (**Figur 4** och **Figur 5**). Trenden över alla år visar inte

på någon signifikant minskning (tau $-0,11$ $p = 0,62$), enligt ett Mann-Kendall test (se **Tabell 3**). Den summerade toxiciteten hos godkända kandidatämnen har varierat mellan 26,1 och 672 över åren. För dessa ämnen ses ingen signifikant minskning (tau $-0,31$; $p = 0,11$), här finner vi lägst summerad toxicitet 2010, 2017, 2018 samt 2022. Den summerade toxiciteten hos förbjudna kandidatämnena har varierat mellan 9,1 och 4928 över åren. För dessa ämnen ses ingen signifikant minskning (tau $-0,01$; $p = 1,00$), här finner vi lägst summerad toxicitet 2010, 2013, 2018, och 2020.

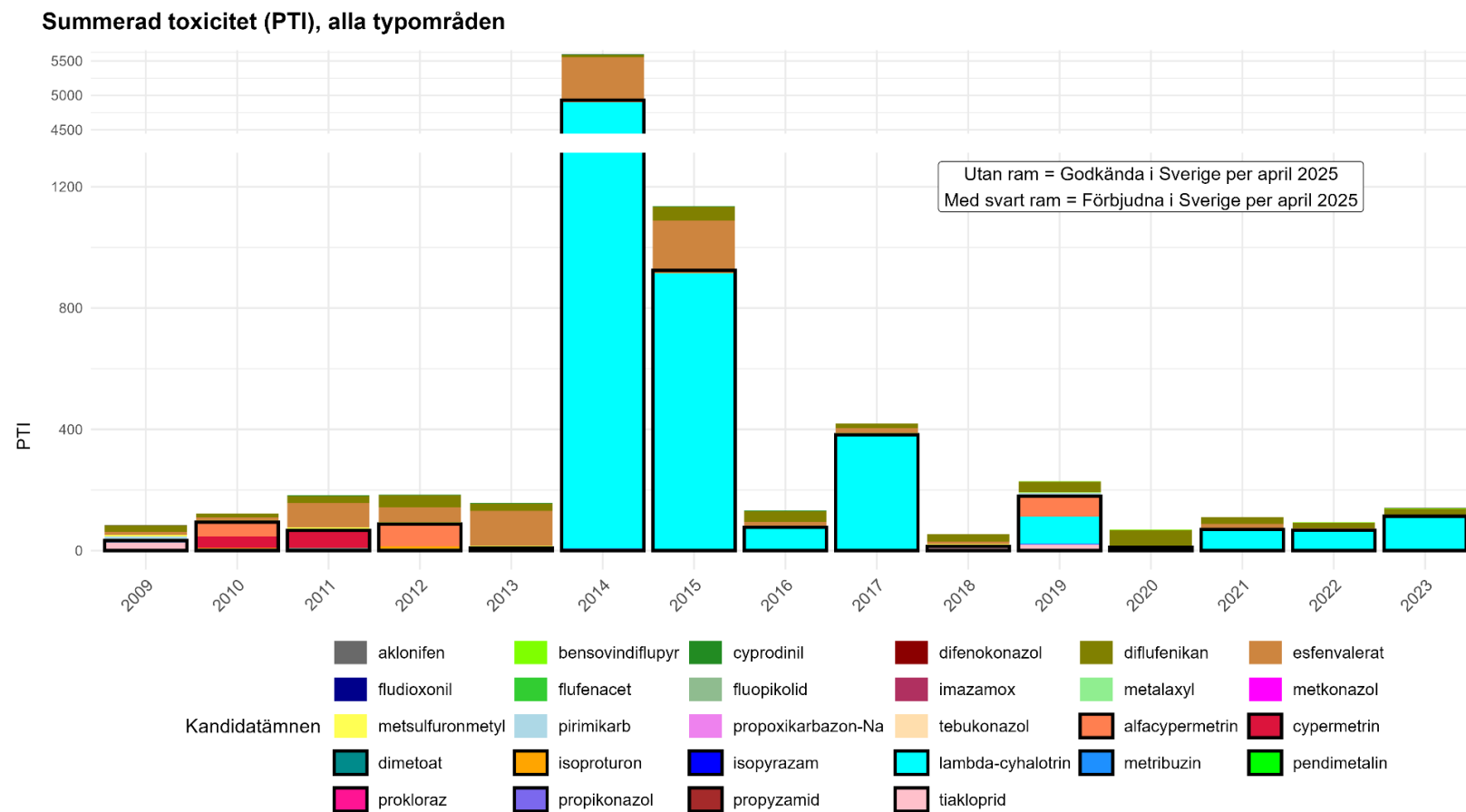
Tabell 3. Resultat från Mann-Kendall trendtest av analysresultat för växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper (2009–2023). Tabellen visar Kendall's tau-värde (anger trendens styrka och riktning, från 1 till -1) och tvåsidigt p-värde (anger trendens signifikans). Signifikanta p-värden ($p < 0,05$) indikeras med fetstil. $N = 15$.

Mann-Kendall test			
Data		tau	tvåsidigt p-värde*
Analysresultat, summahalter alla typområden	Alla	$-0,66$	0,00077
	Godkänd april 2025	$-0,14$	0,49
	Förbjudna april 2025	$-0,79$	0,00005
Analysresultat, summerad toxicitet (PTI) alla typområden	Alla	$-0,11$	0,62
	Godkänd april 2025	$-0,31$	0,11
	Förbjudna april 2025	$-0,01$	1,00

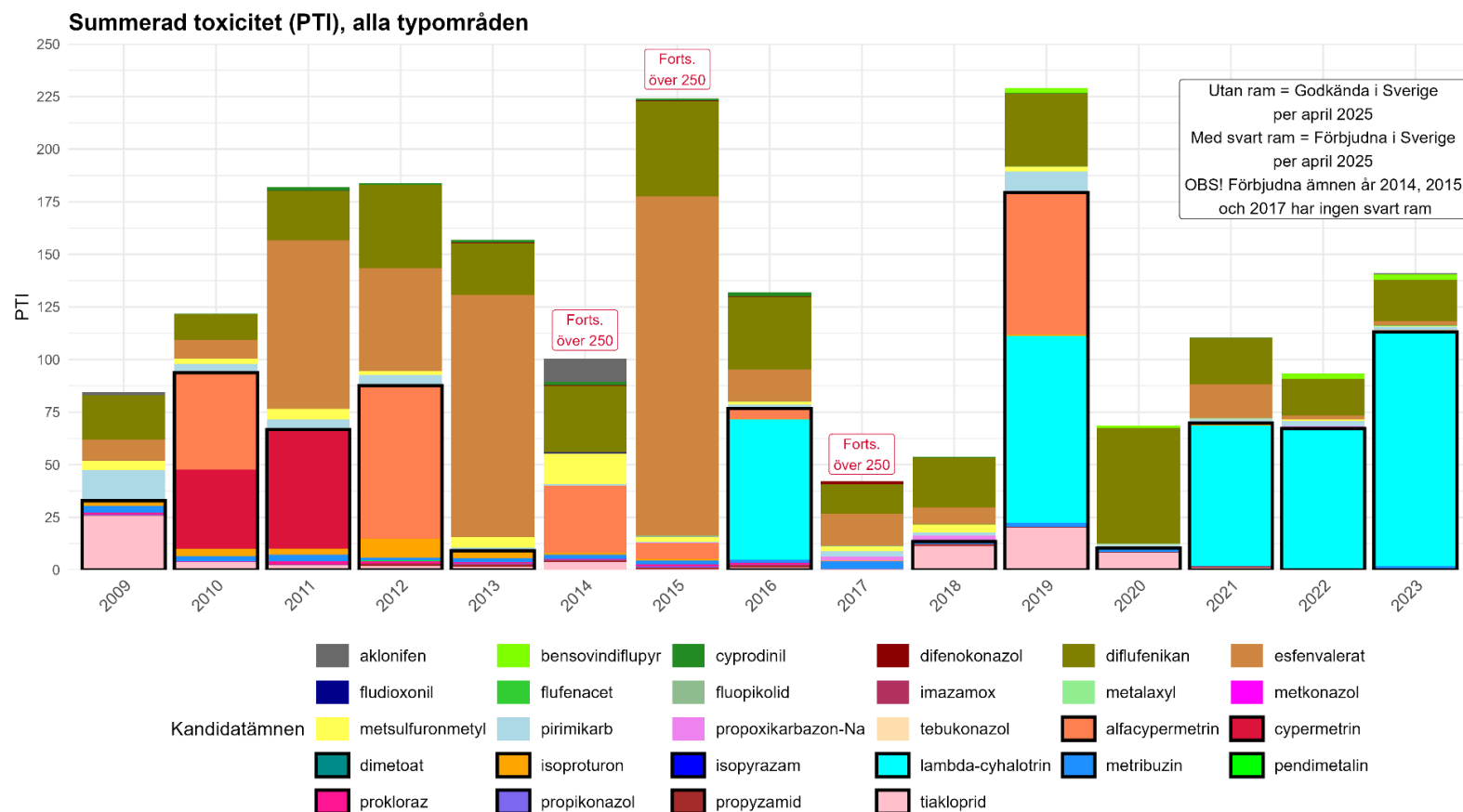
* Resultat i fetstil = p -värde $< 0,05$ (statistiskt signifikant)



Figur 3. Summerade halter (µg/l) av kandidatämnen från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.



Figur 4. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnena från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.



Figur 5. Samma data som i Figur 4, med justerad skala på y-axeln för att tydligare visa de lägre värdena. Figuren visar summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen från alla typområden mellan 2009–2023. Kandidatämnena är grupperade utifrån om produkter innehållandes dessa är godkända eller förbjudna i Sverige per april 2025. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. OBS! Värdena 2014, 2015 och 2017 fortsätter över 250. Under dessa år har de förbjudna ämnena i stapeln ingen svart ram.

5.2.1 Fördjupning kring ett urval av ämnen – fynd

Detta avsnitt belyser trender i halter och toxicitet för ett urval kandidatämnen som är godkända för användning som växtskyddsmedel i Sverige per april 2025 (**Figur 3**, **Figur 4** och **Figur 5**).

