Stockholms stad

Miljögiftsövervakning i Bällstaån och Ulvsundasjön 2018-2022

Utvärdering och behovsbeskrivning

Anders Bignert, mars 2024

Miljögiftsövervakning i Bällstaån och Ulvsundasjön 2018-2022
Utvärdering och behovsbeskrivning
Utgivningsdatum: mars 2024
Utgivare: Miljöförvaltningen, Stockholms stad
Omslagsfoto: Maya Miltell
Konsult: Anders Bignert

Sammanfattning

Bällstaån är ett av de större vattendragen i Stockholmsområdet. Ån rinner upp i Järfälla, fortsätter genom Stockholm och Sundbyberg och mynnar i Bällstaviken som är en del av Ulvsundasjön. Huvudfåran har en längd av ca 10,5 km. Det finns två större biflöden, Nälsta dike och Veddesta dike med en längd av ca 3 respektive 4 km.

Ulvsundasjön består av de tre vattenområden: Bällstaviken-Ulvsundasjön, Lillsjön och Karlbergskanalen–Klara Sjö. Bällstaviken-Ulvsundasjön är en vik av Mälaren med förbindelser dels genom sundet vid Traneberg och dels genom Karlbergskanalen. Det största djupet i Ulvsundasjön är drygt 15 m. Karlbergskanalen och Klara Sjö är ett kanalliknande vattenområde som ligger mellan Norrmalm, Vasastaden och Solna i norr och Kungsholmen i söder. Längden är 3 km och den största bredden 120 m. Lillsjön står via en kort kanal i fri förbindelse med Margretelundsviken som är en del av Ulvsundasjön

I den här rapporten har ämnesvisa beräkningar genomförts av

1) förhållandet mellan Bällstaån och Ulvsundasjön, sjön Judarn har även använts som jämförelseobjekt

2) förhållande till gränsvärden (koncentrationer som ska vara ofarliga även vid längre tidsexponering, meddelade i 19§ HVMFS 2016:25)

3) trender

Jämförelserna visar ***signifikant högre koncentrationer av alla undersökta ämnen*** som har analysresultat över kvantifieringsnivån ***i Bällstaån jämfört med Ulvsundasjön***. Detta tyder på lokal belastning av miljögifter till Bällstaån. Utspädning i den större recipienten, Ulvsundasjön gör att vattenkvaliteten med avseende på de undersökta ämnena är avsevärt bättre här.

Av tungmetallerna ligger koppar och zink ***signifikant över gränsvärdet i Bällstaån***, i Ulvsundasjön endast koppar.

Beträffande PAH-erna ligger benso(a)pyren signifikant över gränsvärdet både i Bällstaån och Ulvsundasjön. Övriga PAH-er ligger signifikant under gränsvärdet i Ulvsundasjön. I Bällstaån ligger antracen, benso(k)fluoranten, och fluoranten signifikant under gränsvärden, övriga PAH-er i närheten av gränsvärdet.

De PFAS-ämnen som analyserats ***ligger samtliga signifikant över gränsvärdet i Bällstaån***.

I ***Ulvsundasjön*** ligger PFNA, 6:2 FTS, PFDA signifikant under gränsvärdet. PFOS, PFOA, PFHxS, PFBS, PFHpA, PFHxA samt PFBA ***signifikant över gränsvärdet***.

Utvärderingen av förhållandena av de analyserade ämnena, förhållande mellan Bällstaån och Ulvsundasjön, förhållande till gällande eller tentativa gränsvärden samt tidstrender sammanfattas i Tabell 1 nedan. Med tentativa gränsvärden menas här ett förslag till provisoriska gränsvärden som stöder sig på låga värden från resten av Sverige eller andra gränsvärden (exv. dricksvatten) eller på befintliga gränsvärden för kemiskt närbesläktade ämnen. Dessa värden ska inte tolkas utifrån ett riskperspektiv men kan

ändå ge en uppfattning om skillnader och nivåer inom det undersökta området. Av tabell 1 framgår att situationen i Bällstaån är märkbart sämre jämfört med Ulvsundasjön (eller en referenssjö: Judarn). Flera PFAS-ämnen (PFDS, PFOSA, PFUnDA, 8:2FTUCA, PFDoDA) har analysresultat som till mer än 95 % ligger under kvantifieringsnivån, dessa har inte redovisats. Av de övriga visar dock flera signifikant minskande trender.

I tabell 2, sammanfattas hur väl det pågående programmet förmår att upptäcka förändringar. Ett mål att sträva efter som använts, både nationellt (Nyberg *et al.*) och internationellt (AMAP, ICES) är att kunna upptäcka en årlig förändring på 5 % (med 80 % styrka) vilket innebär en fördubbling (eller halvering på 14 år). I praktiken är detta mål ofta svårt att nå. Målet nås för flera tungmetaller och flera PFAS. Alla ämnen (utom PFPeA) klarar att upptäcka 10 % per år och mindre. Det får betraktas som acceptabelt.

Tabell 1. Sammanfattning av förhållandet mellan Bällstaån och Ulvsundasjön, uppmätta halter i förhållande till gränsvärden i Bällstaån, Ulvsundasjön respektive Judarn (referenssjö) samt trender i Bällstaån respektive Ulvsundasjön. Röd ruta = signifikant högre halter jämfört med gränsvärde respektive ökande trend, grön = signifikant lägre halter jämfört med gränsvärde respektive minskande trend. Ljusgrå ruta =mediankoncentrationer i närheten av gränsvärdet eller ej signifikant förändring. Mörkgrå ruta = att data saknas eller att över 95 % av resultaten ligger under kvantifieringsgränsen (LOQ/LOD). Kolumnen till höger visar de gränsvärden som använts (HVMFS 2019:25), gränsvärde för kemisk ytvattenstatus respektive gränsvärde för särskilda förorenande ämnen (SFÄ).

	Jämf Bällsta - Ulvsunda	Bällstaån		Ulvsundasjön		Judarn	MKN resp GV [a] µg/l
		Jämf gränsvärde	Trend	Jämf gränsvärde	Trend	Jämf gränsv.	
Bly							**1.2***
Kadmium							**0.08**
Krom							3.4
Nickel							4 *
Koppar							0.5 *
Zink							5.5 *
PAH-er							**ng/l**
Antracen							100
Benso(a)pyren							0.17
Benso(b)fluoranten							10
Benso(k)fluoranten							10
Benso(ghi)perylen							5
Fluoranten							6.3
Indeno(1,2,3-cd)pyren							2
PFAS-ämnen							**µg/l**
PFOS							0.65
PFOA							0.65
PFHxS							0.65
PFBS							0.65
PFHpA							0.65
PFHxA							0.65
PFDS							0.65
PFNA							0.65
6:2 FTS							0.65
PFOSA							0.65
PFDA							0.65
PFUnDA							0.65
PFBA							0.65
PFPeA							0.65

[a)] Om gränsvärde saknas i HVMFS 2019:25 har ett tentativt gränsvärde använts (blåskuggade).

* Gränsvärdena för bly, nickel, koppar och zink avser biotillgänglig halt.

Tabell 2. Visar 1) medianvärden för trender, procentuell förändring per år (-betyder sjunkande trender) osäkra värden eftersom trenderna kan variera stort mellan lokaler och ibland är tidsserierna korta (se detaljerad statistik nedan under resp. ämne). 2) Årspann, d.v.s. mellan vilka år provtagningen utfördes 3) YRQ(5 %), Antal år som förväntas krävas för att med 80 % statistisk styrka (power) kunna upptäcka en årlig förändring av 5 %. 4) LDT(d), den minsta årliga förändring som förväntas upptäckas med en statistisk styrka på 80 % under en 10-års period med samma provtagningsansträngning som tidigare 5) LDT(c) samma som LDT(d) fast inom den tid som övervakningen pågått istället för 10 år. Om övervakningen i det nu aktuella materialet är kort kan därför LDT(c) bli alltför högt. För att jämföra olika ämnen bör LDT(d) användas.

Ämne	Medianvärden Trend(%)	Årsspann	YRQ(5%)	LDT(d)	LDT(c)
Bly	1.86	2015-22	12.5	7.35	10.6
Kadmium	-15.0	2015-22	12.5	7.25	10.5
Krom	-0.008	2015-22	10.5	5.58	8.04
Nickel	4.93	2015-22	5.50	1.90	2.69
Koppar	0.950	2015-22	7.00	2.85	4.06
Zink	1.11	2015-22	11.0	5.53	7.94
Antracen	-14.7	2020-22	12	6.88	53.4
Benso(a)pyren	-29.5	2020-22	14.5	9.31	84.0
Benso(b)fluoranten	-25.6	2020-22	14	8.90	78.7
Benso(k)fluoranten	-35.1	2020-22	14	8.88	76.4
Benso(ghi)perylen	-33.0	2020-22	14	8.70	75.1
Fluoranten	-22.5	2020-22	13.5	8.07	69.2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	-21.3	2020-22	14.5	9.28	86.6
PFOS	-9.70	2015-21		5.40	14.2
PFOA	-6.73	2015-21		3.68	7.71
PFHxS	-13.6	2015-21	10.0	5.41	13.3
PFBS	-13.7	2015-21	10.0	5.40	13.1
PFHpA	-3.87	2015-21	9.0	4.47	11.3
PFHxA	-0.57	2015-21	9.0	4.54	10.1
PFDS					
PFNA	-5.33	2015-21	9.0	4.04	9.28
6:2 FTS	-1.93	2017-21	13.0	7.46	17.8
PFOSA					
PFDA	-21.5	2015-21	12	6.78	45.6
PFUnDA					
PFBA	1.32	2019-21	10.0	4.81	42.8
PFPeA	-34.9	2019-21	16.0	10.5	141

Innehåll

Sammanfattning **3**

Innehåll **7**

1. Bakgrund **9**

1.1 Lokaler och avrinningsområden 9

2. Lokaler och avrinningsområden **10**

2.1 Data 10

2.1.1 Analysresultat under kvantifieringsgränsen *10*

2.1.2 Lokaler - redovisning av resultat i kartor *11*

2.1.3 Lokaler - redovisning av resultat i boxplottar *12*

2.1.4 Tidsserier *12*

2.1.5 Tidsseriernas möjlighet att upptäcka reella förändringar *13*

2.1.6 Mjukvara *13*

3. Resultat **14**

3.1 Metaller 14

3.1.1 Bly (Prioämne) *14*

3.1.2 Kadmium (Prioämne) *19*

3.1.3 Krom (SFÄ) *25*

3.1.4 Nickel (Prioämne) *29*

3.1.5 Koppar (SFÄ) *33*

3.1.6 Zink (SFÄ) *38*

1.1. PAH 42

3.1.7 Antracen (Prioämne, PAH-M) *42*

3.1.8 Fluoranten (Prioämne, PAH-M) *45*

3.1.9 Benso(a)pyren (Prioämne) *47*

3.1.10 Benso(b)fluoranten (Prioämne, PAH-H) *50*

3.1.11 Benso(k)fluoranten (Prioämne, PAH-H) *52*

3.1.12 Benso(ghi)perylen (Prioämne, PAH-H) *54*

3.1.13 Indeno(1,2,3-cd)pyren (Prioämne, PAH-H) *55*

3.2 PFAS 58

3.2.1 PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) (PRIO) *58*

3.2.2 PFOA (Perfluoroktansyra) *63*

3.2.3 PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra) *66*

3.2.4 PFBS (Perfluorbutansulfonsyra) *70*

3.2.5 PFHpA (Perfluorheptansyra) *73*
3.2.6 PFHxA (Perfluorhexansyra) *75*
3.2.7 PFDS (Perfluordekansulfonsyra) *77*
3.2.8 PFNA (Perfluorononansyra) *78*
3.2.9 6:2 FTS (6:2 fluortelomersulfonsyra) *80*
3.2.10 PFOSA (perfluoroktansulfonamid) *81*
3.2.11 PFDA (perfluordekansyra) *81*
3.2.12 PFUnDA (perfluorundekansyra) *84*
3.2.13 PFBA (Perfluorbutansyra) *85*
3.2.14 PFPeA (perfluorpentansyra) *86*
4. Diskussion och slutsatser 87
5. Referenser 89

1. Bakgrund

1.1 Lokaler och avrinningsområden

Bällstaån är ett av de större vattendragen i Stockholmsområdet. Ån rinner upp i Järfälla, fortsätter genom Stockholm och Sundbyberg och mynnar i Bällstaviken som är en del av Ulvsundasjön. Huvudfåran har en längd av ca 10,5 km. Det finns två större biflöden, Nälsta dike och Veddesta dike med en längd av ca 3 respektive 4 km. Solna har ingen del av tillrinningsområdet men berörs av vattenkvaliteten i Bällstaån genom att ungefär hälften av Bällstaviken ingår i Solna kommun. Höjdskillnaderna är små inom avrinningsområdet och fallhöjden är endast ca 10 m. Det finns inga långa strömsträckor och bottnen utgörs i allmänhet av mjukt material. Korta sträckor med högre strömhastighet och grus- eller sandbotten finns strax nedströms Bergslagsvägen, vid in- och utloppet till tunneln under Spånga samt vid inloppet till Solvalla travbana, möjligen även vid Viksjöleden. Avrinningsområdet har en yta av 39 km2 enligt SMHI (vattenwebb.smhi.se), vars karteringar används även i VISS. Enligt Vattenprogram för Stockholm 2000 uppgår ytan till 36 km2. Skillnaden beror sannolikt på att SMHI inte tar hänsyn till avledning i de tekniska systemen. De dominerande jordarterna är glacial och postglacial lera med tillsammans ungefär 50 % av ytan samt morän med ungefär 25 %; berg i dagen upptar ca 12 %. Större delen av åbottnen utgörs av gyttja.

Den urbaniserade andelen av avrinningsområdet är mycket stor – industriområden, bostäder, vägar, parkeringsplatser mm utgör enligt SMHI:s kartering 92 %, jordbruksmark och skog vardera 4 %. Länsstyrelsen i Stockholm 3) har i sin beräkning av markanvändningen en större andel skog och övrig mark, 19 %, medan bebyggelse och industriområden utgör 52 % och ”öppen mark” 29 %. I VISS anges den urbaniserade andelen till 72 %, inklusive urbana grönområden 91 %. Bällstaån har en viktig funktion för avledningen av dagvatten och sträckan inom Stockholms kommun betraktas som en del av dagvattennätet. Stora mängder dagvatten kommer från Järfälla och, inom Stockholm, från Lunda, Kälvesta, Solhem, Tensta och Rinkeby. Långa sträckor är uträtade. Det finns ett antal kulverteringar både i huvudfåran och i Nälsta och Veddesta dike. En del av huvudfåran , 1,4 km, går genom tunnel under Spånga centrum. Flödet, i genomsnitt 7 Mm3/år (220 L/s), regleras vid utloppet från Solvalla enligt en vattendom från 1979. En viss reglering sker också i de dammar som i slutet av 1990-talet anlades vid Hjulsta och i Nälsta dike strax före sammanflödet med Bällstaån. Det finns ytterligare två dammar längre upp i Nälsta dike och en del av vattnet i Veddesta dike kommer från dammar på Viksjö golfbana. Det sker nu stora förändringar i åns närområde. Bostäder har byggts i Annedal mellan Solvalla och åns utlopp i Bällstaviken, i samband med detta har ån breddats och fördjupats. Bostäder planeras i Bromstens f.d. industriområde, även här kommer åns utseende att förändras. Utbyggnaden av bostadsområdet Barkarbystaden i Järfälla har påbörjats. Ån kommer att påverkas både av Förbifart Stockholm och av Mälarbanans kapacitetsökning med ytterligare ett spår.

Ulvsundasjön består av de tre vattenområden: Bällstaviken-Ulvsundasjön, Lillsjön och Karlbergskanalen-Klara Sjö. Bällstaviken-Ulvsundasjön är en vik av Mälaren med förbindelser dels genom sundet vid Traneberg och dels genom Karlbergskanalen. Det

största djupet i Ulvsundasjön är drygt 15 m. Det största tillflödet kommer från Bällstaån, i övrigt huvudsakligen från bebyggda områden i Solna och Sundbyberg. Hela Bromma flygplats ingår i tillrinningsområdet. Karlbergskanalen och Klara Sjö är ett kanalliknande vattenområde som ligger mellan Norrmalm, Vasastaden och Solna i norr och Kungsholmen i söder. Det sträcker sig från Ulvsundasjön till Riddarfjärden och omfattar Karlbergskanalen, Karlbergssjön, Barnhusviken och Klara Sjö. Längden är 3 km och den största bredden 120 m. Vattendjupet är litet, i allmänhet 3-4 meter. Vattenomsättningen är troligen liten på grund av trånga förbindelser mot både Ulvsundasjön och Riddarfjärden. Lillsjön ligger i ett mindre parkområde strax söder om Bromma flygplats och omges av bebyggelse, trafikleder, koloniområden och mindre industrier. Större, definierade tillflöden saknas, två dagvattenledningar mynnar i den västra delen av sjön. Lillsjön står via en kort kanal i fri förbindelse med Margretelundsviken som är en del av Ulvsundasjön.

2. Lokaler och avrinningsområden

2.1 Data

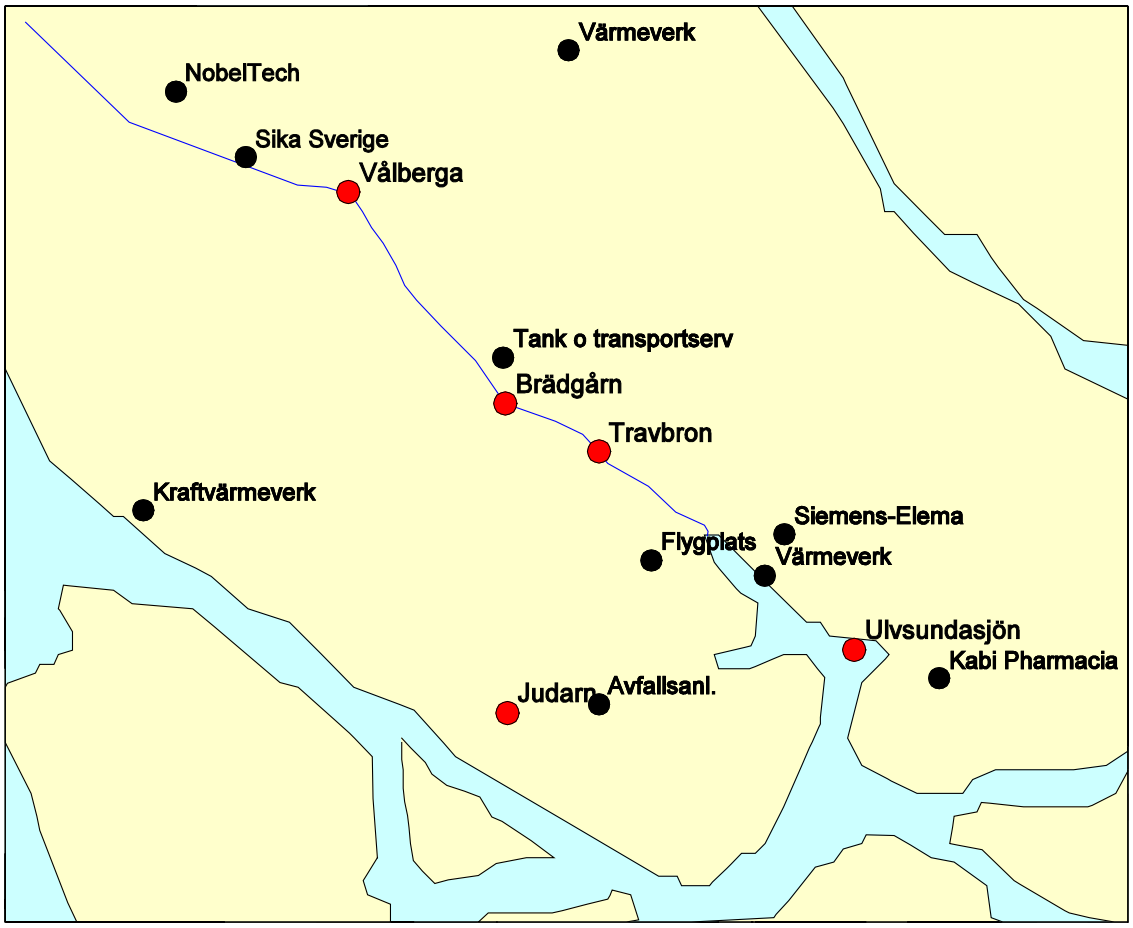
I tabell 2 framgår vilka ämnen som ingår i utvärderingen samt mellan vilka år ytvattenprov (både filtrerade och ofiltrerade) har analyserats avseende dessa ämnen. Årsspannet varierar mellan olika ämnesgrupper, metallerna har analyserats mellan 2015-2022, PAHerna endast mellan 2020-2022 och PFAS-ämnena mellan 2015-2021 (som mest). I tabell 2 (och i kartorna under respektive ämne) anges det maximala årsspannet, årsspannet varierar dock mellan lokaler. Under tidsserier för respektive ämne ges ett spann för varje lokal i de fall där tidsserier har varit meningsfulla att redovisa.

PFAS-ämnen har även analyserats i abborre (muskel och lever) från Ulvsundasjön mellan 2015-2022. Många PFAS-ämnen har inte analyserats alla år eller har inga analysresultat över LOQ och är därför för närvarande inte meningsfulla att tolka. Undantagen är muskelprov analyserade för PFOS, PFUnDA och PFDA.

Analysresultat under kvantifieringsgränsen

För många prioriterade ämnen (PRIO) och särskilda förorenade ämnen (SFÄ) hamnar en del av de tillgängliga analysresultaten under en koncentration som med säkerhet kan kvantifieras (LOQ) eller detekteras (LOD). Är analys¬metoden god är detta ett tecken på låga koncentra¬tioner. Det är mycket viktigt att resultat under LOQ (Level of Quantification) inte sorteras bort. Det finns många förslag på hur värden under LOQ kan ersättas (Helsel, 2005). Oftast är inte materialet tillräckligt stort för att använda avancerade metoder. I den här rapporten har dessa värden ersatts med LOQ/√2 (Loftis et al., 1989). Det kan med simuleringar visas att denna metod i allmänhet ger något mer tillförlitliga resultat jämfört att dela LOQ med 2. Ibland ligger kvantifieringsgränsen över de använda gränsvärdena (se nedan) vilket gör att vi inte kan veta om de uppmätta värdena ligger över eller under gränsvärdet. Andelen sådana analysresultat redovisas i kartorna.

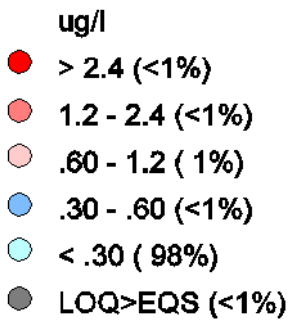
Lokaler - redovisning av resultat i kartor



Figur 1.Provtagningslokaler med röda prickar och några potentiellt miljöstörande anläggningar med svarta prickar, förutom dessa finns även tre skrotfirmor, vägtrafik mm.

Mätdata redovisas i kartor med färgade cirklar för olika nivåer av medelvärden.

Nivåerna utgår i de flesta fall från miljökvalitetsnormerna (MKN) samt gränsvärden för särskilda förorenande ämnen enligt vattendirektivet (HVMFS 2019:25), dvs. gränsvärden som inte får överskridas som årsmedelvärde i inlandsytvatten (sjöar och vattendrag). Om gränsvärdena (GV) överskrids finns risk för negativa effekter för akvatiska populationer eller människors hälsa. Värden från 0 till halva GV visas som ljusblå cirklar, värden från halva GV till GV som djupblå. Värden mellan GV och 2*EQS som ljusrosa, värden mellan 2*GV och 4*GV som rosa och värden över 4*GV som klarröda. I exemplet är GV=0.60 µg/l. Andelen tillgängliga analysresultat anges i procent inom parentes efter koncentrationsintervallet. Grå cirklar indikerar att LOQ (den lägsta koncentration som den aktuella analysmetoden kan kvantifiera) är högre än GV. Detta gäller i några få fall för några PFAS ämnen där resultaten alltså inte visar om halten överskrider GV eller inte.



Utanför den inre cirkeln som representerar medelvärdet är en yttre cirkel ritad som representerar ett 95 %-igt konfidensintervall, dvs om man tagit ett nytt prov på samma sätt som det tidigare så kan man med 95 % sannolikhet förvänta sig att det nya provet hamnar i intervallet som representeras av den yttre cirkeln.

I kartorna finns också uppgifter om de år provtagning ägt rum, hur många prov som ingår i analysen, hur stor andel av analysresultaten som hamnade under LOQ (lägsta kvantifieringsnivån).

Lokaler - redovisning av resultat i boxplottar

Mediankoncentrationerna redovisas som boxplottar (låddiagram, box-and-whisker diagram). Boxarna täcker området mellan den 25:e och den 75:e percentilen, den mittersta hälften av materialet (IQR), morrhåren (whiskers) sträcker sig 1.5 x IQR från botten respektive toppen av boxen (Tukey, 1977). Vidden på boxarna blir större när antalet individuella analysresultat ökar. Värden utanför dessa är ritade som röda cirklar.

För att kunna uttala sig om observerade skillnader mellan lokaler är statistiskt signifikanta har icke-parametriska tester använts. Denna typ av tester påverkas inte av enskilda extremvärden vilket är en fördel eftersom extremvärden förekommer i det datamaterial som hanteras här. Analysen inleds med en Kruskal-Wallis test som testar om någon av lokalerna skiljer sig signifikant från de övriga. Sedan testas alla lokaler mot varandra med Mann-Whitneys U test , för att undersöka om det finns signifikanta skillnader mellan mediankoncentr¬tionerna på de olika lokalerna, (här används Bonferroni-justerade alfa-nivåer för att inte öka sannolikheten för Typ I-fel genom upprepade tester). Lokaler som är signifikant skilda från varandra har ett vågrät streck mellan sig och på mitten av strecket finns ett antal stjärnor: *=$p<0.05$, **=$p<0.01$, ***=$p<0.001$. Dessa tester kan eventuellt visa om halterna i Bällstaån är signifikant högre än i Ulvsundasjön och att man därför kan misstänka en lokal belastning till Bällstaån.

För att undersöka om mediankoncentrationerna är signifikant skilda från gränsvärdet (MKN/GV) har ett tvåsidigt "one-sample sign-test" utförts. Om resultatet blev signifikant, ritas röda stjärnor ut till höger en bit upp för respektive lokal. Stjärnorna representerar samma p-nivåer som ovan.

Området mellan noll och gränsvärdet är färgat ljusblått, boxplottar från Bällstaån är ljusgröna, från Ulvsundasjön mörkgröna och eventuellt andra referenslokaler grå.

Tidsserier

Eventuella trender har undersökts för lokaler som har haft resultat från minst fyra år samt minst åtta analysresultat totalt av det aktuella ämnet där fler än 50 % av analysresultaten ligger över LOQ. År-månad-dag räknas om till decimala år. Om prov tagits under olika månader under ett år kommer de sålunda hamna på olika ställen utefter X-axeln.

Trendanalysen bygger på enkel regression (Ordinary least squares, OLS) på logaritmerade koncentrationer. För att utröna om det föreligger en risk att extremvärden

i ändarna på tidsserien utövar en oacceptabel hävstångseffekt har även en icke-parametrisk test (Mann-Kendal trend-test) utförts.

I tabellform samlas uppgifter om: antal analysresultat, minskande eller ökande årlig förändring (%), 95 % konfidensintervall för denna förändring, p-värde för en eventuell trend, samt den uppskattade koncentrationen för det senaste året.

Om de uppmätta koncentrationerna ligger över ett givet gränsvärde och visar en minskande trend beräknas också det årtal som medelvärdet förväntas ligga på gränsvärdet. För att få en tydligare uppfattning om vad en årlig procentuell förändring innebär redovisas i nedanstående tabell ungefärliga halverings- eller fördubblings-tider för några olika årliga procentuella förändringar. Vid en ökande trend på 5% per år har man 14 år på sig innan koncentrationerna kan förväntas ha blivit dubbelt så höga, vid 10% per år har man endast 7år.

Tabell 3. Ungefärliga halverings- eller fördubblings-tider för några olika årliga procentuella årliga förändringar.

Årlig förändring(%)	1	2	3	5	7	10	15	20
Halveringstid vid minskande trend (År)	69	35	23	14	10	7	6	3
Dubbleringstid vid ökande trend (År)	70	35	24	14	10	7	6	4

Tidsseriernas möjlighet att upptäcka reella förändringar

I utvärderingen av övervakningen av miljögifter har också den potentiella styrkan i serierna beräknats med hjälp av styrkeberäkningar (power analysis). Detta görs för att undersöka möjligheten att med det pågående programmets upplägg upptäcka förändringar, exempelvis ökade utsläpp eller förändringar efter förbud eller åtgärder för att begränsa utsläpp. I de beräkningar som gjorts har en förändringstakt på 5% per år använts som mål, det motsvarar en fördubbling på 14 år.

I detta syfte har YRQ antal år som krävs för att upptäcka en trend på 5% per år (med 80% styrka), LDT(d) minsta trend som kan förväntas upptäckas på respektive lokal under en provtagningsperiod av 10 år (med 80% styrka), LDT(c) samma sak fast med det antal år som faktiskt provtagits i området, beräknats (Nicholson & Fryer, 1991). Vad som är ett rimligt mål måste ställas i förhållande till syftet. I flera internationella utvärderingar har YRQ=10 år och LDT=5-10% per år ansetts som rimliga mål. För mer information om hur dessa beräkningar fungerar hänvisas till Cohen, 1988; Bignert et al., 2004 och Ellis, 2010.

Mjukvara

Kartritning och statistiska beräkningar har gjorts m h a programpaketet Pia (Bignert, 2013).

3. Resultat

3.1 Metaller

Metallerna kan uppträda som lösta i vatten, men också bundna i organiska komplex och partiklar. De lösta metallerna är mer mobila och mest tillgängliga för organismer, vilket gör att de anses vara mest toxiska. Metallerna här är analyserade både i ofiltrerade (tot) och i filtrerade vattenprov (löst). Gränsvärdena gäller lösta metaller (filtrerade prov).

Data finns från Vålberga i Bällstaån (längst upp i nordväst) men bara från 2021, Travbron i Bällstaån (2015-2021) samt Ulvsundasjön (2016-2021)

Bly (Prioämne)

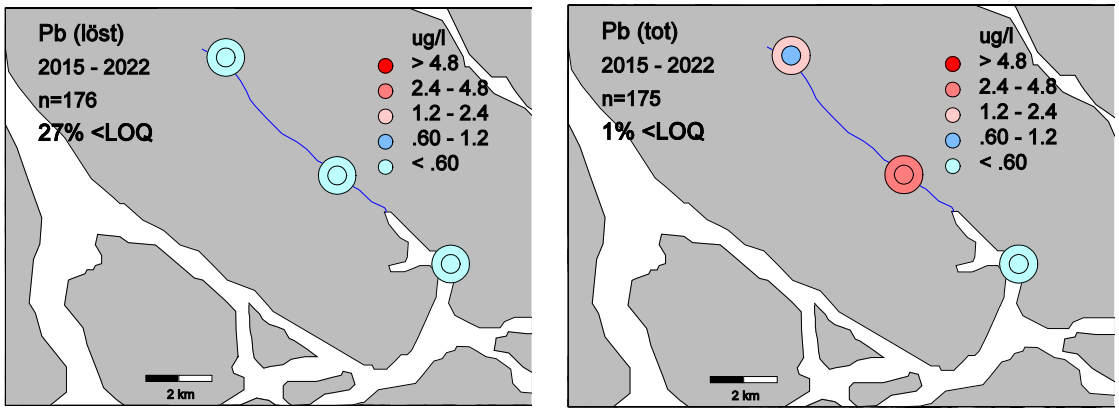
Det största, enskilda användningsområdet för bly (Pb) är bilbatterier och andra ackumulatorer. Andra använd¬nings¬områden är elektronik, ammunition, fiskesänken, vikter, kabelmantling, metallegeringar, tillsatser i plast, färg och rostskydd. Möjliga spridningsvägar för bly är bl.a. från bilbatterier, via läckage från sop¬tippar, avfallsförbränning, utsläpp från värmeverk och industrier till luft, mark och vatten.

Blyhalter i bensin bidrog tidigare väsentligt till den diffusa spridningen av bly i miljön men har reglerats i lagstiftningen sedan 1970, ursprungligen genom maxhalter, men 1 mars 1995 förbjöds bly i all motorbensin (SPI, 2006).

Rekommenderad matris för analys av bly enligt vattendirektivet är vatten. Därutöver krävs trendövervakning i biota och/eller sediment. Bly är utpekat som indikatorämne i HVMFS 2012:18 (biota). Bly ingår som core indicator (krav) inom HELCOM CORESET samt är common indicator i OSPAR (biota och sediment). Belastningen av bly till havet ingår i OSPAR:s Common Indicator (D8 water- and airborne inputs).

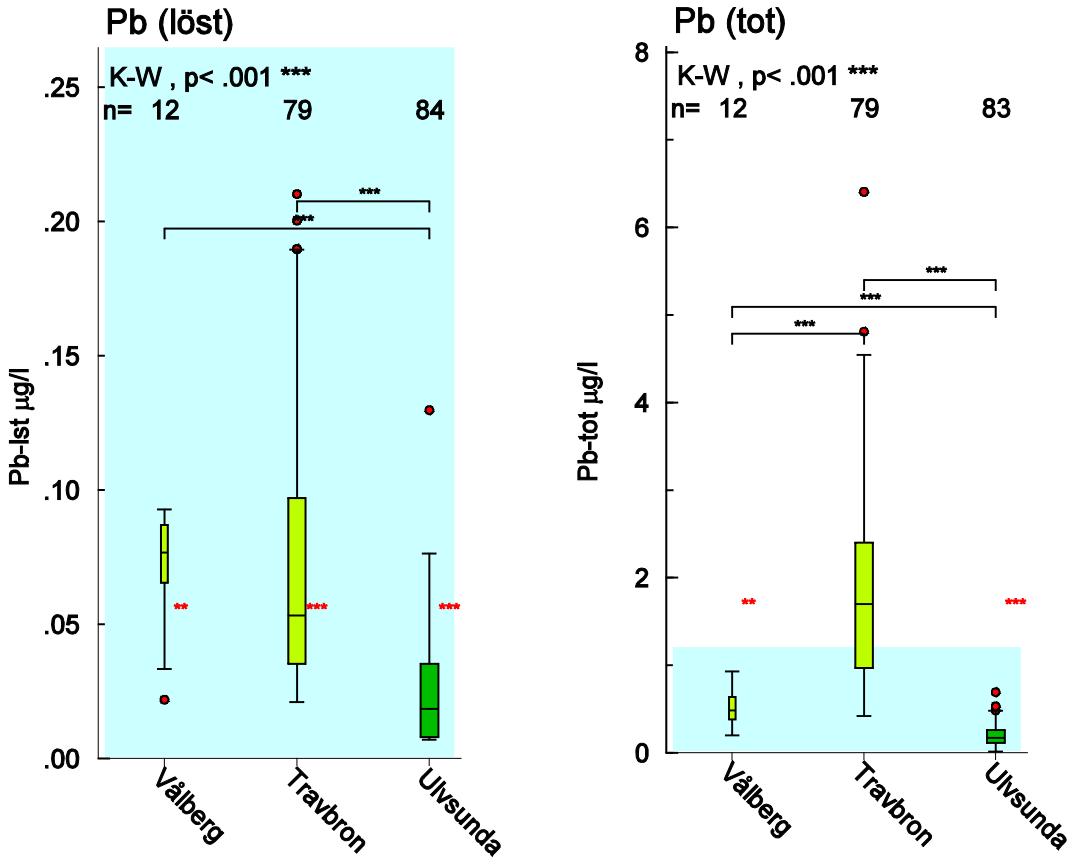
Inom Bällstaåns avrinningsområde finns 3 skrotar nära ån varifrån bly kan spridas.

Gränsvärde: 1.2 µg/l (AA-MKN, inlandsytvatten), 1.3 µg/l (andra ytvatten) (biotillgänglig halt) avser filtrerat prov.



Figur 2. Medelvärdet för bly (Pb) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.

Bly i ofiltrerat vatten överstiger gränsvärdet i Bällstaån, men löst, mer biotillgängligt och giftigt bly underskrider halva gränsvärdet både i Bällstaån och Ulvsundasjön.



Figur 3. Medianhalten för bly (Pb) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.

Mediankoncentrationen i filtrerade prover från både Vålberga ($p<0.01$) och Travbron ($p<0.001$) är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön. Halten i de ofiltrerade proven från Travbron är signifikant högre än i både de färre proven från Vålberga och

de från Ulvsundasjön. Halterna i Ulvsundasjön är signifikant lägre än i både Vålberga och Travbron ($p<0.001$).

