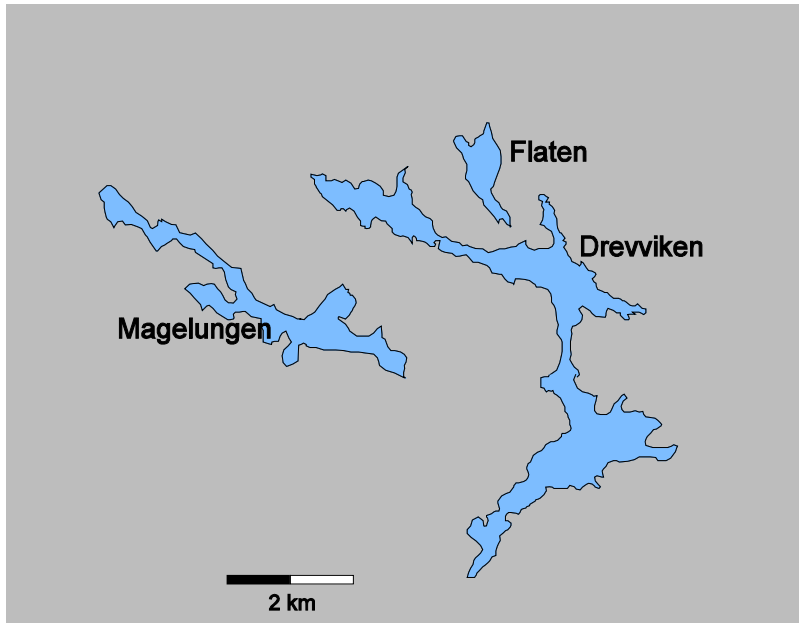




Stockholms
stad



Utvärdering av miljögiftsövervakning i Drevviken, Magelungen och Flaten

Miljöförvaltningen december 2024

Innehåll

Innehåll	2
1. Sammanfattning	5
2. Material och metoder	7
2.1 Geografiskt område	7
2.1.1 Drevviken	7
2.1.2 Magelungen	7
2.1.3 Flaten	8
3. Potentiellt miljöfarliga verksamheter	9
3.1 Dataunderlag.....	9
3.2 Lokaler, kartor	10
3.3 Lokaler, boxplottar	10
3.4 Tidsserier	11
4. Faktorer som kan påverka uppmätta koncentrationer av tungmetaller, förändring över tid	12
5. Tungmetaller.....	15
5.1 Bly,Pb, (PRIO-ämne)	15
5.1.1 Bly, tidsserier.....	17
5.2 Kadmium, Cd, (PRIO-ämne).....	21
5.2.2 Kadmium, tidsserier	22
5.3 Krom, Cr, (SFÄ)	26
5.3.3 Krom, tidsserier	27
5.4 Nickel, Ni, (PRIO-ämne)	31
5.4.4 Nickel, tidsserier.....	32
5.5 Koppar, Cu, (SFÄ).....	36
5.5.5 Koppar, tidsserier	37
5.6 Zink, Zn, (SFÄ).....	41
5.6.6 Zink, tidsserier.....	42
6. PAH.....	46
6.1 Antracen, (PRIO-ämne)	46
6.1.1 Antracen, Tidsserier.....	47
6.2 Benso(a)pyren.....	50