Uppmätta halter av enskilda substanser varierar mycket mellan åren, vilket styrs av både användning och väderförhållanden vid tidpunkt för spridning. Inget kandidatämne som är godkänt för användning visar en tydlig successiv ökning i halter över åren. Däremot har den uppmätta halten av fungiciden tebukonazol mer än fördubblats från 2022 till 2023 (**Figur 3**). Två godkända ämnen som i stället uppvisar en gradvis minskning i uppmätta halter de senaste åren är fungiciden fluopikolid och herbiciden diflufenikan (**Figur 3**). Fluopikolid uppmättes i högst halt 2015 och har sedan minskat något, särskilt från 2020. Uppmätta halter av diflufenikan har varit relativt stabila över åren. Högst halter uppmättes dock 2020, därefter har halterna minskat något. Toxiciteten från diflufenikan i ytvattnet följer samma mönster, med minskande värden efter 2020 (**Figur 4** och **Figur 5**).

Insekticiden esfenvalerat har inte uppmätts i höga halter under tidsperioden (**Figur 3**), men då ämnet har ett lågt riktvärde ger även låga halter i ytvatten upphov till hög toxicitet. Den summerade toxiciteten hos esfenvalerat varierar över åren, men har avtagit sedan 2015 (**Figur 4** och **Figur 5**), då ämnet blev förbjudet för användning på åker 2017. Även insekticiderna lambda/gamma-cyhalotrin påträffas ytterst sällan och i låga halter (**Figur 3**), men ger ändå ett stort utslag på den totala toxiciteten i ytvattnet över åren på grund av att riktvärdet är lågt (det lägsta riktvärde av de två har använts på grund av att det inte går att särskilja ämnena i analyser, se **Bilaga A** för riktvärden) (**Figur 4** och **Figur 5**).

6. Diskussion

I **avsnitt 6.1** diskuteras frågeställning 1, medan frågeställning 2 behandlas i **avsnitt 6.2**. Vidare diskuteras i **avsnitt 6.3** huruvida resultaten indikerar att etappmålet *användningen av växtskyddsmedel* ser ut att kunna uppnås till 2030. I **avsnitt 7** sammanfattas uppsatsens slutsatser.

6.1 Användning av kandidatämnen

Uppsatsens första frågeställning syftar till att undersöka om det går att se en minskning i användningen av kandidatämnen som används som växtskyddsmedel på åkermark. Som framgår av resultaten i **Tabell 2** har både den totala besprutade arealen och den använda mängden (i kilogram) av samtliga kandidatämnen minskat signifikant under perioden 2009–2023. Denna minskning beror på en tydlig signifikant minskning i användningen av de förbjudna kandidatämnena, något som inte är särskilt överraskande. För vissa ämnen har det även skett en stegvis begränsning i användarvillkoren, vilket minskat användningen. Detta gäller till exempel esfenvalerat.

För de ämnen som fortfarande är godkända i april 2025 ses ingen statistiskt signifikant ökning eller minskning (**Tabell 2**). Detta tyder på att det inte sker någon frivillig minskning i användningen. Samtidigt tyder resultaten på att den minskade användningen av förbjudna kandidatämnen inte tycks ha ersatts av en ökad användning av de godkända kandidatämnena. Men det vi inte vet är om arealen i stället behandlas med andra godkända ämnen som inte är kandidatämnen.

Värt att nämna är att användardata inte är fullständigt. Detta beror bland annat på att det är frivilligt för lantbrukarna i de olika typområdena att dela med sig av uppgifter om användning av växtskyddsmedel. Det beror även på att det saknas data över arealer och använda mängder (i kg) för de substanser som används till betning av utsäde. Vilket kan leda till en underskattning av den verkliga användningen. Detta gäller exempelvis fungiciderna difenokonazol (som till synes har minskat i användning från 2015) och bensovindiflupyr (som uppvisar en ökning i användning), vilka båda delvis används till betning. Trots detta anses resultatet ändå ge en god bild över användningen i typområdena.

6.2 Fynd av kandidatämnen i ytvatten

Uppsatsens andra frågeställning syftar till att undersöka om det går att se en minskning i halter och toxicitet av kandidatämnen i ytvatten. Den minskade användningen av förbjudna kandidatämnen ser ut att avspeglas i resultatet för uppmätta halter i ytvatten, vilket visar på en statistiskt signifikant minskning under

perioden 2009–2023 (se **Tabell 3**). Även uppmätta halter av de godkända kandidatämnena visar på samma trend som för användningen, inte heller här syns någon statistiskt signifikant ökning eller minskning.

Men då kandidatämnena har olika riktvärden ger resultaten för toxicitet en helt annan bild (se **Tabell 3**). Varken godkända eller förbjudna ämnen uppvisar en statistisk signifikant förändring över perioden 2009–2023. Den minskade användningen av förbjudna kandidatämnen reflekteras alltså inte i toxiciteten. En möjlig orsak till detta är att fynd av väldigt giftiga ämnen som har låga riktvärden ger en hög toxicitet. Exempel på ämnen med låga riktvärden är esfenvalerat samt lambda-cyhalotrin/gamma-cyhalotrin. Dessa ämnen uppmäts i så låga värden att de är svåra att urskilja i figuren för summerade halter (se **Figur 3**), men i figurerna för summerad toxicitet (se **Figur 4** samt **Figur 5**) dominerar de under flera år. Så även om användningen av andra ämnen minskar, reflekteras detta inte i toxiciteten. Detta resultat tyder på att om man vill uppnå en förändring i toxiciteten och minska den negativa påverkan på vattenlevande organismer, så är det av stor vikt att fasa ut användningen av giftiga ämnen med låga riktvärden.

Något som är viktigt att diskutera är begränsningar i analysmetoderna. Lambda-cyhalotrin kan inte särskiljas från gamma-cyhalotrin, men detta påverkar inte resultatet då båda grupperats som förbjudna (gamma-cyhalotrin har ett kommande användningsförbud). Dikvat och famoxadon har använts i typområdena men analyseras inte i ytvatten; deras påverkan på den summerade toxiciteten bedöms dock som liten på grund av att deras riktvärden inte är lika låga som exempelvis lambda-/gamma-cyhalotrin. Famoxadon har dessutom inte använts i typområdena sedan 2009. Dikvat har däremot använts mellan 2009–2019, hur resultatet för de summerade halterna påverkas av att dikvat inte har analyserats är svårt att säga. Men eftersom de flesta kandidatämnena som använts i typområdena har analyserats, bör resultatet ändå anses ge en god bild av halterna i ytvatten.

En annan viktig punkt att diskutera är hydrofoba kandidatämnena, exempelvis alfacypermetrin, cypermetrin och esfenvalerat (Lewis et al. 2016). Sådana ämnen har låg löslighet i vatten och tenderar att binda till sediment och organiskt material (Lewis et al. 2016; Ramage et al. 2025). En studie från England (Ramage et al. 2025) visade att vissa, mer hydrofoba, pesticider detekteras mer frekvent i sediment än i vatten. En analys av enbart fynden i ytvatten ger således inte hela bilden av den möjliga toxiciteten i vattenekosystemet.

6.3 Nås etappmålet till 2030?

I detta avsnitt diskuteras huruvida uppsatsens resultat indikerar att det svenska etappmålet *användningen av växtskyddsmedel* ser ut att kunna uppnås till 2030. Uppsatsens resultat baseras på data från typområden inom den nationella miljöövervakningen av växtskyddsmedel. Dessa områden är intensivt brukade med

en högre användning av växtskyddsmedel än medel för respektive region och Sverige i stort (Boye et al. 2019), men resultaten kan ändå ge en indikation på om etappmålet kan uppnås vad gäller användningen av kandidatämnen.

Som tidigare diskuterats visar uppsatsens resultat på statistiskt signifikanta minskande trender i användningen av förbjudna kandidatämnen. För godkända kandidatämnen ses däremot ingen statistiskt signifikant ökande eller minskande trend. Detta visar på att förbud av kandidatämnen, som väntat, är en effektiv metod för att minska användningen av dessa i Sverige. Huruvida etappmålet uppnås till 2030 är dock osäkert och beror till stor del på om fler kandidatämnen kommer omfattas av förbud eller inte.

En avgörande fråga är således huruvida fler ämnen kommer förbjudas, bland annat på EU-nivå – genom antingen växtskyddsmedelsförordningen (1107/2009) eller genom annan relevant lagstiftning. En grupp av växtskyddsmedel som är särskilt uppmärksammas inom EU är de som kan räknas som PFAS, särskilt de ämnen som innehåller en C–CF₃ grupp och därmed kan brytas ned till trifluorättiksyra (TFA) (Joerss et al. 2024; Guarda et al. 2025). Den typen av växtskyddsmedel beskrivs vara en betydande källa till TFA i miljön (Joerss et al. 2024). Exempel på sådana kandidatämnen som behandlas i denna uppsats är diflufenikan, flufenacet och fluopikolid. Godkännandet för flufenacet kommer inte att förnyas inom EU efter juni 2025, på grund av att ämnet kan brytas ned till TFA och förekomma i halter i grundvatten som överskrider gränsvärdet 0,1 µg/l samt för att TFA räknas som reproduktionstoxiskt (Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2025/910). Hur framtiden ser ut för övriga kandidatämnen som kan brytas ned till TFA är osäkert, men förhoppningsvis kan detta beslut bana väg för ytterligare förbud av ämnen med liknande egenskaper.

EU är dock inte den enda nivå där förbud kan införas. Produkter innehållandes kandidatämnen behöver vara godkända av Kemikalieinspektionen för att kunna användas i Sverige. Det finns därför möjlighet att på nationella nivå införa förbud för att kunna uppnå etappmålet. Dessa förbud är dock inte alltid praktiskt genomförbara. En betydande utmaning i arbetet med att minska användningen av kandidatämnen är att det i dagsläget saknas både alternativa växtskyddsmedel och bekämpningsmetoder, samt incitament för att identifiera sådana (Slunge et al. 2023; Naturvårdsverket 2025c). För att nå etappmålet krävs därför ett fortsatt arbete på flera plan för att utveckla alternativ. Samtidigt pekar forskning på att processen där ämnen jämförs med varandra för att utvärdera möjligheten för substitution (se exempelvis *artikel 50* i växtskyddsmedelsförordningen (EG) 1107/2009) är för komplex och därmed kan vara en bidragande delorsak till att alternativ saknas (Slunge et al. 2023). Detta pekar på ett strukturellt problem som behöver hanteras på EU-nivå.

Vidare beskrivs det att krav från användarna, i detta fall lantbrukarna, kan påverka producenterna att ta fram alternativa växtskyddsmedel som är mindre

skadliga (Slunge et al. 2023). En central del i att minska användningen är att således öka kunskapen om kandidatämnen – bland annat genom informationsspridning (Naturvårdsverket 2025c). I Sverige har Kemikalieinspektionens (2025) nya bekämpningsmedelsregister, som lanserades i maj 2025, en viktig roll i detta sammanhang. Det nya registret gör det möjligt att filtrera på produkter som innehåller kandidatämnen, vilket underlättar för användare att identifiera vilka produkter som innehåller dessa ämnen. Ökad kunskap om vilka produkter som innehåller kandidatämnen kan i sin tur leda till att användarna ställer högre krav på tillgången till alternativ.