Alla lokaler ligger signifikant under gränsvärdet utom ofiltrerade proverna från Travbron.

3.1.1.1 Bly, tidsserier

I datamaterialet är det endast på två lokaler som det går att undersöka om man kan hitta förändringar över tid, Travbron i Bällstaån och Ulvsundasjön, från Vålberga finns endast data från ett år, 2021.

Bly i ofiltrerade prov ökar signifikant över tid i Bällstaån, vid Travbron och medelvärdet ligger sedan 2015 över gränsvärdet på 1.2 µg/l (för löst bly).

För filtrerade prov ligger mätresultaten betydligt under gränsvärdet, och visar ingen trend. Likaså ligger blykoncentrationerna i Ulvsundasjön under halva gränsvärdet och visar ingen trend.

De uppskattade blykoncentrationerna i filtrerade prov från provtagningar 2020/21 ligger under gränsvärdet men är i genomsnitt 4.5 ggr högre i Bällstaån jämfört med Ulvsundasjön (över 14 ggr högre om ofiltrerade prover jämförs) vilket tyder på lokal belastning i Bällstaån.

Tidsseriernas förmåga att upptäcka trender (statistiskt styrka, power) får sägas vara nära acceptabel. Det krävs 12-13 år av övervakning, med samma provtagningsintensitet för att med en statistisk styrka på 80 % (80 % chans att upptäcka en reell förändring) för att upptäcka en årlig förändring av 5%. Ett mål skulle kunna vara 10 år.

Den årliga trend som man med det här materialet kan upptäcka (med 80 % power) under en 10-årsperiod är drygt 7 % per år. Ett mål skulle kunna vara att kunna upptäcka en förändring av 5 % per år.

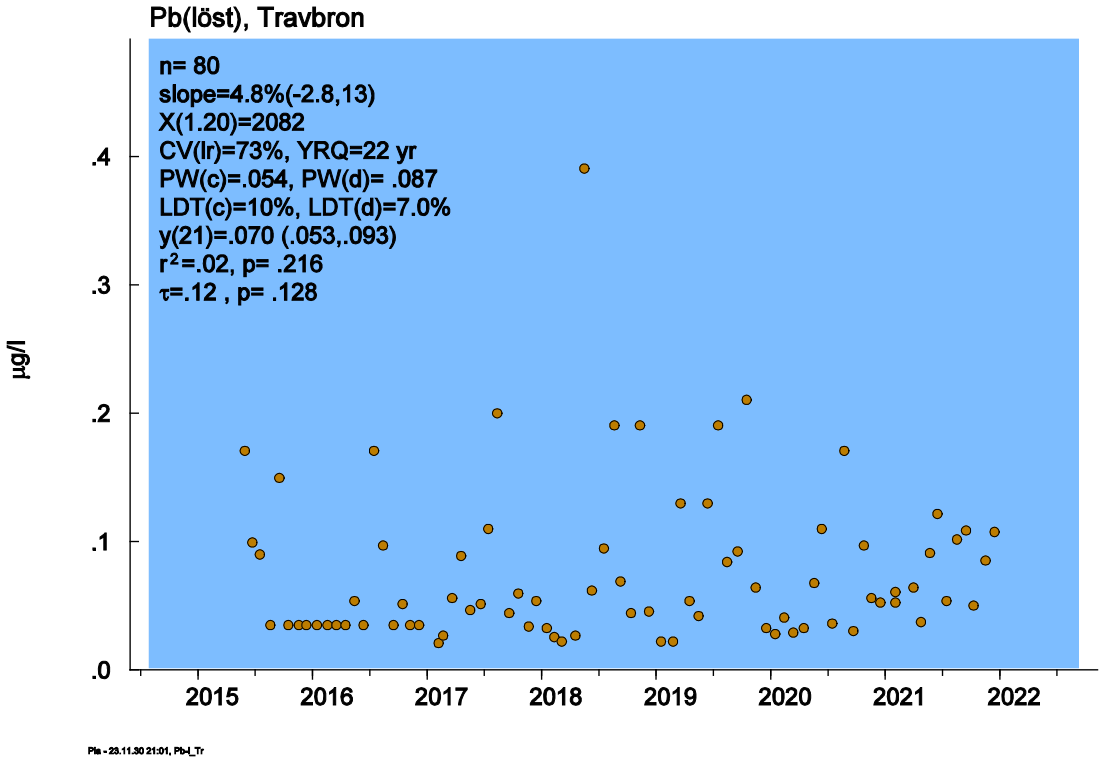
Ett extremvärde (>50 ug/l) finns i tidsserien, andra metaller i de ofiltrerade proven visar också förhöjda värden. Dessa resultat kan bero på partiklar med för¬höjda koncentrationer i det speciella provet. Extremvärden sänker den statistiska styrkan och försämrar förmågan att upptäcka trender.

Mätresultaten från ofiltrerade prov vid Travbron uppvisar något som skulle kunna vara en systematisk säsongsvariation. En mer ingående statistisk analys skulle kunna ta hänsyn till detta och därigenom öka styrkan.

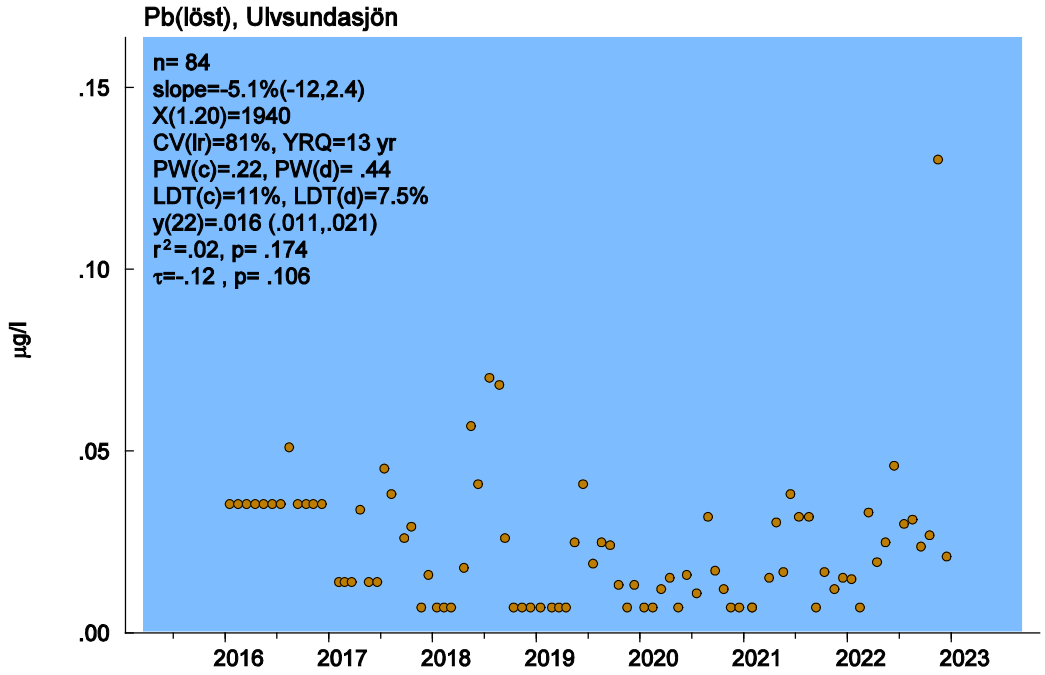
Sju år med totalt mellan 80-84 analysresultat finns tillgängliga. Med den uppmätta spridningen kan man förväntas upptäcka en reell trend på mellan 10-11 % per år med de data som finns tillgängliga (LDT(c)). Om övervakningen får fortsätta med samma provtagningsansträngning tills vi har 10 år med data bör vi kunna upptäcka en förändring på 7-8% per år (LDT(d)) (tabell4). För att kunna upptäcka en signifikant trend på 5% per år krävs mellan 12 och 13 år (YRQ). Allt beräknat på en statistisk styrka på 80%. Vi ser att endast ofiltrerade prov från Travbron ligger över det använda gränsvärdet (1.2 µg/l filtrerat prov) för det senaste året (2021).

Tabell 4. Tidsserier bly.

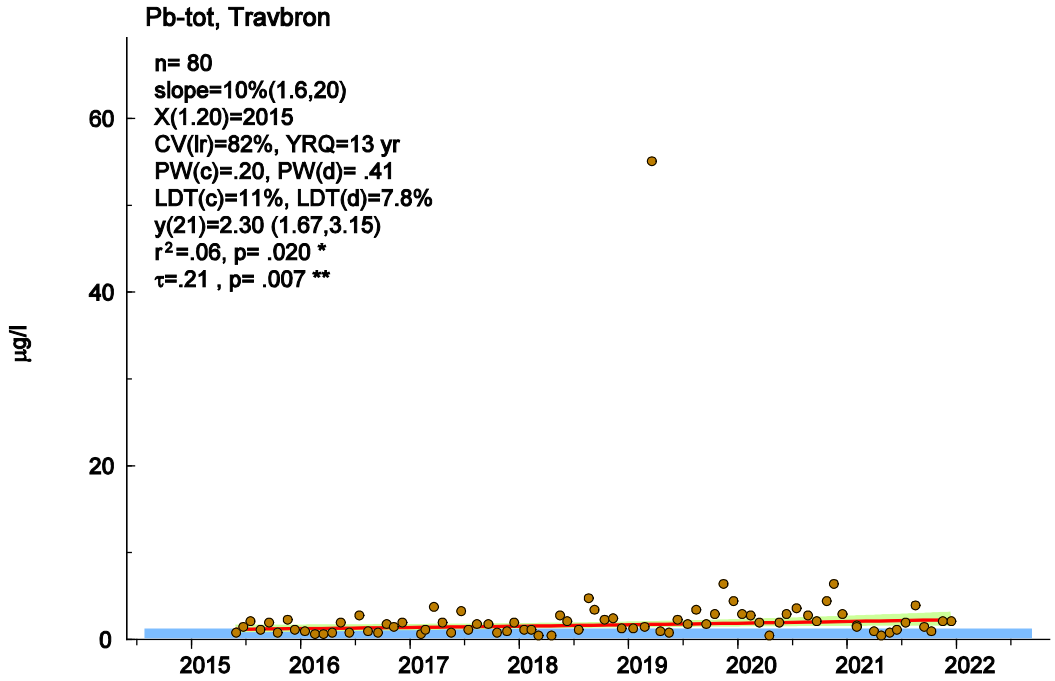
Lokal	N	Årsspann	Trend (%)	P(lr)		YR Q	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Trav (tot)	80	15-21> 7	10.4	0.020	+	13	7.76	11.2	2.30	0.0072	++
Ulv(tot)	83	16-22> 7	-1.12	0.76		12	7.22	10.4	0.156	0.29	
Trav(lst)	80	15-21> 7	4.83	0.22		12	6.99	10.1	0.070	0.13	
Ulv (lst)	84	16-22> 7	-5.13	0.17		13	7.49	10.8	0.016	0.11	
Median			**1.86**			**12.5**	**7.35**	**10.6**			



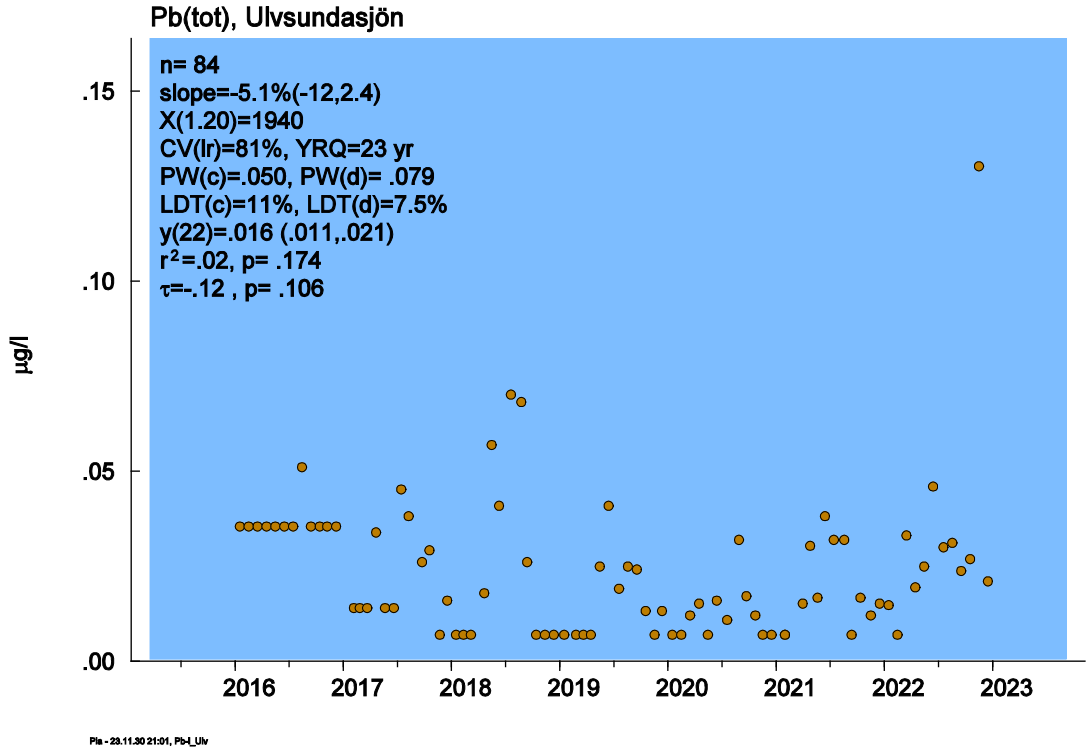
Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet. Ingen tidstrend.



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet. Ingen tidstrend.



Analysresultaten ligger både under och över gränsvärdet och visar en signifikant ökande trend över tid. Halterna visar också något som liknar en säsongsvariation, som skulle kunna undersökas närmare. Ett extremvärde under 2019 gör att regressionsanalysen (p=0.02) försvagas jämfört med den icke-parametriska trendtesten (p=0.007)



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet. Ingen tidstrend.

Kadmium (Prioämne)

Kadmium (Cd) används främst i batterier. Andra användningsområden är bl.a. korrosionsskydd vid ytbehandling, färgämne, pigment. Kadmium kan även förekomma som förorening i importerade textilier och handelsgödsel. Kadmium sprids också via luft vid förbränningsprocesser. Kadmium har varit förbjudet vid galvanisering och som termisk stabilisator sedan 1982 och sedan 1987 har batterier innehållande kadmium belagts med en avgift. 1993 kom dessutom en restriktion på användandet av kadmium i gödsel (max 100 g/ton fosfor).

Rekommenderad matris för analys av kadmium enligt vattendirektivet är vatten och det finns krav på trendövervakning. Kadmium är föreslagen som core indicator (krav) HELCOM CORESET (biota eller sediment) och common indicator av OSPAR (biota, sediment). Belastning av kadmium till havet ingår i OSPAR:s Common Indicator (D8

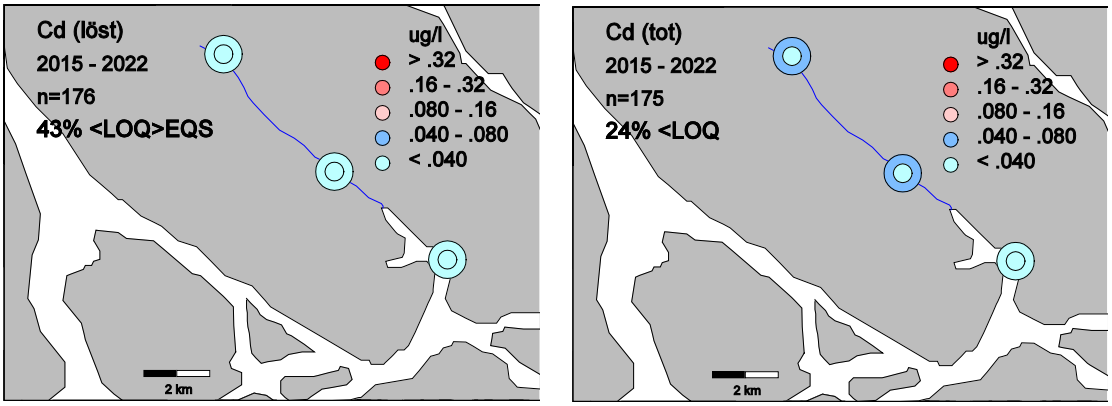
water- and airborne inputs). Enligt vattendirektivet finns krav på trendövervakning i sediment och biota.

Gränsvärden, ytvatten:
För kadmium och dess föreningar varierar gränsvärdet beroende på vattnets hårdhetsklass i filtrerat prov

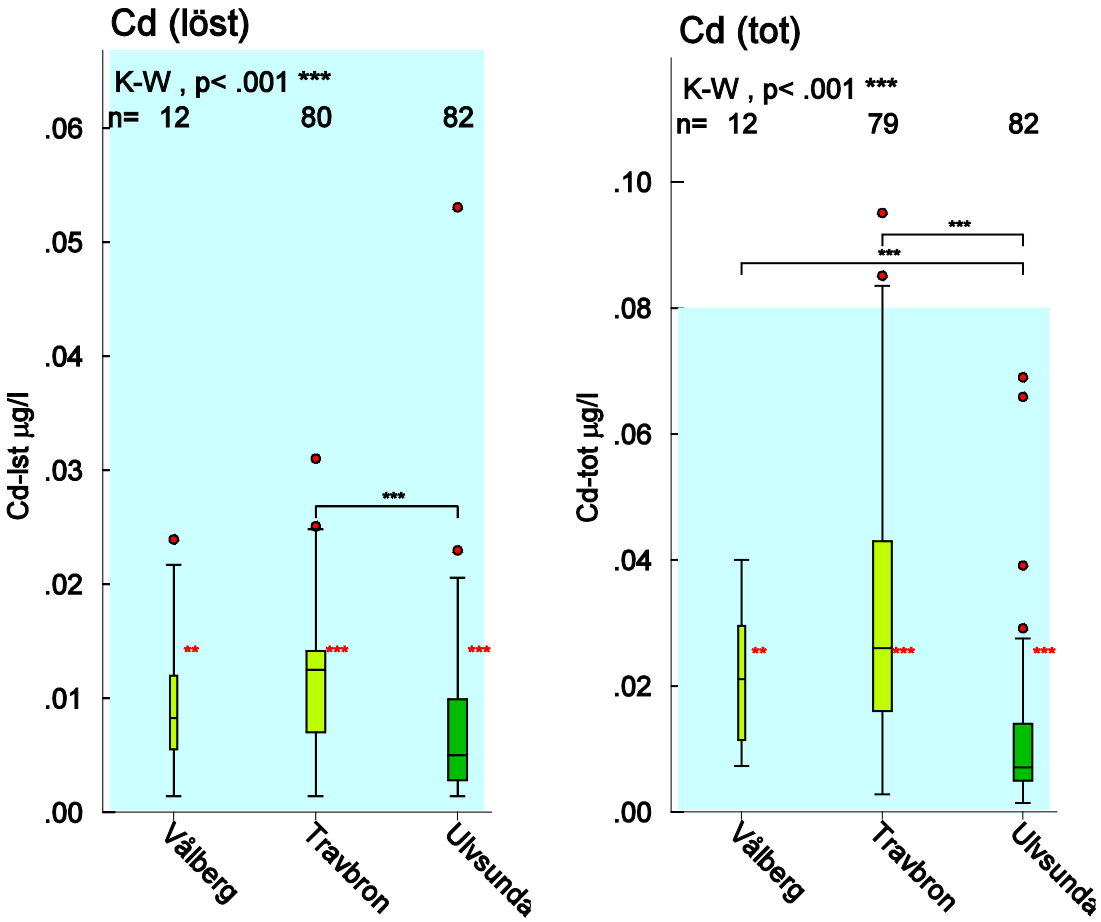
≤ 0.08	klass 1: < 40 mg CaCO3/l,
0.08	klass 2: 40 till < 50 mg CaCO3/l,
0.09	klass 3: 50 till < 100 mg CaCO3/l,
0.15	klass 4: 100 till < 200 mg CaCO3/l
0.25	klass 5: ≥200 mg CaCO3/l

Vid Travbron i Bällstaån visar kalciumkoncentrationerna en signifikant ökande trend mellan 50 och 65 mg/l vilket innebär att gränsvärde klass 3 ska tillämpas. Även i Ulvsundasjön stiger koncentrationerna signifikant men ligger betydligt lägre, mellan 20 och 25 mg/l, vilket innebär att gränsvärde klass 1 ska tillämpas.

Gränsvärde: 0.09 µg/l i Bällstaån och 0.08 µg/l i Ulvsundasjön



Figur 4. Medelvärdet för kadmium (Cd) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.



Figur 5. Medianhalten för kadmium (Cd) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.

Mediankoncentrationen i filtrerade prover från Travbron är signifikant högre ($p<0.001$) än i prov från Ulvsundasjön. För de ofiltrerade proven är både de färre proven från Vålberga och de från Travbron i Bällstaån signifikant högre jämfört med prov från Ulvsundasjön. Mediankoncentrationerna för alla prov ligger signifikant under gränsvärdet.

3.1.1.2 Kadmium, tidsserier

Kadmium i ofiltrerade prov minskar signifikant över tid i Bällstaån, vid Travbron och medelvärdet ligger under gränsvärdet på 0.09 respektive 008 µg/l (för löst kadmium).

I filtrerade prov från Travbron ökar dock koncentrationerna men ligger fortfarande under gränsvärdet (för filtrerade prov).

De uppskattade kadmiumkoncentrationerna i filtrerade prov från provtagningar 2020/21 ligger under gränsvärdet men är i genomsnitt nästan 3 ggr högre i Bällstaån jämfört med

Ulvsundasjön (över 11 ggr högre om ofiltrerade prover jämförs) vilket tyder på lokal belastning i Bällstaån.

Tidsseriernas förmåga att upptäcka trender (statistiskt styrka, power) får sägas vara nära acceptabel. Man kan räkna ut att det krävs 12-13 år av övervakning, med samma provtagningsintensitet för att med en statistisk styrka på 80 % (80 % chans att upptäcka en reell förändring) för att upptäcka en årlig förändring av 5%. Ett mål skulle kunna vara 10 år.

Den årliga trend som man med det här materialet kan upptäcka (med 80 % power) under en 10-årsperiod är drygt 7 % / år. Ett mål skulle kunna vara att kunna upptäcka en förändring av 5 % / år.

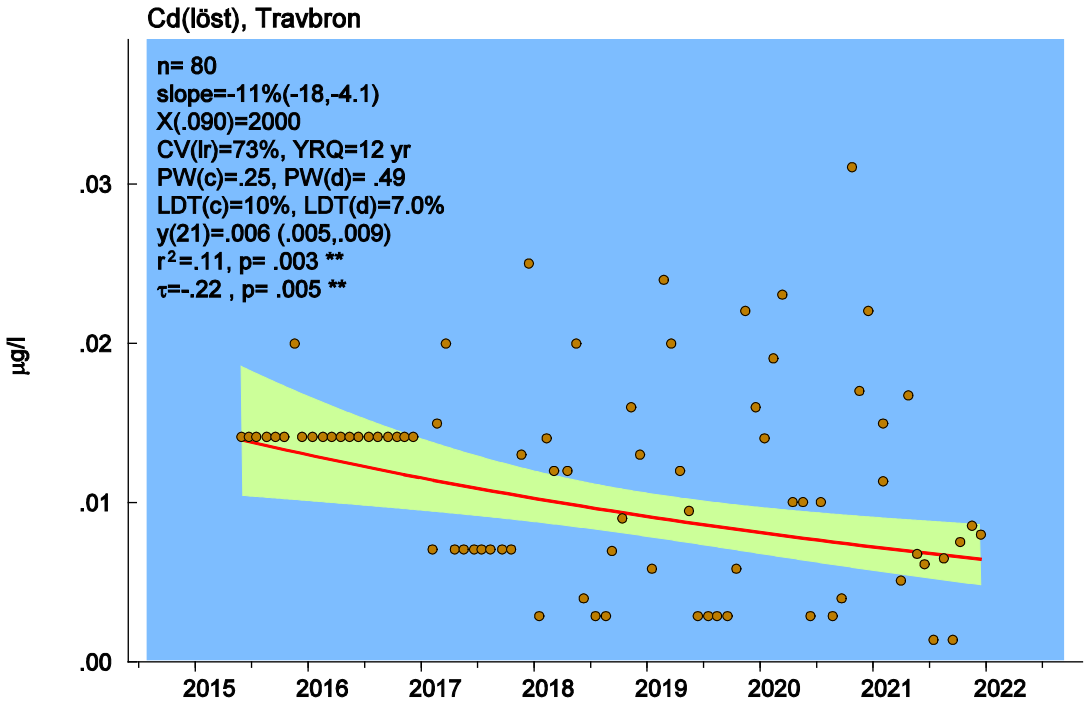
Ett extremvärde (>50 ug/l) finns i tidsserien, andra metaller i de ofiltrerade proven visar också förhöjda värden. Dessa resultat kan bero på partiklar med förhöjda koncentrationer i det speciella provet. Ett annat extremvärde upptäcktes även från ett filtrerat prov i Ulvsundasjön. Extremvärden sänker den statistiska styrkan och försämrar förmågan att upptäcka trender.

Även mätresultaten för kadmium från ofiltrerade prov vid Travbron uppvisar något som skulle kunna vara en systematisk säsongsvariation. En mer ingående statistisk analys skulle kanske kunna ta hänsyn till detta och därigenom öka styrkan.

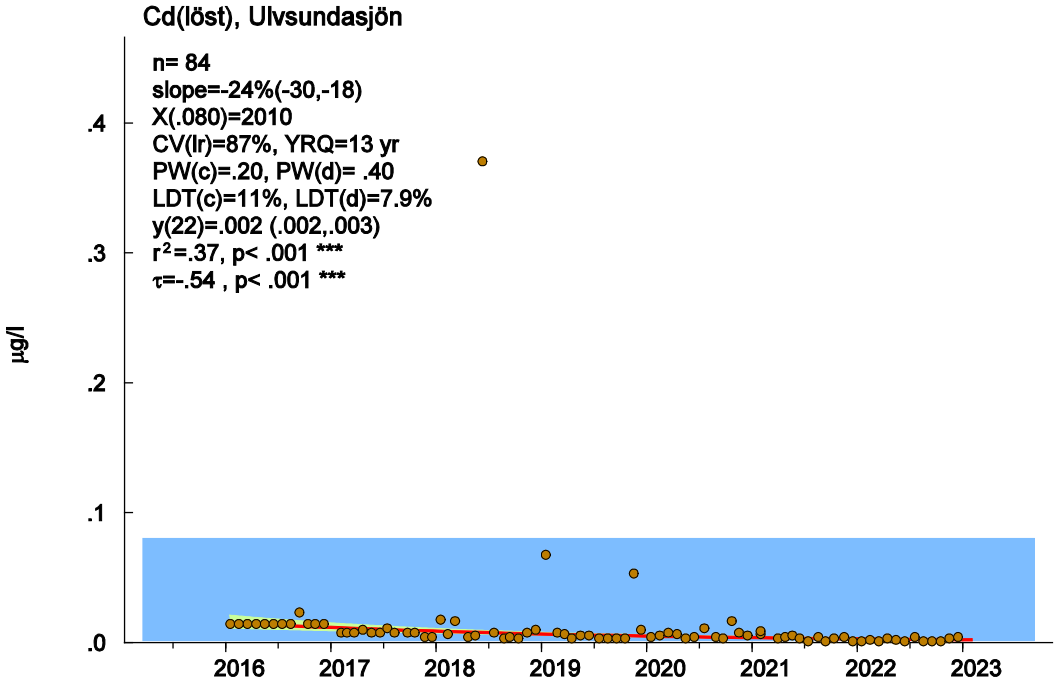
Sju år av med totalt mellan 80-84 analysresultat finns tillgängliga. Med den uppmätta spridningen kan man förväntas upptäcka en reell trend på mellan 10-11 % per år med de data som finns tillgängliga (LDT(c)) (tabell 5). Om övervakningen får fortsätta med samma provtagningsansträngning tills vi har 10 år med data bör vi kunna upptäcka en förändring på 6.7-8% per år (LDT(d)). För att kunna upptäcka en signifikant trend på 5% per år krävs mellan 12 och 13 år (YRQ). Allt beräknat på en statistisk styrka på 80%.

Tabell 5. Tidsserier kadmium.

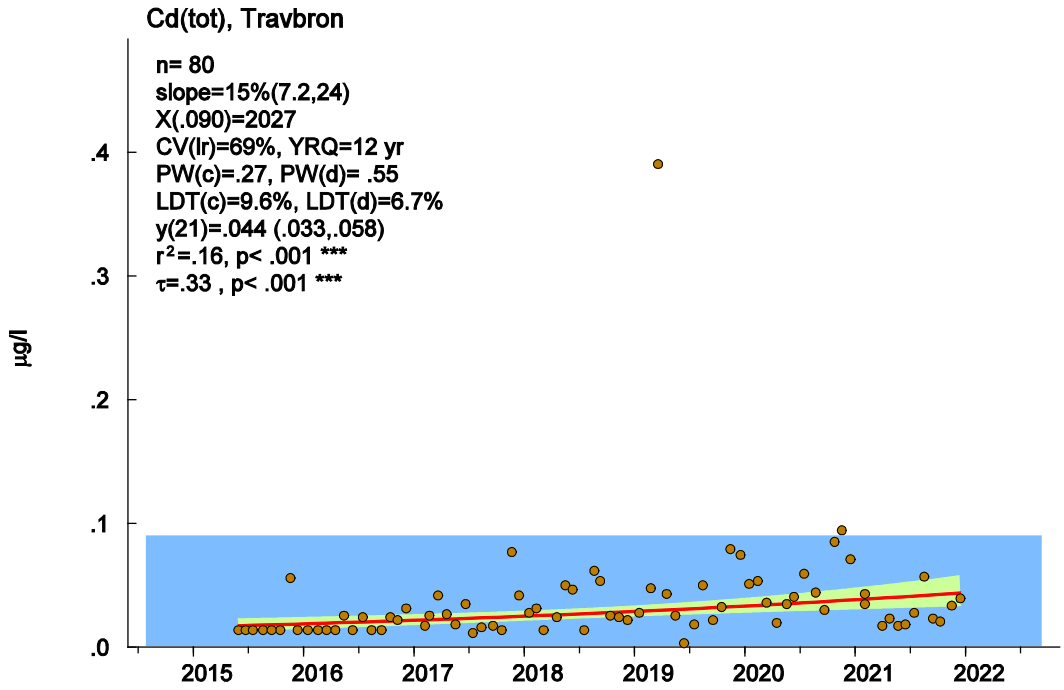
Lokal	N	Årsspann	Trend (%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Trav(tot)	80	15-21> 7	15.1	<0.001	+++	12	6.65	9.59	0.044	<0.001	+++
Ulv(tot)	83	16-22> 7	-18.9	<0.001	---	13	7.47	10.8	0.0039	<0.001	---
Trav(lst)	80	15-21> 7	-11.1	0.0028	--	12	7.04	10.2	0.0064	0.0048	--
Ulv(lst)	84	16-22> 7	-24.4	<0.001	---	13	7.90	11.4	0.0022	<0.001	---
			-15.0			**12.5**	**7.25**	**10.5**			



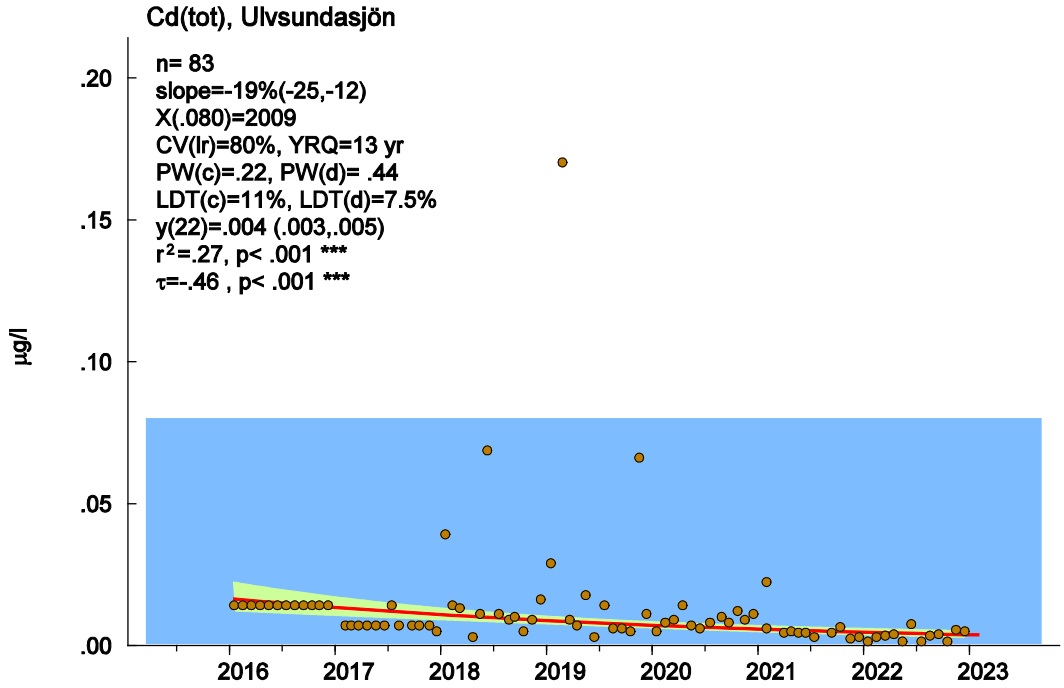
Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar en signifikant minskande trend.



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar en signifikant minskande trend med i genomsnitt 24% per år.



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet men uppvisar en signifikant ökande trend på i genomsnitt 15% per år.



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar en signifikant minskande trend.

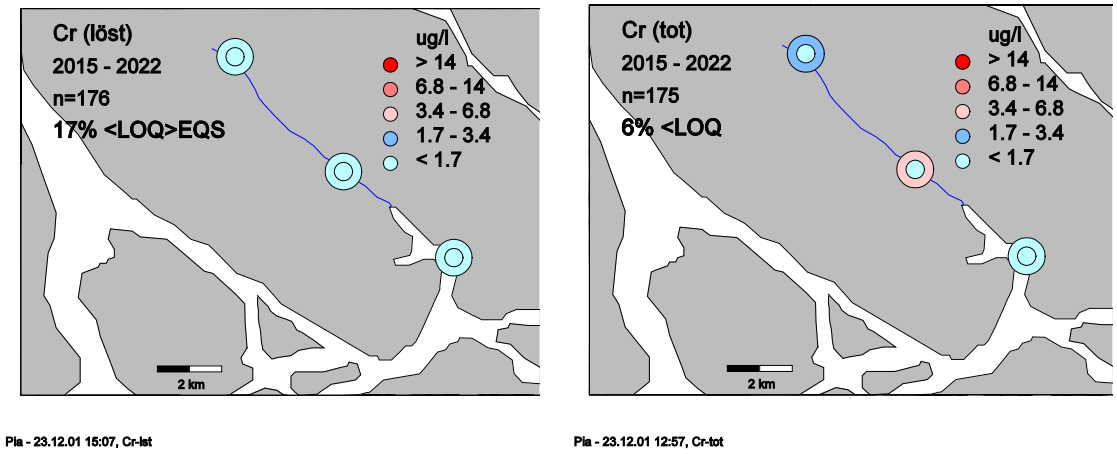
Krom (SFÄ)

Krom (Cr) är ett nödvändigt mikronäringsämne för människor och djur, olika former av krom är dock olika toxiskt, den mest betydande typen är sexvärt krom som kan ge upphov till cancer, mutationer eller reproduktionsstörningar. Sexvärt krom kan också påverka huden och luftvägarna och orsaka problem som eksem, sårbildning och näsirritation.

Krom används främst inom metall- och läderindustrin. Det används bland annat till rostfritt stål, pigment och färger samt för att garva djurhudar.