6.2.2	<i>Bens(a)pyren, tidsserier</i>	51
6.3	Benso(b)fluoranten	53
6.3.3	<i>Benso(b)fluoranten, tidsserier</i>	54
6.4	Benso(k)fluoranten.....	56
6.4.4	<i>Benso(k)fluoranten, tidsserier</i>	56
6.5	Benso(ghi)perylene	59
6.5.5	<i>Benso(ghi)perylene, tidsserier</i>	60
6.6	Fluoranten	62
6.6.6	<i>Fluoranten, tidsserier</i>	63
6.7	Indeno(1,2,3-cd)pyren.....	65
6.7.7	<i>Indeno(1,2,3-cd)pyren, tidsserier</i>	65
7.	PFAS	68
7.1	Perfluoroktansulfonsyra (PFOS, PRIO-ämne).....	68
7.1.1	<i>PFOS, tidsserier</i>	71
7.2	PFOA	74
7.2.2	<i>PFOA, tidsserier</i>	75
7.3	Perfluorhexansulfonsyra (PFHxS)	78
7.3.3	<i>PFHxS, tidsserier</i>	80
7.4	Perfluorbutansulfonsyra (PFBS)	82
7.4.4	<i>PFBS, tidsserier</i>	84
7.5	Perfluorheptansyra (PFHpA).....	86
7.5.5	<i>PFHpA, tidsserier</i>	87
7.6	Perfluorhexansyra (PFHxA).....	90
7.6.6	<i>PFHxA, tidsserier</i>	91
7.7	Perfluordekansulfonsyra (PFDS)	94
7.8	Perfluorononansyra (PFNA).....	96
7.8.7	<i>PFNA, tidsserier</i>	97
7.9	6:2-fluortelomersulfonsyra (6:2 FTS).....	100
7.9.8	<i>6:2 FTS, tidsserier</i>	101
7.10	Perfluoroktansulfonsyra (PFOSA)	103
7.10.9	<i>PFOSA, tidsserier</i>	104
7.11	Perfluordekansyra (PFDA).....	105
7.11.10	<i>PFDA, tidsserier</i>	106

7.12	Perfluorundekansyra (PFUnDA)	109
7.12.11	<i>PFUnDA, tidsserier</i>	110
7.13	Perfluorbutansyra (PFBA)	111
7.13.12	<i>PFBA, tidsserier</i>	112
7.14	Perfluoro-n-pentansyra (PFPeA)	115
7.14.13	<i>PFPeA, tidsserier</i>	116
8.	Diskussion och slutsatser	119
9.	Referenser	122

1. Sammanfattning

Miljöförvaltningen utför miljöövervakning av miljögifter i vattenförekomsterna inom Stockholms stad. Miljöövervakningen av miljögifter omfattar månatlig provtagning och analys av ytvatten samt årlig insamling och analys av abborre. Som en del av miljöförvaltningens uppföljning av åtgärdsarbetet för god vattenstatus enligt lokala åtgärdsprogram (<https://miljobarometern.stockholm.se/vatten/atgarder/>), utför miljöförvaltningen en utökad utvärdering av resultaten från miljögiftsövervakningen. Syftet har varit att tydligare urskilja trender i vattnet över tid, samt få en prognos för när god/ej god status beräknas uppnås.

I den här rapporten utvärderas resultaten från övervakningen i ytvatten från **Drevviken, Magelungen och Flaten**, främst genom jämförelse med gränsvärden och bedömningsgrunder för klassning av ekologisk och kemisk status enligt EUs vattendirektiv.

Ämnesvisa beräkningar har gjorts av medel- och median-koncentrationerna av tungmetaller, PAH:er och PFAS i ytvatten. Dessa har jämförts med rådande gränsvärden enligt 19§ HVMFS 2016:25.

Vidare har tidstrender i de tre sjöarna analyserats (se tabell 1, nedan). I de fall halterna ligger över gränsvärdet och visar en nedåtgående trend har en prognos gjorts för när halten i ytvatten beräknas ligga under gränsvärdet.

Av tungmetallerna ligger endast koppar signifikant över gränsvärdet för Drevviken, Magelungen och Flaten. I Drevviken minskar halterna signifikant för koppar men i Magelungen och Flaten ses ingen förändring över tid.

Beträffande PAH-erna ligger endast benzo(a)pyren signifikant över gränsvärdet i Drevviken. Övriga PAH-er ligger signifikant under gränsvärdet i alla tre sjöar. När materialet tillåter trendanalys kan man se att alla undersökta PAH-erna minskar signifikant.

Av PFAS-ämnena ligger PFOS, PFOA, PFHxS, PFBS, PFHpA, PFHxA, PFBA samt PFPeA signifikant **över** gränsvärdet för PFOS. PFNA, 6:2 FTS, PFDA ligger signifikant **under** gränsvärdet i samtliga tre sjöar. När materialet tillåter trendanalys minskar alla undersökta PFAS-ämnena signifikant med undantag av PFHxS i Flaten, samt 6:2 FTS, i Drevviken och Magelungen.