Sammanfattningsvis är det svårt att säga om etappmålet kommer att nås till 2030. Den observerade minskningen visar på att vi är på väg i rätt riktning, men för att nå målet till 2030 krävs att fler kandidatämnen förbjuds. Ett centralt problem är dock bristen på alternativa växtskyddsmedel och bekämpningsmetoder. Dessa behöver inte bara utvecklas, utan även bedömas och godkännas genom den komplexa jämförelseprocessen – något som tar tid. Det är därför oklart om detta arbete hinner göras i den omfattning som krävs för att nå etappmålet till 2030. Men det måste belysas att det skett en del framsteg, såsom att flufenacet förbjuds på EU-nivå.

7. Slutsatser

Det går att se en minskning i användningen av de kandidatämnen som är förbjudna per april 2025 på åkermark. För de kandidatämnen som fortfarande är godkända vid samma tidpunkt ses ingen statistiskt signifikant förändring. Detta tyder på att förbud är en effektiv åtgärd för att minska användningen, något som inte är förvånande. Samtidigt framgår det att den minskade användningen av förbjudna kandidatämnen inte ersätts av ökad användning av godkända kandidatämnen. Men huruvida andra ämnen som inte är kandidatämnen används i stället är inget som kan besvaras i denna studie.

Liknande mönster återfinns i resultaten för fynd i ytvatten. Där ses en statistiskt signifikant minskning av uppmätta halter av förbjudna kandidatämnen, medan inga signifikanta förändringar kan konstateras för de ämnen som är fortsatt godkända. Den minskade användningen av förbjudna kandidatämnen reflekteras alltså i minskade halter i ytvatten. Medan halter av godkända kandidatämnen, liksom användningen av dessa, varken ökar eller minskar.

För toxiciteten ses ingen statistiskt signifikant minskning i varken de godkända eller de förbjudna kandidatämnena. Detta resultat bryter mot mönstret som uppvisas i användningen samt uppmätta halter. En möjlig orsak är att olika ämnen har olika riktvärden, där de med låga riktvärden ger en hög toxicitet även vid låga uppmätta halter. För att minska risken för vattenlevande organismer bör giftiga ämnen som har väldigt låga riktvärden fasas ut.

Att användningen av kandidatämnen minskar visar att vi är på väg att nå etappmålet. Men för att nå dit behöver användningen fortsätta att minska, vilket troligtvis kräver att fler kandidatämnen förbjuds. Hur en minskning i användning ska nås inom EU samt nationellt är oklart, särskilt då det finns en brist på alternativa bekämpningsmetoder och växtskyddsmedel. Det är således fortfarande osäkert om etappmålet kommer att nås i tid.

8. Förslag på framtida studier

I detta avslutande avsnitt presenteras förslag för fortsatt arbete inom området för att få en fördjupad förståelse av trender för användning av kandidatämnen på lång sikt.

Ett första förslag är att analysera vissa ämnen eller grupper av ämnen (insekticider, herbicider, fungicider) mer noggrant vad gäller användning i relation till andra viktiga faktorer såsom vilka grödor som odlas och väderförhållanden. Detta då ett förändrat klimat skulle kunna leda till förändrade odlingsmöjligheter och nya utmaningar vad gäller skadegörare och ogräs. Samtidigt kan utveckling av resistens hos insekter, ogräs och svampar minska effektiviteten hos växtskyddsmedlen, vilket kan försvåra möjligheten att hitta alternativa lösningar för att skydda grödorna. Detta kan påverka hur stort behovet av kandidatämnen blir på kort och lång sikt.

Vidare skulle det även vara intressant att analysera användningen av de kandidatämnen som kan brytas ned till TFA. Exempelvis skulle diflufenikan och fluopikolid, som båda genomgår en omregistreringsprocess, kunna undersökas vidare.

Ett annat förslag är att undersöka om, och i så fall hur, lantbrukare själva försöker minska användningen av växtskyddsmedel innehållandes kandidatämnen. Detta för att få en bättre bild av hur användarna av dessa ämnen faktiskt ställer sig till klassificeringen och till substitutionsprincipen som beskrivs i bland annat *artikel 50* i växtskyddsmedelsförordningen (EG) 1107/2009 och i 2 kap. 4§ miljöbalken SFS 1998:808. Undersökningen skulle exempelvis kunna ske genom en enkät.

Referenser

- Ahmad, M.F., Ahmad, F.A., Alsayegh, A.A., Zeyauallah, Md., AlShahrani, A.M., Muzammil, K., Saati, A.A., Wahab, S., Elbendary, E.Y., Kambal, N., Abdelrahman, M.H. & Hussain, S. (2024). Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10 (7), e29128.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29128>
- Andersson, M. & Kreuger, J. (2011). *Preliminära riktvärden för växtskyddsmedel i ytvatten - Beräkning av riktvärden för 64 växtskyddsmedel som saknar svenska riktvärden*. (Teknisk rapport 144). Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
<https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/ckb/publikationer/teknisk-rapport/teknisk-rapport-144.pdf> [2025-04-14]
- Arbetsmiljöverket (2025). *Riskerna med bekämpningsmedel*.
<https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/kemiska-risker/risker-for-vissa-amnen-produkter-och-verksamheter/bekampningsmedel/riskerna-med-bekampningsmedel/> [2025-04-29]
- Asp, J. & Kreuger, J. (2005). Riskvärdering av bekämpningsmedel i ytvatten. *Ekohydrologi*, (88). <https://res.slu.se/id/publ/6714> [2025-04-14]
- Boye, K., Lindström, B., Boström, G. & Kreuger, J. (2019). Long-term Data from the Swedish National Environmental Monitoring Program of Pesticides in Surface Waters. *Journal of Environmental Quality*, 48 (4), 1109–1119.
<https://doi.org/10.2134/jeq2019.02.0056>
- Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 av den 21 oktober 2009 om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden och om upphävande av rådets direktiv 79/117/EEG och 91/414/EEG (växtskyddsmedelsförordning). EUT L 309/1, 24.11.2009, s. 1–86. Konsoliderad version 21.11.2022. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=celex:32009R1107> [2025-04-03] (2009).
- European Commission (2015a). *Pesticides: Experts endorse new EU list of candidates for substitution*. (MEMO/15/3742).
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/memo_15_3743
- European Commission (2015b). Questions and Answers on Candidates for Substitution. https://food.ec.europa.eu/document/download/b78b19d6-8baf-45c8-87a0-5141967415cb_en?filename=pesticides_ppp_app-proc_cfs_qas.pdf [2025-04-23]
- European Commission (u.å.). EU Pesticides Database - Active substances.
<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances> [2025-04-23]
- FAO (2022). *FAO's Plant Production and Protection Division*.
<https://doi.org/10.4060/cc2447en>
- Guarda, C., Friis, S. & Fritzson, H. (2025). *Parlamentsfråga | Det brådskande behovet av att reglera trifluorättiksyra (TFA) och fasa ut bekämpningsmedel i form av per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) för att skydda vattenresiliensen och folkhälsan i EU | E-001786/2025 | Europaparlamentet*.
https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-10-2025-001786_SV.html [2025-05-19]
- Joerss, H., Freeling, F., van Leeuwen, S., Hollender, J., Liu, X., Nödler, K., Wang, Z., Yu, B., Zahn, D. & Sigmund, G. (2024). Pesticides can be a substantial source of trifluoroacetate (TFA) to water resources. *Environment International*, 193, 109061.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109061>

- Kemikalieinspektionen (2008). *Sammanställning av protokoll om riktvärden för växtskyddsmedel i ytvatten*. Version: 2008-04-29.
<https://www.kemi.se/download/18.164ad6b3172927a9289697bf/1598173026044/protokoll-riktvarden-vaxtskyddsmedel.pdf> [2025-04-14]
- Kemikalieinspektionen (2024a). *Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2023*. (STATISTIK 1/24, REVIDERAD)
- Kemikalieinspektionen (2024b). *Godkännande av verksamma ämnen*.
<https://www.kemi.se/lagar-och-regler/lagstiftningar-inom-kemikalieområdet/bekampningsmedel/vaxtskyddsmedel/ansok-om-godkannande-for-vaxtskyddsmedel/godkannande-av-verksamma-amnen> [2025-05-22]
- Kemikalieinspektionen (2025). *Bekämpningsmedelsregistret*.
<https://www.kemi.se/bkmreg/bekampningsmedelsregistret> [2025-05-30]
- Kemikalieinspektionen (u.å.). *Bekämpningsmedelsregistret*. Version: 2021.5.1.0.
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/> [2025-03-27]
- Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2025/910 av den 20 maj 2025 om att inte förnya godkännandet av det verksamma ämnet flufenacet i enlighet med Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009, och om ändring av kommissionens genomförandeförordningar (EU) nr 540/2011 och (EU) 2015/408 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32025R0910&qid=1748612123977> [2025-05-30] (2025).
- Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2015/408 av den 11 mars 2015 om genomförande av artikel 80.7 i Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden och om upprättande av en förteckning över kandidatämnen för substitution (förordningen om kandidatämnen för substitution). EUT L 67/18, 12.3.2015. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=CELEX%3A32015R0408> [2025-03-28] (2015).
http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2015/408/oj/swe
- Kommissionens genomförandeförordning (EU) nr 540/2011 av den 25 maj 2011 om tillämpning av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1107/2009 vad gäller förteckningen över godkända verksamma ämnen. EGT L 153, 11.6.2011. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0540-20250301> (2011).
- Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1150–1064.
<https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- 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*. (2015:5). Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Nanos, T., Gutfreund, C. & Lindström, B. (2021). *Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel). Årssammanställning 2019*. (2020:8). Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. <https://res.slu.se/id/publ/115223> [2025-05-07]
- Naturvårdsverket (2022). *Vägledning om tillstånd och anmälan vid användning av växtskyddsmedel inom särskilda områden*.
<https://www.naturvardsverket.se/4acbb6/globalassets/vagledning/kemikalier/vaxskyddsmedel/nv-vagledning-tillstand-och-anmalan-for-vaxtskyddsmedel.pdf> [2025-04-01]