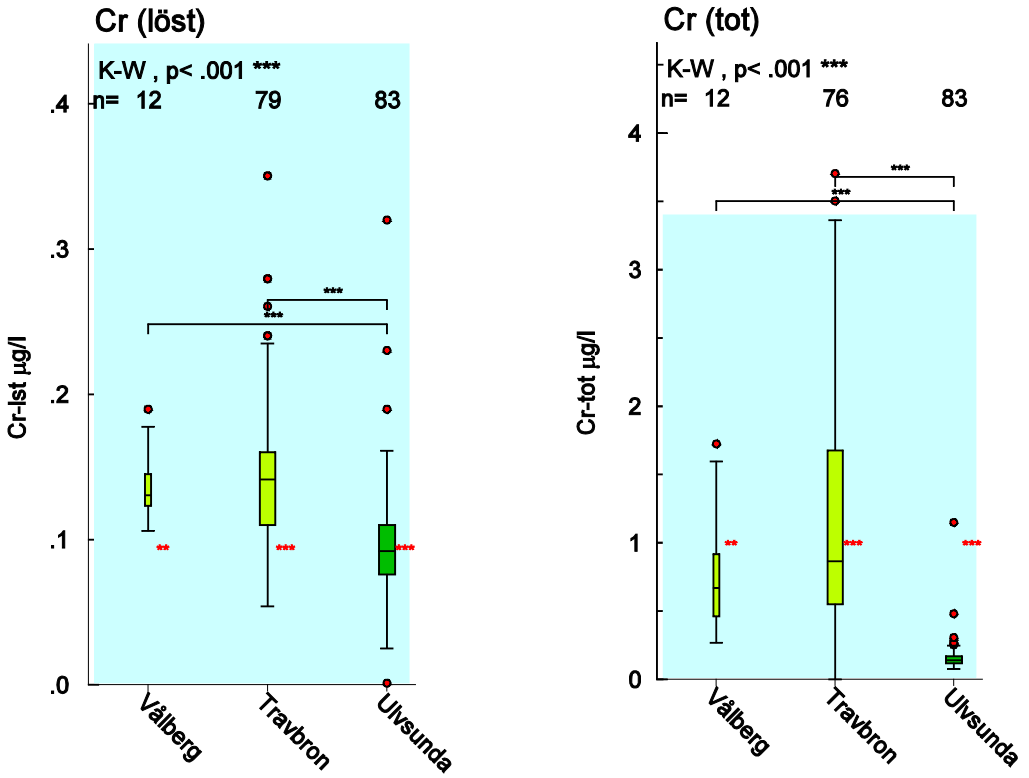
Metaller hamnar t ex på återvinningsanläggningar/skrotar som det finns flera av längs med Bällstaån. Vidare är bidraget av föroreningar från trafik stort genom tillförsel via dagvatten.

Ytvatten, gränsvärden: 3.4 µg/l (AA-MKN) i filtrerat prov.



Figur 6. Medelvärdet för krom (Cr) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.

För de filtrerade proven ligger alla analysresultat under halva gränsvärdet.



Figur 7. Medianhalten för krom (Cr) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.

Mediankoncentrationen i filtrerade prover från Vålberga och Travbron är signifikant högre ($p<0.001$) än i prov från Ulvsundasjön. Det samma gäller för de ofiltrerade proven. I stort sett samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet.

Mediankoncentrationerna för alla prov ligger signifikant under gränsvärdet.

3.1.1.3 Krom, tidsserier

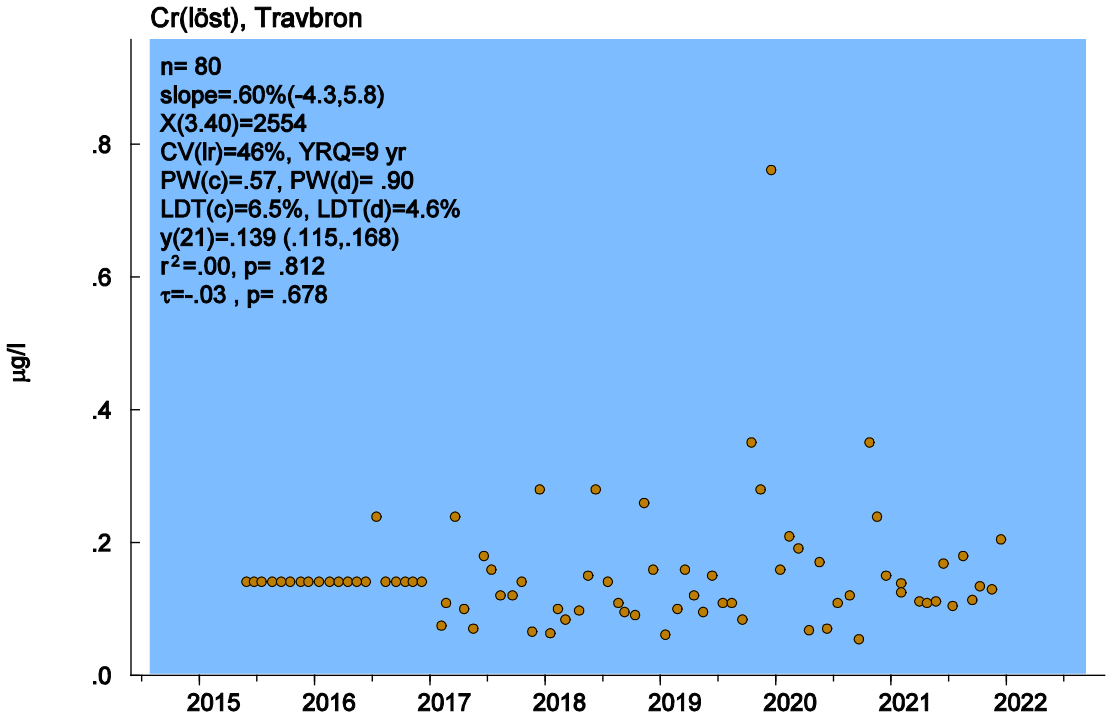
Endast de ofiltrearde proven från Travbron visar en signifikant trend. Koncentrationerna ökar och om detta fortsätter i samma takt så kommer de att överskrida gränsvärdet på 3.4 µg/l någon gång efter 2025.

Sju år av med totalt mellan 80-84 analysresultat finns tillgängliga. Med den uppmätta spridningen kan man förväntas upptäcka en reell trend på mellan 6-10 och upp till 26 % per år med de data som finns tillgängliga (LDT(c)), dvs. mycket stor skillnad mellan lokalerna (tabell 6). Den lokal som sticker ut är Travbanan, ofiltrerade prov, som har flera prov med avvikande höga koncentrationer (och där koncentrationerna ökar signifikant över tid).

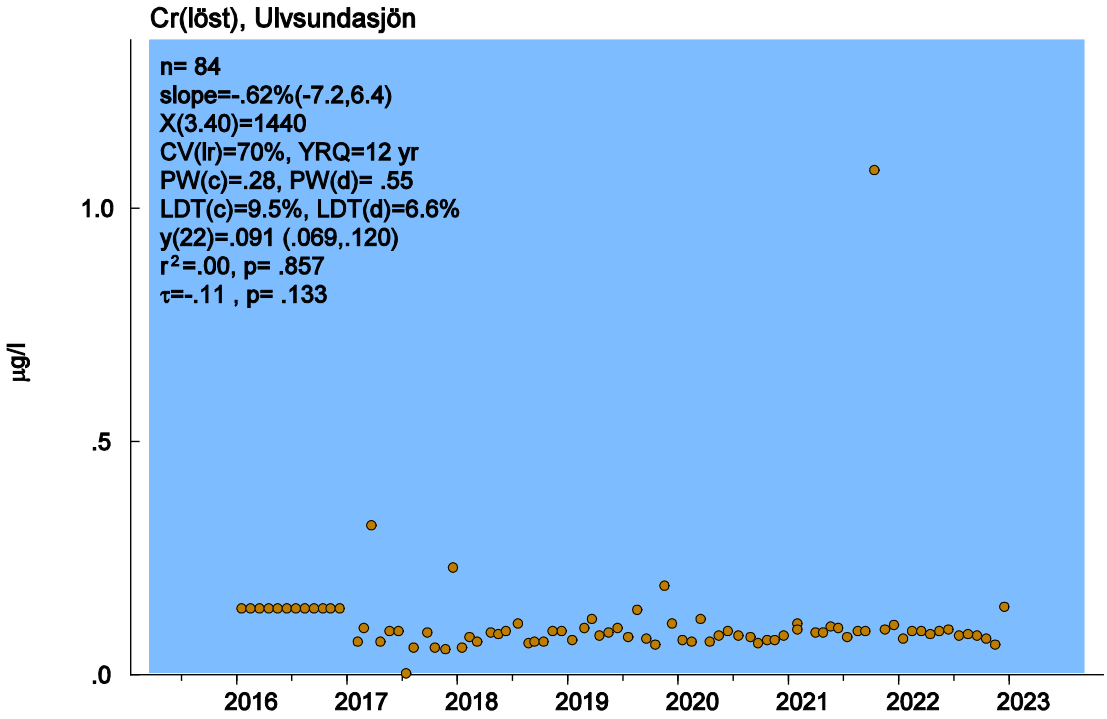
Tabell 6. Tabell tidsserier, krom

Lokal	N	Årsspann	Trend (%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Trav(lst	80	15-21> 7	0.603	0.812		9	4.55	6.52	0.139	0.68	
Ulv(lst)	84	16-22> 7	-0.618	0.857		12	6.61	9.55	0.091	0.13	
Trav(tot)	80	15-21> 7	25.03	0.010	+	21	17.2	25.8	1.757	0.0023	++
Ulv(tot)	83	16-22> 7	-0.625	0.774		9	4.10	5.86	0.144	0.030	-
Median			**-0.008**			**10.5**	**5.58**	**8.04**	**0.142**		

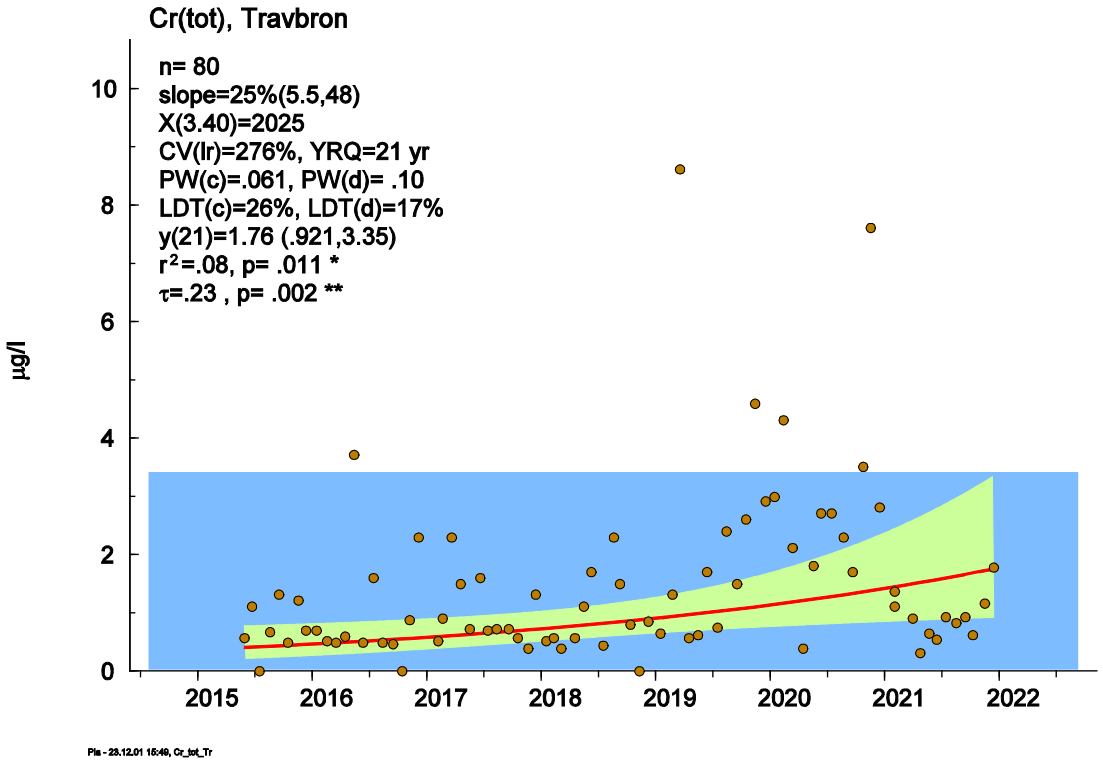
Om övervakningen får fortsätta med samma provtagningsansträngning tills vi har 10 år med data bör vi kunna upptäcka en förändring på 4-7 och upp till 17% per år (LDT(d)). För att kunna upptäcka en signifikant trend på 5% per år krävs mellan 9 och 12 upp till 21 år(YRQ). Allt beräknat på en statistisk styrka på 80%.



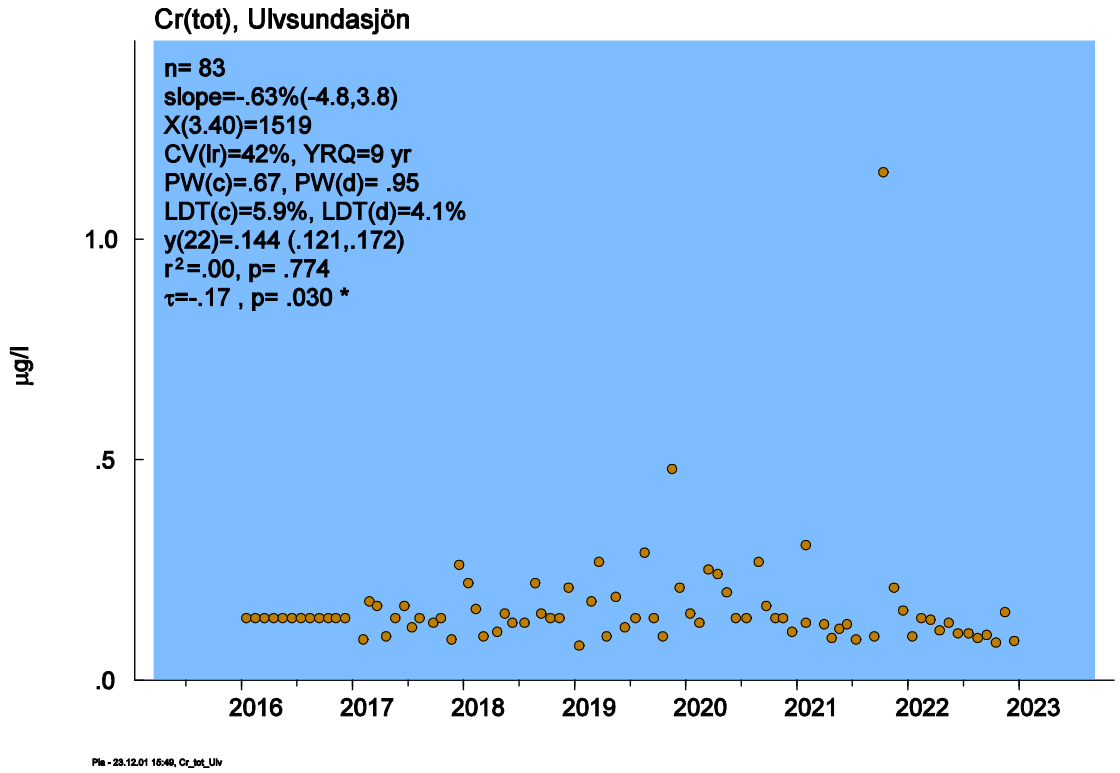
Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar ingen trend.



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar ingen trend. Ett avvikande högt resultat vid årsskiftet 2021/22.



Sex analysresultat ligger över gränsvärdet. Analysresultaten uppvisar en signifikant ökande trend.



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar ingen trend. Ett avvikande högt resultat vid årsskiftet 2021/22.

Nickel (Prioämne)

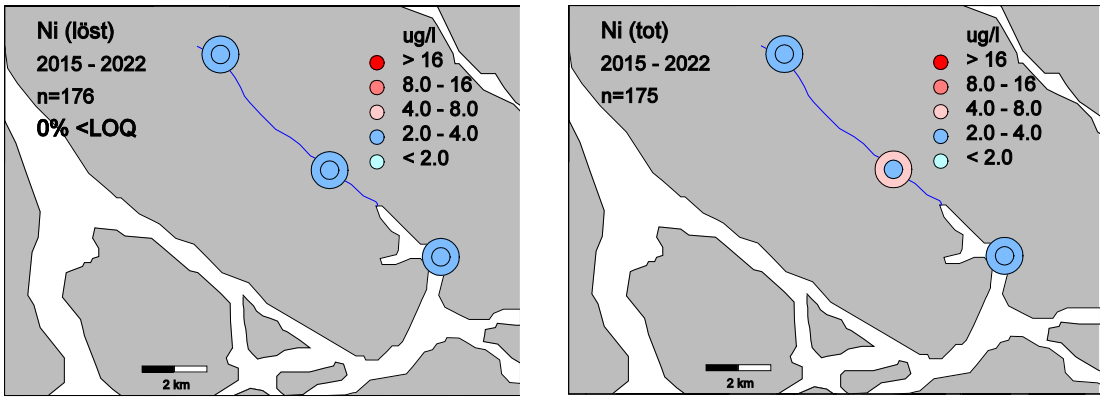
Nickel (Ni) används huvudsakligen till framställning av rostfritt stål. Andra användningsområden är andra legeringar, gjutgods, förnickling, batterier (nickel-kadmium, nickel-järn och nickel-metallhydrid) samt katalysatorer.

Nickel är föreslaget som indikatorämne i God havsmiljö 2020. Rekommenderad matris för övervakning enligt vattendirektivet är ytvatten.

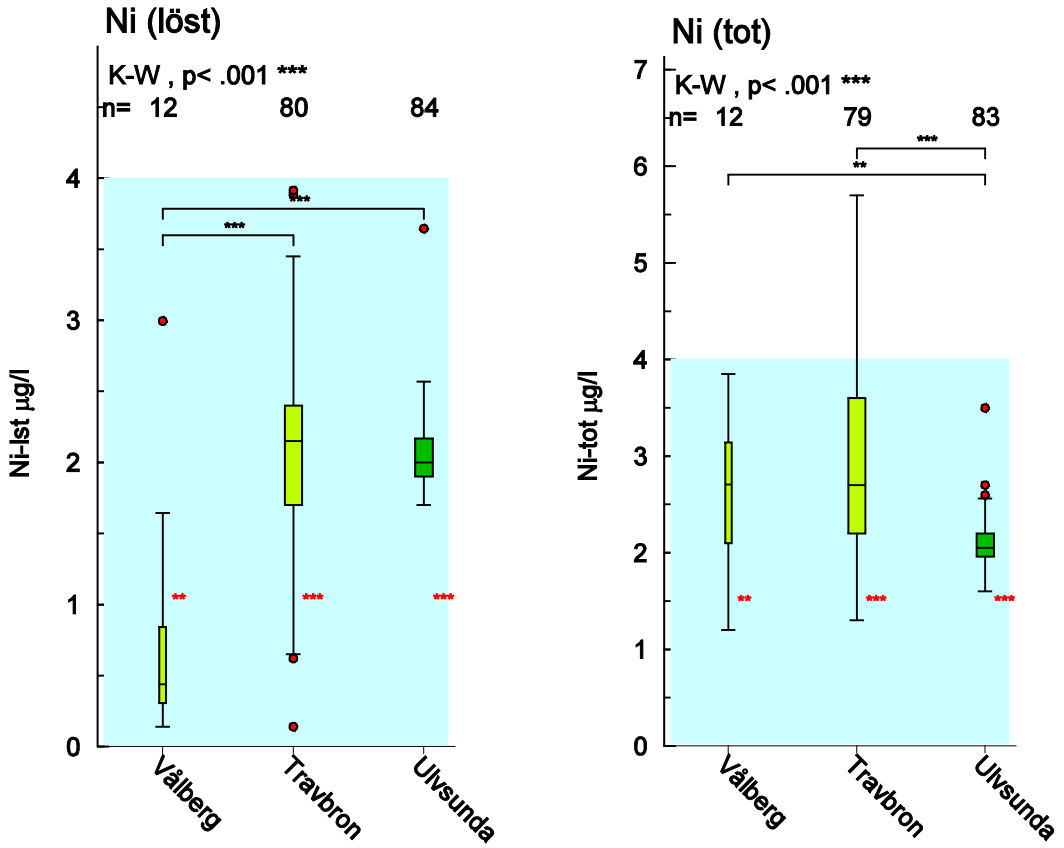
Nickel ingår i de löpande nationella övervakningsprogrammen Kust och hav och Sötvatten. Nickel övervakas nationellt i ytvatten (sötvatten), i marin biota (fisklever, blåmussla, fågelägg) och i limnisk biota (fisklever). Övervakning sker också i slam och

utgående vatten från kommunala reningsverk inom programområde miljögiftssamordning.

Ytvatten, gränsvärde: 4.0 µg/l (MKN) i filtrerat prov (biotillgänglig halt).



Figur 8. Medelvärdet för nickel (Ni) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.



Figur 9. Medianhalten för nickel (Ni) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.

För de filtrerade proven ligger alla analysresultat under gränsvärdet. Mediankoncentrationen i filtrerade prover från Vålberga ($p<0.01$) ligger signifikant lägre än Travbron och Ulvsundasjön. För de ofiltrerade proven ligger Ulvsundasjöns medianvärde signifikant under både Travbron ($p<0.001$) och Vålberga ($p<0.01$).

Mediankoncentrationerna för alla prov ligger signifikant under gränsvärdet.

3.1.1.4 Nickel, tidsserier

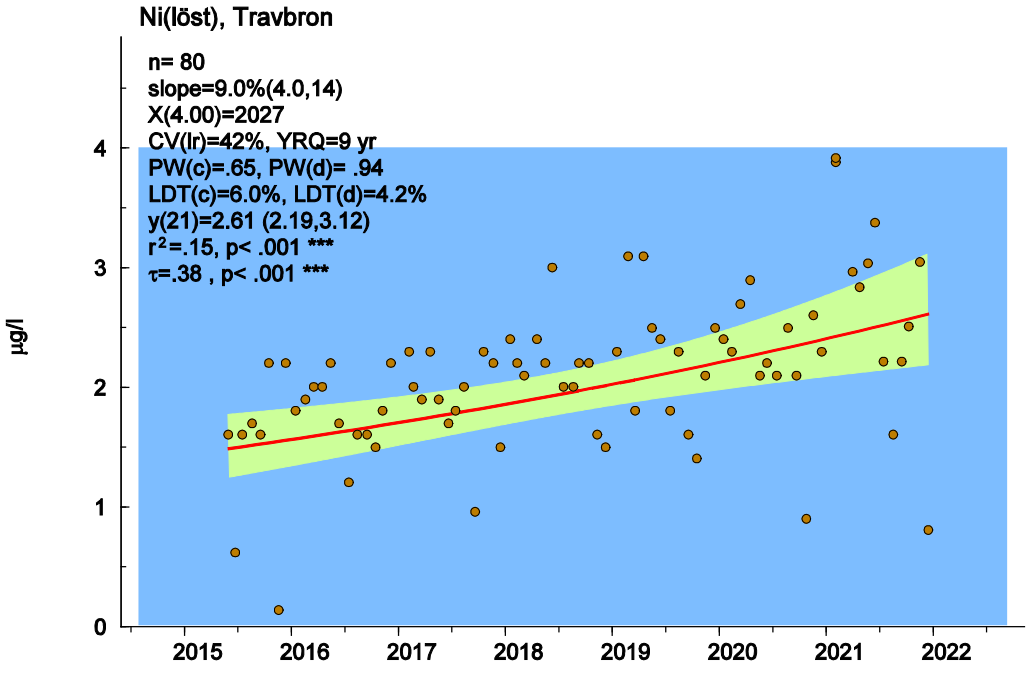
Nickelkoncentrationerna ökar signifikant i både filtrerade och ofiltrerade prov. Nickelhalterna beräknas överstiga gränsvärdet år 2027, respektive år 2023.

Sju år av med totalt mellan 80-84 analysresultat finns tillgängliga. Med den uppmätta spridningen kan man förväntas upptäcka en reell trend på mellan 1.6 - 6 % per år med de data som finns tillgängliga (LDT(c)) (tabell 7).

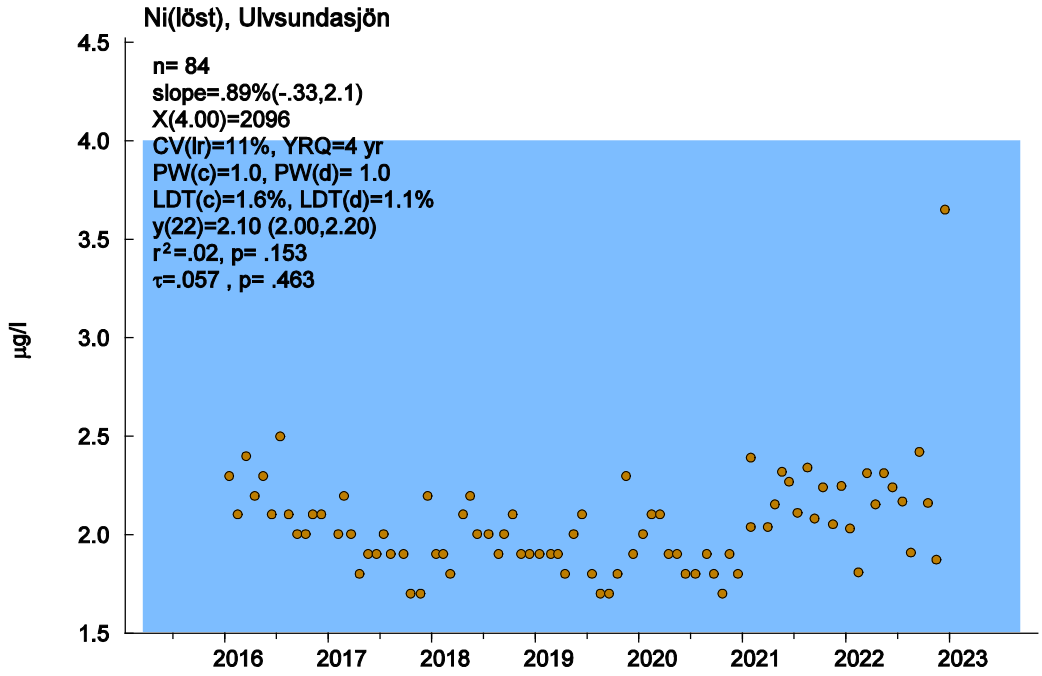
Tabell 7. Tidsserier nickel.

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Trav(lst)	80	15-21> 7	8.979	0.00042	+++	9	4.20	6.00	2.61	<0.001	+++
Ulv(lst)	84	16-22> 7	0.8858	0.15		4	1.13	1.58	2.10	0.46	
Trav(tot)	80	15-21> 7	9.167	<0.001	+++	7	2.68	3.8	3.75	<0.001	+++
Ulv (tot)	83	16-22> 7	0.02879	0.96		4	1.11	1.55	2.09	0.51	
			4.93			**5.5**	**1.90**	**2.69**	**2.35**		

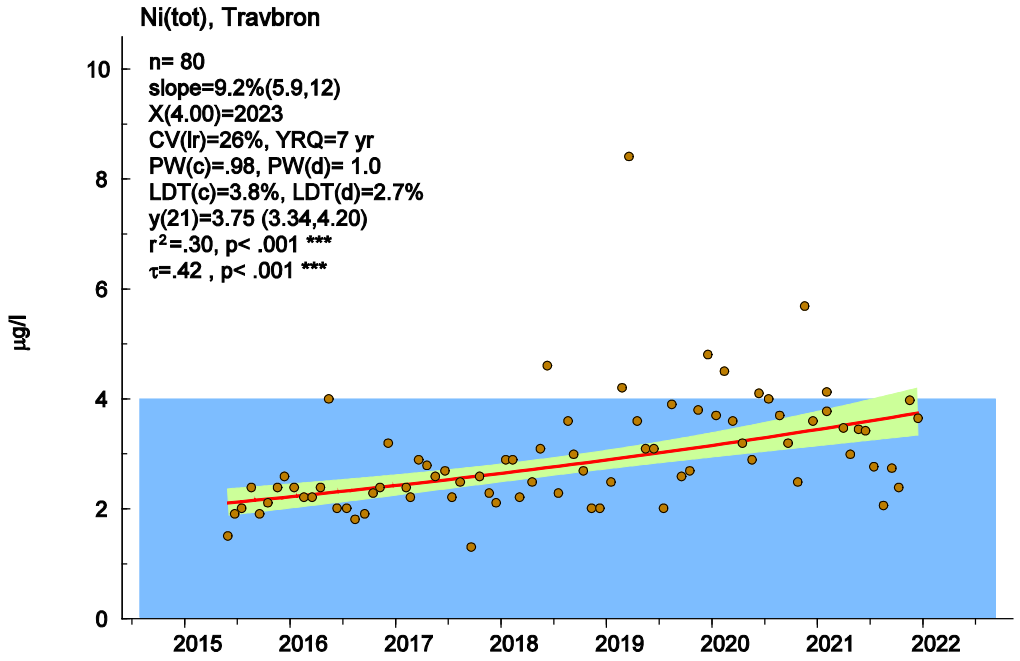
Om övervakningen får fortsätta med samma provtagningsansträngning tills vi har 10 år med data bör vi kunna upptäcka en förändring på 1.1 - 4.2% per år (LDT(d)). För att kunna upptäcka en signifikant trend på 5% per år krävs mellan 4 - 9 år (YRQ). Allt beräknat på en statistisk styrka på 80%. Detta måste anses som en tillfredställande förmåga att upptäcka relevanta trender i tid.



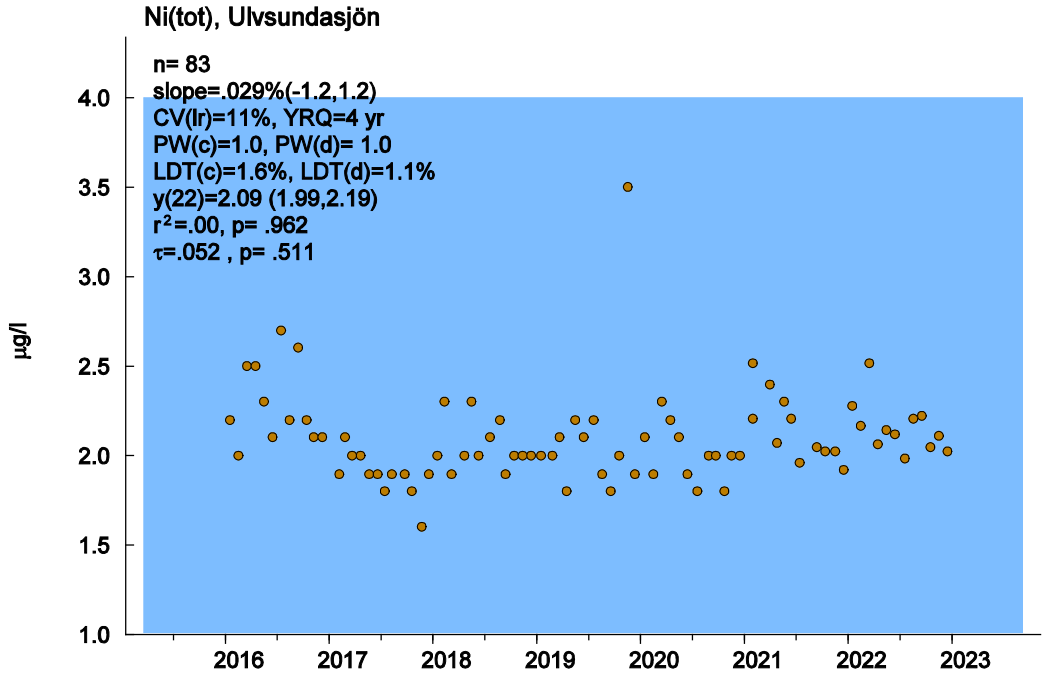
Samtliga analysresultat från Travbron ligger under gränsvärdet. Analysresultaten uppvisar en signifikant ökande trend med igenomsnitt 9% per år. Medelkoncentrationen kan förväntas överskrida gränsvärdet omkring 2027 om trenden håller i sig.



Samtliga analysresultat från Ulvsundasjön ligger under gränsvärdet och uppvisar ingen trend. Ett avvikande högt resultat vid årsskiftet 2022/23.



Flera analysresultat för totalhalt nickel vid Travbron ligger över gränsvärdet. Analysresultaten uppvisar en signifikant ökande trend och medelkoncentrationen kan befaras ha passerat gränsvärdet 2023.



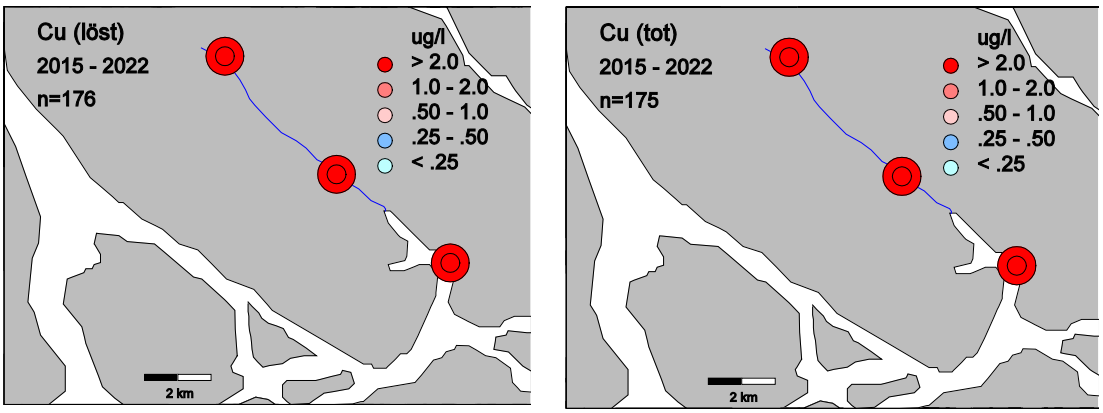
Samtliga analysresultat för totalhalt nickel I Ulvsundasjön ligger under gränsvärdet och uppvisar ingen trend. Ett avvikande högt resultat vid årsskiftet 2019/20.

Koppar (SFÄ)

Flera kopparföreningar används som bekämpningsmedel mot svamp på grödor. Kopparsalter utgör också verksamma ämnen i algbekämpningsmedel, båtbottenfärger och träskyddsmedel. Koppar är ett essentiellt näringsämne för människor och djur eftersom det deltar som syrebärare i många enzym. Det är också nödvändigt för växternas fotosyntes och kopparföreningar tillsätts därför i både gödningsmedel och foder. Den största källan till utsläpp av koppar i dag är trafiken. Utsläppen av koppar från trafiken kommer främst från bromsbeläggen på bilar. Bromsbeläggen var tidigare

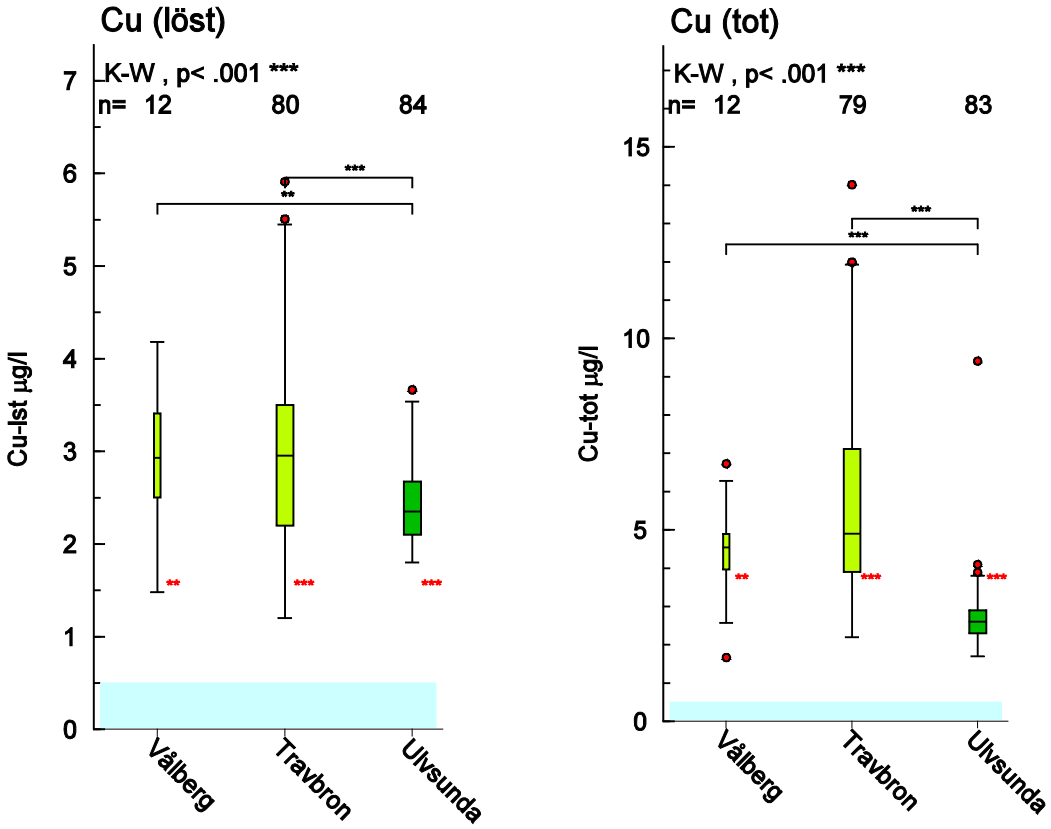
huvudsakligen av asbest, men ny användning av asbest i bromsbelägg förbjöds från 1988.