Tabell 1. Visar en sammanfattning av mediankoncentrationernas förhållande till gränsvärdena samt tidstrender. I de fall koncentrationerna ligger över gränsvärdet och tidstrenden är minskande, anges det årtal man kan förvänta sig att medelkoncentrationer understiger gränsvärdet. Kolumnen längst till höger visar de gränsvärden som använts (HVMFS 2016:25). Om gränsvärde saknas i HVMFS 2016:25, så har ett tentativt gränsvärde använts, dessa värden har blåskuggats i tabellen.

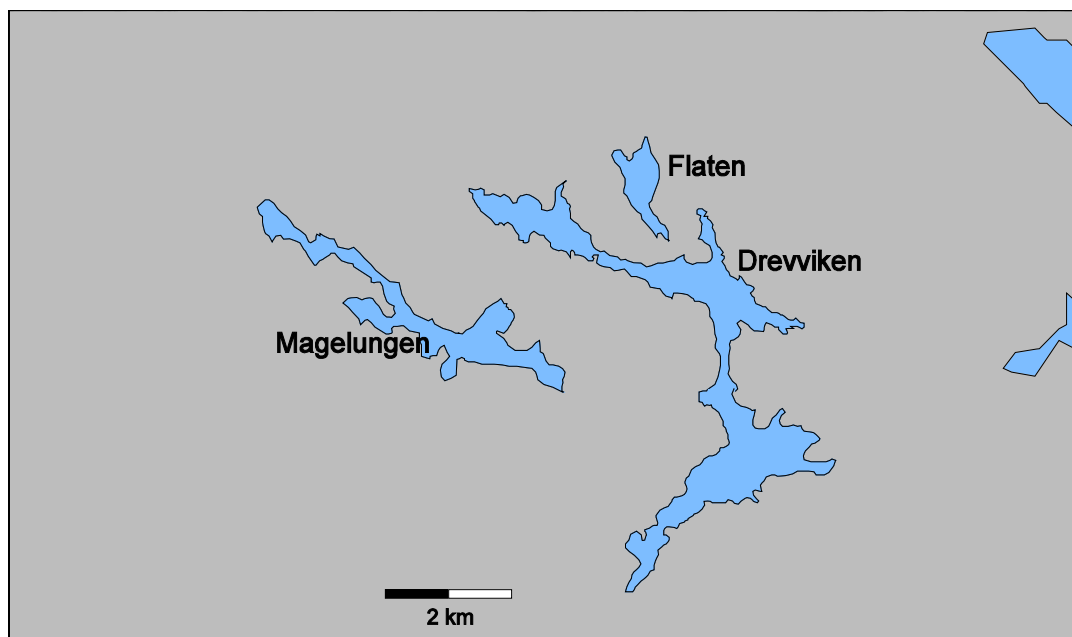
Ämne	Drevviken		Magelungen		Flaten		EQS
	Gränsv.	Trend	Gränsv.	Trend	Gränsv.	Trend	µg/l
Bly							1.2l
Kadmium							0.08
Krom							3.4
Nickel							4
Koppar		2032					0.5
Zink							5.5
PAH-er							ng/nl
Antracen							100
Benso(a)pyren		2023		2023		2022	0.17
Benso(b)fluoranten							10
Benso(k)fluoranten							10
Benso(ghi)perylene							5
Fluoranten							6.3
Indeno(1,2,3-cd)pyren							2
PFAS-ämnen							µg/l
PFOS		2045		2053			0.65
PFOA		2078		2068			0.65
PFHxS		2037		2038			0.65
PFBS		2029		2033			0.65
PFHpA				2071			0.65
PFHxA				2083			0.65
PFDS							0.65
PFNA							0.65
6:2 FTS							0.65
PFOSA							0.65
PFDA							0.65
PFUnDA							0.65
PFBA		2037				2031	0.65
PFPeA							0.65

 Signifikant under gränsvärdet, signifikant minskande trend
 Under gränsvärdet ej signifikant, minskande trend ej signifikant
 Signifikant över gränsvärdet, signifikant ökande trend
 Över gränsvärdet ej signifikant, ökande trend ej signifikant
 Ej signifikant skild från gränsvärdet, ingen signifikant trend

2. Material och metoder

2.1 Geografiskt område

De tre undersökta sjöarna Drevviken, Magelungen och Flaten, ingår i Tyresåns huvudavrinningsområde, och ligger i ett naturskönt område på Södertörn som delas av Stockholm, Huddinge, Tyresö och Haninge kommuner.