- Naturvårdsverket (2024a). *Bekämpningsmedel i miljön*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljofororeningar/organiska-miljogifter/bekampningsmedel-i-miljon/> [2025-05-12]
- Naturvårdsverket (2024b). *Miljöövervakningens programområde Jordbruksmark*.
<https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/miljoovervakning/programomraden/jordbruksmark/> [2025-04-14]
- Naturvårdsverket (2024c). Riktvärden för växtskyddsmedel som används inom den nationella miljöövervakningen i ytvatten
- Naturvårdsverket (2025a). *Miljöövervakning*.
<https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/miljoovervakning/> [2025-04-22]
- Naturvårdsverket (2025b). *Miljöövervakningsdata*.
<https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/data-databaser-och-sokregister/miljoovervakningsdata/> [2025-05-07]
- Naturvårdsverket (2025c). *Skrivelse: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2025 - Med fokus på statliga insatser*. (NV-07267-24)
- Ramage, C.I., Lopes Dos Santos, R.A., Yon, L., Johnson, M.F. & Vane, C.H. (2025). Widespread pesticide pollution in two English river catchments of contrasting land-use: from sediments to fish. *Environmental Pollution*, 375, 126371. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126371>
- Rådets direktiv av den 15 juli 1991 om utsläppande av växtskyddsmedel på marknaden (91/414/EEG) (den gamla växtskyddsmedelsförordningen). EGT L 230, 19.8.1991, s. 1 (1991).
- SFS 1998:808. *Miljöbalk* (1998). . Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet.
- Slunge, D., Miguel, M., Lindahl, L. & Backhaus, T. (2023). The implementation of the substitution principle in European chemical legislation: a comparative analysis. *Environmental Sciences Europe*, 35 (1), 107.
<https://doi.org/10.1186/s12302-023-00817-1>
- Sveriges lantbruksuniversitet (2020). *Miljöeffekter av bekämpningsmedel*.
<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/SLU-Centrum-for-kemiska-bekampningsmedel-i-miljon/information-om-bekampningsmedel-i-miljon1/exponering-och-miljoeffekter/> [2025-04-07]
- Sveriges lantbruksuniversitet (2024a). *Användning av bekämpningsmedel*.
<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/SLU-Centrum-for-kemiska-bekampningsmedel-i-miljon/information-om-bekampningsmedel-i-miljon1/oversiktligt-om-bekampningsmedel-och-anvandningen1/> [2025-04-07]
- Sveriges lantbruksuniversitet (2024b). *Användning av kemiska bekämpningsmedel i lantbruket*. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/epok-centrum-for-ekologisk-produktion-och-konsumtion/vad-sager-forskningen/vaxtskydd-och-bekampningsmedel/anvandning-av-kemiska-bekampningsmedel-i-lantbruket/> [2025-05-18]
- Sveriges lantbruksuniversitet (2024c). *Registersida - översikt över data*.
<https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/dv/registersida/> [2025-05-07]
- Sveriges miljömål (2025). *Användningen av växtskyddsmedel*.
<https://sverigemiljomal.se/etappmalen/anvandningen-av-vaxtskyddsmedel/> [2025-04-01]
- Xu, S., Chen, M., Feng, T., Zhan, L., Zhou, L. & Yu, G. (2021). Use ggbreak to Effectively Utilize Plotting Space to Deal With Large Datasets and Outliers. *Frontiers in Genetics*, 12:774846.
<https://doi.org/10.3389/fgene.2021.774846>

Bilaga A

Kandidatämnen för substitution (enligt EU 2015/408 och EU 540/2011 (fr.o.m. 2016-01-01) samt efterföljande versioner) som förekommer i växtskyddsmedel i Sverige under perioden 2009–2023

Ämne	Riktvärde (µg/l)*	Typ av växtskyddsmedel	Första godkännande i Sverige †	Nuvarande eller kommande användningsförbud (per april 2025) ‡	Godkänd inom EU (per april 2025) Ø	Kandidatämne enligt EU 2015/408 !	Kandidatämne enligt EU 540/2011 !!
Aklonifen	0,5	herbicide	Före 2009	#	Ja	ja	
Alfacypermetrin	0,002	insekticide	Före 2009	aug-20	Ej godkänd (sedan jun-21)		nov-19
Bensovindiflupyr	0,035	fungicide	jun-17	#	Ja		mar-16
Cypermethrin	0,000053	insekticide	Före 2009	nov-23	Ja		feb-22
Cyprodinil	0,33	fungicide	Före 2009	#	Ja	ja	
Difenokonazol	0,56	fungicide	Före 2009	#	Ja	ja	
Diflufenikan	0,025	herbicide	Före 2009	#	Ja	ja	
Dikvat	0,059	herbicide	Före 2009	feb-20	Ej godkänd (sedan nov-18)	ja, fram till aug. 2022	
Dimetoat	0,7**	insekticide	Före 2009	mar-13	Ej godkänd (sedan jun-19)	ja, fram till aug. 2022	
Esfenvalerat	0,0001	insekticide	Före 2009	#	Ja	ja, fram till aug. 2022	jan-16
Famoxadon	0,03***	fungicide	Före 2009	sep-15	Ej godkänd (sedan sep-21)	ja, fram till aug. 2022	
Fludioxonil	0,5	fungicide	Före 2009	#	Ja	ja	
Flufenacet	0,76	herbicide	aug-22	#	Ja	ja	
Fluopikolid	2,9	fungicide	jun-12	#	Ja	ja	
Gamma-cyhalotrin	0,0000045	insekticide	feb-20	okt-26	Ej godkänd (sedan mar-25)	ja, från okt. 2020	
Glufosinat (glufosinatammonium)	10***	herbicide	Före 2009	jan-13	Ej godkänd (sedan jul-18)	ja, fram till aug. 2022	
Imazamox	2,2	insekticide	jul-17	#	Ja	ja, fram till aug. 2022	nov-17
Ipkonazol	0,044	fungicide, betningsmedel	mar-17	mar-24	Ej godkänd (sedan maj-23)	ja, från okt. 2020	

Isoproturon	1,3	herbicide	Före 2009	nov-14	Ej godkänd (sedan jun-16)	ja, fram till aug. 2022	
Isopyrazam	0,26	fungicide	mar-19	dec-22	Ej godkänd (sedan jun-22)	ja, fram till aug. 2022	
<i>Kizalofop-p-tefuryl</i>	2,1	herbicide	mar-21	#	Ja	ja, fram till aug. 2022	
<i>Kopparhydroxid</i>	—	<i>tillväxtregulator</i>	Före 2009	jan-12	Ja	ja, fram till aug. 2022	jan-19
Lambda-cyhalotrin	0,000022	insekticide	Före 2009	jan-19	Ja	ja, fram till aug. 2022	apr-16
Metalaxyl	56	fungicide	dec-18	#	Ja	ja	
Metkonazol	0,29	fungicide, tillväxtregulator	jun-18	#	Ja	ja, fram till sept. 2024	sep-24
Metribuzin	0,79	herbicide	Före 2009	nov-25	Ej godkänd (sedan nov-24)	ja, fram till nov. 2024	
Metsulfuronmetyl	0,037	herbicide	Före 2009	#	Ja	ja, fram till aug. 2022	apr-16
<i>Paklobutrazol</i>	0,82	<i>tillväxtregulator</i>	feb-17	#	Ja	ja	
Pendimetalin	0,1**	herbicide	Före 2009	jan-11	Ja	ja, fram till aug. 2022	sep-17
Pirimikarb	0,09	insekticide	Före 2009	#	Ja	ja	
Prokloraz	0,55	fungicide	Före 2009	Jul-17	Ej godkänd (sedan dec-21)	ja, fram till aug. 2022	
Propikonazol	5,1	fungicide	Före 2009	mar-20	Ej godkänd (sedan dec-18)	ja, fram till aug. 2022	
Propoxikarbazon-Na	0,43	herbicide	Före 2009	#	Ja	ja, fram till aug. 2021	
Propyzamid	2,1	herbicide	Före 2009	dec-23	Ja		jul-18
Tebukonazol	1	fungicide, betningsmedel	maj-17	#	Ja	ja	
<i>Tepraloxidim</i>	70***	<i>herbicide</i>	Före 2009	dec-16	Ej godkänd (sedan maj-15)	ja, fram till aug. 2022	
Tiaklopid	0,077	insekticide	Före 2009	feb-21	Ej godkänd (sedan feb-20)	ja, fram till aug. 2022	

* riktvärden från Naturvårdsverket (2024) om ej annat anges; ** riktvärden från Lindström (2023); *** preliminärt riktvärden enligt Andersson & Kreuger (2011); — riktvärde finns ej

† godkännande som verksamt ämne i växtskyddsmedel

‡ senaste användningsförbud/kommande användningsförbud för en produkt i Sverige (per april 2025), inga andra produkter är godkända/utan användningsförbud, gäller i växtskyddsmedel

det finns åtminstone en produkt som är godkänd som växtskyddsmedel och som ej har ett nuvarande eller kommande användningsförbud (per april 2025)

Ø för ej godkända kan anståndsperiod finnas

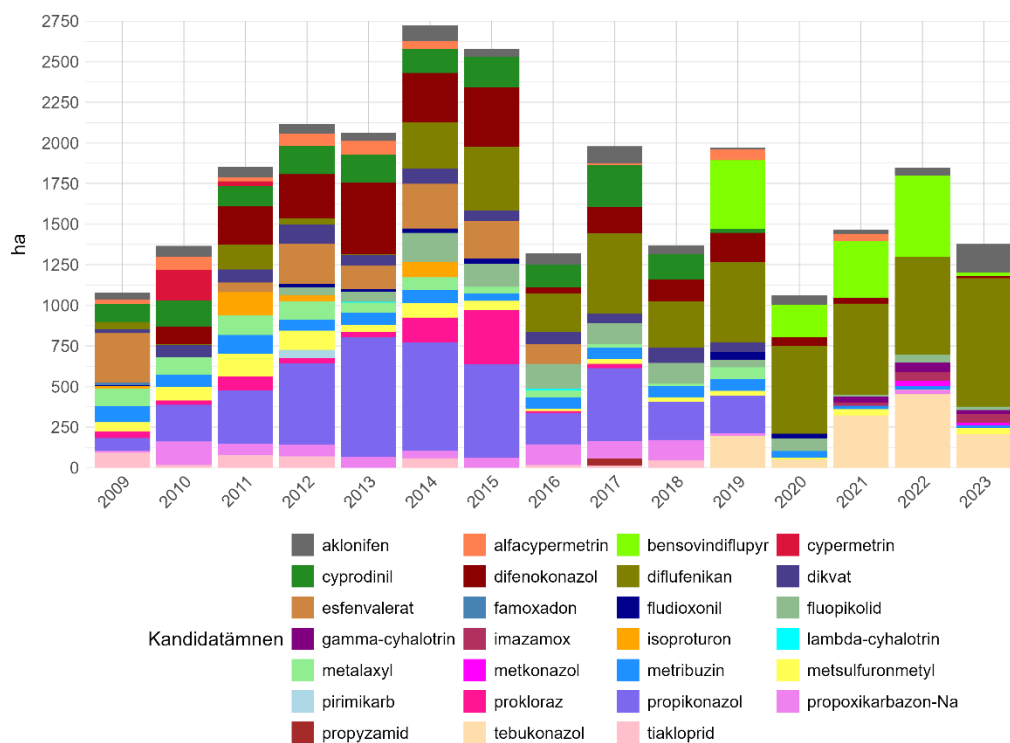
! från mars 2015 om ej annat anges

!! datum anger när det verksamma ämnet godkändes som kandidatämne för substitution