Gränsvärde: 0.5 µg/l avser filtrerat prov (inlandsytvatten, biotillgänglig halt)



Figur 10. Medelvärdet för koppar (Cu) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.

Samtliga analysresultat ligger minst 4 ggr över gränsvärdet.



Mediankoncentrationen i filtrerade prover från Vålberga ($p<0.01$) och Travbron är signifikant högre ($p<0.001$) än i prov från Ulvsundasjön. Det samma gäller för de ofiltrerade proven.

Mediankoncentrationerna för samtliga analysresultat ligger signifikant över gränsvärdet.

3.1.1.5 Koppar, tidsserier

Koppar i filtrerade prov visar ingen påtaglig förändring över tid vid Travbron i Bällstaån, medelvärdet ligger klart över gränsvärdet på 0.5 µg/l (för löst koppar). Även i Ulvsundasjön ligger koncentrationerna klart högre än gränsvärdet men visar här en signifikant minskning, men med denna minskningstakt nås gränsvärdet först om hundra år. För de ofiltrerade proven från Ulvsundasjön är minskningstakten snabbare, men gränsvärdet förväntas nås först 2065!)

I VISS redovisas måttlig status för Cu baserat på halt i sediment (inte ytvatten). Detta gäller både Bällstaån och Ulvsundasjön.

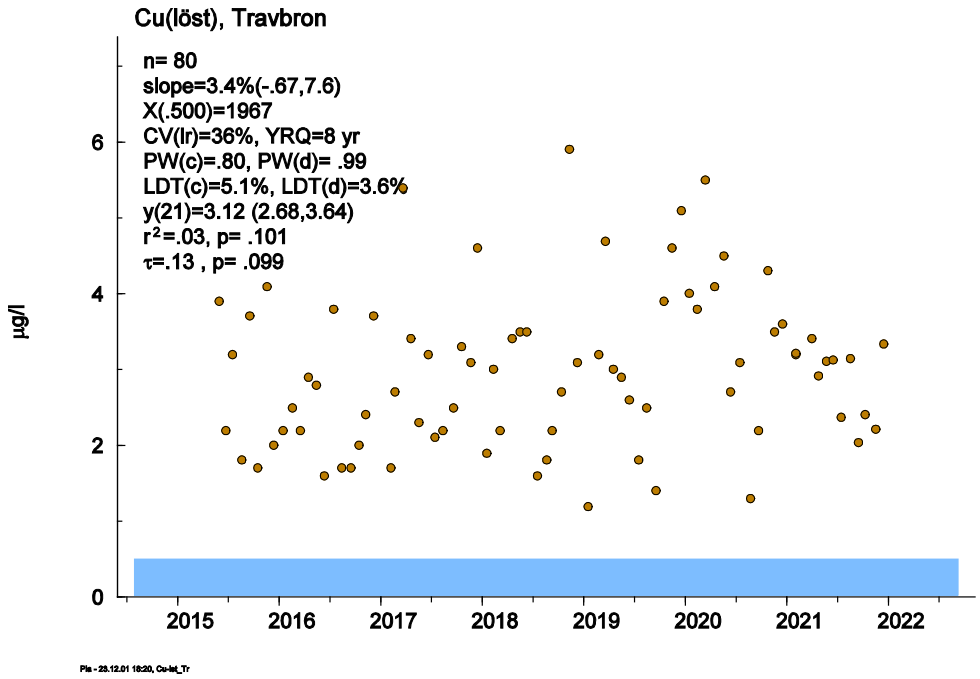
De uppskattade kadmiumkoncentrationerna i filtrerade prov från provtagningar 2020/21 är i genomsnitt något högre i Bällstaån jämfört med Ulvsundasjön (3 ggr högre om ofiltrerade prover jämförs).

Tidsseriernas förmåga att upptäcka trender (statistiskt styrka, power) är acceptabel. Det krävs ca 7 år av övervakning, med samma provtagningsintensitet för att med en statistisk styrka på 80% för att upptäcka en årlig förändring av 5%.

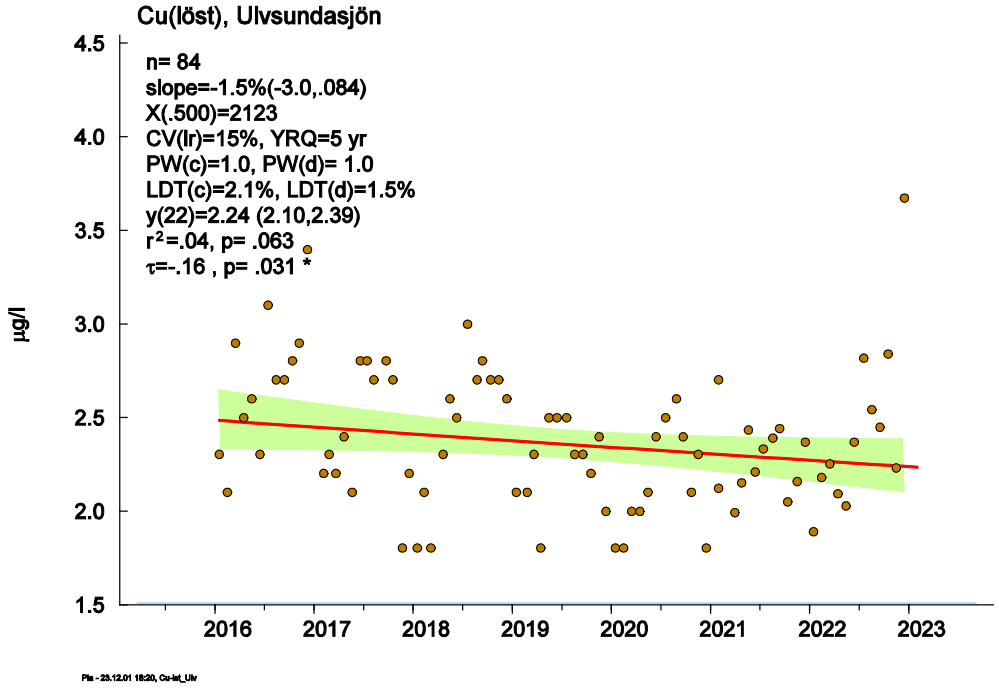
Den årliga trend som man med det här materialet kan upptäcka (med 80% power) under en 10-årsperiod är ca 3% / år. Det är bättre än för många andra undersökta ämnen.

Tabell 8. Tidsserier koppar

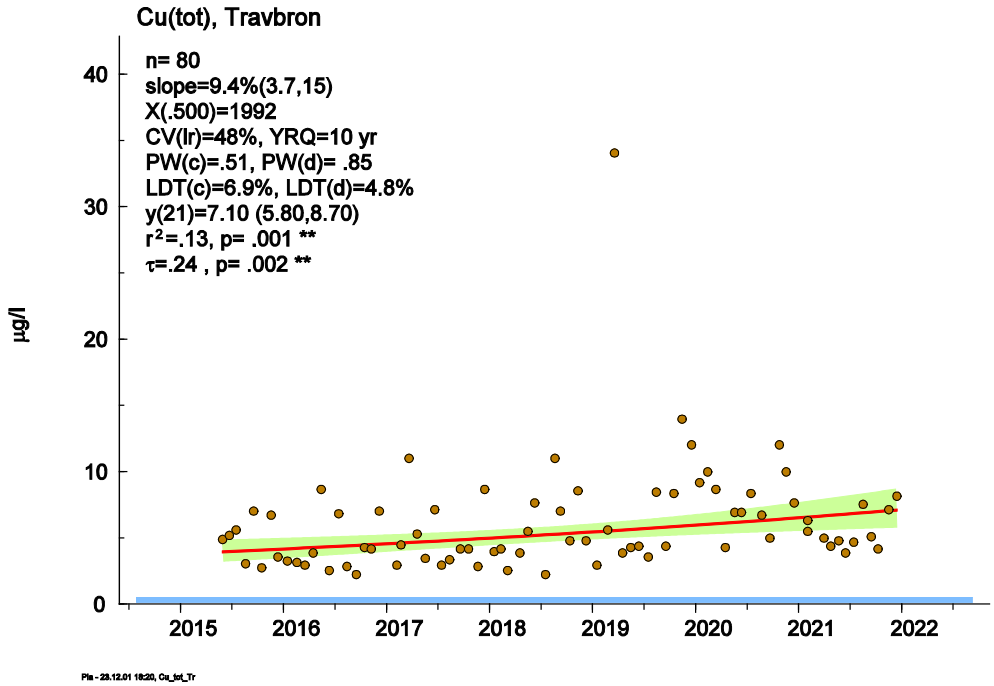
Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Trav (lst)	80	15-21> 7	3.39	0.1014		8	3.60	5.14	3.12	0.099	
Ulv (lst)	84	16-22> 7	-1.49	0.06315		5	1.47	2.08	2.24	0.031	-
Trav(tot)	80	15-21> 7	9.37	0.001227	++	10	4.83	6.93	7.10	0.0017	++
Ulv(tot)	83	16-22> 7	-3.57	0.001923	--	6	2.10	2.97	2.32	0.0024	--
Median			**0.950**			**7**	**2.85**	**4.06**	**2.72**		



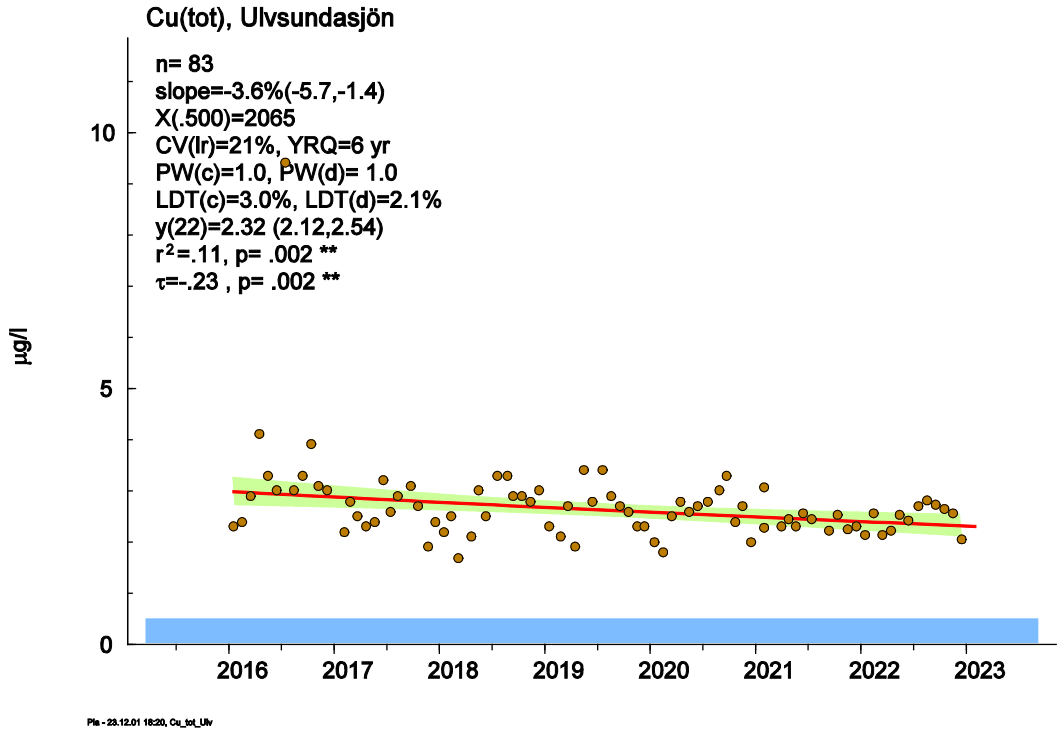
Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet, ingen trend.



Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet, signifikant minskande trend. Om trenden håller i sig kan medelkoncentrationen nå gränsvärdet 2123!



Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet, signifikant ökande trend.

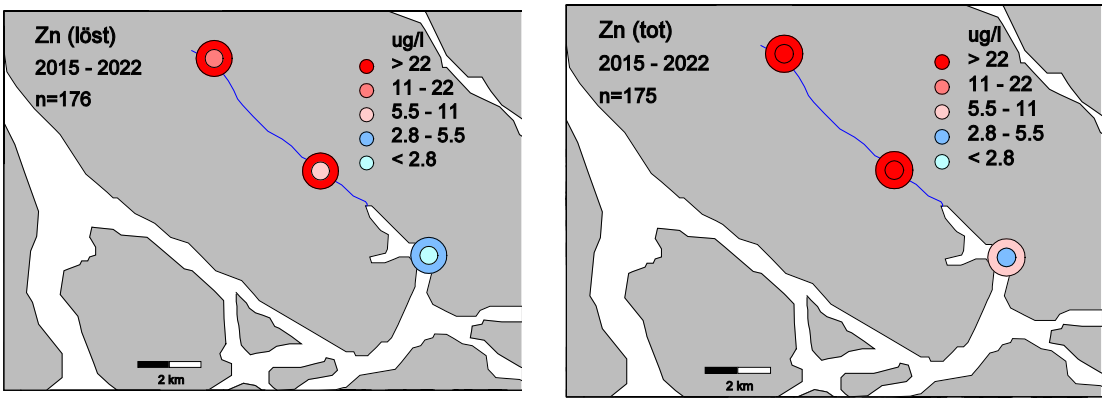


Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet, signifikant minskande trend. Om trenden håller i sig kan medelkoncentrationen nå gränsvärdet 2065!

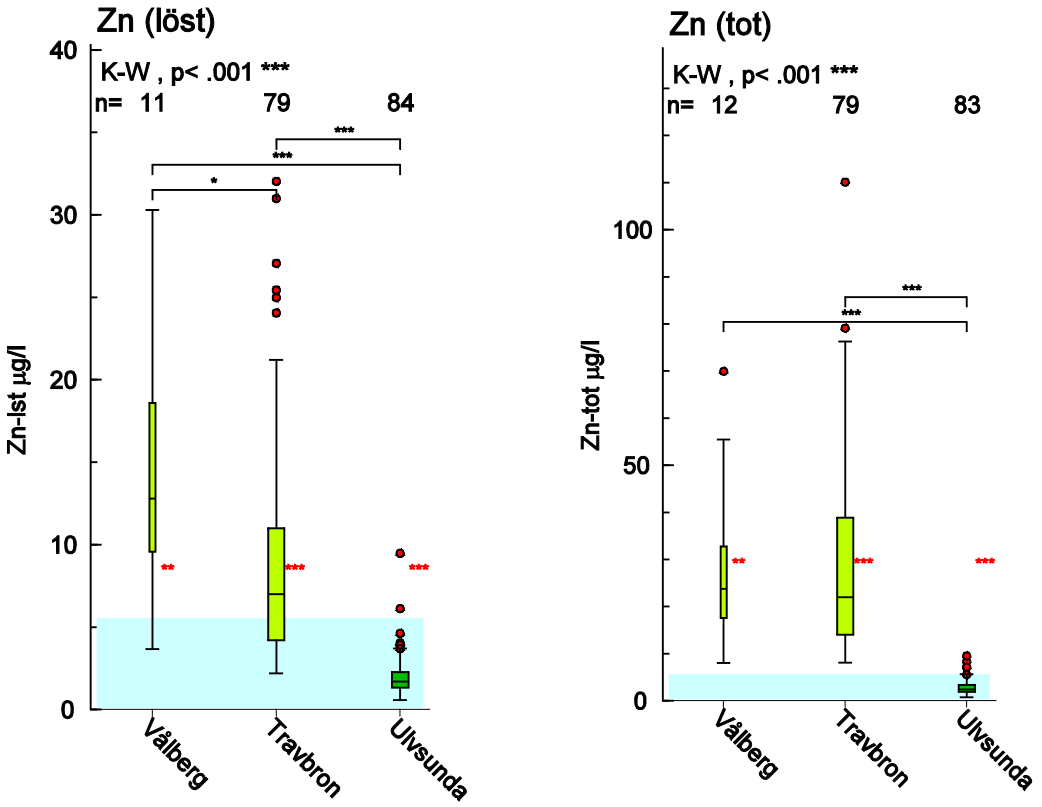
Zink (SFÄ)

Zink används globalt och i Sverige som korrosionsskydd till galvanisering. Ämnet ingår också i olika legeringar, till exempel mässing. Zink används som råvara i metallindustrin och som ytbeläggningsmedel i metall- och elektronikindustrin. Zinkutsläpp kommer från förbränning av olja, järn- och stålproduktion samt slitage av bildäck. En stor del av utsläppen av zink till vatten i urban miljö kommer från diffusa källor som vägtrafik och zinkbehandlade konstruktionsmaterial som till exempel tak, stolpar, rännor och rör. Naturliga utsläpp av zink förekommer också, från berg, jord, sediment och vatten

Ytvatten, gränsvärde: 5.5 µg/l, avser biotillgänglig halt i filtrerat prov.



Figur 11. Medelvärdet för zink (Zn) i ytvatten för perioden 2015-2022 redovisat som löst halt respektive totalhalt.



Mediankoncentrationen i filtrerade prover från Vålberga och Travbron i Bällstaån är signifikant högre ($p<0.001$) än i prov från Ulvsundasjön. Det samma gäller för de ofiltrerade proven. Halten i de filtrerade proven från Vålberga är också signifikant ($p<0.05$) högre än de från Travbron.

Mediankoncentrationen i både filtrerade och ofiltrerade prov från Bällstaån är signifikant högre än gränsvärdet. Från Ulvsundasjön är båda typerna av prov signifikant lägre än gränsvärdet ($p<0.001$).

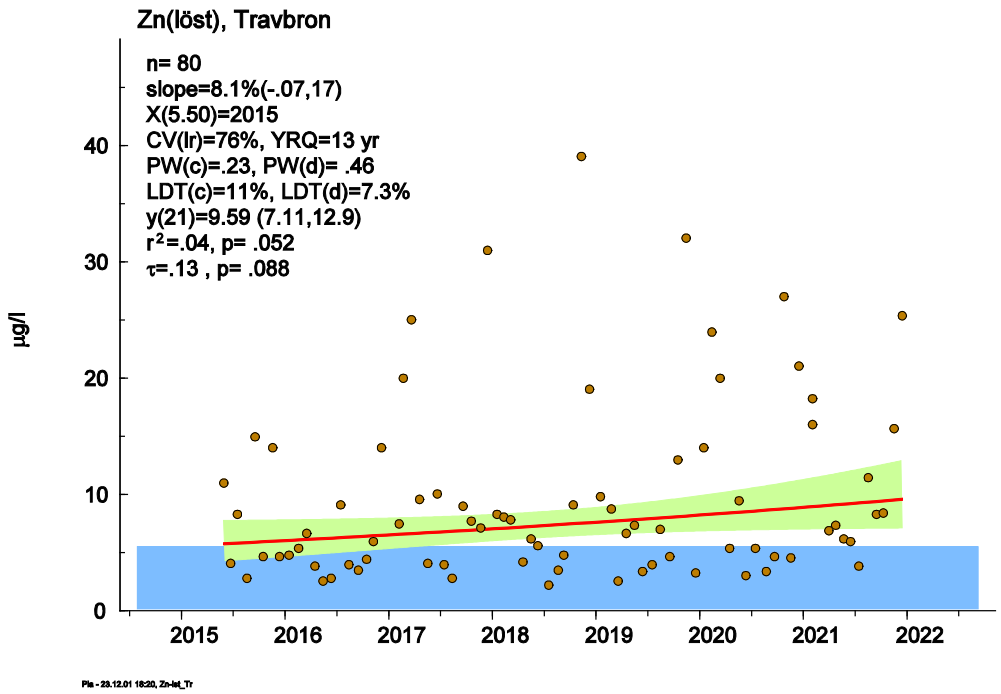
3.1.1.6 Zink, tidsserier

Zink i filtrerade prov visar en tendens till ökning med i genomsnitt 8% per år i vid Travbron i Bällstaån. I de ofiltrerade proverna från samma lokal blir ökningen tydligare, halten ökar i genomsnitt mer än 13% per år ($p<0.001$). I Ulvsundasjön minskar däremot koncentrationerna signifikant i båda typerna av prov.

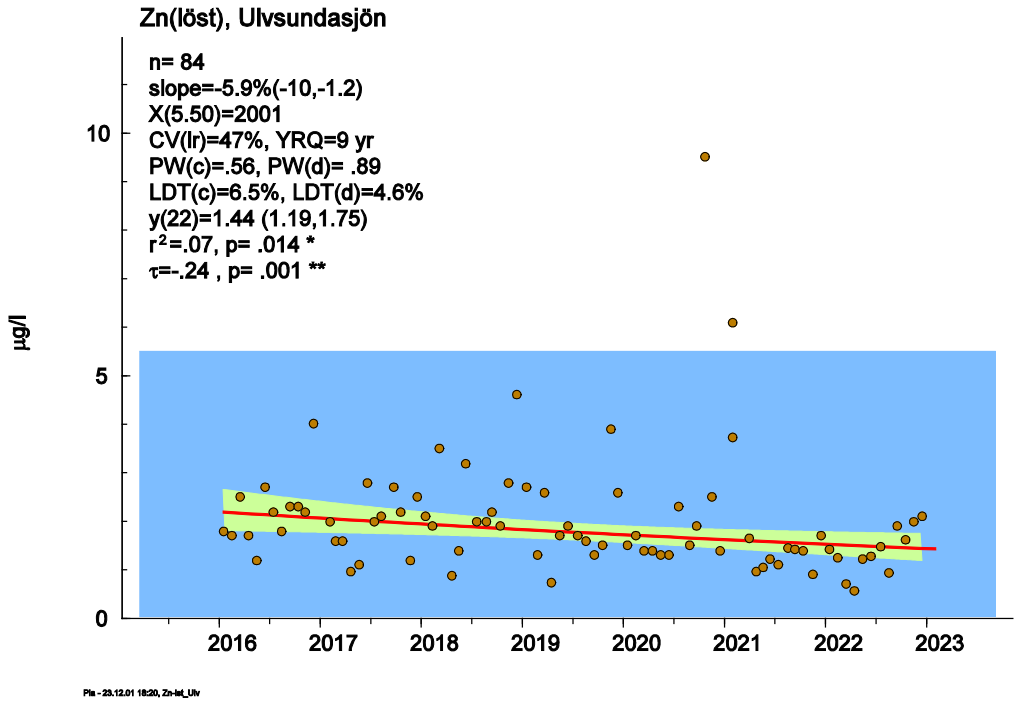
Tabell 9. Tidsserier zink

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Trav(lst)	80	15-21> 7	8.08	0.052		13	7.29	10.6	9.59	0.088	
Ulv(lst)	84	16-22> 7	-5.85	0.014	-	9	4.56	6.54	1.44	0.0013	--
Trav(tot)	80	15-21> 7	13.3	<0.001	+++	12	6.40	9.22	37.3	0.0012	++
Ulv (tot)	83	16-22> 7	-6.31	0.0096	--	10	4.66	6.66	2.00	0.0047	--

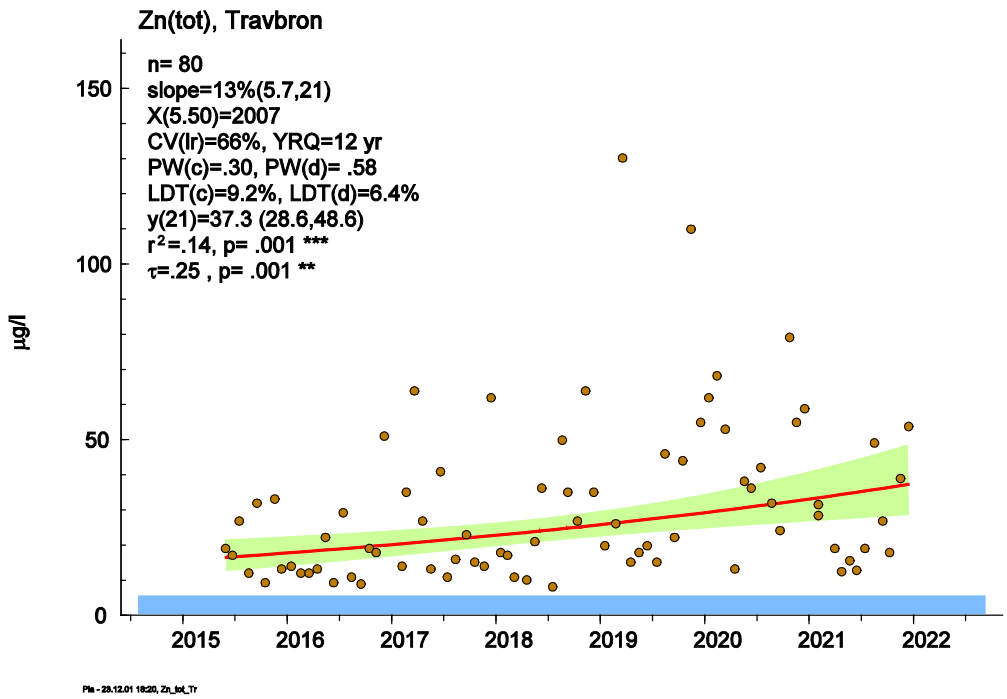
	1.11	11	5.53	7.94	5.80



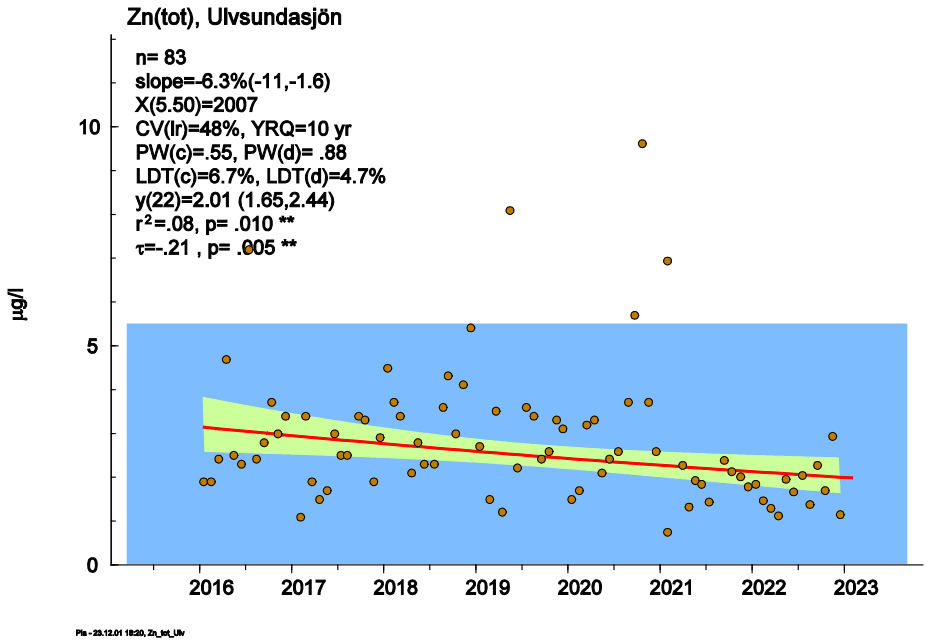
Analysresultaten visar en signifikant ökande trend med i genomsnitt ca 8% per år.



Nästan alla analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar en signifikant minskande trend.



Alla analysresultat ligger över gränsvärdet och uppvisar en signifikant ökande trend.



Nästan alla analysresultat ligger under gränsvärdet och uppvisar en signifikant minskande trend.

1.1. PAH

PAH:er (polycykliska aromatiska kolväten) släpps ut som oönskade biprodukter från förbränningsprocesser som t.ex. värmepannor och förbränningsanläggningar, småskalig vedeldning, industriella processer såsom koksverk, stål- och aluminiumsmältverk samt från förbränningsmotorer, avgaser från vägtrafik. PAH-föreningar sprids också vid tillverkning och användning produkter från råolja, så som gummi och asfalt. PAH kan transporteras långa sträckor i luften.

Kraftigt PAH-förorenad mark återfinns ofta på platser där det pågått eller ännu pågår verksamheter som på olika sätt använder sig av fossila bränslen eller produkter som framställts ur fossila bränslen och där spill skett.

PAH:er har dock även producerats avsiktligt för olika användningsområden, framförallt som träimpregneringsmedel i form av kreosot. PAH:er är utpekat som indikatorämne i HVMFS 2012:18.

PAH-erna kan delas in i tre grupper: PAH-L, PAH-M och PAH-H, dvs. PAH-föreningar med låg, medelhög respektive hög molekylvikt. De tre grupperna skiljer sig vad gäller fysikalisk-kemiska egenskaper, men även toxikologiskt och ekotoxikologiskt (Kemakta, 2017). PAH-föreningar har en relativ låg löslighet i vatten och adsorberas därför till stor del till partiklar i sediment och jord.

Rekommenderad matris för övervakning enligt vattendirektivet är ytvatten. Gränsvärde i sediment finns för antracen och fluoranten och gränsvärde i biota finns för benso(a)pyren.

PAH-er har bara analyserats under 2-3 år vilket är för kort period för att resultaten från tidsserieanalyserna ska bli tillförlitliga.

Antracen (Prioämne, PAH-M)

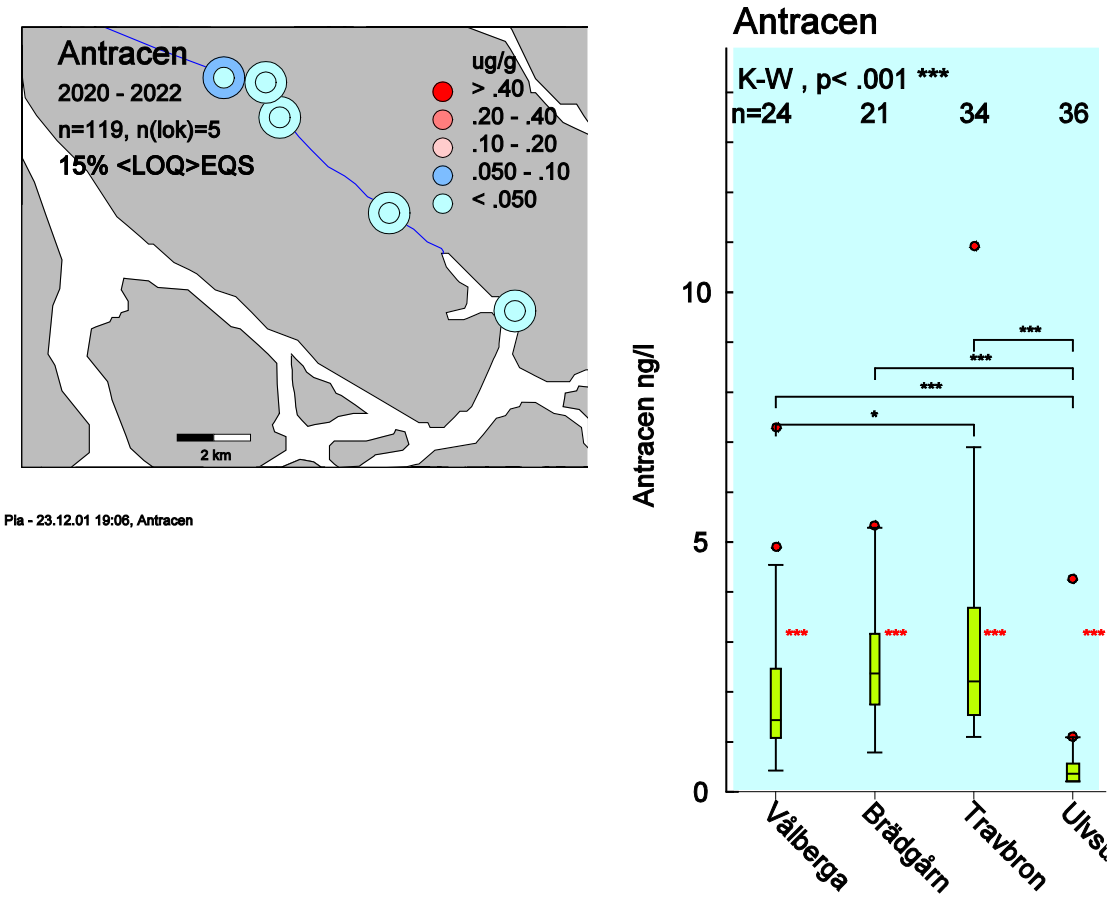
Antracen finns i pyrotekniska produkter, kreosot, extrakt från smörjoljeraffinering och koltjäreinnehållande produkter som till exempel färger och vattentäta ytbeläggningar. Ämnet förekommer även i takpapp, gummidäck och annat gummi samt impregnerat trä.

Utpekat som indikatorämne i HVMFS 2012:18. Föreslagen som core indicator (16 PAH, krav) av HELCOM CORESET och common indicator i OSPAR (sediment), priority candidate indicator (biota).

Rekommenderad matris i vattendirektivet är vatten, krav på trendövervakning i sediment och biota.

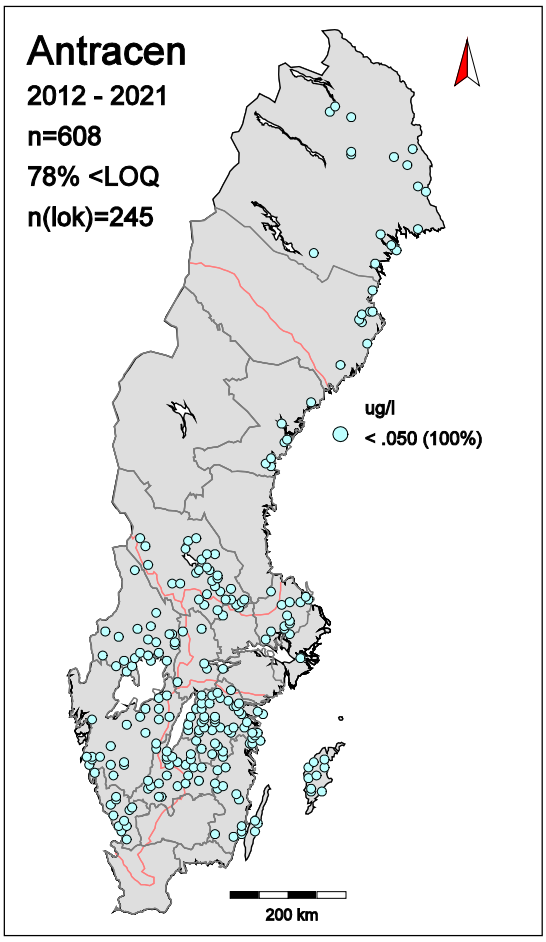
I kartorna redovisas resultat från fem lokaler, men från en lokal, nedströms Hjulsta finns inte tillräkligt med data för tidsserier eller jämförelser mellan lokaler.

Ytvatten, gränsvärden: 100 ng/l (MKN)



Figur 12. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för antracen i ytvatten för perioden 2020-2022.

Mediankoncentrationen i prover från Bällstaån är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön (P<0.001). Analysresultaten på alla lokaler ligger under halva gränsvärdet och mediankoncentrationerna signifikant under gränsvärdet (p<0.001).



Figur 13. Antracen i förhållande till gränsvärdet i resten av Sverige.