Figur 1. Karta över Magelungen, Drevviken och Flaten

2.1.1 Drevviken

Drevviken är den största sjön i Tyresåns vattensystem och delas av Stockholm, Huddinge, Tyresö och Haninge kommuner. Drevviken består av en nordlig och en sydlig bassäng som förbinds av Trångsundet. Det största tillflödet till den norra bassängen kommer via Forsån från Magelungen. Den södra bassängen får den största delen av sitt vatten från Lissmaån med sjöarna Ådran och Lissmasjön. Utflödet går via Gudöå, Långsjön, Tyresöflaten och Albysjön ut i Östersjön.

Hydrologiska fakta:

- Tillrinningsområdets yta: 4897 ha (varav 860 ha inom Stockholms stad)
- Sjöyta: 571 ha
- Sjövolym: 37 Mm³
- Omsättningstid: 10-11 mån
- Största djup: 15,2 m
- Medeldjup: 6,7 m

Källa: Miljöbarometern, Stockholms stad

2.1.2 Magelungen

Magelungen delas av Huddinge kommun och Stockholms stad och har ett stort natur- och friluftsvärde. Den nyttjas på många olika sätt, bland annat för bad, fiske, paddling

och skridskoåkning.

Det största tillflödet till sjön är Norrån som avvattnar de uppströms liggande sjöarna Ågestasjön, Orlången och Trehörningen i Huddinge kommun. Därutöver rinner tre större tillflöden till sjön: Magelungsdiket, Kräppladiket och Djupån. Utflödet går via Forsån, vidare ut i Drevviken och så småningom ut i Kalvfjärden.

Magelungen är en långsmal sjö med en yta på 2,45 km². Fagersjöviken i nordväst är den grundaste delen med ett djup på mindre än 2 meter medan den djupaste delen i sydöst har ett djup på 13,7 meter. Medeldjupet är 5 meter.

Sedan mitten av 1900-talet då de sydvästra förorterna byggdes ut har en stor del av den naturliga tillrinningen till sjön minskat som en följd av att dagvattnet leddes om till Mälaren och Henriksdals reningsverk. Idag är det primära avrinningsområdet med hänsyn till VA-ledningsnätets utbredning 19 km² stort. Nästan en tredjedel tillhör Huddinge kommun och två tredjedelar Stockholms stad. Förutom skogsmark är den huvudsakliga markanvändningen bostadsbebyggelse men här finns även centrum-bebyggelse, industriområden m.m.

Magelungen är betydelsefull för sina natur- och rekreationsvärden och det finns goda möjligheter till bland annat bad och fiske, även om dessa möjligheter begränsas av utbredda vassar och täta mattor av undervattensvegetation i den nordvästra delen av sjön. Stränderna bedöms bitvis ha höga eller mycket höga naturvärden och inom avrinningsområdet finns två naturreservat; Rågsveds och Lännaskogens naturreservat

Hydrologiska fakta:

- Tillrinningsområdets yta: 1907 ha (varav 660 ha inom Stockholms stad)
- Sjöyta: 245 ha
- Sjövolym: 11,6 Mm³
- Omsättningstid: 4 - 5 mån
- Största djup: 13,7 m
- Medeldjup: 5,0 m

Källa: Miljöbarometern, Stockholms stad

2.1.3 Flaten

Flaten ligger i södra Stockholm och är en av stadens renaste sjöar. Den har sedan 1930-talet varit en populär badsjö med sandstrand och vackra omgivande naturmiljöer.

Sjön har en yta på 0,63 km² och ingår i Tyresåns huvudavrinningsområde.

Vattentillförseln till Flaten utgörs huvudsakligen av dagvatten från Skarpnäck och avrinning från omgivande naturmark. Utflödet går via Orhemsbäcken och vidare ut i Drevviken i söder

Större delen av sjöns tillrinningsområde ligger inom Flatens naturreservat och omgivningarna utgörs av relativt liten andel exploaterad mark. Närområdet utgörs av skog, koloniområden, Orhems gård, campingar och badplatser. Skogen som omger sjön karakteriseras av kuperad hållmarkstallskog samt av fuktlövskog i de lägre belägna partierna längs stränderna.