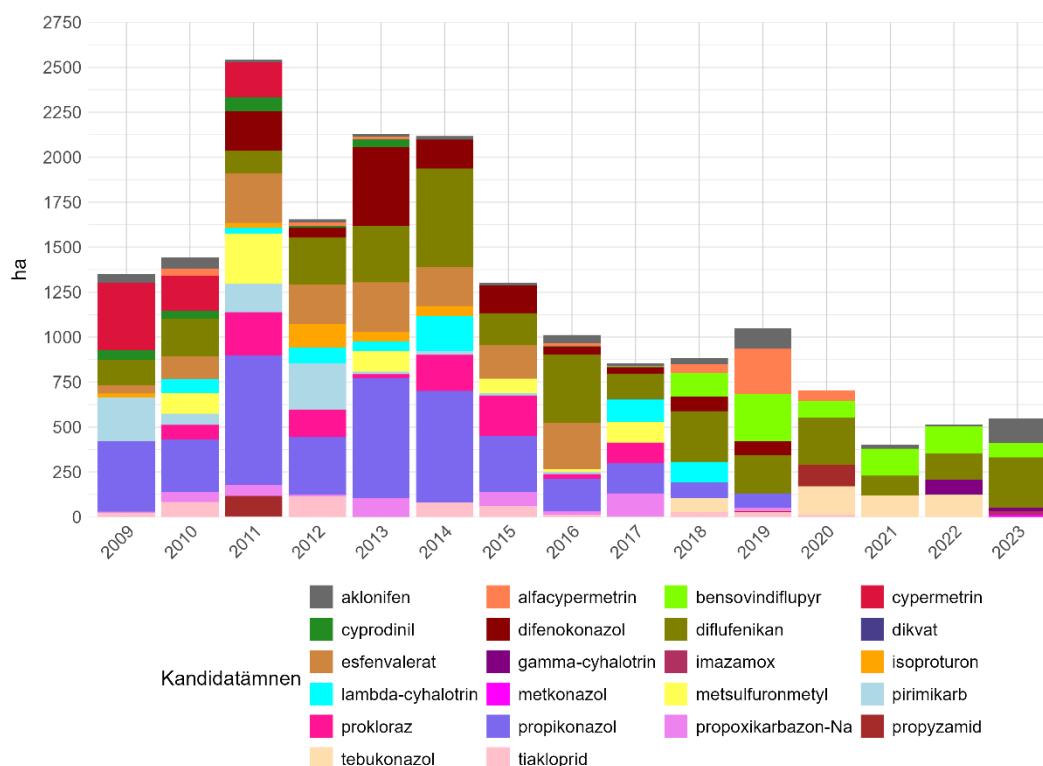
Bilaga B

Figur B - 1. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde E-21 mellan år 2009–2023.	45
Figur B - 2. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde M-42 mellan år 2009–2023.	45
Figur B - 3. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde N-34 mellan år 2009–2023.	46
Figur B - 4. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde O-18 mellan år 2009–2023.	46
Figur B - 5. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde E-21 mellan år 2009–2023.	47
Figur B - 6. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde M-42 mellan år 2009–2023.	47
Figur B - 7. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde N-34 mellan år 2009–2023.	48
Figur B - 8. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde O-18 mellan år 2009–2023.	48
Figur B - 9. Summerade halter (µg/l) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde E-21 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.	49
Figur B - 10. Summerade halter (µg/l) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde M-42 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.	49
Figur B - 11. Summerade halter (µg/l) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde N-34 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.	50
Figur B - 12. Summerade halter (µg/l) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde O-18 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.	50
Figur B - 13. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde E-21 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.	51
Figur B - 14. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde M-42 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av	

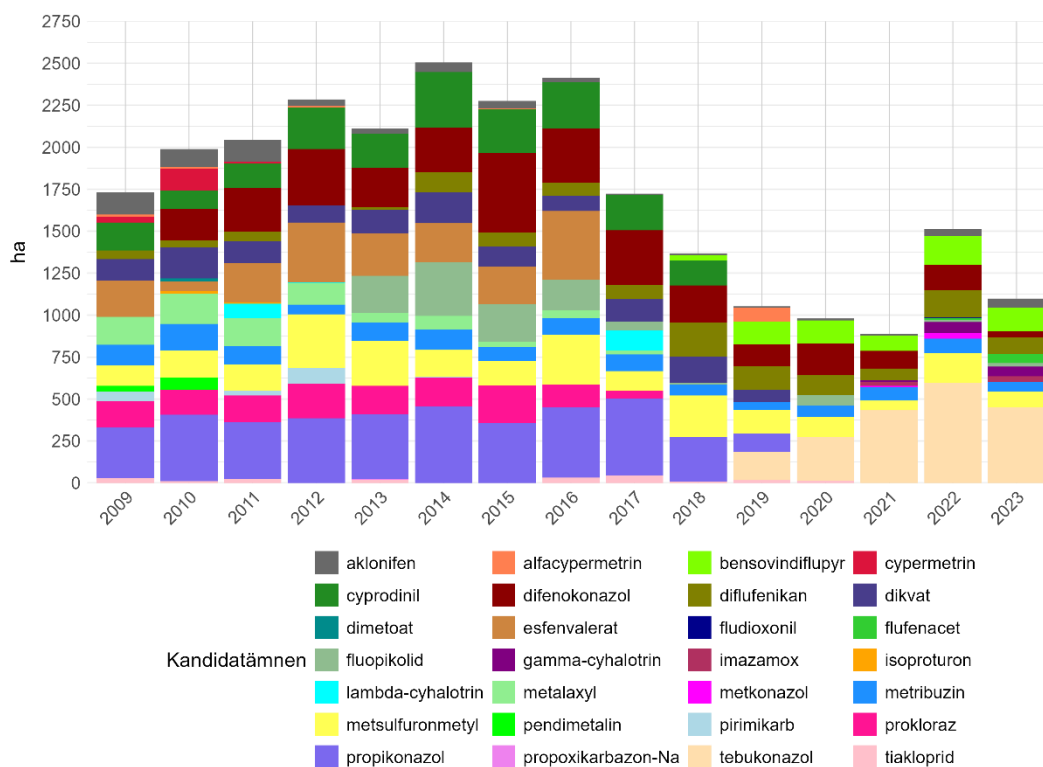
gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. Notera brytningar i y-axeln.	51
Figur B - 15. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde N-34 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. Notera brytning i y-axeln.	52
Figur B - 16. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde O-18 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. Notera brytning i y-axeln.	52



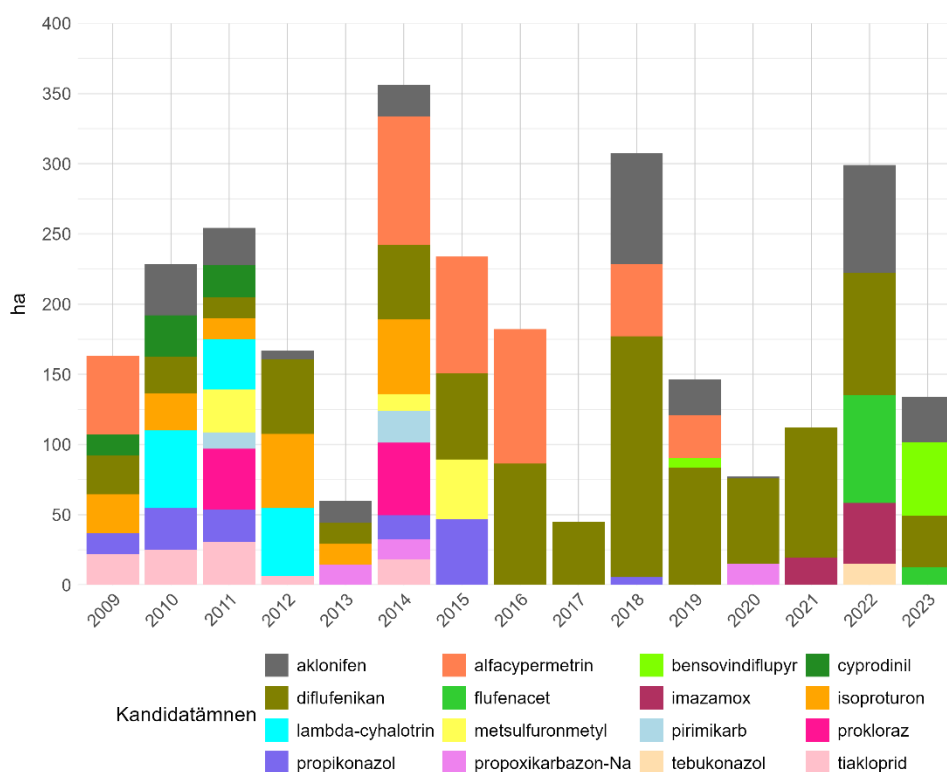
Figur B - 1. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde E-21 mellan år 2009–2023.