3.1.1.7 Antracen, tidsserier

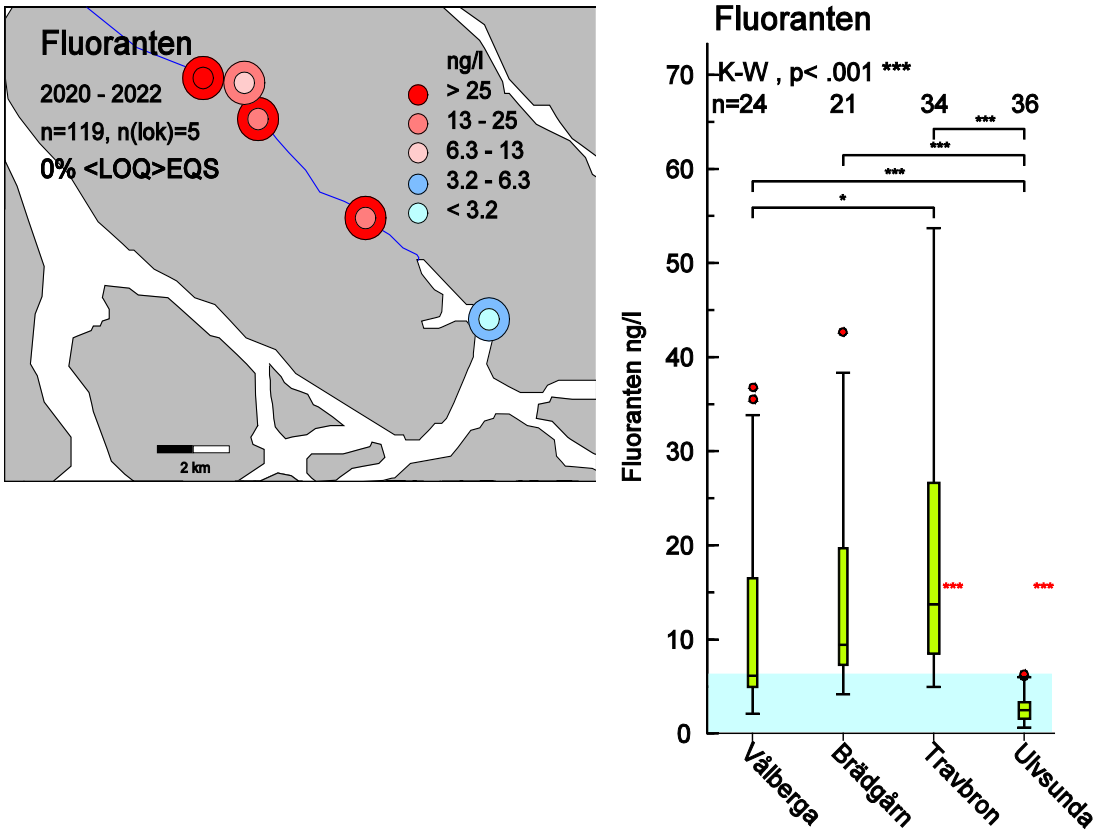
Alla tidserier är korta och därigenom minskar sannolikheten för att kunna detektera signifikanta förändringar. På alla lokaler minskar halterna i genomsnitt, de är dock ej signifikanta.

Tabell 10. Tidsserier antracen

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)	YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-16.4	0.46	12	7.04	72.3	1.37	0.73	
Brg	24	20-21> 2	-45.8	0.078	15	10.0	129	1.79	0.25	
Tra	35	20-22> 3	-13.12	0.21	11	5.98	30.1	2.07	0.042	-
Ulv	36	20-22> 3	-10.25	0.39	12	6.72	34.6	0.309	0.56	
Median			**-14.74**		**12**	**6.88**	**53.4**			

Fluoranten (Prioämne, PAH-M)

Ytvatten, gränsvärden: 6.3 ng/l (MKN, HVMFS 2019:25)



Figur 14. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för fluoranten i ytvatten för perioden 2020-2022.

Mediankoncentrationen i prover från Bällstaån är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön (P<0.001). Mediankoncentrationen vid Travbron är även signifikant högre än vid Vålberga (P<0.05).

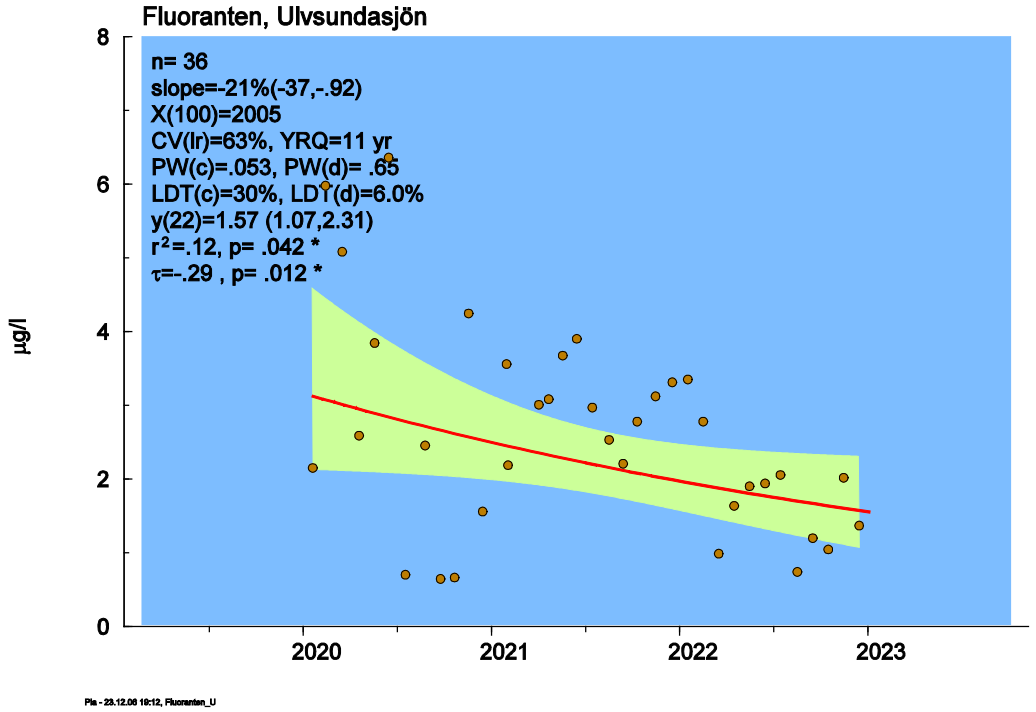
Mediankoncentrationen från Travbron ligger signifikant över gränsvärdet, Från Ulvsundasjön signifikant under gränsvärdet (p<0.001).

3.1.1.8 Fluoranten, tidsserier

Vid alla lokalerna minskar koncentrationerna men bara i Ulvsundasjön ses en signifikant trend. Mätserierna är korta, 2-3 år, vilket gör det mindre sannolikt att trenden blir signifikant om inte trenden är väldigt brant och den slumpmässiga spridningen mycket liten.

Tabell 11. Tidsserier fluoranten

Lokal	N	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-24.05	0.35		14	8.55	97.97	6.22	0.75	
Br	24	20-21> 2	-45.44	0.17		18	13.41	172	9.51	0.37	
Tra	35	20-22> 3	-19.36	0.13		13	7.595	40.4	11.2	0.036	-
Ulv	36	20-22> 3	-21.02	0.042	-	11	5.982	30.08	1.57	0.012	-
Median			**-22.54**			**13.5**	**8.07**	**69.2**			

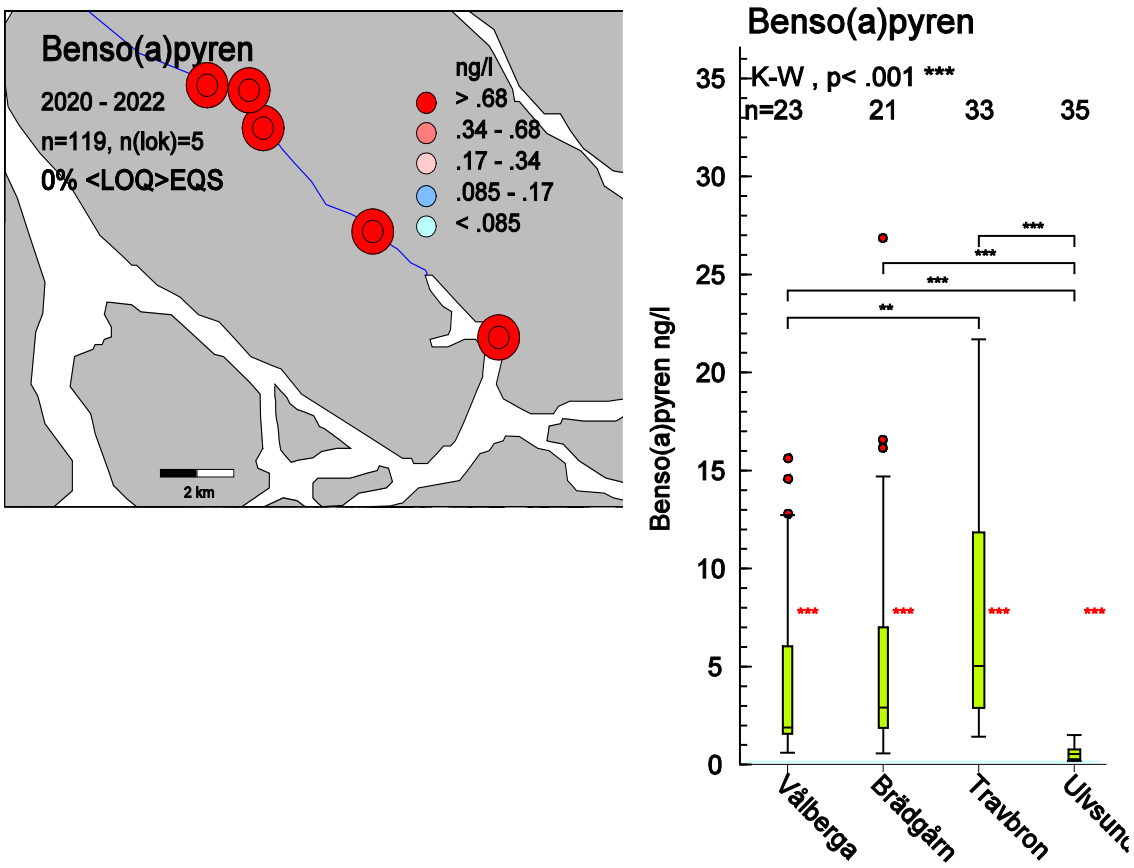


Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och visar en signifikant minskande trend.

Benso(a)pyren (Prioämne)

PAH-H. Småskalig vedeldning står för nära 90 procent av de svenska utsläppen av benso(a)pyren. Det är klassat som ett cancerframkallande ämne av WHO. Benso(a)pyren anses vara den mest toxiska av de PAH som ingår i den här övervakningen (Kemakta, 2017).

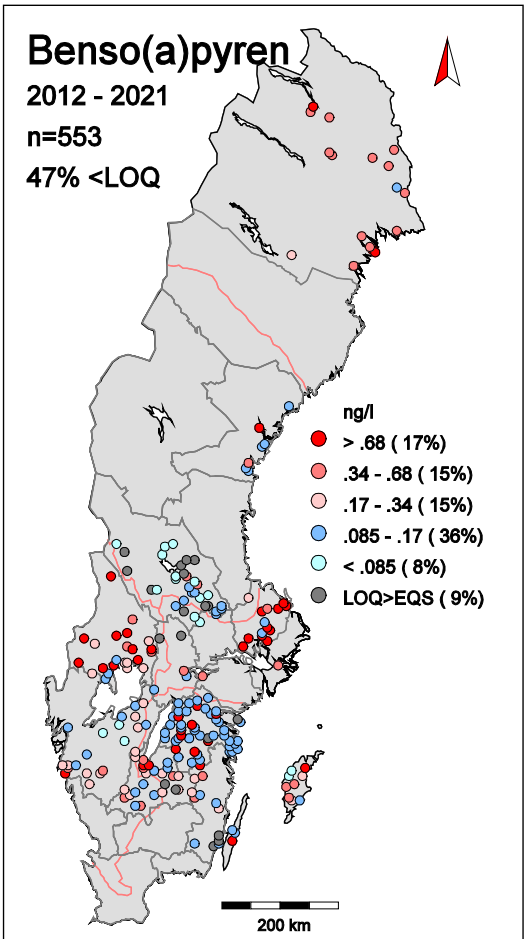
Ytvatten, gränsvärden: 0.17 ng/l (MKN)



Figur 15. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för benso(a)pyren i ytvatten för perioden 2020-2022.

Mediankoncentrationen i prover från Bällstaån är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön (P<0.001). Halterna i prov från Travbron är också signifikant högre än i prov från Vålberga (P<0.01)

Alla lokaler ligger signifikant över gränsvärdet (p<0.001).



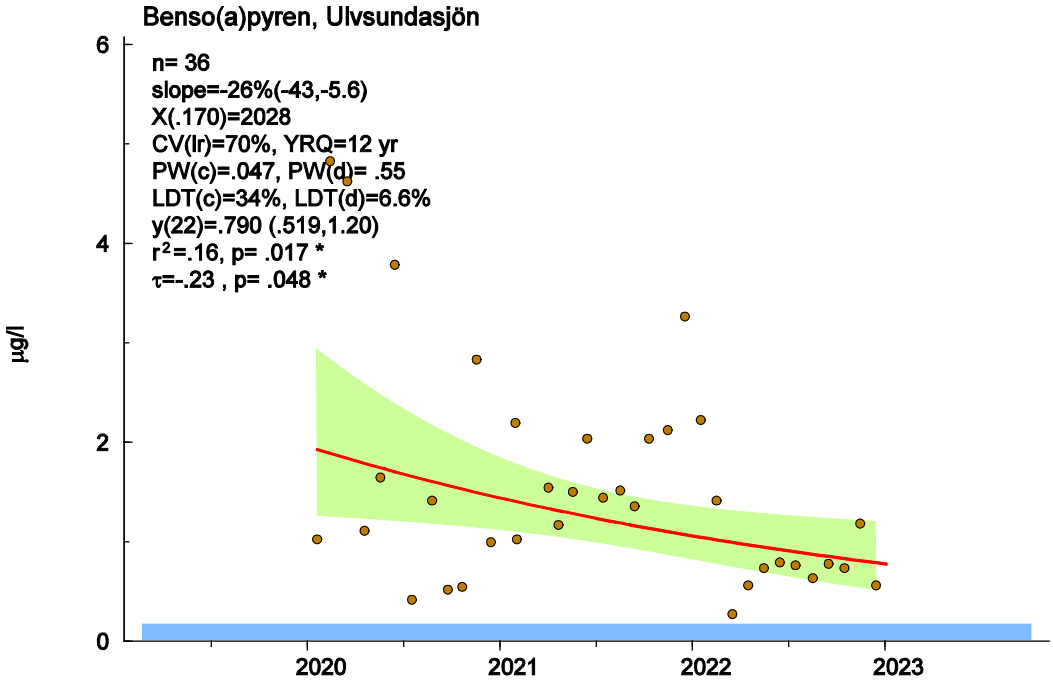
Figur 16. Benso(a)pyren i förhållande till gränsvärdet i andra delar av Sverige.2020-2022.

3.1.1.9 Benso(a)pyren, tidsserier

Alla serier minskar men minskningen är signifikant bara i Ulvsundasjön, varför trenddiagram endast redovisas för Ulvsundasjön.

Tabell 12. Tidsserier benso(a)pyren

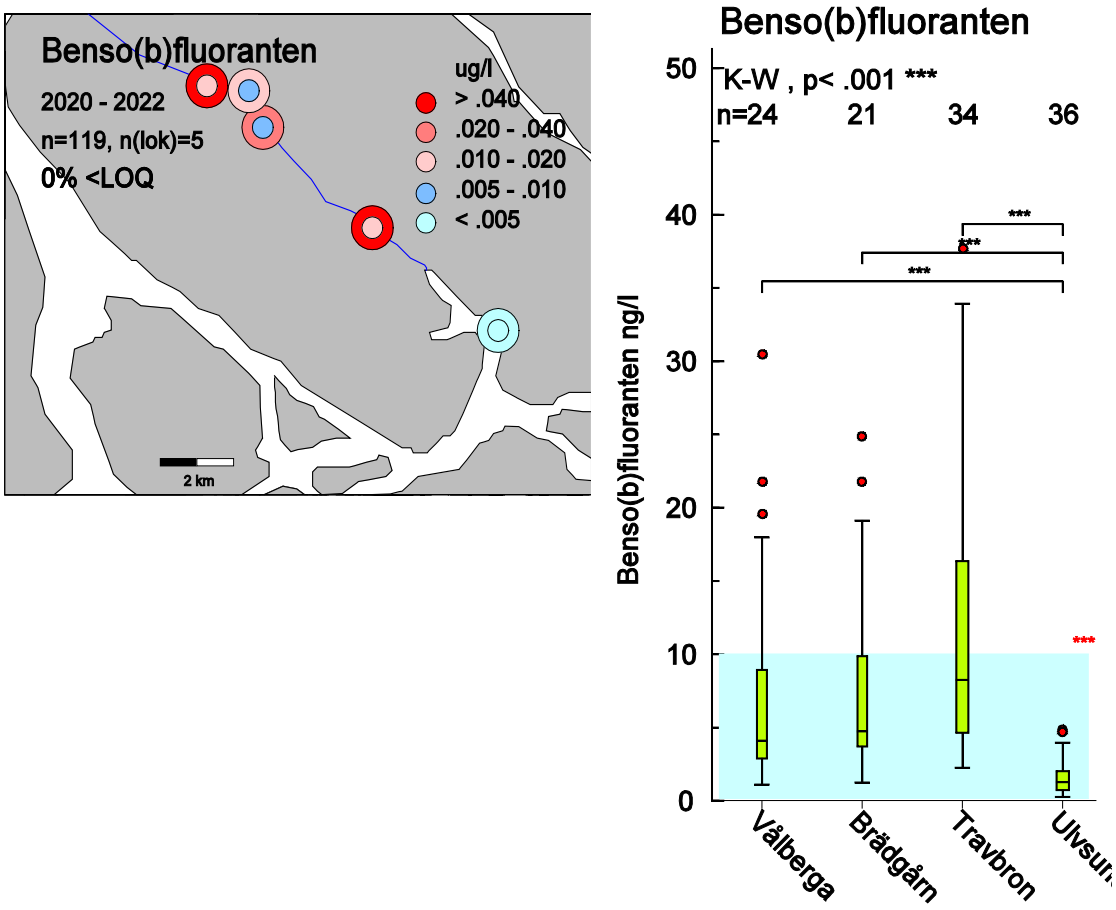
Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	23	20-21> 2	-36.6	0.18		15	9.45	116	1.8	0.62	
Brä	23	20-21> 2	-47.8	0.17		18	13.7	172	2.5	0.26	
Tra	34	20-22> 3	-21.0	0.16		14	9.17	51.6	4.1	0.047	-
Ulv	35	20-22> 3	-22.4	0.030	-	11	6.10	30.8	0.36	0.063	
Median			**-29.5**			**14.5**	**9.31**	**84.0**			



Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend och medelkoncentrationen beräknas nå gränsvärdet 2028 om trenden håller i sig.

Benso(b)fluoranten (Prioämne, PAH-H)

Ytvatten, gränsvärde: gränsvärde för medelkoncentration av benso(b)fluoranten saknas, ett tentativt gränsvärde på 0.01 µg/l har använts. Det finns ett gränsvärde för max-koncentration: 0.017 µg/l (MKN, Max-konc., inlandsvatten).



Figur 17. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för benso(b)fluoranten i ytvatten för perioden 2020-2022.

Mediankoncentrationen i prover från Bällstaån är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön (P<0.001). Halterna i prov från Travbron är också signifikant högre än från Vålberga (P<0.01)

Mediankoncentrationerna i proven från Vålberga, Brädgårn och Travbron ligger under gränsvärdet men eftersom flera enskilda prov överstiger gränsvärdet är de inte signifikant under gränsvärdet. Endast proverna från Ulvsundasjön ligger signifikant under gränsvärdet (p<0.001).

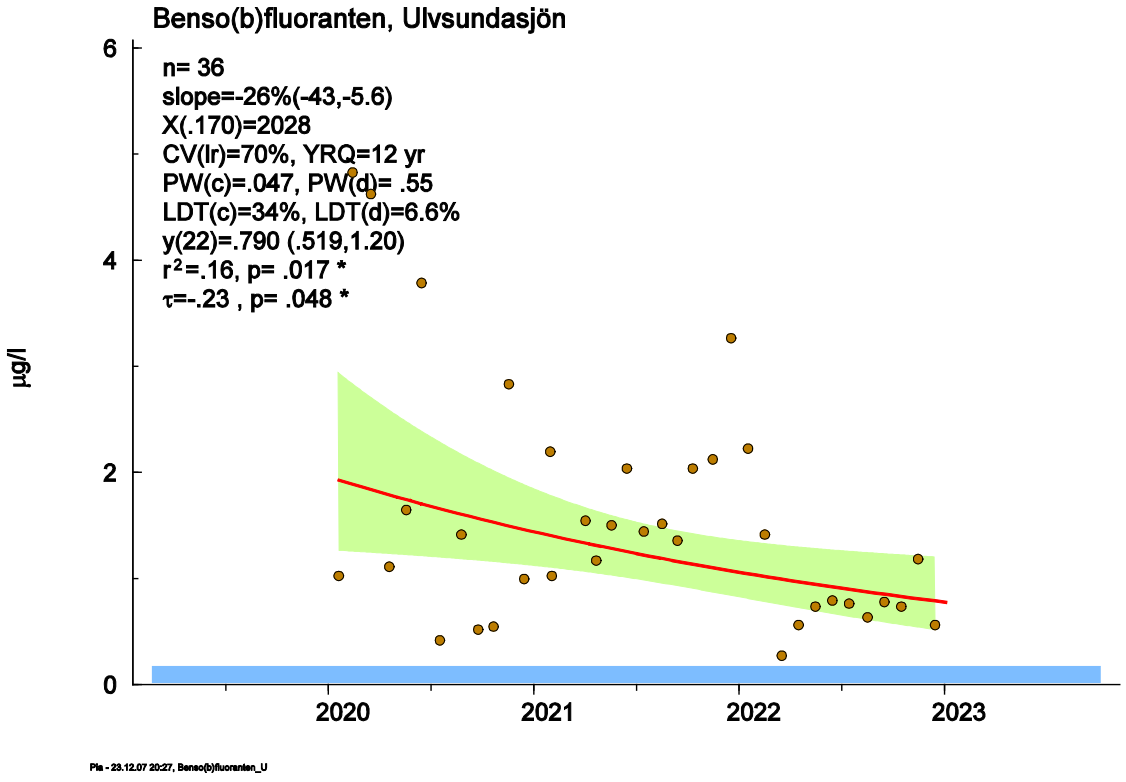
3.1.1.10 Benso(b)fluoranten, tidsserier

Vid alla lokalerna minskar koncentrationerna men bara i Ulvsundasjön ses en signifikant trend. Eftersom mätserierna är korta, 2-3 år, är det mindre sannolikt att

trenden blir signifikant om inte trenden är väldigt brant och/eller den slumpmässiga spridningen mycket liten.

Tabell 13. Tidsserier benso(b)fluoranten

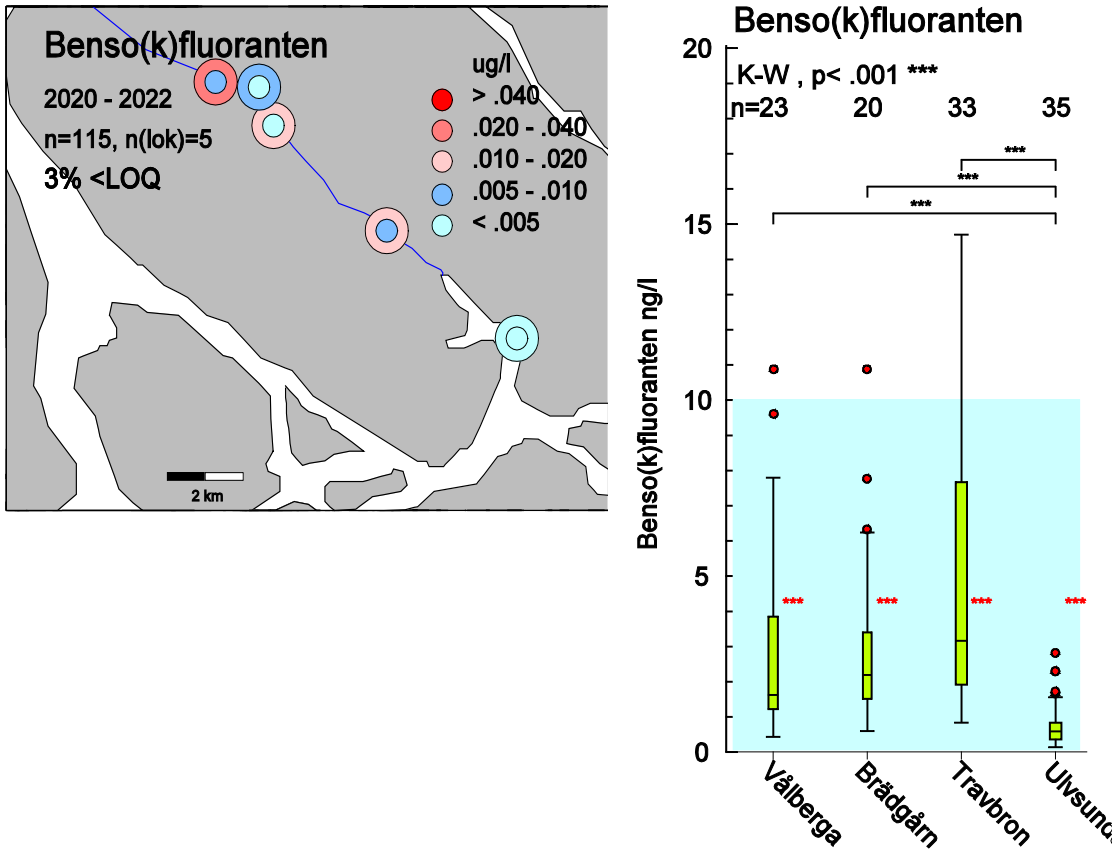
Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-24.8	0.36		14	9.112	109	3.85	0.49	
Brg	24	20-21> 2	-37.7	0.23		17	11.82	172	4.91	0.25	
Tra	35	20-22> 3	-20.8	0.15		14	8.741	48.4	6.48	0.076	
Ulv	36	20-22> 3	-26.4	0.017	-	12	6.609	33.9	0.79	0.048	-
Median			**-25.6**			**14**	**8.93**	**78.7**			



Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend och medelkoncentrationen beräknas nå gränsvärdet 2028 om trenden håller i sig.

Benso(k)fluoranten (Prioämne, PAH-H)

Ytvatten, gränsvärde: gränsvärde för medelkoncentration av benso(k)fluoranten saknas, ett tentativt gränsvärde på 0.01 µg/l har använts.



Figur 18. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för benso(k)fluoranten i ytvatten för perioden 2020-2022.

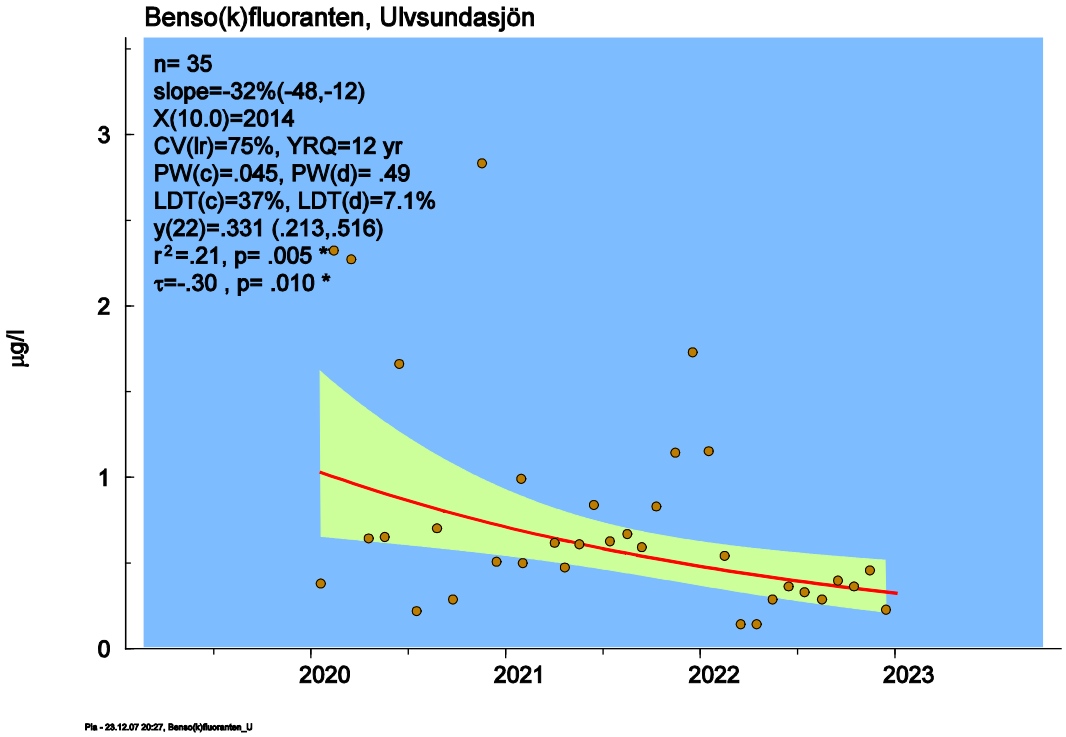
Mediankoncentrationen i prover från Bällstaån är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön (P<0.001). Mediankoncentrationerna i alla prover ligger signifikant under gränsvärdet (p<0.001).

3.1.1.11 Benso(k)fluoranten, tidsserier

Vid alla lokalerna minskar koncentrationerna men bara i Ulvsundasjön ses en signifikant trend. Mätserierna är korta, 2-3 år, vilket gör det mindre sannolikt att trenden blir signifikant om inte trenden är väldigt brant och/eller den slumpmässiga spridning mycket liten.

Tabell 14. Tidsserier benso(k)fluoranten

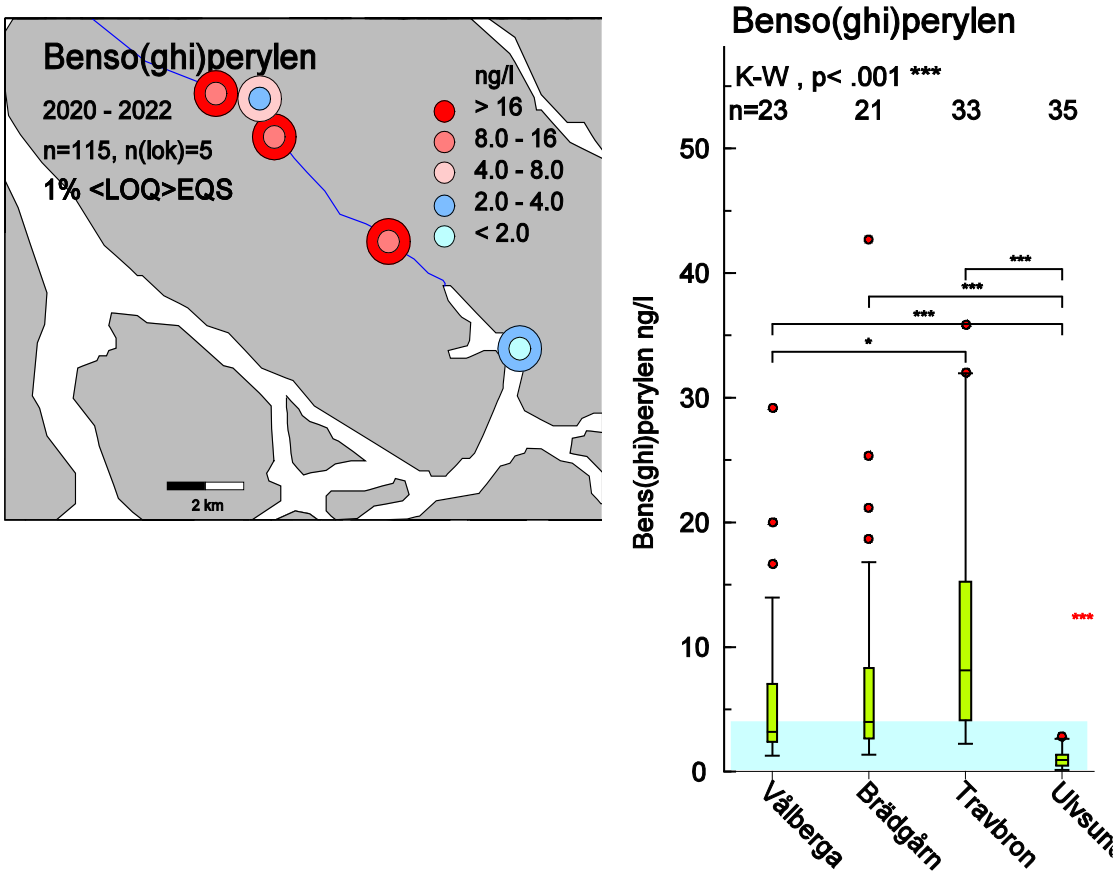
Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	23	20-21> 2	-41.2	0.097		14	8.77	103	2.57	0.48	
Brg	23	20-21> 2	-37.8	0.237		17	12.2	172	2.11	0.51	
Tra	34	20-22> 3	-19.0	0.199		14	8.98	50.2	2.78	0.14	
Ulv	35	20-22> 3	-32.3	0.0051	--	12	7.07	36.9	0.33	0.01	-
Median			**-35.07**			**14**	**8.88**	**76.4**			



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och visar en signifikant minskande trend.

Benso(ghi)perylen (Prioämne, PAH-H)

Ytvatten, gränsvärde: gränsvärde för medelkoncentration av benso(ghi)perylen saknas, ett maxvärde på 8.2 ng anges i HVMFS 2015:26, ett tentativt gränsvärde för medelvärde på 4 ng/l har använts.



Figur 19. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för benso(ghi)perylen i ytvatten för perioden 2020-2022.

Mediankoncentrationen i prover från Bällstaån är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön (P<0.001). Mediankoncentrationen vid Travbron är även signifikant högre än vid Vålberga (P<0.05)

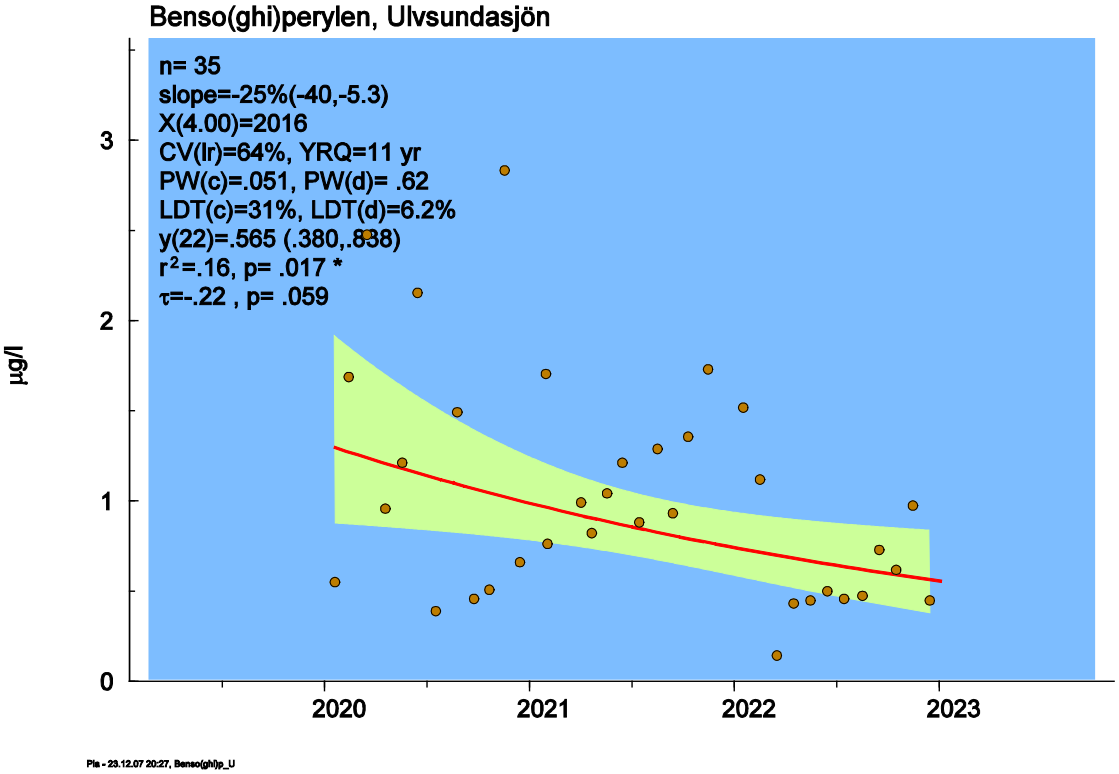
Endast proverna från Ulvsundasjön ligger signifikant under gränsvärdet (p<0.001).

3.1.1.12 Benso(ghi)perylen, tidsserier

Vid alla lokalerna minskar koncentrationerna men bara i Ulvsundasjön ses en signifikant trend. Mätserierna är korta, 2-3 år, vilket gör det mindre sannolikt att trenden blir signifikant om inte trenden är väldigt brant och den slumpmässiga spridningen mycket liten.