I sjöns nordöstra vik ligger två EU-bad, Flatenbadet allmänna och Flatenbadet barnbadet. Vattenkvaliteten vid badplatserna klassas som utmärkt.

Hydrologiska fakta:

Tillrinningsområdets yta: 403 ha

Sjöyta: 63 ha

Sjövolym: 4,56 Mm³

Omsättningstid: 4 år

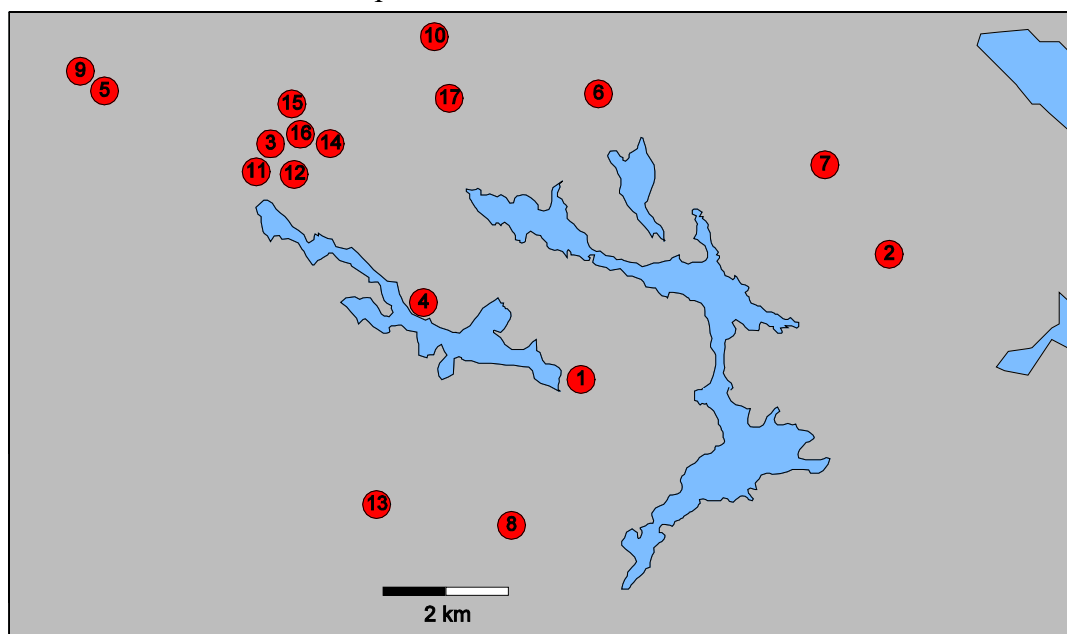
Största djup: 13,6 m

Medeldjup: 7,4 m

Källa: Miljöbarometern, Stockholms stad

3. Potentiellt miljöfarliga verksamheter

Inom området finns ett antal verksamheter som skulle kunna påverka ytvattnet i de tre undersökta sjöarna. Vägnätet i området består mest av mindre bilvägar. Ett undantag är dock Nynäsvägen (väg 73) som löper mellan Magelungen och Drevviken samt väg 229 till Tyresö som löper norr och öster om Flaten. Inom området finns även ett stort antal förorenade områden som kan påverka vattenkvaliteten.



Figur 2. Kartan visar tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter inom området (*Källa: Länsstyrelsen Stockholm*) som kan påverka vattenkvaliteten i de tre sjöarna. Om verksamheterna hamnat för tätt har de separerats något. Numren i cirkelarna hänvisar till verksamhetens namn: 1 Skogås värmeverk, 2 Bollmora värmeverk, 3 Högdalenverket, 4 Farsta värmeverk, 5 Engwall o Claesson, 6 Skarpnäcks värmeverk, 7 Storkällans krematorium, 8 Länna kretsloppsanl., 9 Stena Recycling AB, 10 Skogskrematoriet, 11 Högdalens återvinning, 12 Vantörs återvinningsanl., 13 Ågestaverket, 14 Högdalens blandningsanl., 15 Gasturbin G, 16 Högdalens sorteringsanl., 17 Datacenter SK.