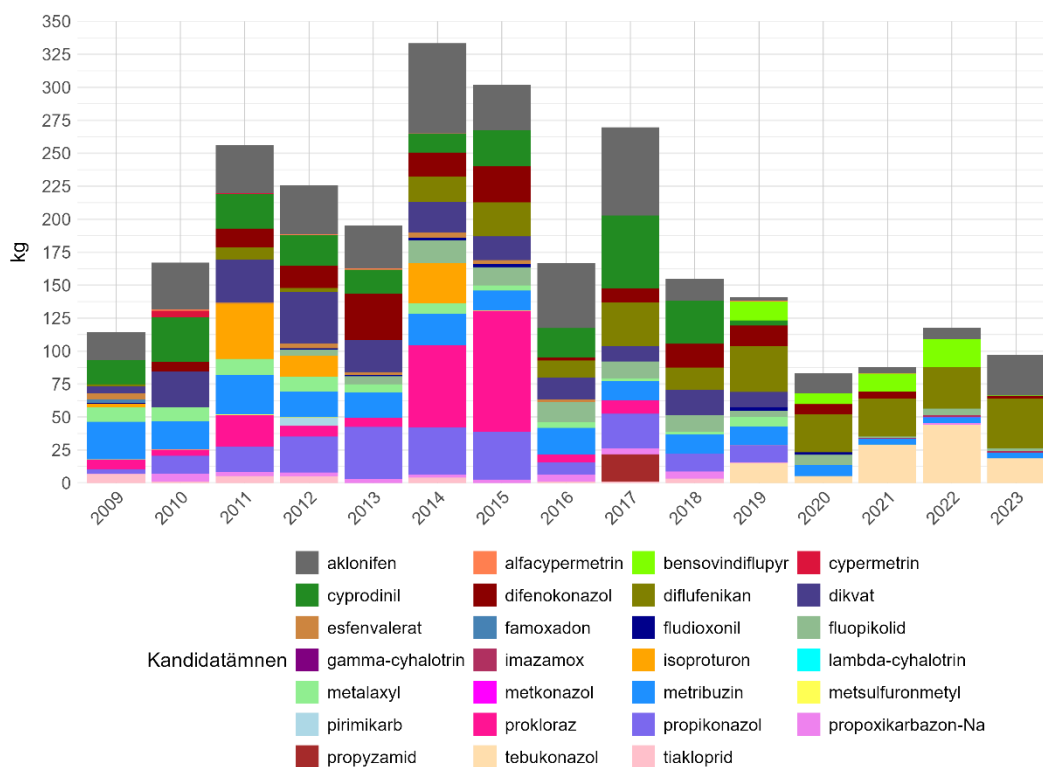
Figur B - 2. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde M-42 mellan år 2009–2023.



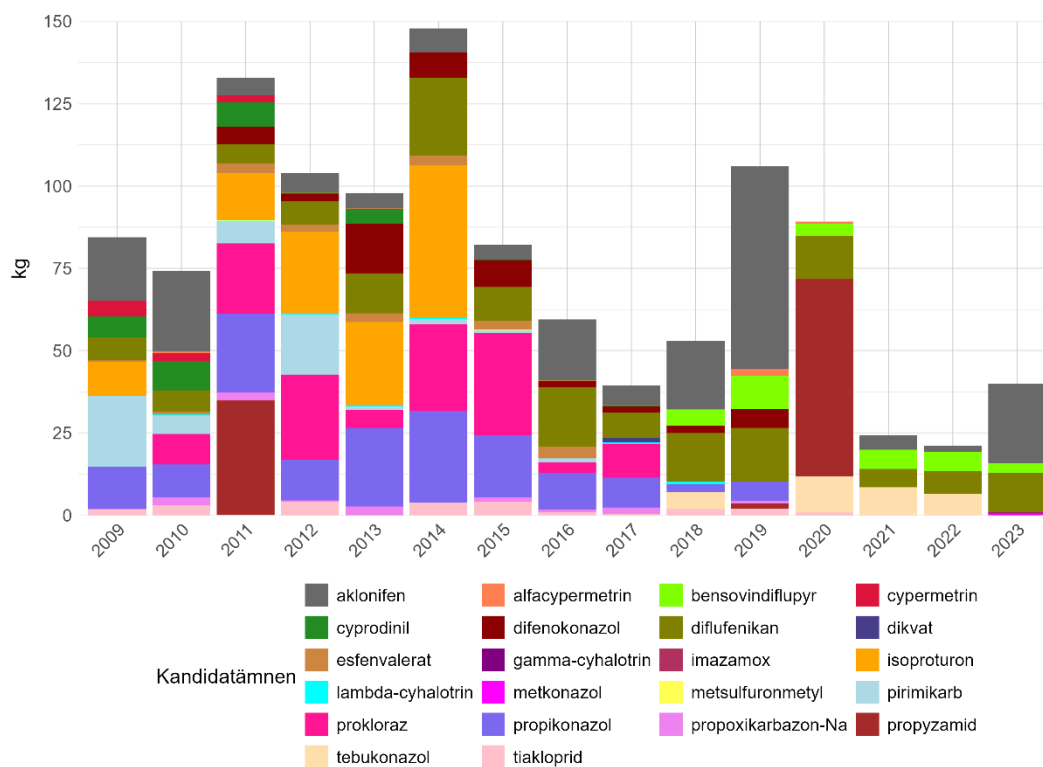
Figur B - 3. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde N-34 mellan år 2009–2023.



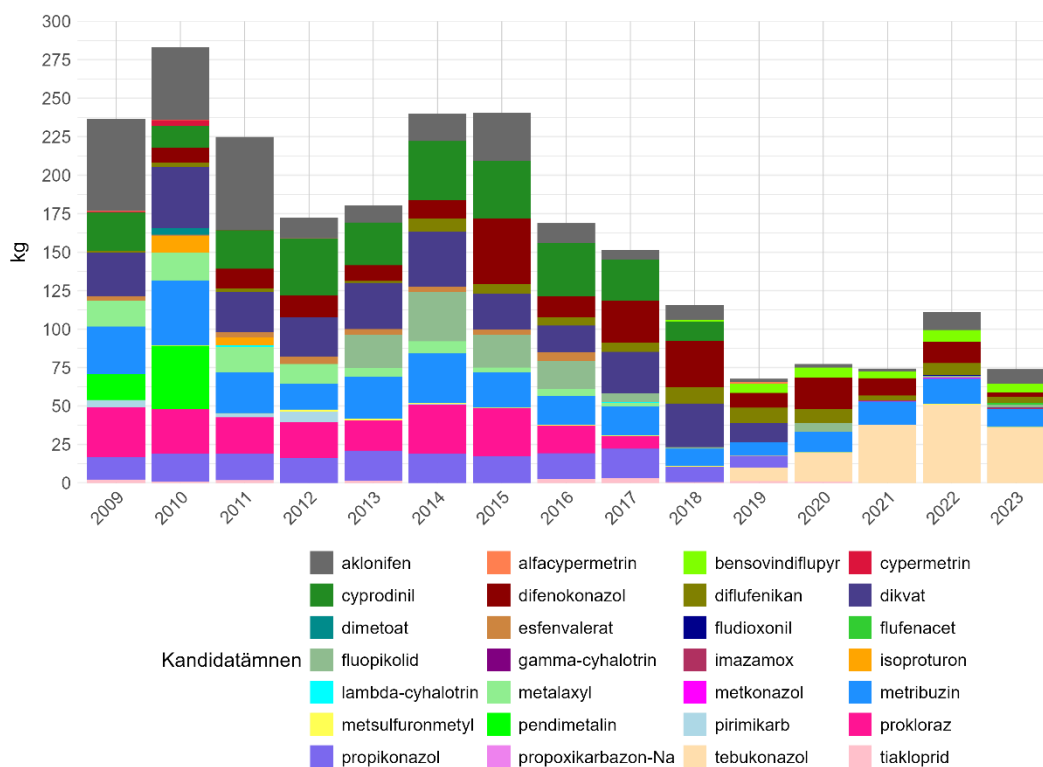
Figur B - 4. Summerade arealer (hektar) besprutade med kandidatämnen vid typområde O-18 mellan år 2009–2023.



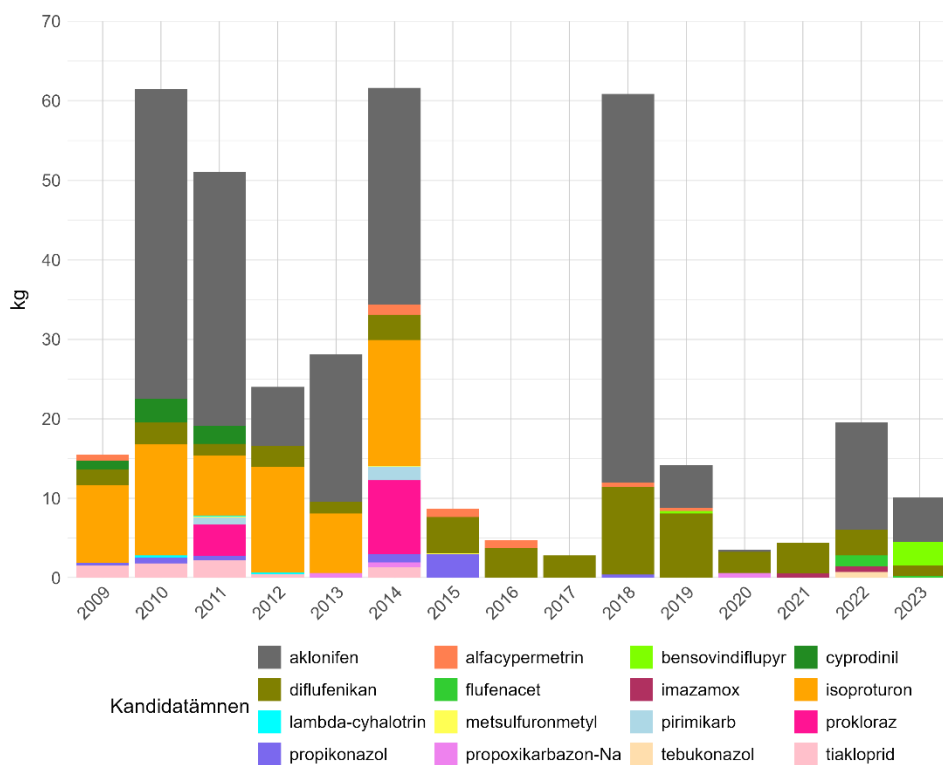
Figur B - 5. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde E-21 mellan år 2009–2023.