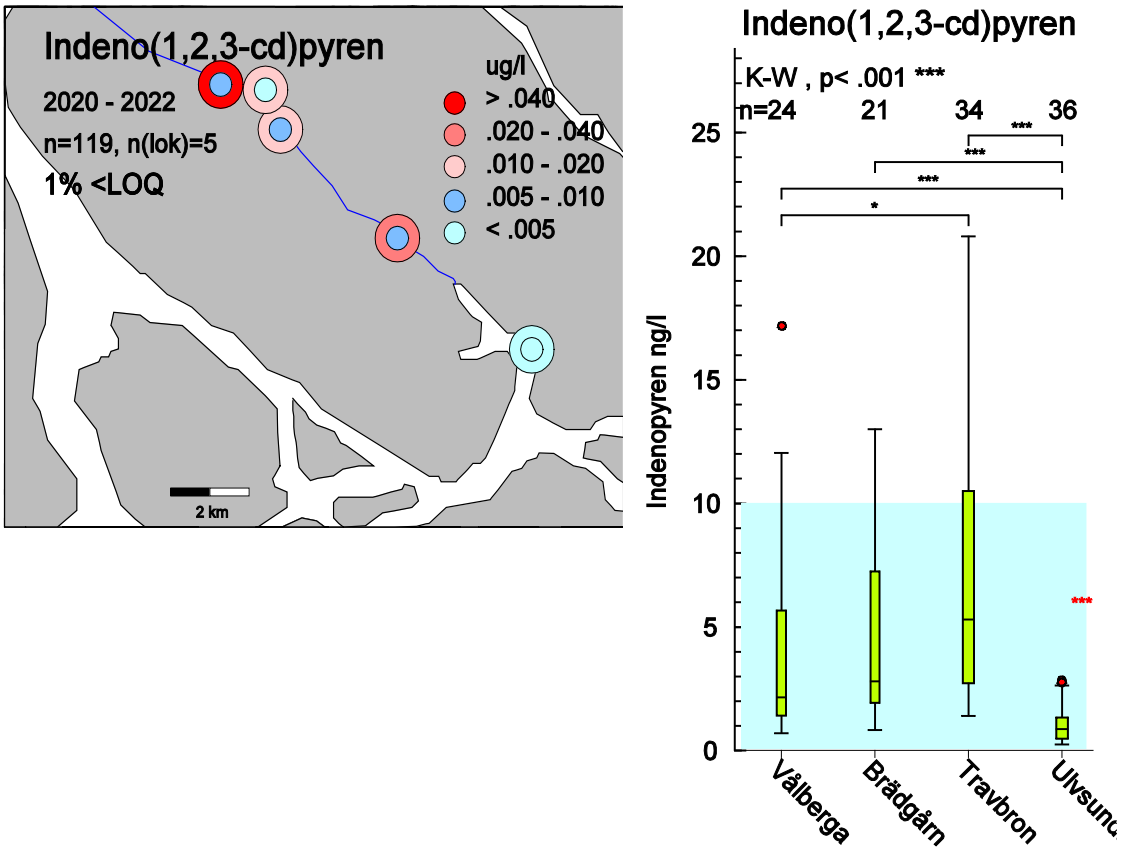
Tabell 15. Tidsserier benso(ghi)perylen

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	23	20-21> 2	-41.18	0.097		14	8.77	103	2.57	0.48	
Brg	23	20-21> 2	-49.83	0.11		17	12.2	172	3.28	0.23	
Tra	34	20-22> 3	-24.5	0.078		14	8.63	47.7	5.32	0.033	-
Ulv	35	20-22> 3	-24.88	0.017	-	11	6.18	31.3	0.564	0.059	
Median			**-33.03**			**14**	**8.70**	**75.1**			



Samtliga analysresultat ligger under gränsvärdet och visar en signifikant minskande trend.

Indeno(1,2,3-cd)pyren (Prioämne, PAH-H)



Figur 20. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för indeno(1,2,3-cd)pyren i ytvatten för perioden 2020-2022.

Mediankoncentrationen i prover från Bällstaån är signifikant högre än i prov från Ulvsundasjön ($P<0.001$). Mediankoncentrationen vid Travbron är även signifikant högre än vid Vålberga ($P<0.05$)

Endast proverna från Ulvsundasjön ligger signifikant under gränsvärdet ($p<0.001$).

3.1.1.13 Indeno(1,2,3-cd)pyren, tidsserier

Tidsserierna är korta, 2-3 år, vilket gör att det krävs mycket branta trender eller mycket liten slumpmässig spridning av resultaten för att trenderna ska kunna bli signifikanta. Alla tidsserierna pekar dock nedåt, med en mediantrend på 21% per år. Serien från Ulvsundasjön är nästan signifikant (r^2, $p<0.053$, τ, $p<0.079$)

Tabell 16. Tidsserier indeno(1,2,3-cd)pyren

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)	YRQ (5%)	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)
Vlb	24	20-21> 2	-19.1	0.52	15	9.87	125	2.27	0.82
Br	24	20-21> 2	-36.1	0.27	17	12.3	172	2.98	0.46
Tra	35	20-22> 3	-20.4	0.16	14	8.70	48.1	3.90	0.10
Ulv	36	20-22> 3	-22.2	0.053	12	6.75	34.8	0.574	0.079
Median			**-21.3**		**14.5**	**9.28**	**86.6**		

3.2 PFAS

Per- och polyfluorerade ämnen (PFAS) är samlingsnamnet för en stor grupp fluorerade ämnen. Kännetecknande för dessa är att de innehåller en fullständigt (per-) eller delvis (poly-) fluorerad kolkedja. De mest uppmärksammade PFAS-ämnena är perfluoroktansulfonat (PFOS) och perfluoroktansyra (PFOA). PFAS har tillverkats sedan 1950-talet och används på grund av sina eftertraktade tekniska egenskaper i många olika typer av varor och kemiska produkter. Många PFAS är fett-, smuts- och vattenavvisande och används som impregnering av bland annat olika textilier, läder och papper. Många PFAS-ämnen har även ytaktiva egenskaper som gör dem användbara i till exempel rengöringsmedel, färger, skidvalla och kosmetika. PFAS-ämnen används även som smutsavvisningsmedel för byggnadsmaterial. I urban miljö sker spridning av PFAS till ytvatten till stor del via dagvatten från diffusa källor som till exempel avfallshantering, lakvatten från deponier och avnötning från material. Spridning av PFAS sker också via långväga transport i luft. Ämnena är mycket persistenta i miljön, bioackumulerande och toxiska (PBT-ämnen).

Analysresultaten för PFDS, PFOSA, PFUnDA, 8:2FTUCA, PFDoDA ligger alla, eller nästan alla under LOQ och det har därför inte varit meningsfullt att räkna på dessa ämnen.

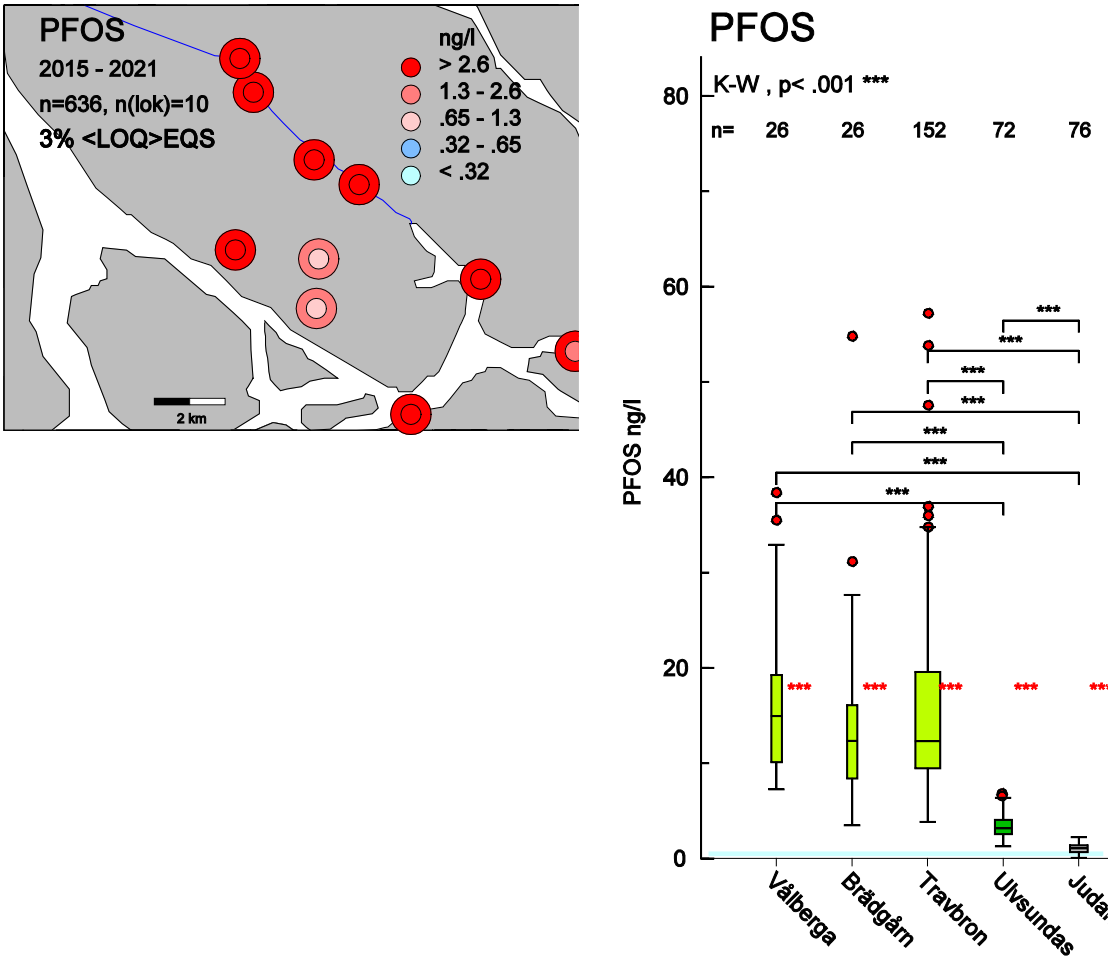
Gränsvärden saknas för individuella PFAS utom för PFOS, 0.65 ng/l för ytvatten respektive 9,1 µg/kg våtvikt för biota (HVMFS 2019:25). Gränsvärdet för PFOS har använts som tentativt gränsvärde för alla PFAS rapporterade i den här undersökningen.

PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) (PRIO)

Inom EU har användningen av PFOS minskat kraftigt och får inte längre finnas på marknaden, användas som enskild substans eller beståndsdel i preparat eller produkter i högre koncentrationer än 0,005 % (v/v) (bilaga XVII, REACH). Det finns dock undantag för processer där substitut saknas. Undantagen är fotolitografi, fotografiska beläggningar, medel för dämpning av dimma och väta vid galvanisering, och hydrauloljor inom flygindustrin. Sverige och Storbritannien har gått ännu längre och har infört nationella regler om förbud rörande användning och försäljning av PFOS. Även här finns ett undantag för hydrauloljor. 3M, som tidigare varit en stor producent av PFOS, bestämde sig år 2000 för att fasa ut produktionen. Detta inledde en trend mot minskad användning, som pågått under de senaste åren.

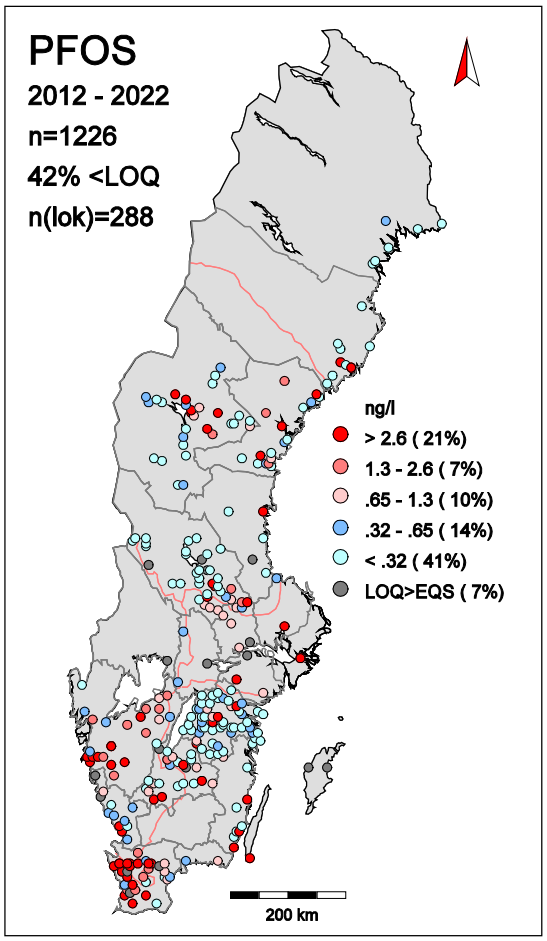
Rekommenderad matris för övervakning enligt vattendirektivet är biota. Krav finns på trendövervakning i sediment eller biota. PFOS är föreslagen som core indicator (krav) av HELCOM CORESET (biota och eventuellt sediment). PFOS ingår i OSPAR pre-CEMP (biota och sediment).

Ytvatten, gränsvärden: 0.65 ng/l (MKN)



Figur 21. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFOS i ytvatten för perioden 2015-2022.

Alla medelvärden ligger över gränsvärdet på 0.65 ng/l (MKN). Det gäller också runt 40 % av tillgängliga analysresultat från resten av landet. På 77 % av undersökta lokalerna i Stockholm ligger medelvärdet 4 ggr över gränsvärdet.



Figur 22. PFOS, koncentrationer i ytvatten i Sverige

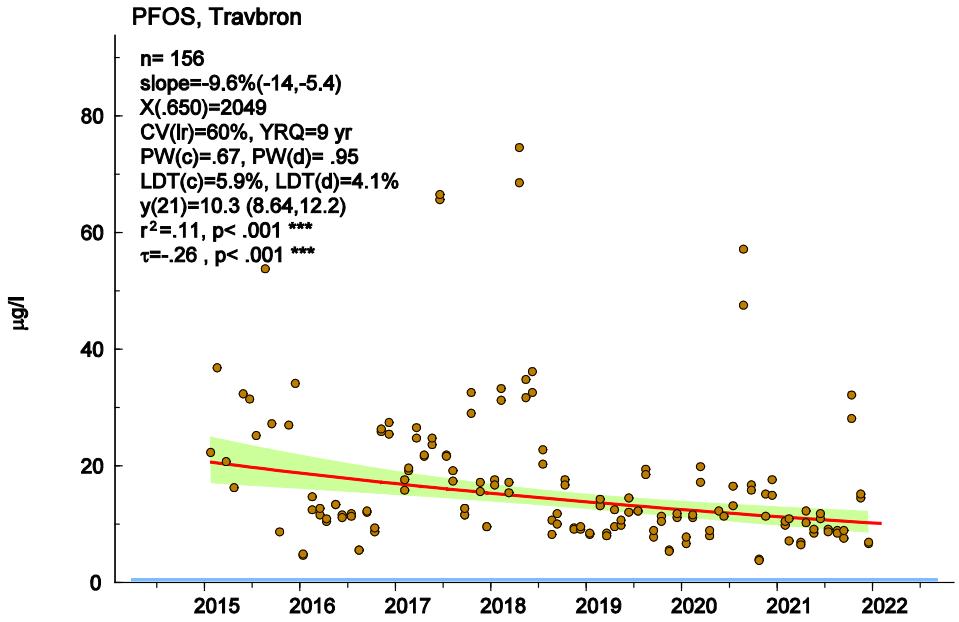
3.2.1.1 PFOS, tidsserier

Medelvärdena ligger oftast väsentligt högre än gränsvärdet men vid samtliga lokaler är trenden minskande. Endast Judarn visar idag medelvärden under nu gällande gränsvärde (0,65 ng/l). För Ulvsundasjön beräknas medelvärdet underskrida gränsvärdet år 2047 under förutsättning att halterna sjunker i samma takt som hittills. PFOS har också analyserats i abborremuskel som visar en signifikant ($p<0.05$) minskning i Ulvsundasjön.

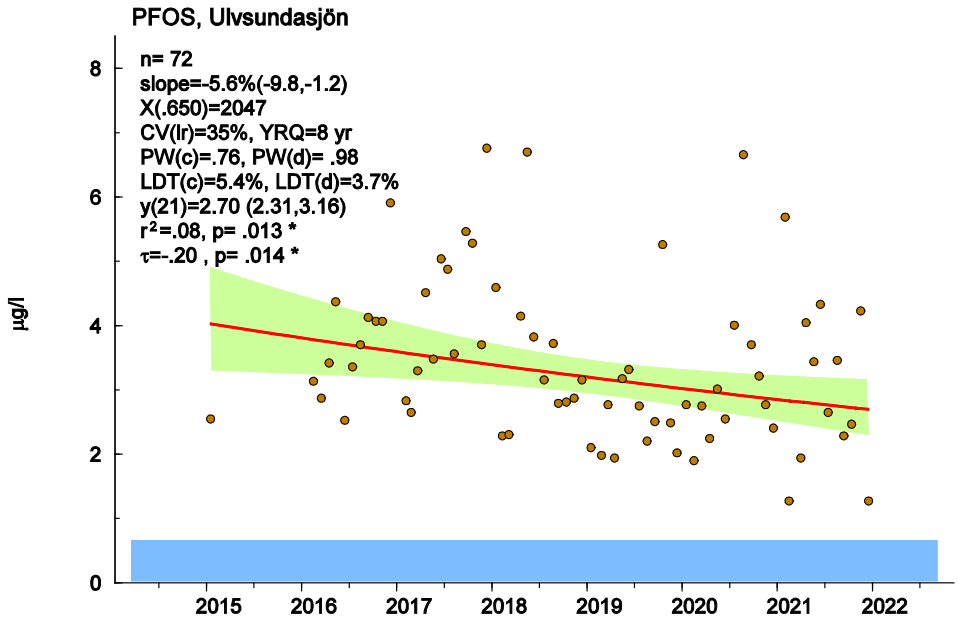
Tabell 17. Tidsserier PFOS

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-9.70	0.612		11	5.81	54.9	13.8	0.86	
Brg	26	20-21> 2	-12.6	0.4766		10	5.40	49.4	10.5	0.81	
Tra	156	15-21> 7	-9.64	<0.001	---	9	4.11	5.86	10.3	<0.001	---
Ulv	72	15-21> 7	-5.63	0.0134	-	8	3.75	5.36	2.70	0.014	-

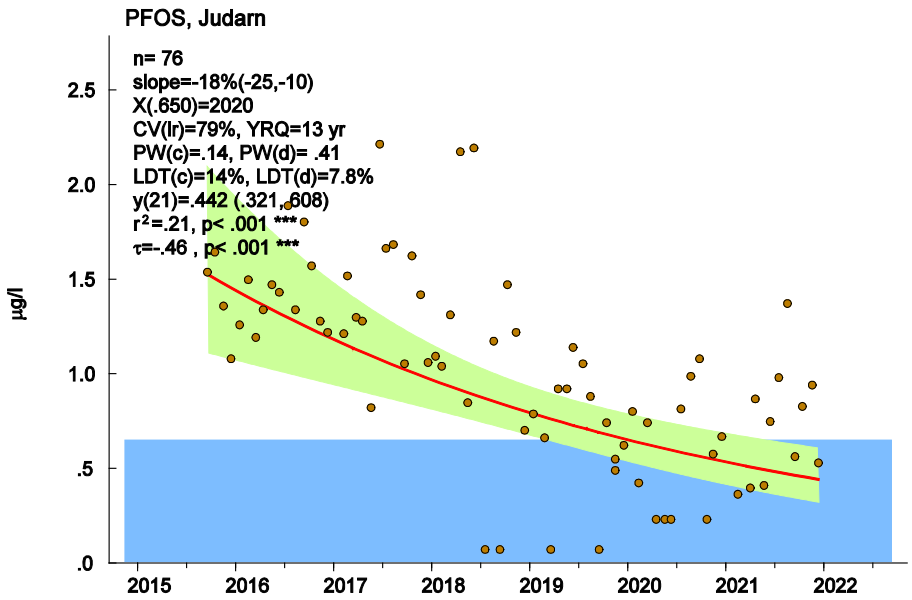
Jud	76	15-21> 7	-18.0	<0.001	---	13	7.76	14.2	0.442	<0.001	---
Median			**-9.70**				**5.40**	**14.2**			



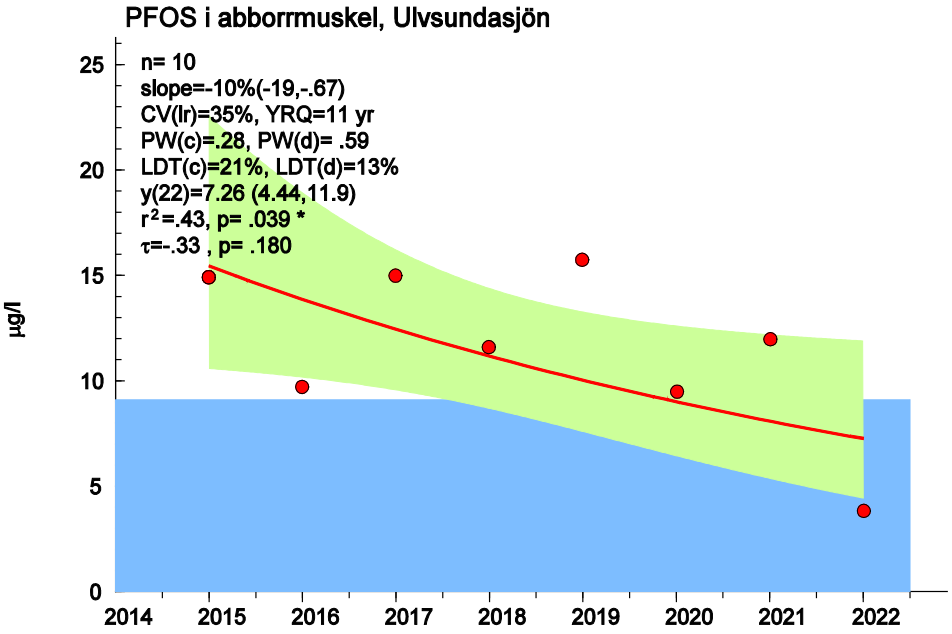
Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationen förväntas nå gränsvärdet 2049 om trenden håller i sig.



Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationen förväntas nå gränsvärdet 2047 om trenden håller i sig.



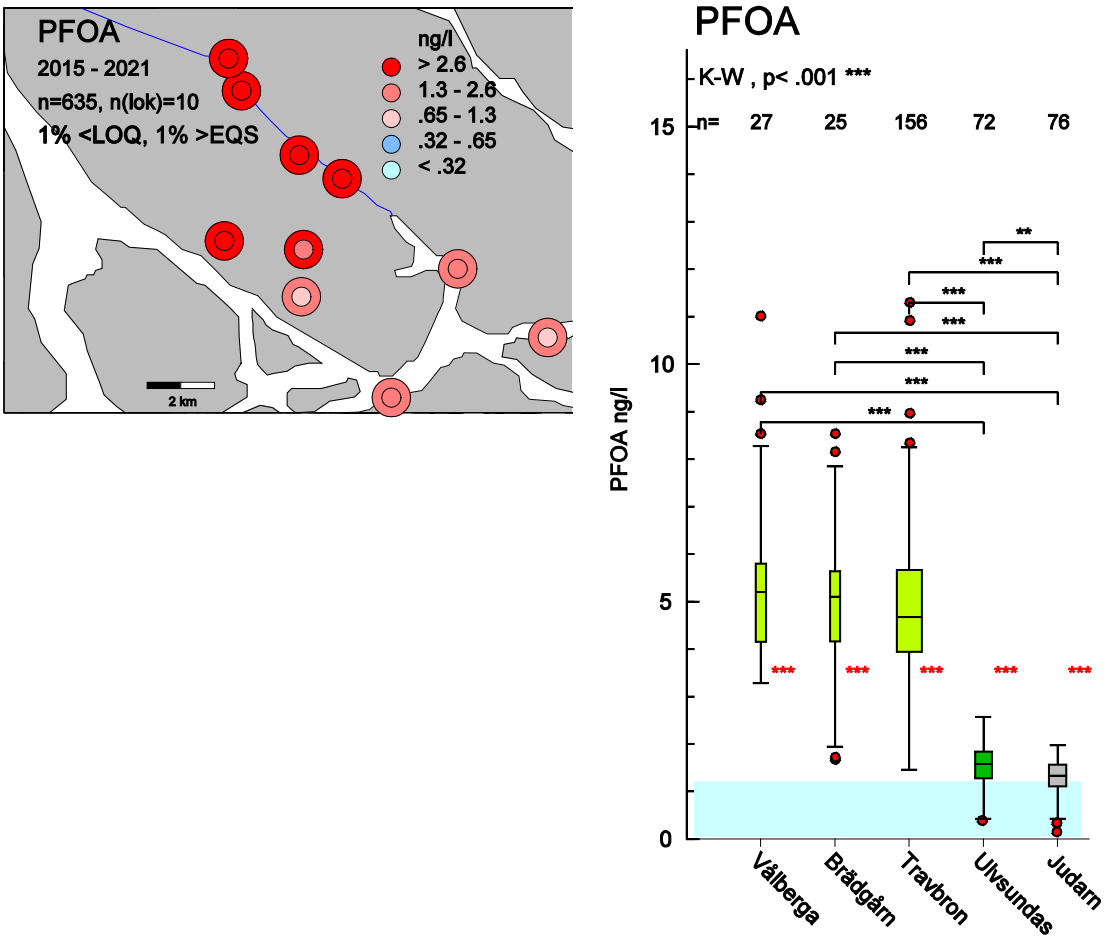
Analysresultat från referenssjön Judarn visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna från 2020 och framåt ligger under gränsvärdet.



PFOS i abborrmuskel från Ulvsundasjön visar signifikant minskande trend med 10% per år. Endast ett uppmätt värde från 2022 ligger under gränsvärdet för PFOS i fisk på 9.1 µg/kg ww

PFOA (Perfluoroktansyra)

Samtliga lokaler ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än i Ulvsundasjön och Judarna. Ulvsundasjön ligger signifikant högre än Judarn.



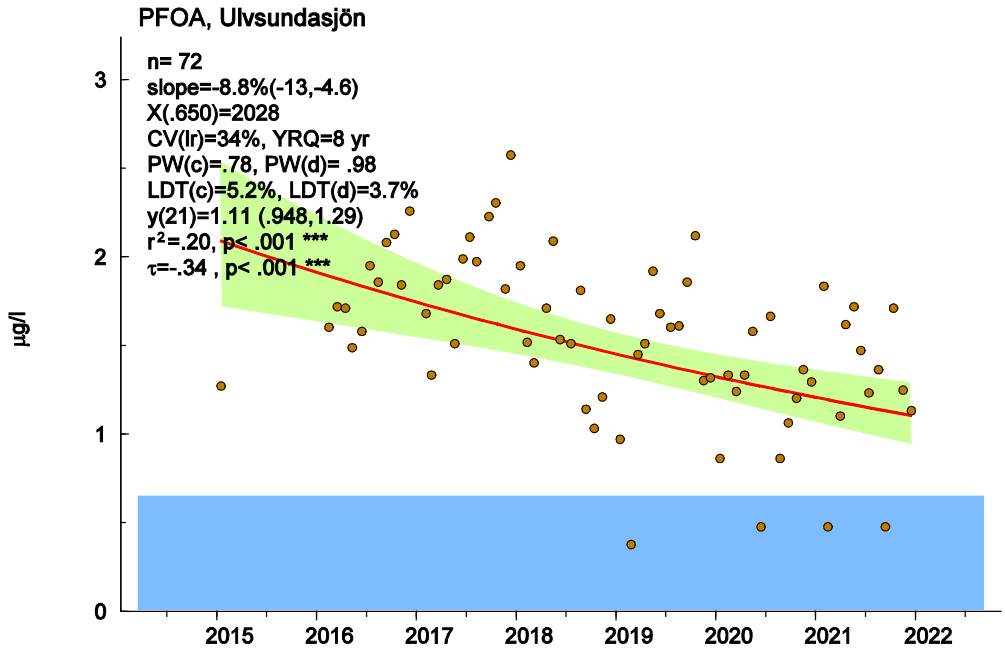
Figur 23. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFOA i ytvatten för perioden 2015-2022.

3.2.1.2 PFOA, tidsserier

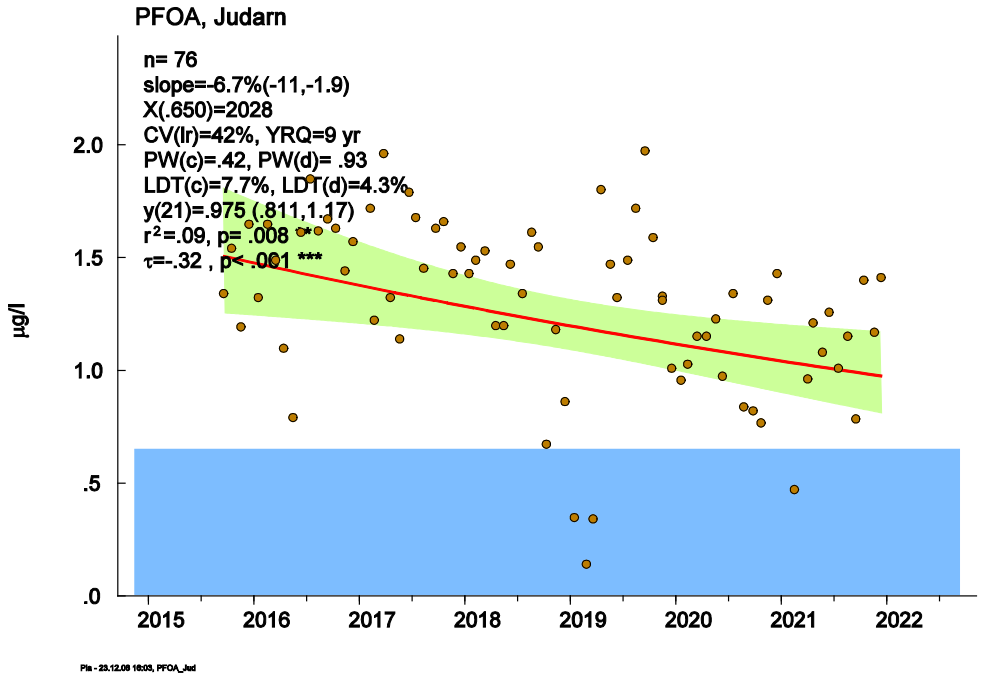
Koncentrationerna i Ulvsundasjön och Judarn minskar signifikant men inte vid Travbron i Bällstaån.

Tabell 18. Tidsserier PFOA

Lokal	N	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-0.0268	1.0		7	2.84	22.2	5.08	1	
Brg	25	20-21> 2	-10.05	0.47		9	4.19	35.4	4.11	0.76	
Tra	156	15-21> 7	0.077	0.96		6	2.46	3.48	4.56	0.61	
Ulv	72	15-21> 7	-8.795	0.00010	---	8	3.68	5.23	1.10	<0.001	---
Jud	76	15-21> 7	-6.729	0.0078	---	9	4.33	7.71	0.975	<0.001	---
Median			**-6.73**				**3.68**	**7.71**			



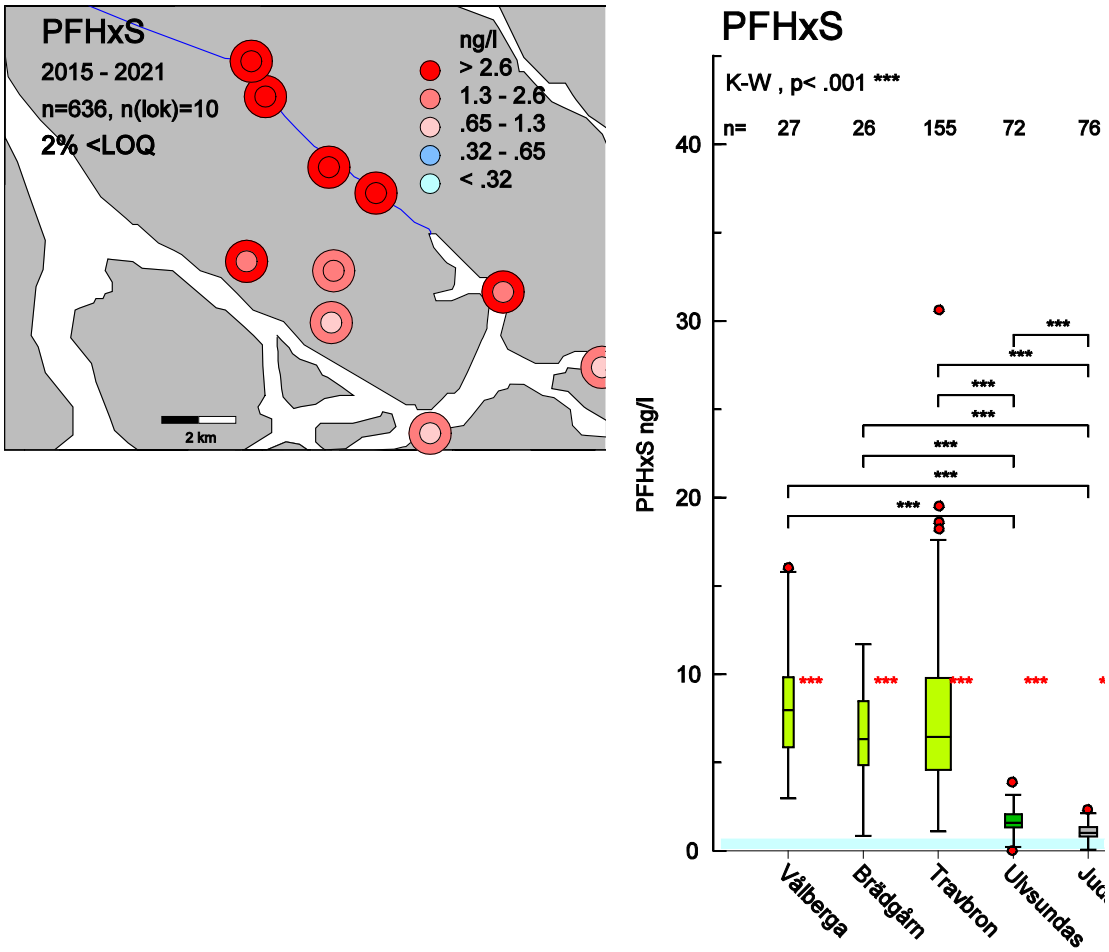
Analysresultat ligger huvudsakligen över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna kan förväntas nå gränsvärdet runt 2028 om trenden håller i sig.



Analysresultat ligger huvudsakligen över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna kan förväntas nå gränsvärdet runt 2028 om trenden håller i sig.

PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra)

Samtliga lokaler ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än i Ulvsundasjön och Judarna. Ulvsundasjön ligger signifikant högre än Judarn.



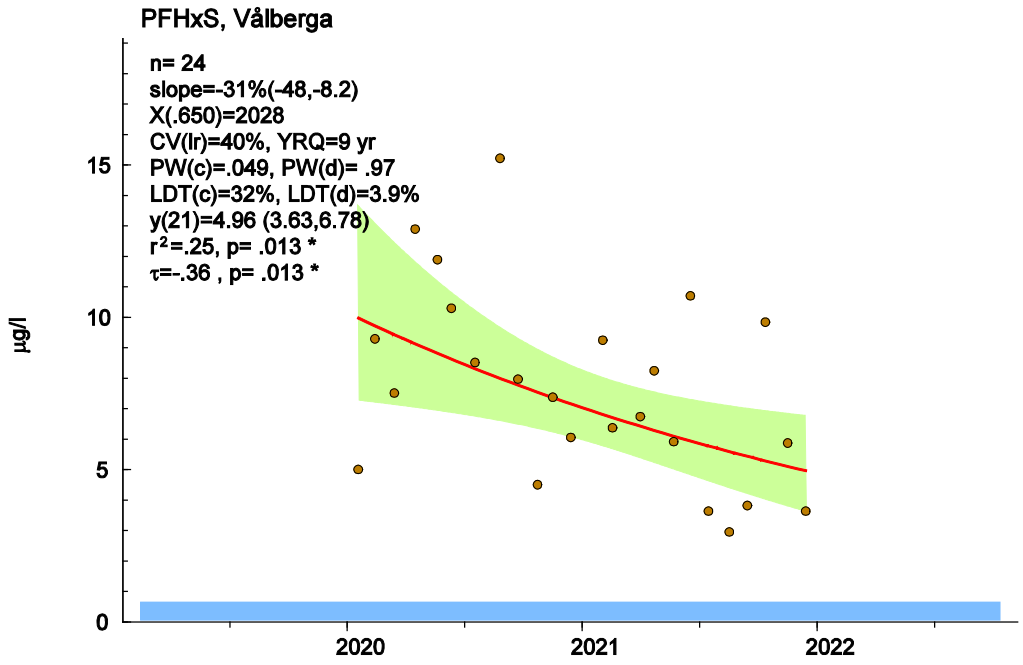
Figur 24. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFHxS i ytvatten för perioden 2015-2021.