3.1 Dataunderlag

Dataunderlaget omfattar månadsvis provtagning och analys av metaller, PAH och PFAS i ytvatten från 2012, 2015 respektive 2018 fram till år 2023.

3.2 Lokaler, kartor

Mätdata redovisas i kartor med färgade cirklar för olika nivåer av medelvärden. Nivåerna utgår i de flesta fall från Environmental Quality Standards (EQS), dvs. gränsvärden i HVMFS 2019:25, som inte får överskridas som årsmedelvärde i inlandsytvatten (sjöar och vattendrag). Om EQS överskrids finns risk för negativa effekter för akvatiska populationer eller människors hälsa. Värden från 0 till halva EQS visas som ljusblå cirklar, värden från halva EQS till EQS som djupblå. Värden mellan EQS och 2*EQS som ljusrosa, värden mellan 2*EQS och 4*EQS som rosa och värden över 4*EQS som klarröda. I exemplet är EQS=0.60 µg/l. Andelen tillgängliga analysresultat anges i procent inom parentes efter koncentrationsintervallet. Grå cirklar indikerar att LOQ (Level of Quantification, lägsta kvantifieringsnivån) är högre än EQS. Vi kan alltså inte veta om koncentrationerna är högre än EQS 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.

	ng/l
●	> .68
●	.34 - .68
●	.17 - .34
●	.085 - .17
○	< .085

I kartorna finns också uppgifter om de år provtagning ägt rum, hur många prov som ingår i analysen samt hur stor andel av analysresultaten som hamnade under LOQ. Värden under LOQ har ersatts med LOQ/2 innan medelvärden och medianer beräknats.

3.3 Lokaler, boxplottar

Mediankoncentrationerna redovisas som boxplottar (lådidiagram, box-and-whisker diagram). Boxarna täcker området mellan de 25:e och den 75:e percentilen, den mittersta hälften av materialet (IQR), morrhåren (whiskers) sträcker sig 1.5 x IQR¹ 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 ett Kruskal-Wallis test² som testar om någon av lokalerna skiljer sig signifikant från de övriga. Sedan testas lokalerna mot varandra med Mann-Whitneys U-test³, för att undersöka om det finns signifikanta skillnader mellan mediankoncentrationerna 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

¹ IQR, Inter Quartile Range = boxens längd, täcker hälften av analysresultaten

² Kruskal-Wallis test är en icke-parametriskt alternativ till ANOVA

³ Mann-Whitney U-test är ett icke-parametriskt alternativ till en t-test

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 exempelvis halterna i Drevviken är signifikant högre än i Magelungen och man därför kan misstänka en lokal belastning. Drevviken, Magelungen och Flaten testas och mot de medianen för de övriga vattenförekomster som ingår i Stockholms stads övervakning av kemisk status och miljögifter (benämns "Resten" i figurerna).

För att undersöka om mediankoncentrationerna är signifikant skilda från gränsvärdet (EQS) har ett tvåsidigt "one-sample sign-test"⁴ 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 blått.

3.4 Tidsserier

Eventuella trender har undersökts för lokaler som har haft en årsrange (antal år mellan första och sista provtagna år) på minst 3 år och minst 8 analysresultat av det aktuella ämnet och där inte alltför många (50%) analysresultat hamnat under 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 logarimerade koncentrationer. För att utröna om det föreligger en risk att extremvärden i ändarna på tidsserien utövar en oacceptabel hävstångseffekt⁵ har även en icke-parametrisk test (Mann-Kendal trend-test) utförts. Trendlinjer (regressionslinjer) med konfidensintervall ritas ut om p-värdet understiger 0.1.

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.

I utvärderingen av övervakningen av miljögifter har också den potentiella styrkan i serierna beräknats med hjälp av styrkeberäkningar (power analysis). Om möjligheten att upptäcka förändringar som man vill kunna upptäcka, exempelvis efter ökade utsläpp eller förbud eller åtgärder för att begränsa utsläpp, inte motsvarar förväntningarna finns ju risk för att pengar slösas på något som inte går att använda. 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(5%) 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

⁴ Är ett icke-parametriskt alternativ till ett one-sample t-test, som man kan använda för att testa om ett medelvärde skiljer sig från ett gränsvärde.