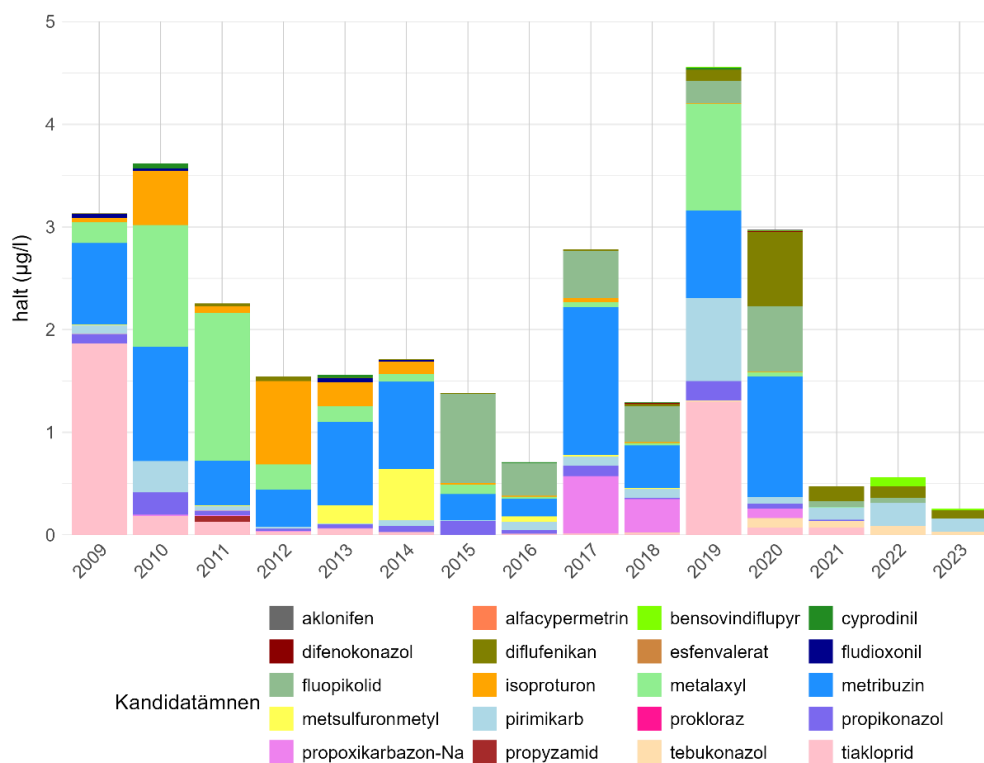
Figur B - 6. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde M-42 mellan år 2009–2023.



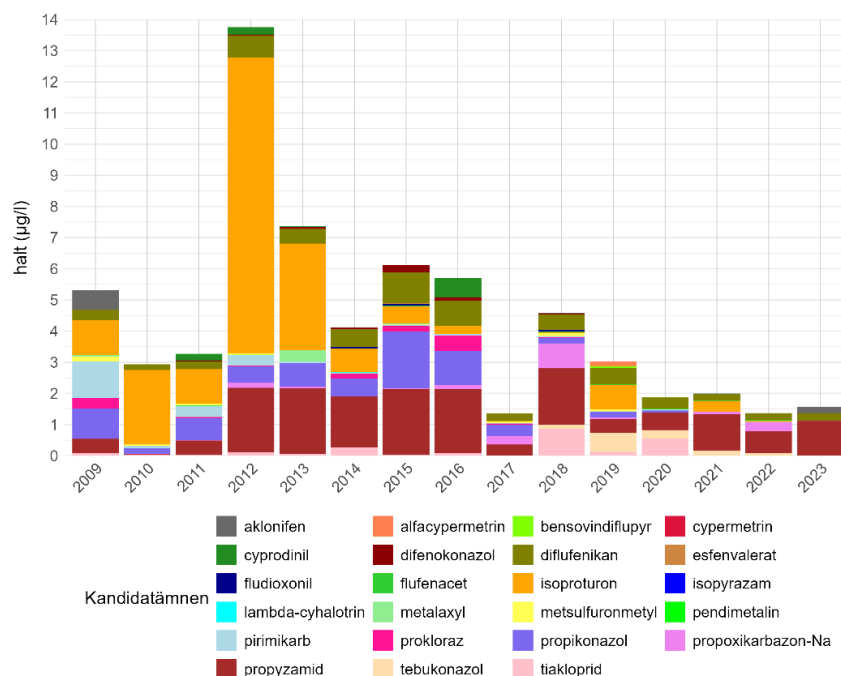
Figur B - 7. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde N-34 mellan år 2009–2023.



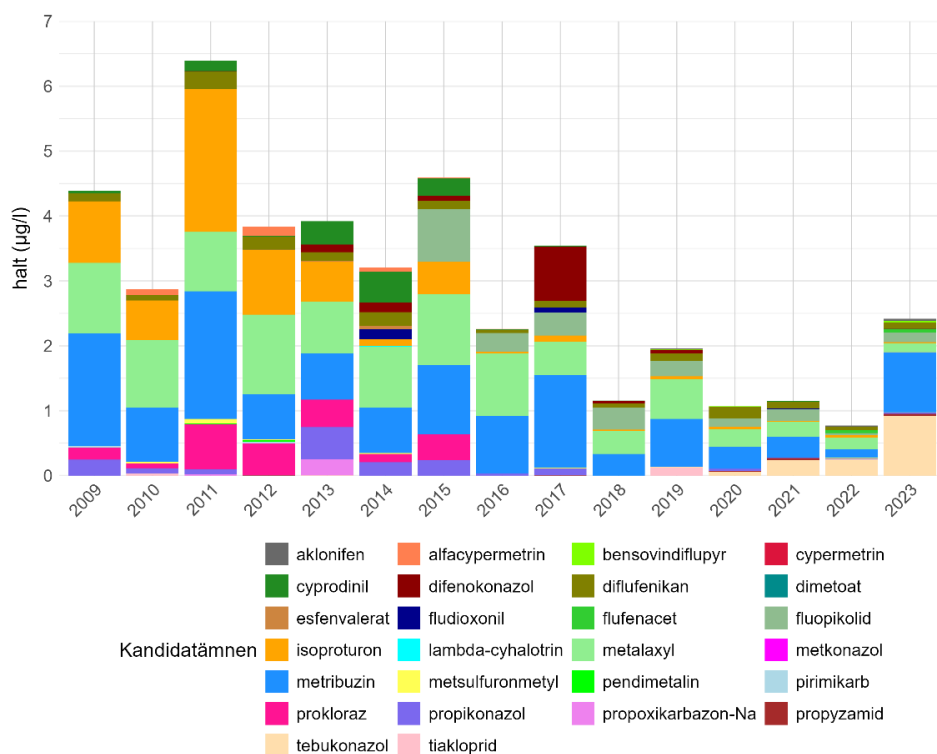
Figur B - 8. Summerad mängd (kilogram) använda kandidatämnen vid typområde O-18 mellan år 2009–2023.



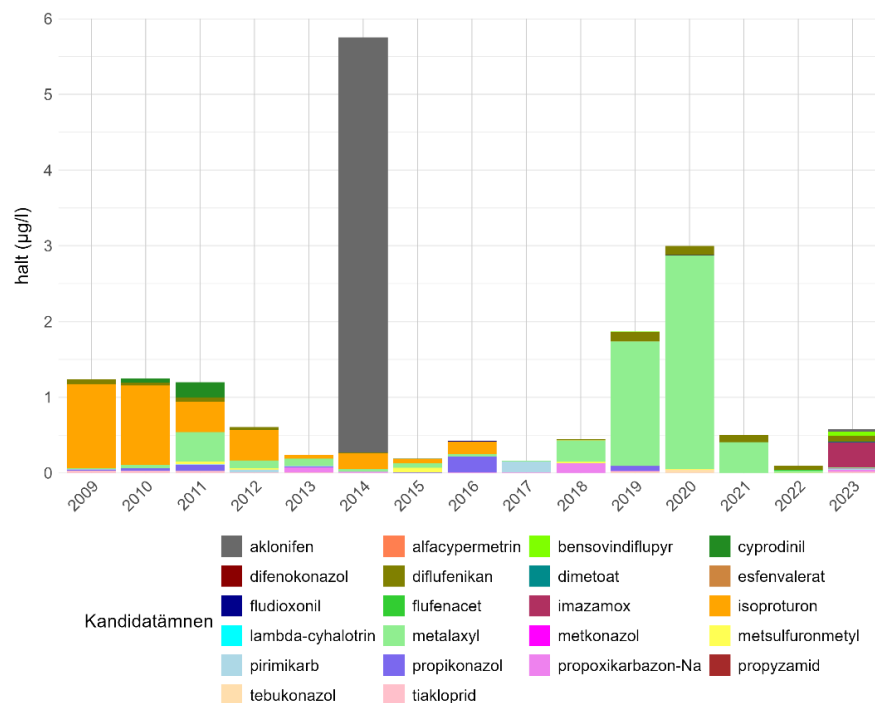
Figur B - 9. Summerade halter ($\mu\text{g/l}$) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde E-21 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.



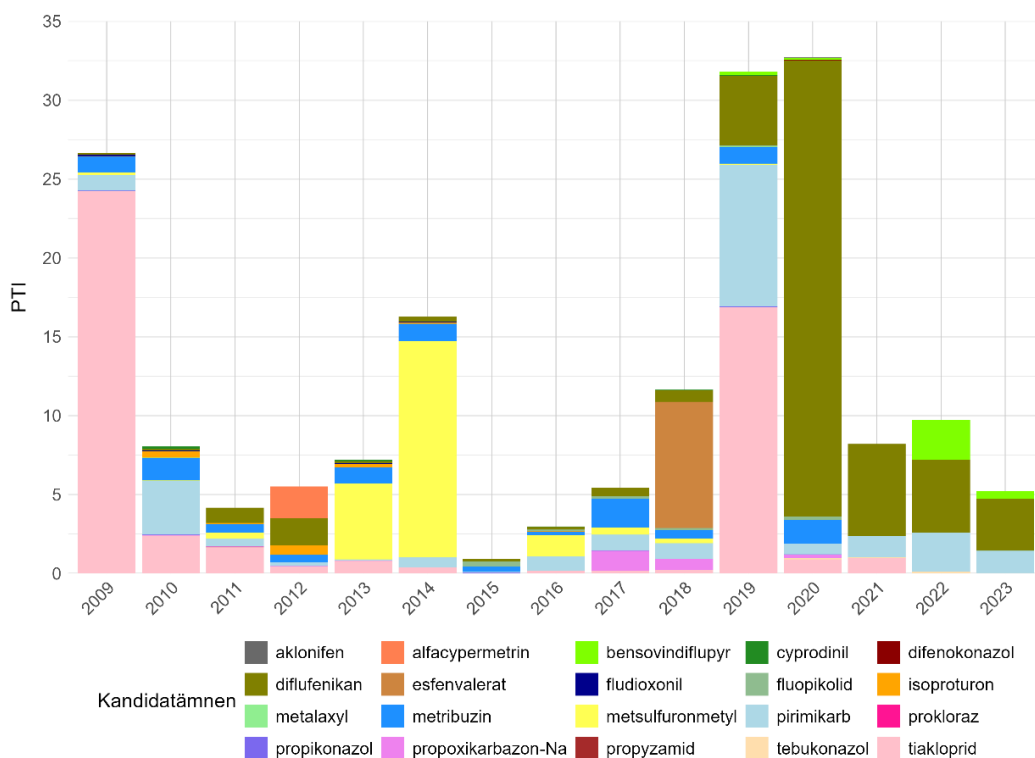
Figur B - 10. Summerade halter ($\mu\text{g/l}$) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde M-42 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.