3.2.1.3 PFHxS, tidsserier

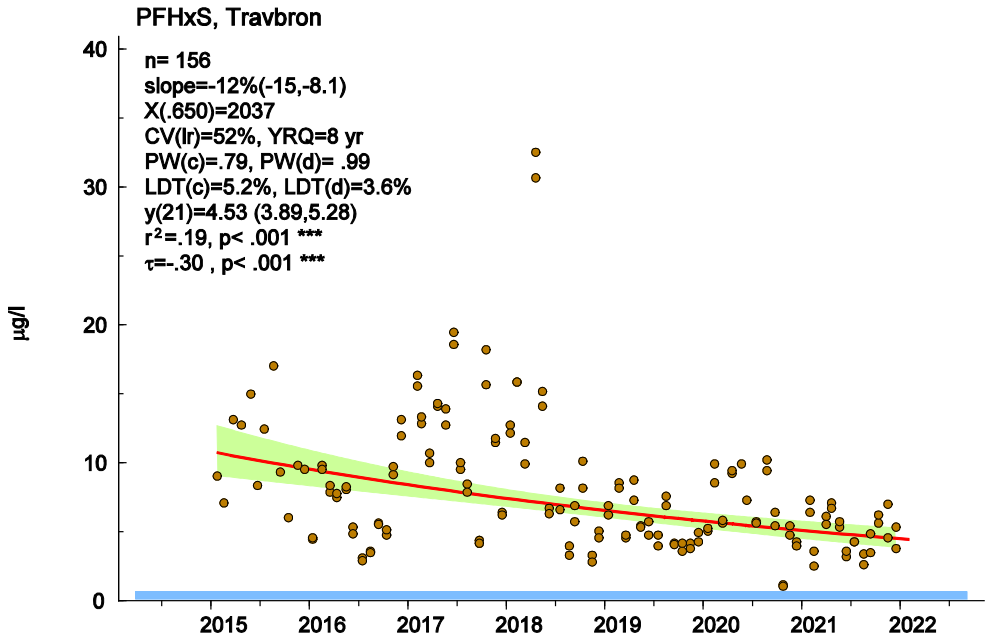
Koncentrationerna minskar signifikantvid alla lokaler, medianminskningen är ca 14% per år.

Tabell 19. Tidsserier PFHxS

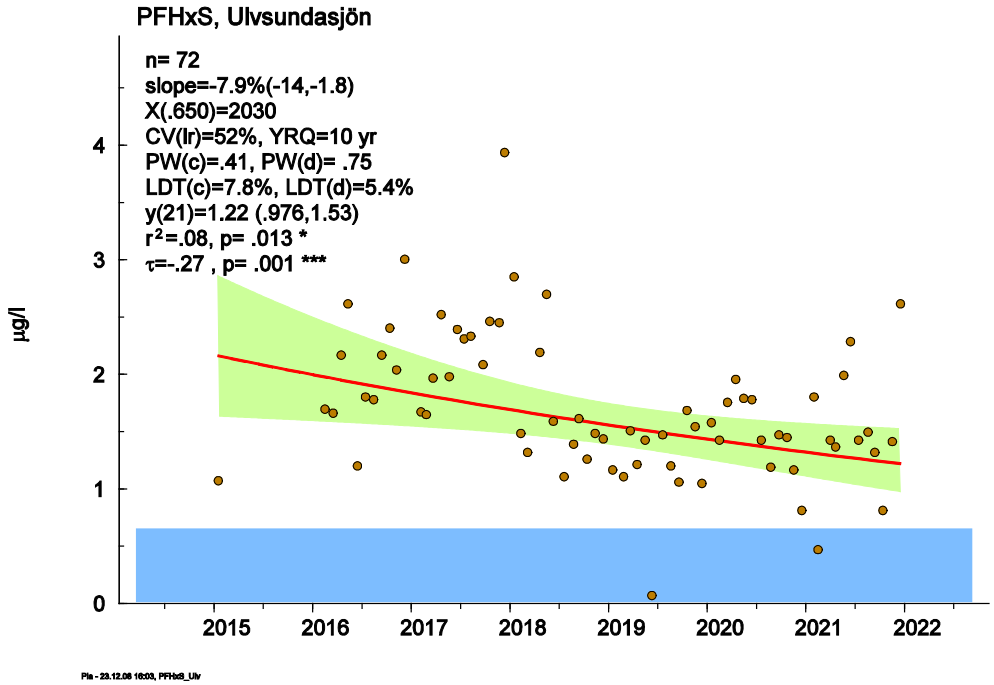
Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-30.68	0.013	-	9	3.90	32.5	4.96	0.013	-
Brg	26	20-21> 2	-29.93	0.067		10	5.41	49.5	4.05	0.074	
Tra	156	15-21> 7	-11.76	<0.001	---	8	3.63	5.18	4.53	<0.001	---
Ulv	72	15-21> 7	-7.935	0.013	-	10	5.42	7.78	1.22	<0.001	---
Jud	76	15-21> 7	-13.64	<0.001	---	13	7.33	13.3	0.568	<0.001	---
Median			**-13.6**			**10.0**	**5.41**	**13.3**			



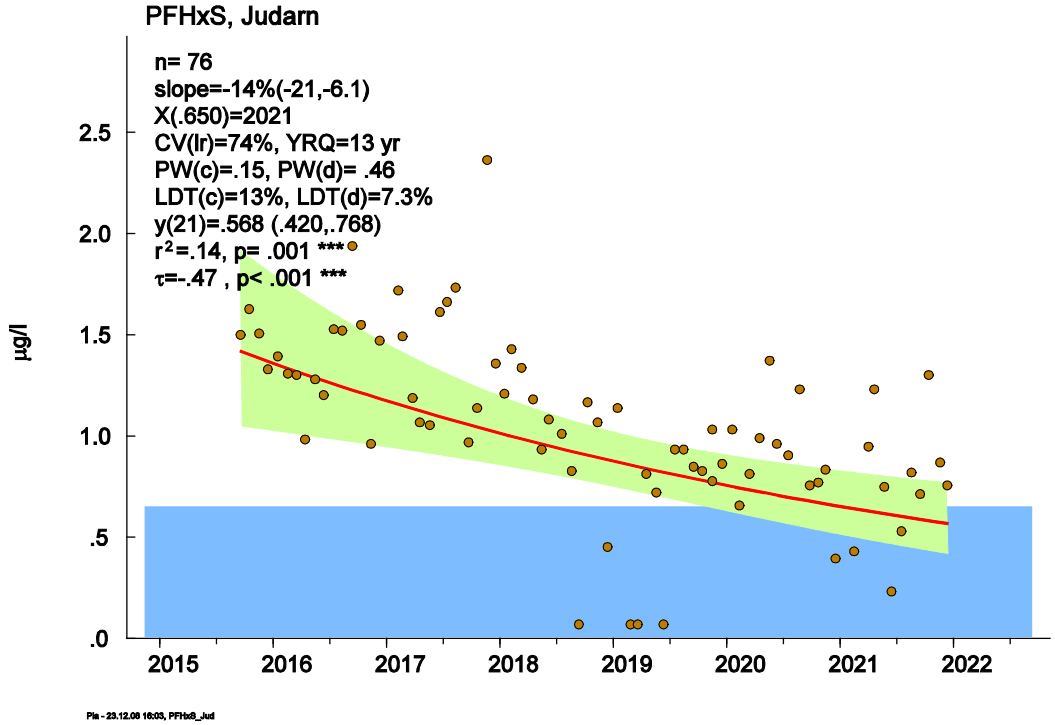
Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna kan förväntas nå gränsvärdet runt 2028 om trenden håller i sig.



Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna kan förväntas nå gränsvärdet runt 2037 om trenden håller i sig.



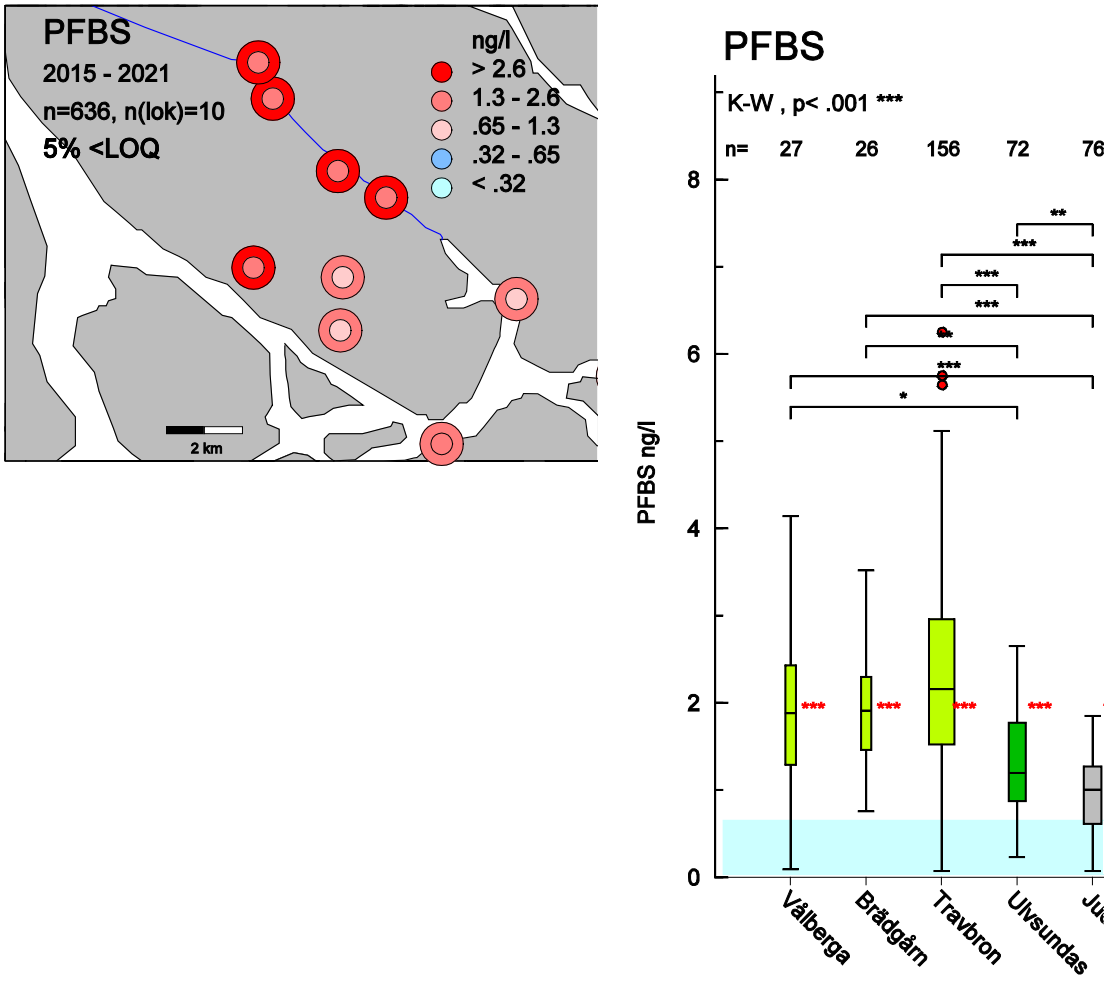
Nästan alla analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna kan förväntas nå gränsvärdet runt 2030 om trenden håller i sig.



Analysresultat från referenssjön Judarn visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna från 2021 och framåt ligger under gränsvärdet.

PFBS (Perfluorbutansulfonsyra)

Samtliga lokaler ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än i Ulvsundasjön och Judarna. Ulvsundasjön ligger signifikant högre än Judarn.



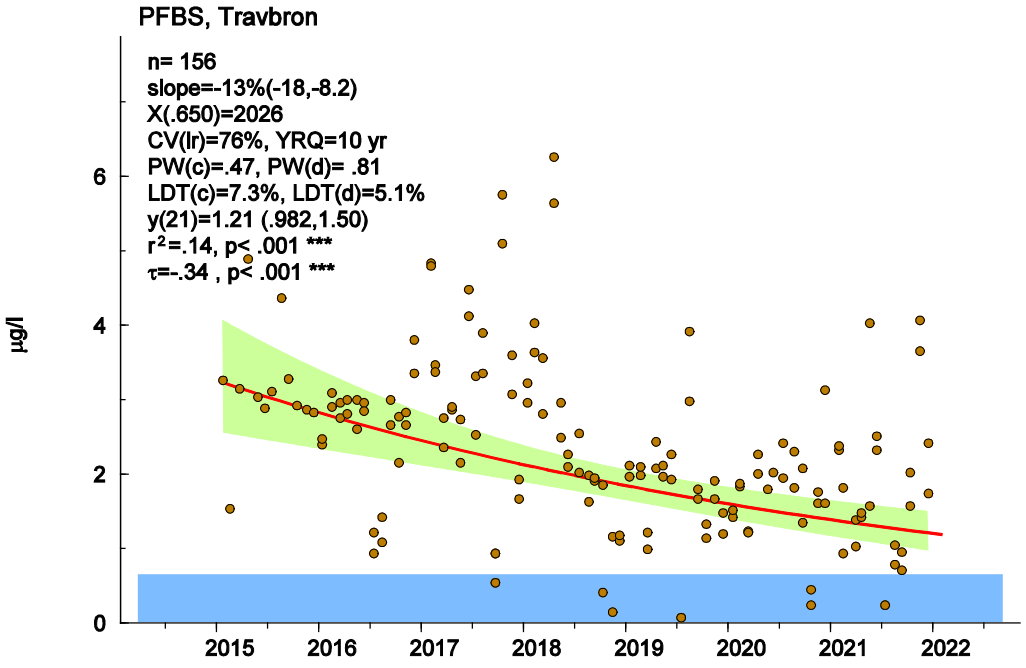
Figur 25. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFBS i ytvatten för perioden 2015-2021.

3.2.1.4 PFBS, tidsserier

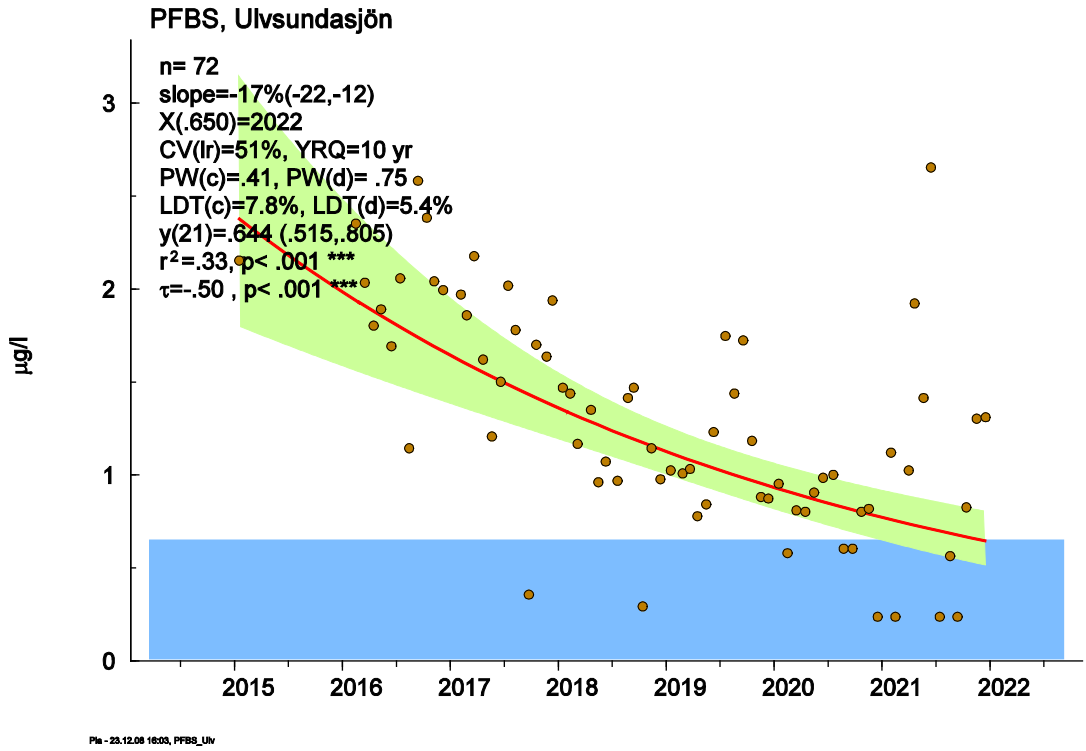
Koncentrationerna minskar på alla lokaler, vid tre av lokalerna (de som är undersökta 7 år) är minskningen signifikant, medianminskningen är 13.7% per år.

Tabell 20. Tidsserier PFBS

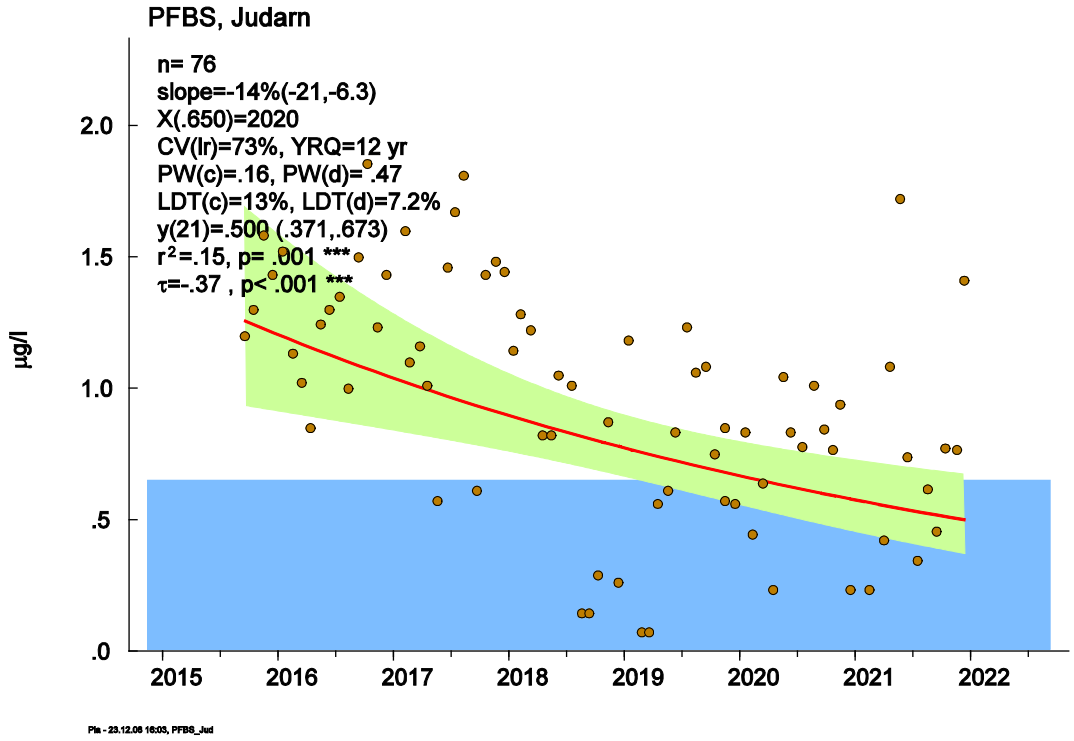
Lokal	N	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-30.1	0.256		15	9.28	112	0.938	0.54	
Brg	26	20-21> 2	-4.41	0.719		8	3.54	28.7	1.71	0.93	
Tra	156	15-21> 7	-13.2	<0.001	---	10	5.08	7.26	1.21	<0.001	---
Ulv	72	15-21> 7	-17.2	<0.001	---	10	5.40	7.76	0.644	<0.001	---
Jud	76	15-21> 7	-13.7	<0.001	---	12	7.22	13.1	0.500	<0.001	---
Median			**-13.7**			**10.0**	**5.40**	**13.1**			



De flesta analysresultat ligger över gränsvärdet men visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna kan förväntas nå gränsvärdet runt 2026 om trenden håller i sig.



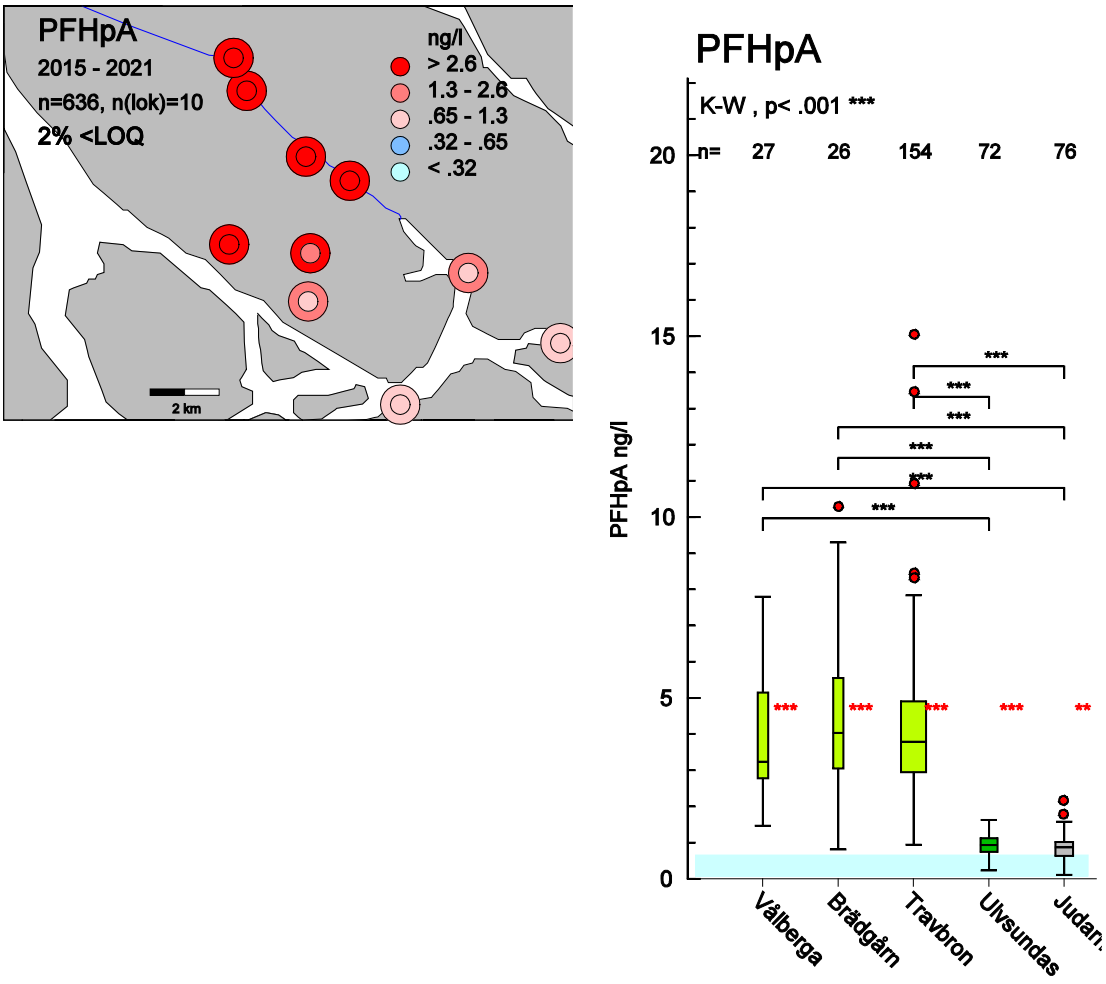
Analysresultat från Ulvsundasjön visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna från 2022 och framåt förväntas ligga under gränsvärdet.



Analysresultat från Judarn visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna från 2020 och framåt ligger under gränsvärdet.

PFHpA (Perfluorheptansyra)

Samtliga lokaler ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än i Ulvsundasjön och Judarna.



Figur 26. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFHpA i ytvatten för perioden 2015-2022.

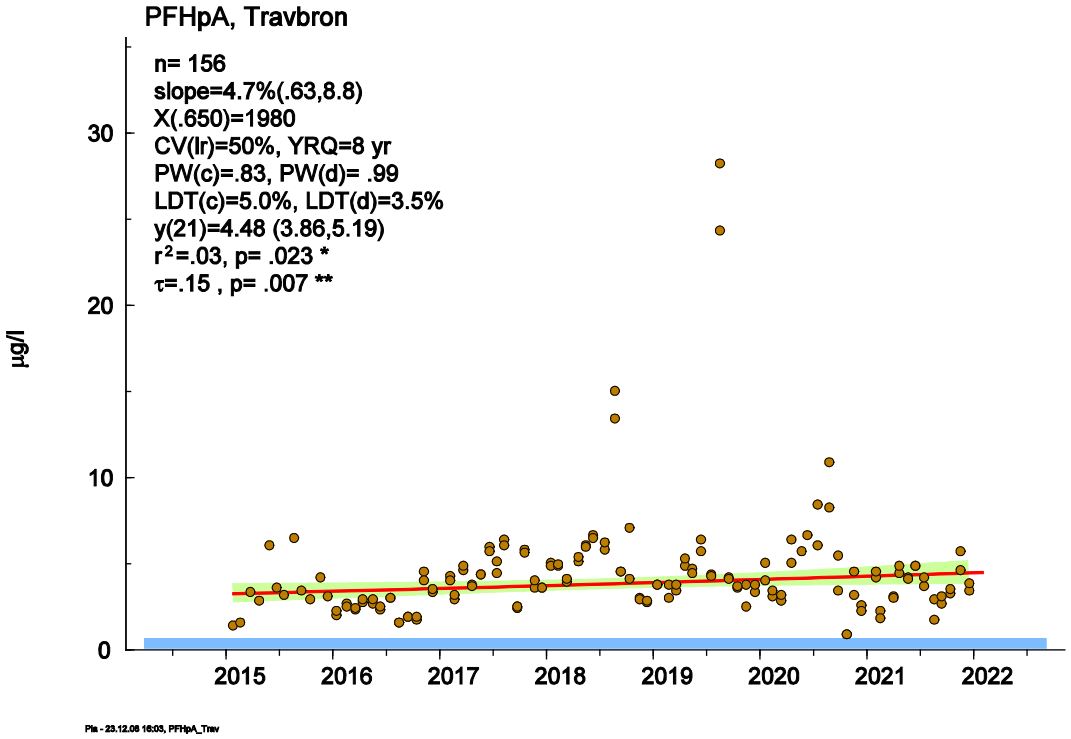
3.2.1.5 PFHpA, tidsserier

Koncentrationerna minskar vid alla lokaler, dock ej signifikant, utom vid Travbron, Bällstaån som visar en signifikant ***ökande*** trend.

Tabell 21. Tidsserier PFHpA

Lokal	N	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-15.9	0.27		9	4.47	38.6	2.84	0.47	
Brg	26	20-21> 2	-22.1	0.19		10	5.42	49.6	2.89	0.16	
Tra	156	15-21> 7	4.66	0.023	+	8	3.49	4.97	4.48	0.0066	++
Ulv	72	15-21> 7	-3.87	0.14		9	4.40	6.30	0.759	0.10	

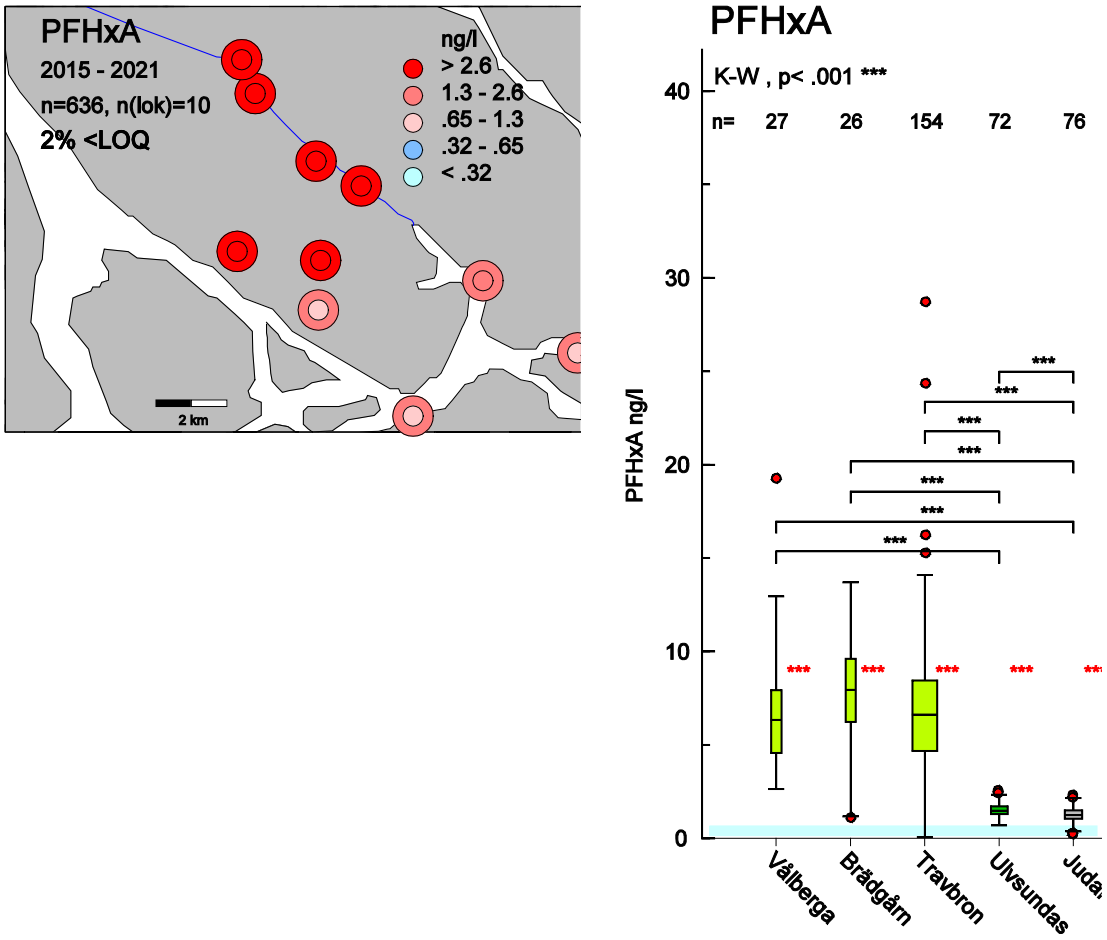
Jud	76	15-21> 7	-1.71	0.64	11	6.27	11.32	0.694	0.72
Median			**-3.87**		**9.0**	**4.47**	**11.3**		



Samtliga analysresultat ligger över gränsvärdet och visar en signifikant ökande trend på ca 5% per år. Mönstret med upp- och nedgångar antyder säsongsvariation som kanske kan hjälpa till att identifiera källor. De flesta PFAS-ämnena visar negativa trender att PFHpA ökar borde prioritera en identifiering av källor och åtgärder för att begränsa utsläpp.

PFHxA (Perfluorhexansyra)

Samtliga lokaler ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än i Ulvsundasjön och Judarna. Ulvsundasjön ligger signifikant högre än Judarn.



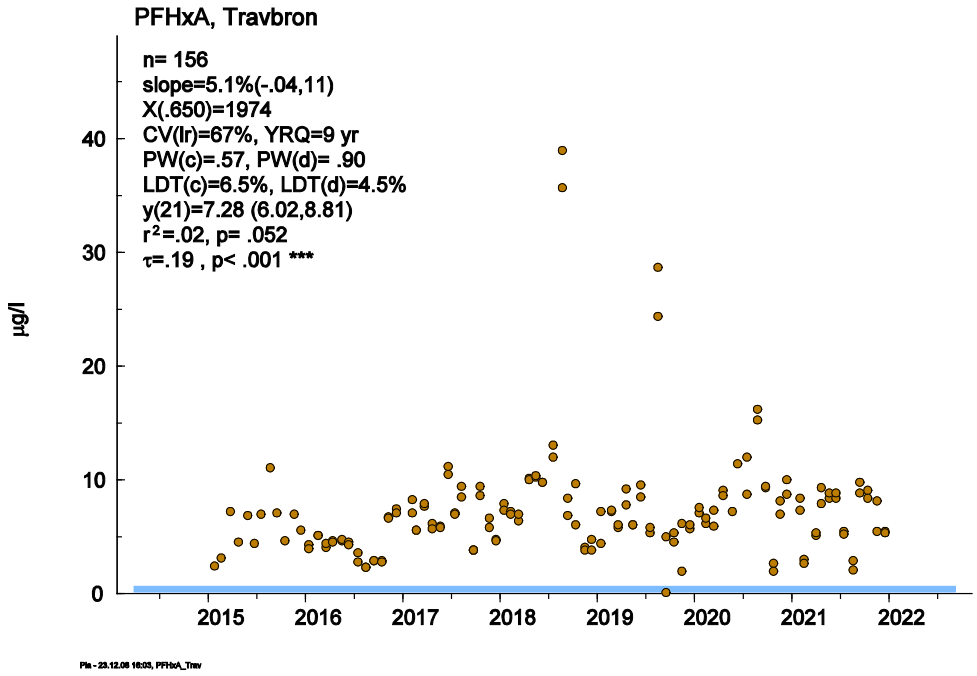
Figur 27. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFHxAS i ytvatten för perioden 2015-2022.

3.2.1.6 PFHxA, tidsserier

Inga lokaler visar signifikanta trender utom vid Travbron som visar en signifikant ökande trend med Mann-Kendals icke-parametriska trendtest (regressionstesten ligger nära signifikansnivån). Anledningen till att resultaten av trendtesten avviker från varandra är fyra avvikande högre koncentrationer. Detta gör att spridningen runt linjen ökar vilket minskar den statistiska styrkan för regressionstesten. Den icke-parametriska testen påverkas inte av extremvärden (se figur, nedan).

Tabell 22. Tidsserier PFHxA

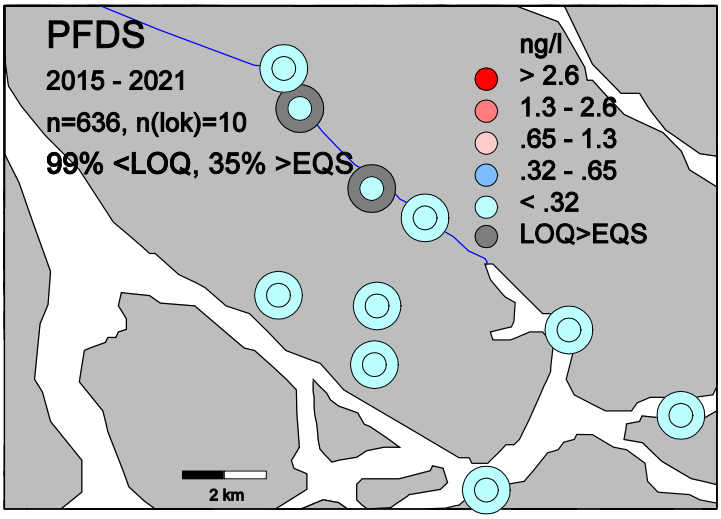
Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)	YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)	
Vlb	24	20-21> 2	-13.1	0.33	9	4.06	34.2	5.278	0.6915	
Brg	26	20-21> 2	-17.6	0.26	10	4.886	43.2	5.703	0.4536	
Tra	156	15-21> 7	5.141	0.052	9	4.54	6.49	7.283	0.00039	+++
Ulv	72	15-21> 7	0.262	0.8652	6	2.491	3.54	1.49	0.8155	
Jud	76	15-21> 7	-0.5726	0.8604	11	5.601	10.1	1.11	0.365	
Median			**-0.57**		**9.0**	**4.54**	**10.1**			



Nästan alla analysresultat ligger över gränsvärdet. Ingen trend. Även här finns antydningar till säsongsvariation med högre koncentrationer under somrarna.

PFDS (Perfluordekansulfonsyra)

Nästan alla analysresultat ligger under LOQ, i 35% av fallen är LOQ över det tentativa gränsvärdet på 0,65 ng/l. Jämförelser mellan lokaler eller tidsserieanalyser är inte meningsfulla.