⁵ Hävstångseffekt (leverage effect) innebär att ett avvikande extremvärde i ändarna av en regressionslinje kan tippa linjen åt det håll värdet drar. Värdet närmare mitten på linjen har inte alls denna effekt. Ett sätt att undvika denna effekt är att använda "Theill-slope" och icke-parametriska trendtester.

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(5%)=10 år och LDT=5-10% per år ansetts som rimliga mål.

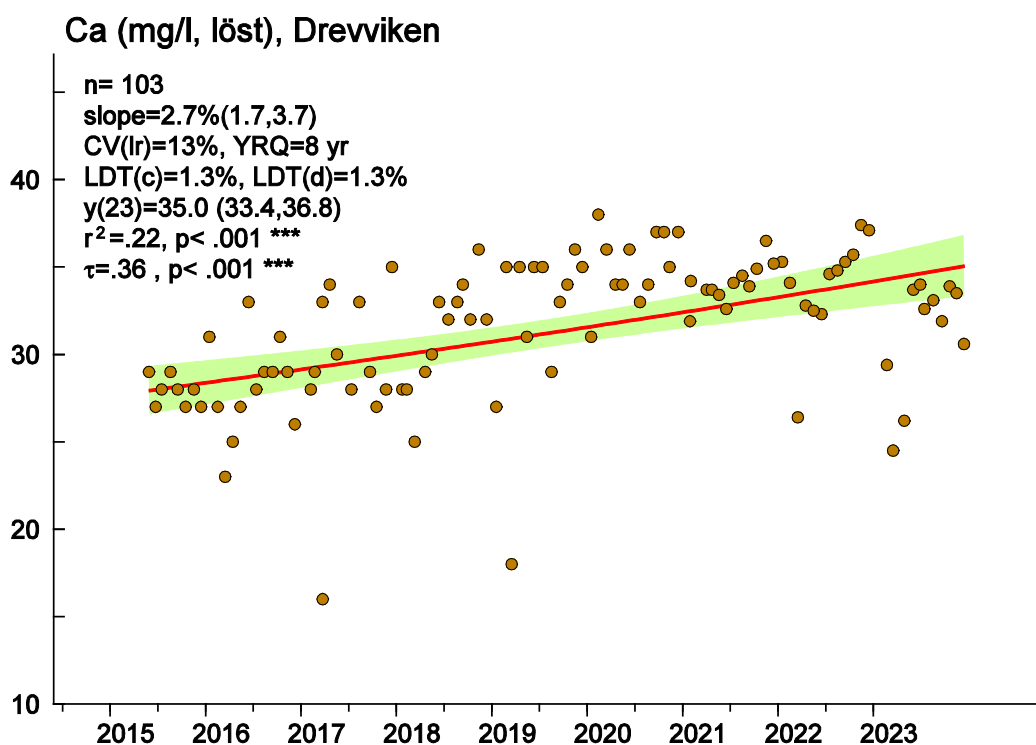
4. Faktorer som kan påverka uppmätta koncentrationer av tungmetaller, förändring över tid

När man mäter koncentrationer av tungmetaller är det den biotillgängliga delen av koncentrationen man är intresserad av. Men biotillgängligheten beror på pH, löst organiskt material, kalciumhalt och i viss mån även magnesium i ytvattnet.