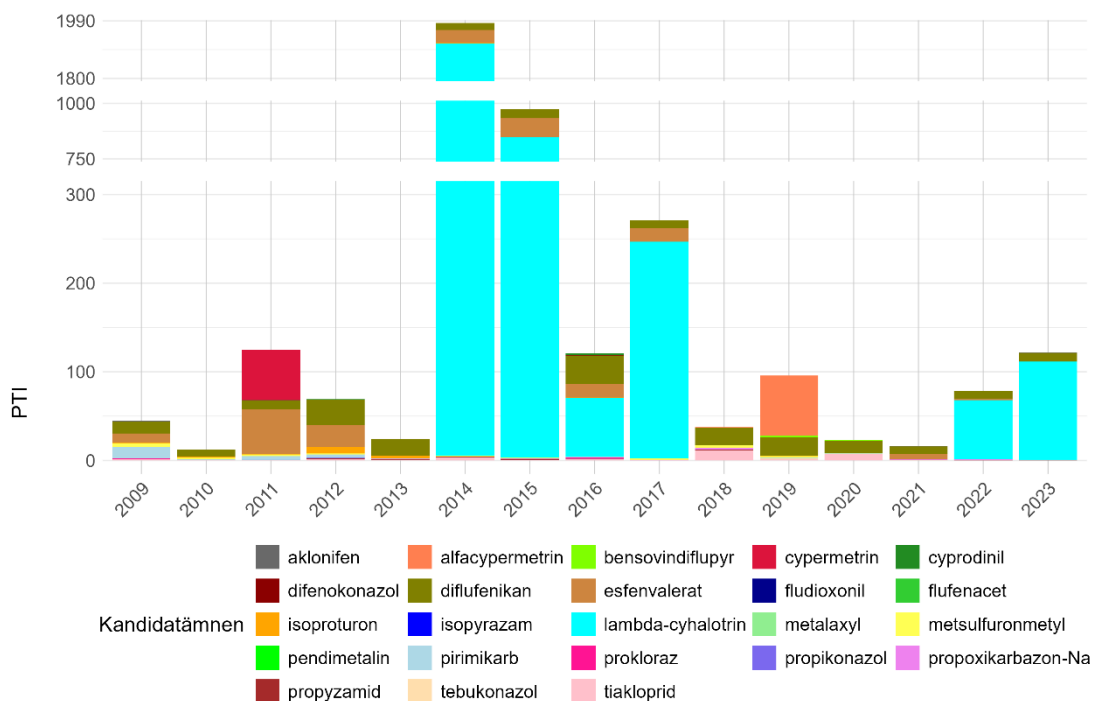
Figur B - 11. Summerade halter ($\mu\text{g/l}$) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde N-34 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.



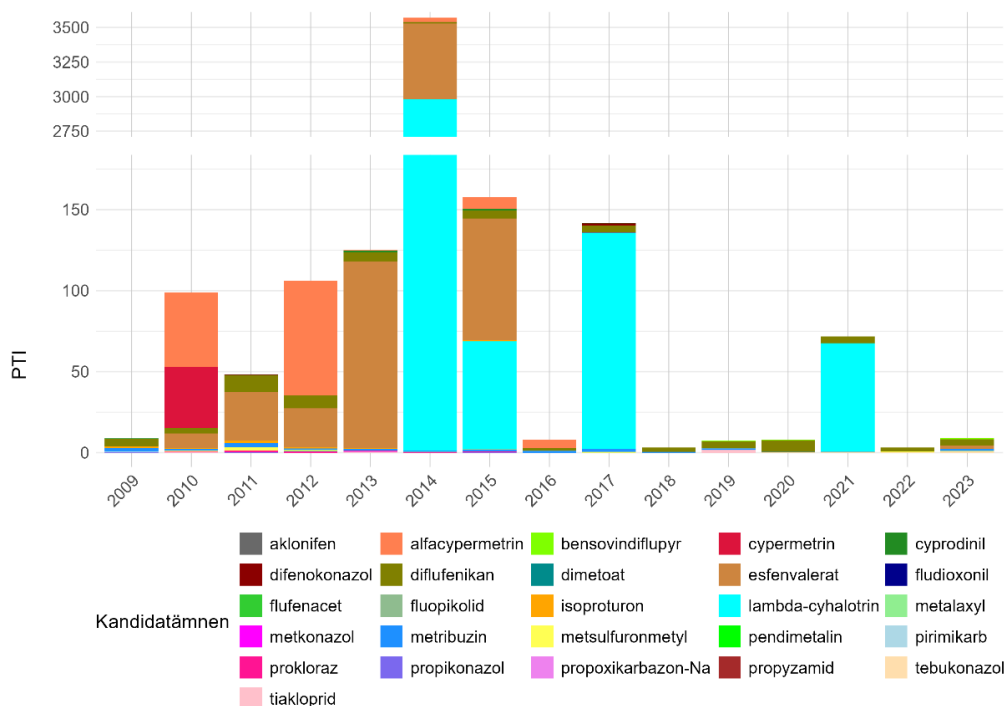
Figur B - 12. Summerade halter ($\mu\text{g/l}$) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde O-18 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.



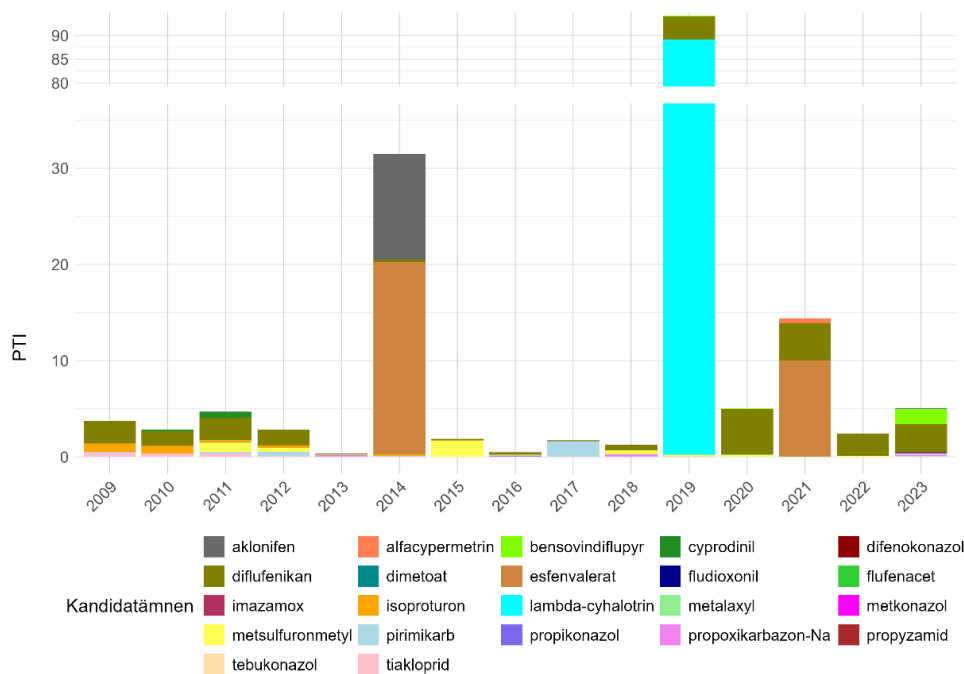
Figur B - 13. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde E-21 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys.



Figur B - 14. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde M-42 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. Notera brytningar i y-axeln.



Figur B - 15. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde N-34 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. Notera brytning i y-axeln.



Figur B - 16. Summerad toxicitet (PTI) av kandidatämnen uppmätta i ytvatten vid typområde O-18 mellan år 2009–2023. I lambda-cyhalotrin ingår även fynd av gamma-cyhalotrin då dessa inte kan särskiljas vid analys. Notera brytning i y-axeln.

Bilaga C

I uppsatsen har det statistiska Mann-Kendall testet applicerats på alla kandidatämnen som ej är kursiverade i **Bilaga A**. Dimetoat, isoproturon och pendimetalin förbjöds dock för användning innan 2015, men har trots det inkluderats i grupperingen ”förbjudna”. Därav visas här en jämförelse av det statistiska resultatet beroende på om dimetoat, isoproturon och pendimetalin är inkluderade eller ej. Den största skillnaden finns i resultatet för summahalter. Där är resultatet för alla ämnen ej längre statistiskt signifikant när de tre ämnena exkluderas. I resultatet för förbjudna ämnen ökar tau med 0,23 och p -värdet är högre, dock fortfarande signifikant, när de tre ämnena exkluderas.

Mann-Kendall test					
		Inkl. dimetoat, isoproturon och pendimetalin		Exkl. dimetoat, isoproturon och pendimetalin	
Data		tau	tvåsidigt p -värde*	tau	tvåsidigt p -värde*
Användardata, summahektar alla typområden	Alla	-0,51	0,01	-0,49	0,01
	Godkänd april 2025	0,07	0,77	0,07	0,77
	Förbjudna april 2025	-0,73	0,00017	-0,71	0,00025
Användardata, summakilo alla typområden	Alla	-0,64	0,0011	-0,62	0,0015
	Godkänd april 2025	-0,28	0,17	-0,28	0,17
	Förbjudna april 2025	-0,68	0,00053	-0,66	0,00077
Analysresultat, summahalter alla typområden	Alla	-0,66	0,00077	-0,37	0,06
	Godkänd april 2025	-0,14	0,49	-0,14	0,49
	Förbjudna april 2025	-0,79	0,00005	-0,56	0,004
Analysresultat, summa PTI alla typområden	Alla	-0,11	0,62	-0,12	0,55
	Godkänd april 2025	-0,31	0,11	-0,31	0,11
	Förbjudna april 2025	-0,01	1,00	-0,01	1,00

* Resultat i fetstil = p -värde < 0,05 (statistiskt signifikant)

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare *Bodil Lindström* och *Kajsa Weslien*. Tack för att jag fick möjligheten att skriva mitt kandidatarbete hos er och för all värdefull feedback och vägledning under arbetets gång.

Jag vill även rikta ett tack till mina kursare för dessa tre år – nu är vi klara!

Min syster *Amanda Lanner* förtjänar också ett tack för ovärderligt stöd och motivation när det har behövts.

Außerdem möchte ich meinem Verlobten *Felix Sorgenfrei* herzlich für all die Unterstützung danken – du bist der Beste.

Slutligen vill jag även rikta ett stort tack till mig själv – tack!

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Vanya Niskakoski har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.