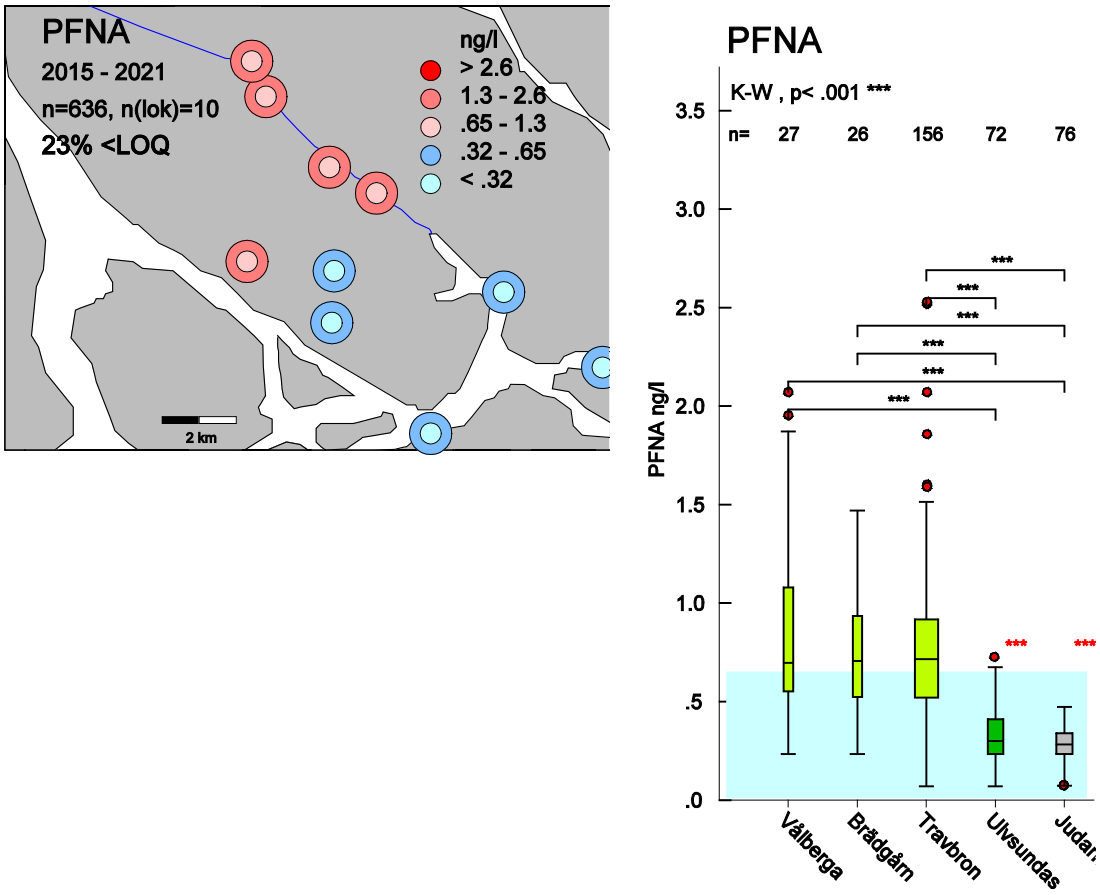


Figur 28. Medelvärde för PFDS i ytvatten för perioden 2015-2021.

PFNA (Perfluorononansyra)

PFNA är en långkedjig karboxylsyra.

Ulvsundasjön och Judarn ligger signifikant under det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än Ulvsundasjön och Judarn. Mediankoncentrationerna i Bällstaån ligger över men inte signifikant över gränsvärdet.



Figur 29. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFNA i ytvatten för perioden 2015-2022.

3.2.1.7

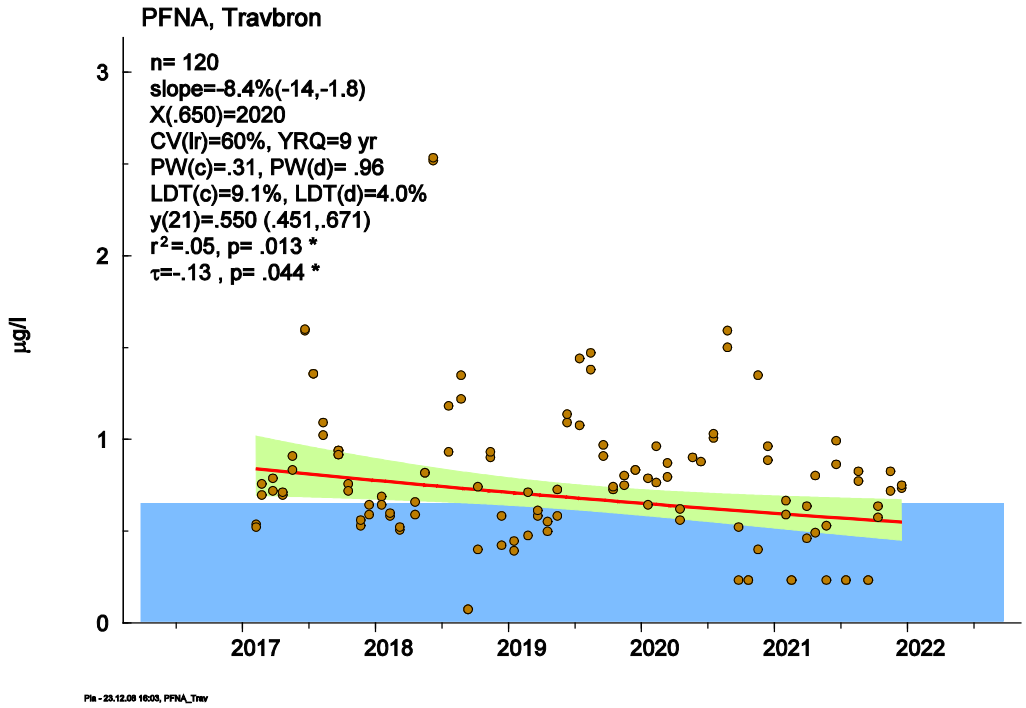
3.2.1.8 PFNA, tidsserier

Vid nästan alla lokaler minskar koncentrationerna men bara signifikant vid Travbron i Bällstaån. Serierna är korta, 2-3 år, vilket gör det mindre sannolikt att trenden blir signifikant om inte trenden är väldigt brant och/eller den slumpmässiga spridningen av resultaten är mycket liten. Medianminskningen är ca 5% per år.

Tabell 23. Tidsserier PFNA

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)	YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)
Vlb	24	20-21> 2	0.122	0.99	11	5.5	51.2	0.704	0.98

Brg	26	20-21> 2	-12.4	0.50		11	5.68	52.9	0.551	0.64	
Tra	120	17-21> 5	-8.37	0.013	-	9	3.98	9.07	0.550	0.044	-
Ulv	60	17-21> 5	-5.32	0.12		9	3.92	8.97	0.255	0.0017	--
Jud	60	17-21> 5	-3.40	0.34		9	4.04	9.28	0.249	0.020	-
			-5.33			**9.0**	**4.04**	**9.28**			

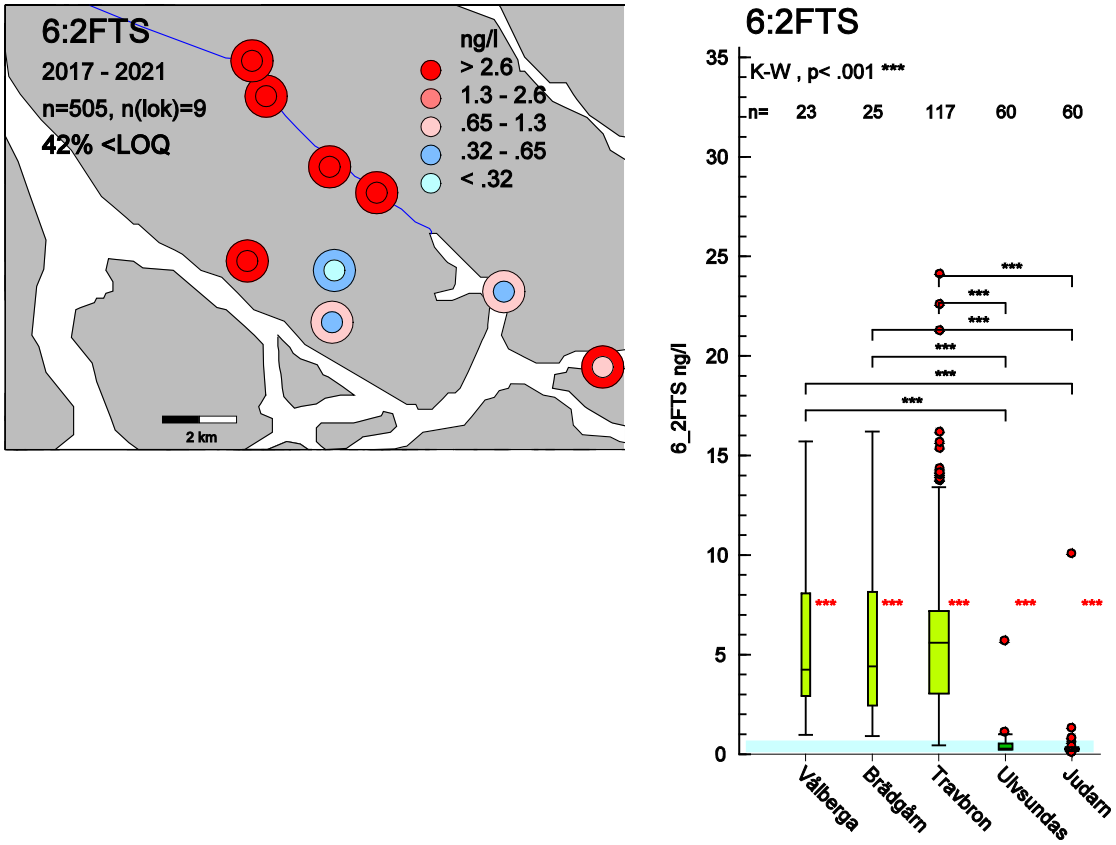


Analysresultat från Travbron visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna från 2020 och framåt ligger under gränsvärdet.

6:2 FTS (6:2 fluortelomersulfonsyra)

Höga halter av 6:2 FTS har uppmätts i grundvatten under områden förorenade med brandsläckningsskum, samt i lakvatten från förorenad mark.

Ulvsundasjön och Judarn ligger signifikant under det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än gränsvärdet. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än Ulvsundasjön och Judarn.



Figur 30. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för 6:2 FTS i ytvatten för perioden 2017-2021.

3.2.1.9 6:2 FTS, tidsserier

Vid nästan alla lokaler minskar koncentrationerna men inte signifikant. Tidsserierna är korta, 2-3 år, vilket gör det mindre sannolikt att trenden blir signifikant om inte trenden är mycket brant och/eller den slumpmässiga spridningen mycket liten.

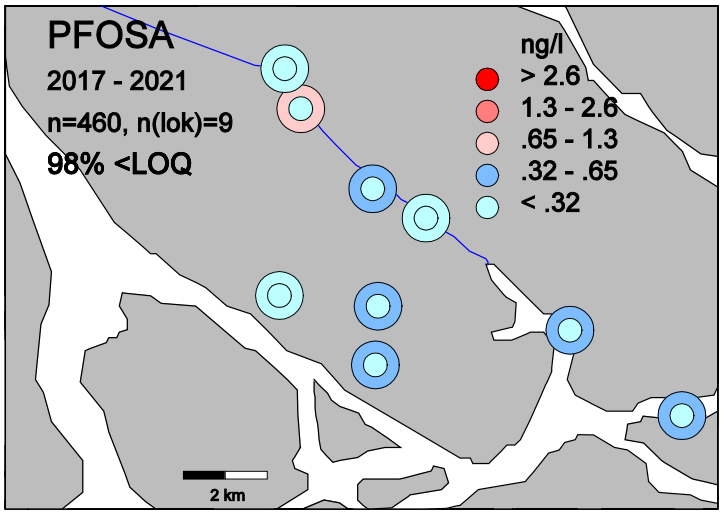
Tabell 24. Tidsserier 6:2 FTS

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)	YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)
Vlb	24	20-21> 2	-16.96	0.55	14	9.17	110	4.02	0.82
Brg	26	20-21> 2	-0.088	0.99	14	8.59	98.3	4.71	0.88
Tra	120	17-21> 5	-5.88	0.28	12	6.46	15.2	4.67	0.41

Ulv	60	17-21> 5	-1.93	0.71	11	6.11	14.4	0.363	0.048	-
Jud	60	17-21> 5	1.26	0.85	13	7.46	17.8	0.289	0.0046	--
Median			**-1.93**		**13.0**	**7.46**	**17.8**			

PFOSA (perfluoroktansulfonamid)

Nästan alla analysresultat ligger under LOQ (98%) vilket gör att jämförelser mellan lokaler eller tidsserieanalyser inte är meningsfulla.

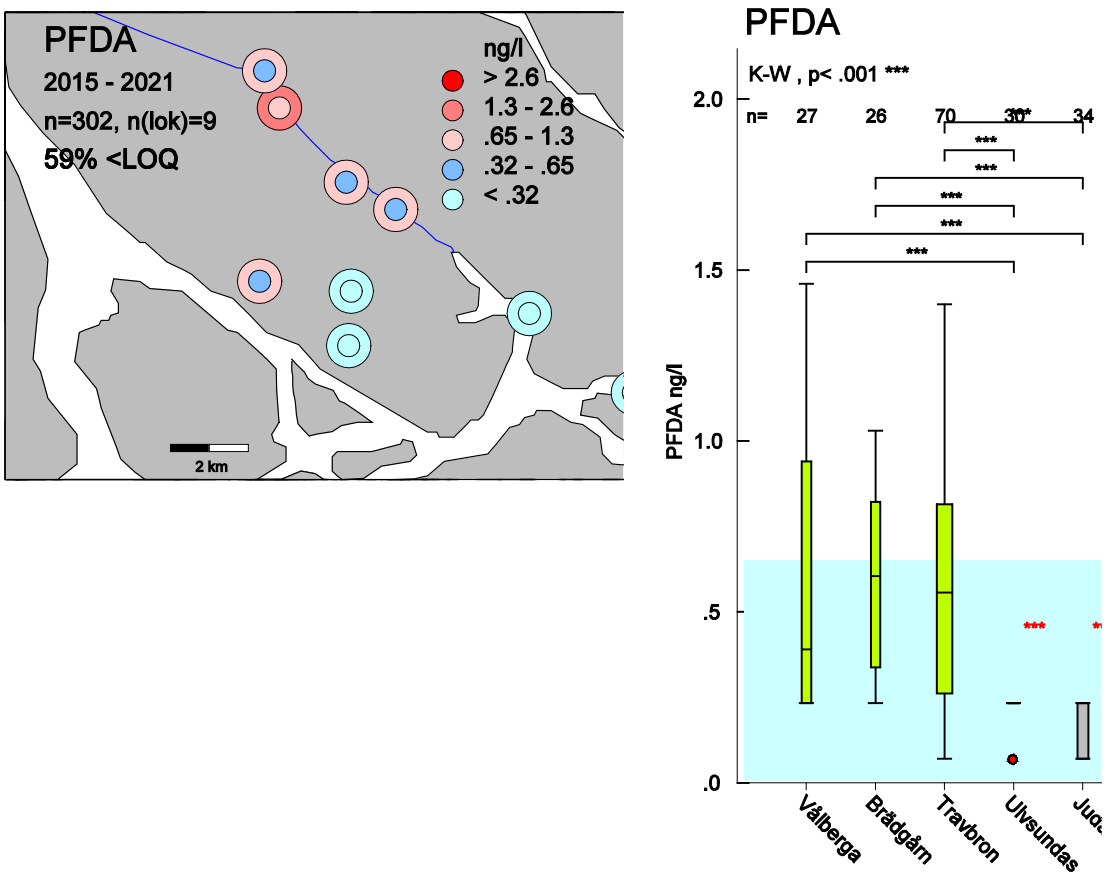


Figur 31. Medelvärde (vänster figur) för PFOSA i ytvatten för perioden 2017-2021.

PFDA (perfluordekansyra)

Ulvsundasjön och Judarn ligger signifikant under gränsvärdet. Lokalerna i Bällstaån har mediankoncentrationer under gränsvärdet men en del prov hamnar över gränsvärdet och

dessa lokaler ligger inte signifikant under gränsvärdet. Lokalerna i Bällstaån är signifikant högre än Ulvsundasjön och Judarn.



Figur 32. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFDA i ytvatten för perioden 2017-2021.

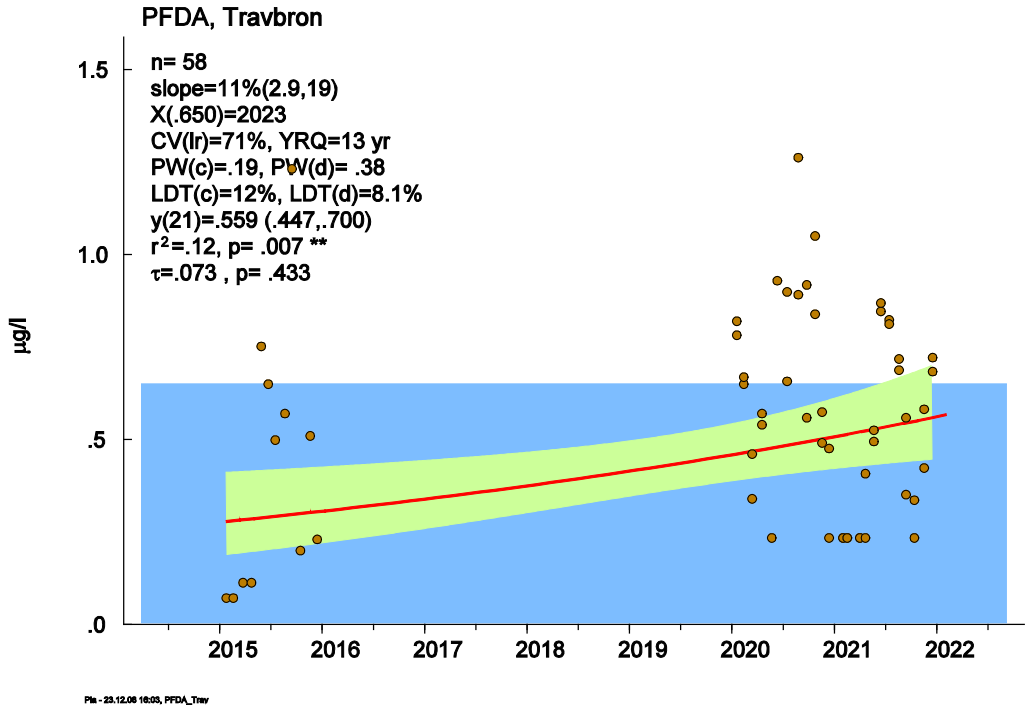
3.2.1.10 PFDA, tidsserier

Koncentrationerna vid Travbron i Bällstaån ökar signifikant (p<0.0074). De två andra mätserierna från Bällstaån är korta, 2-3 år, vilket gör det mindre sannolikt att trenden blir signifikant om inte trenden är väldigt brant och/eller den slumpmässiga spridningen mycket liten. I Ulvsundasjön ligger koncentrationerna under LOQ och har därför inte kunnat utvärderas.

Tabell 25. Tidsserier PFDA

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)
Vlb	24	20-21> 2	-36.96	0.057		12	6.78	68.4	0.30	0.11
Brg	26	20-21> 2	-21.45	0.18		10	5.09	45.6	0.41	0.19
Tra	58	15-21> 7	10.63	0.0074	++	13	8.13	11.8	0.56	0.43

Median	**-21.5**	**12.0**	**6.78**	**45.6**

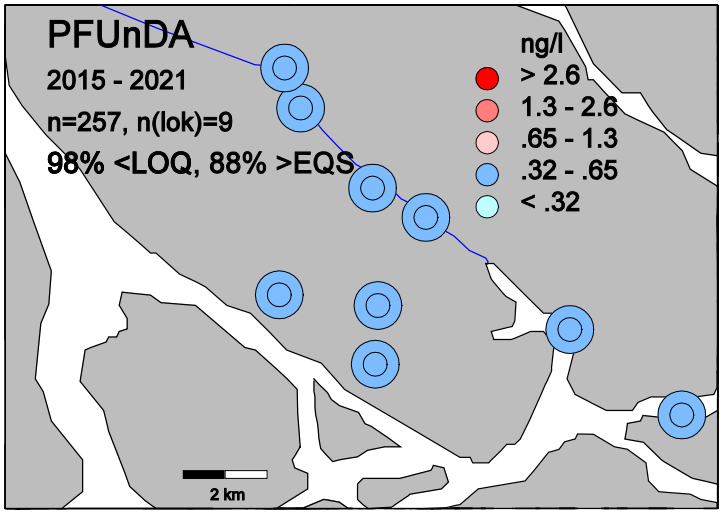


Flera analysresultat ligger över gränsvärdet. Analysresultaten uppvisar en signifikant ökande trend och medelkoncentrationen kan befaras ha passerat gränsvärdet 2023.

Nästan 60% av analysresultaten ligger dock under LOQ. Trenden måste därför tolkas med försiktighet.

PFUnDA (perfluorundekansyra)

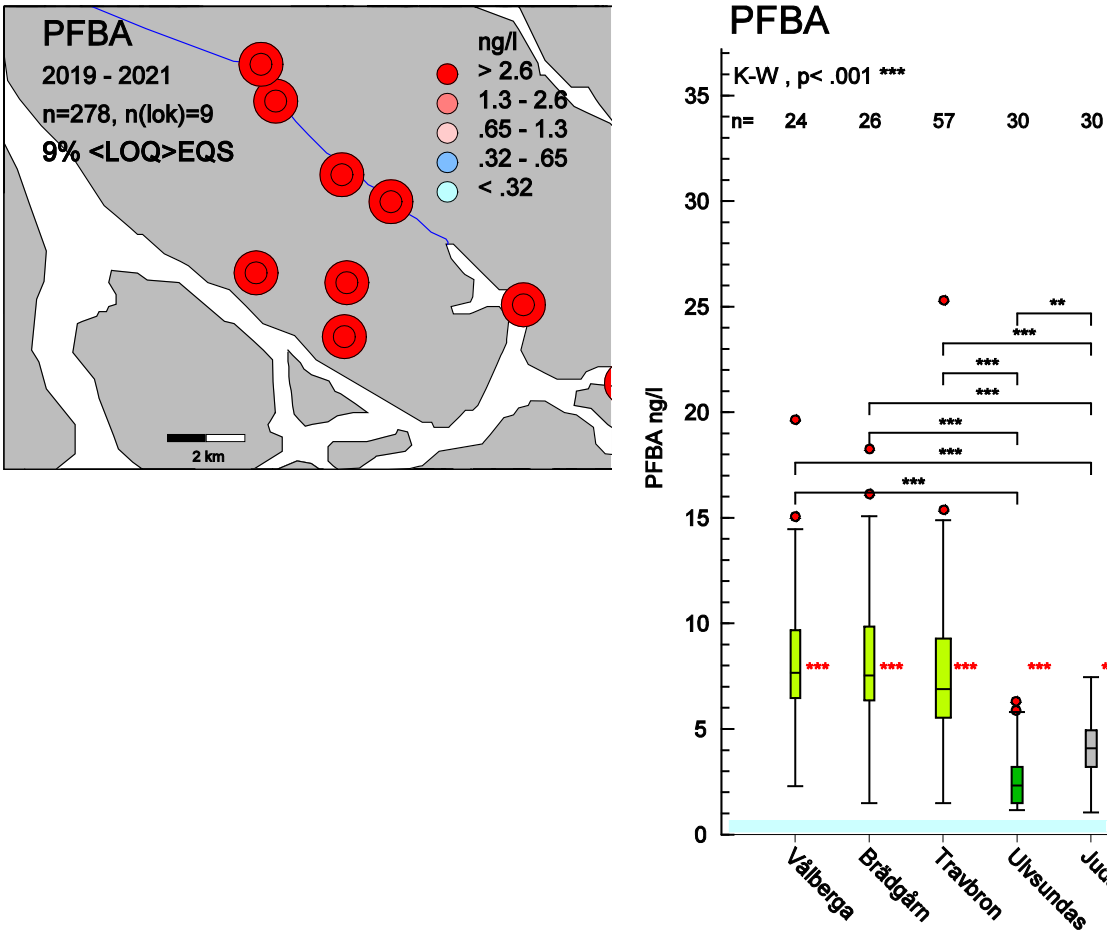
Nästan alla analysresultat ligger under LOQ, i 88% av fallen ligger LOQ över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Jämförelser mellan lokaler eller tidsserieanalyser är därför inte meningsfulla.



Figur 33. Medelvärde (vänster figur) för PFUnDA i ytvatten för perioden 2017-2021.

PFBA (Perfluorbutansyra)

Samtliga lokaler ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än Ulvsundasjön och Judarn. Ulvsundasjön ligger signifikant under Judarn



Figur 34. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFBA i ytvatten för perioden 2017-2021.

3.2.1.11 PFBA, tidsserier

Inga signifikanta tidsserier kunde identifieras för PFBA.

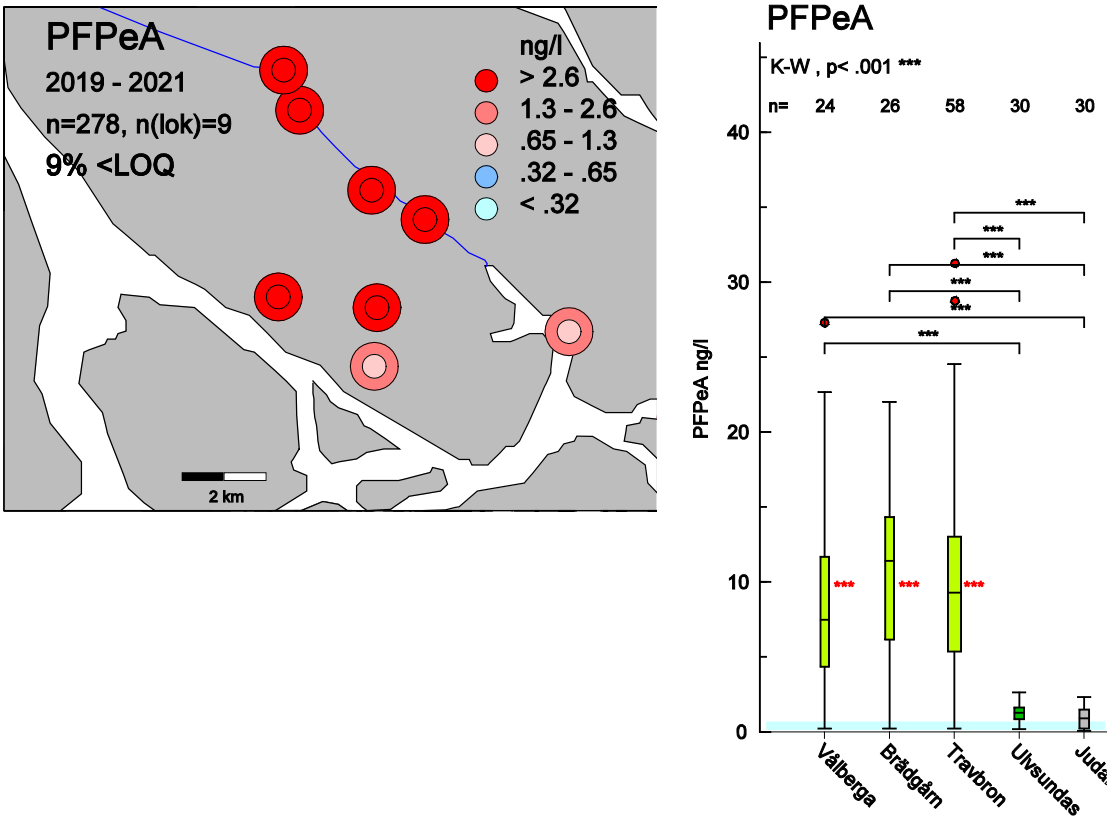
Tabell 26. Tidsserier PFBA

Lokal	N(tot)	Årsspann	Trend(%)	P(lr)	YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)
Vlb	24	20-21> 2	8.70	0.610	10	4.68	40.9	8.24	0.32
Brg	26	20-21> 2	-0.376	0.984	11	5.53	51.0	7.25	0.64
Tra	58	19-21> 3	1.32	0.900	10	4.69	40.4	7.00	0.19
Ulv	30	19-21> 3	-3.50	0.777	11	5.58	52.4	2.30	0.75
Jud	30	19-21> 3	16.9	0.151	10	4.81	42.8	4.60	0.14

Median	**1.32**	**10.0**	**4.81**	**42.8**

PFPeA (perfluorpentansyra)

Lokaler i Bällstaån ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet på 0.65 ng/l. Lokalerna i Bällstaån ligger signifikant högre än Ulvsundasjön och Judarn. Ulvsundasjön och Judarn ligger nära gränsvärdet.



Figur 35. Medelvärde (vänster figur) respektive medianhalt (höger figur) för PFPeA i ytvatten för perioden 2017-2021.

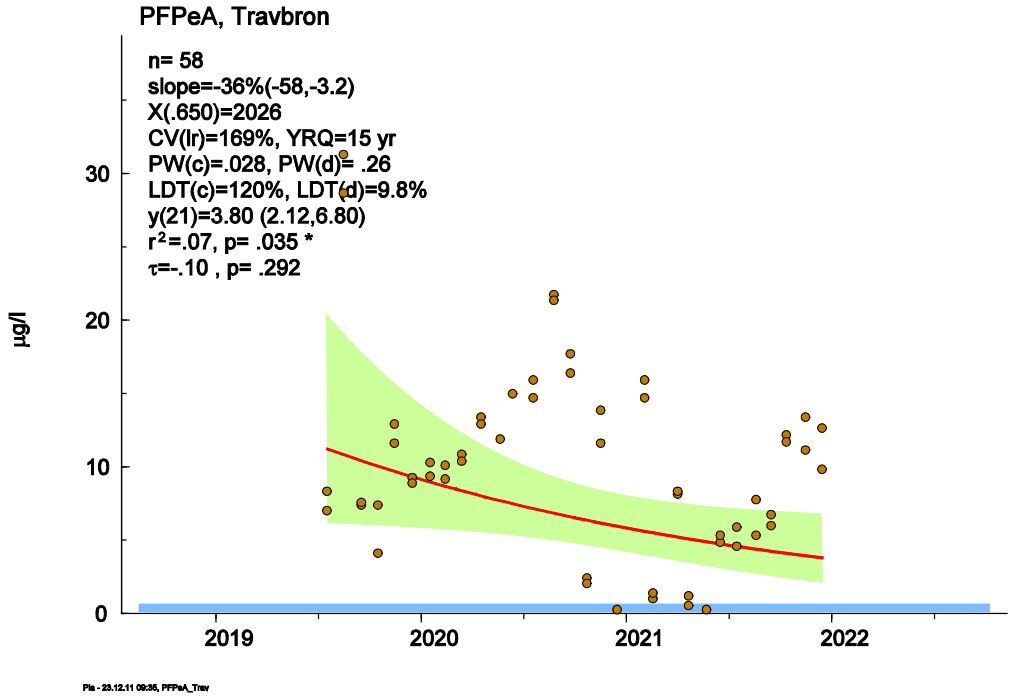
3.2.1.12 PFPeA, tidsserier

Mätserierna är endast 2-3 år långa. Koncentrationerna på alla lokaler visar en tendens till minskning, endast vid Travbron är minskningen signifikant (p<0.035).

Tabell 27. Tidsserier PFPeA

Lokal	N	Årsspann	Trend(%)	P(lr)		YRQ	LDT(d)	LDT(c)	Senaste år	P(tau)
Vlb	24	20-21> 2	-34.93	0.23		16	10.5	141	4.05	0.43
Brg	26	20-21> 2	-47.28	0.083		16	10.7	144	4.22	0.094
Tra	58	19-21> 3	-36.16	0.035	-	15	9.77	120	3.8	0.29
Ulv	30	19-21> 3	-19.98	0.25		14	8.82	104	0.758	0.097

Jud	30	19-21> 3	34.13	0.21	16	10.9	152	1.02	0.22
Median			**-34.9**		**16.0**	**10.5**	**141**		



Analysresultat från Travbron visar en signifikant minskande trend. Medelkoncentrationerna beräknas underskrida gränsvärdet runt år 2026 om trenden fortsätter i samma takt.

4. Diskussion och slutsatser

Jämförelserna visar *signifikant högre koncentrationer av alla undersökta ämnen* som har analysresultat över kvantifieringsnivån *i Bällstaån jämfört med Ulvsundasjön*. Detta tyder på lokal belastning av miljögifter till Bällstaån. Utspädning i den större recipienten, Ulvsundasjön gör att vattenkvaliteten med avseende på de undersökta ämnena är avsevärt bättre här.

Av de metaller som analyserats ligger koppar och zink signifikant *över* gränsvärdet i Bällstaån, i Ulvsundasjön endast koppar. Kvicksilver har inte analyserats.

Av PAH-erna ligger benso(a)pyren signifikant över gränsvärdet både i Bällstaån och i Ulvsundasjön som dock visar en minskande trend. Övriga PAH-er ligger signifikant under gränsvärdet i Ulvsundasjön. I Bällstaån ligger antracen, benso(k)fluoranten, och fluoranten signifikant under gränsvärden, övriga PAH-er i närheten av gränsvärdet. Mediantrenderna för samtliga PAH:er antyder glädjande nog minskningar på mellan 14 - 35% per år vilket är mycket jämfört med mer opåverkade områden i Sverige (längden på PAH-serierna är dock kort).

De PFAS-ämnen som analyserats *ligger samtliga signifikant över gränsvärdet i Bällstaån*.

I Ulvsundasjön ligger PFNA, 6:2 FTS, PFDA signifikant under gränsvärdet. PFOS, PFOA, PFHxS, PFBS, PFHpA, PFHxA samt PFBA signifikant över gränsvärdet.

Situationen i Bällstaån är märkbart sämre jämfört med Ulvsundasjön och Judarn. Flera PFAS-ämnen (PFDS, PFOSA, PFUnDA, 8:2FTUCA, PFDoDA) har analysresultat som till mer än 95 % ligger under kvantifieringsnivån. Glädjande nog visar PFOS, PFHxS, PFBS, PFNA, PFPeA signifikant minskande trender i Bällstaån och PFOS,PFOA, PFHxS och PFBS signifikant minskande trender i Ulvsundasjön.

Av rapporten framgår vidare hur små förändringar över tid som det pågående programmet förmår att upptäcka (effektnivå eller "känslighet"). Känsligheten för att upptäcka förändringar i metallhalter ligger på mellan 3 och 11% och får övervakningen hålla på några år till kan känsligheten förbättras till 8% per år för samtliga metaller (med 80% statistisk styrka).

För PAH-er är tidserierna idag för korta men om de får hålla på i 10 år bör de kunna upptäcka en förändring under 10% per år.

PFAS-ämnena uppvisar generellt lite mindre spridning än PAH-erna och tidsserierna är längre och börjar närma sig en känslighet på 10%.

Att uppnå en känslighet på 5% per år vore önskvärt men ser endast realistiskt ut för vissa av metallerna. För övriga övervakade ämnen verkar 10% ligga nära. Det får betraktas som acceptabelt. Ett sätt att minska "slumpmässig spridning" och därmed förbättra känsligheten vore att 1) försöka poola prov från över ett kortare tidsintervall 2) försöka hitta faktorer som på ett systematiskt sätt påverkar vattenkoncentrationerna exempelvis avrinning (flödesmätningar) säsongsvariation (användning av kemikaler) och justera för dessa, 3) undersök och försök förklara extrema värden. Felskrivningar och kontaminerade prov kan uteslutas.

Det är viktigt att försöka identifiera vilka källor som ligger bakom de rapporterade ämnen som överskrider gränsvärdena och försöka åtgärda dessa. Speciellt för ämnen som visar signifikant ökande trender i Bällstaån såsom bly, nickel, zink, PFHpA och PFDA.

5. Referenser

Bignert A, Riget F, Braune B, Outridge P, Wilson S (2004) Recent temporal trend monitoring of mercury in Arctic biota – how powerful are the existing datasets? *J. Environ. Monit, 6(4), 351 – 355.*

Bignert, A, (2013) The PIA application for statistical analysis of time-series data. (https://www.researchgate.net/publication/284756856_PIA_statistical application developed for use by the Arctic Monitoring and Assessment Programme)

Cohen J (1988) Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.), *New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, ISBN 0-8058-0283-5*

Ellis P D (2010) The Essential Guide to Effect Sizes. Cambridge University Press. 173 p.

Helsel D R, (2005) Nondetects and Data Analysis. Statistics for Censored Environmental Data. *Wiley Inter Science. 250 p.*

HVMFS 2015:26 och 2019:25. Havs- och vattenmyndighetens författningssamling.

Kemakta, IMM, 2017. Datablad för Polycykliska aromatiska kolväten (PAH). *Rapport till Naturvårdsverket*

Loftis JC., Ward RC., Phillips RD (1989) An Evaluation of Trend Detection Techniques for Use in Water Quality Monitoring Programs. *EPA/600/3-89/037. 139 p.*

Lännergren, C. (2014). Provtagningar i Bällstaån 2013. *Stockholm Vatten AB. 52 p.*

Nicholson, M.D., Fryer, R. (1991). The Power of the ICES Cooperative Monitoring Programme to Detect Linear Trends and Incidents. *In: Anon. Report of the Working Group on Statistical Aspects of Trend Monitoring. ICES Doc CM*

1991 Nyberg E, Faxneld S, Danielsson S, Bignert A (2018) The National Swedish Contaminant Monitoring Programme for Freshwater Biota, 2018. *Rapport till Naturvårdsverket. Naturhistoriska riksmuseet, Rapport nr 3:2018, 173 p.*

SPI, Svenska Petrolium Institutet (2006)

Tukey J W (1977*). Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley. ISBN 978-0-201-07616-5*