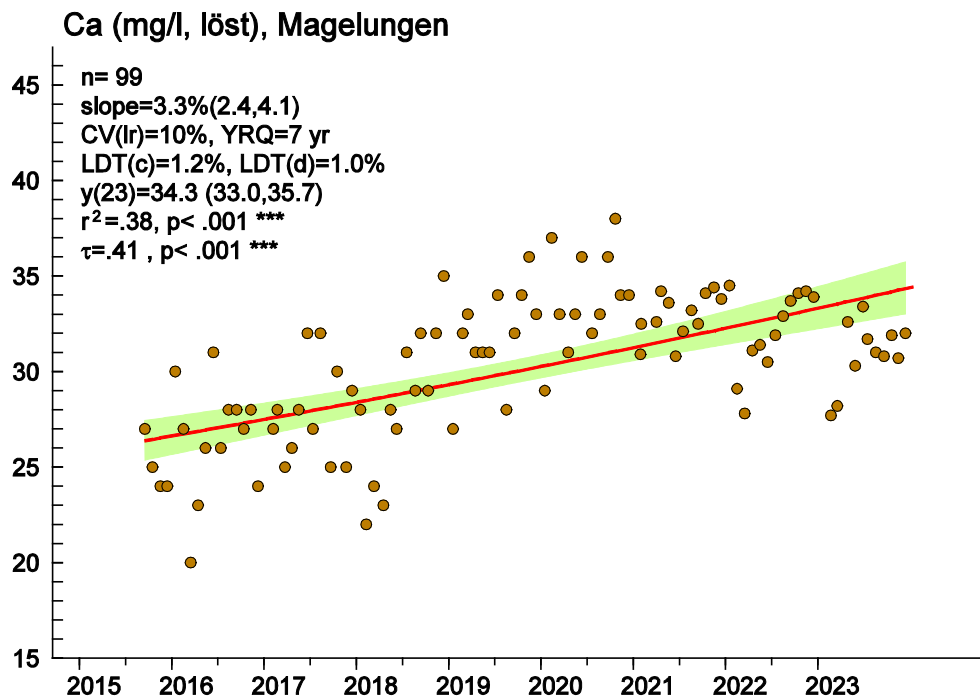
För kadmium och dess föreningar varierar gränsvärdet beroende på vattnets hårdhetsklass (klass 1: < 40 mg CaCO₃/l, klass 2: 40 till < 50 mg CaCO₃/l, klass 3: 50 till < 100 mg CaCO₃/l, klass 4: 100 till < 200 mg CaCO₃/l och klass 5: ≥200 mg CaCO₃/l).

För Drevviken, Magelungen och även Flaten, även om vi där ligger ganska nära en högre hårdhetsklass, ligger inte kalciumhalterna högre än vi får räkna med att sjöarna hör till klass 1, vilket innebär hög biotillgänglighet och att vi ska använda det lägsta gränsvärdet.

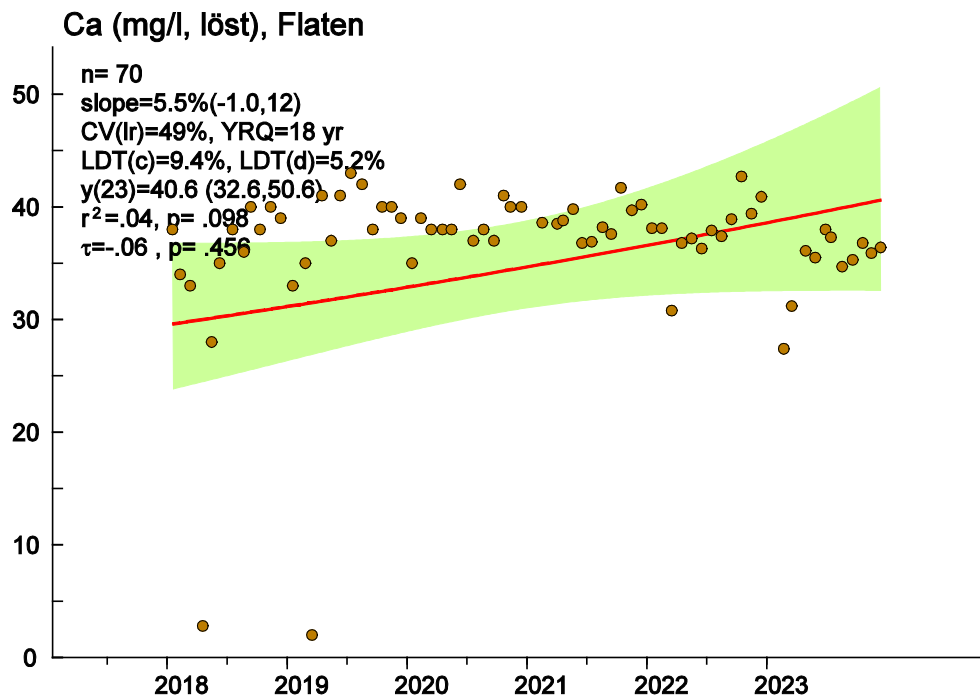
Medelvärdena för pH i Drevviken och Magelungen pendlar mellan 7 och 8. I Flaten ligger de runt 8.



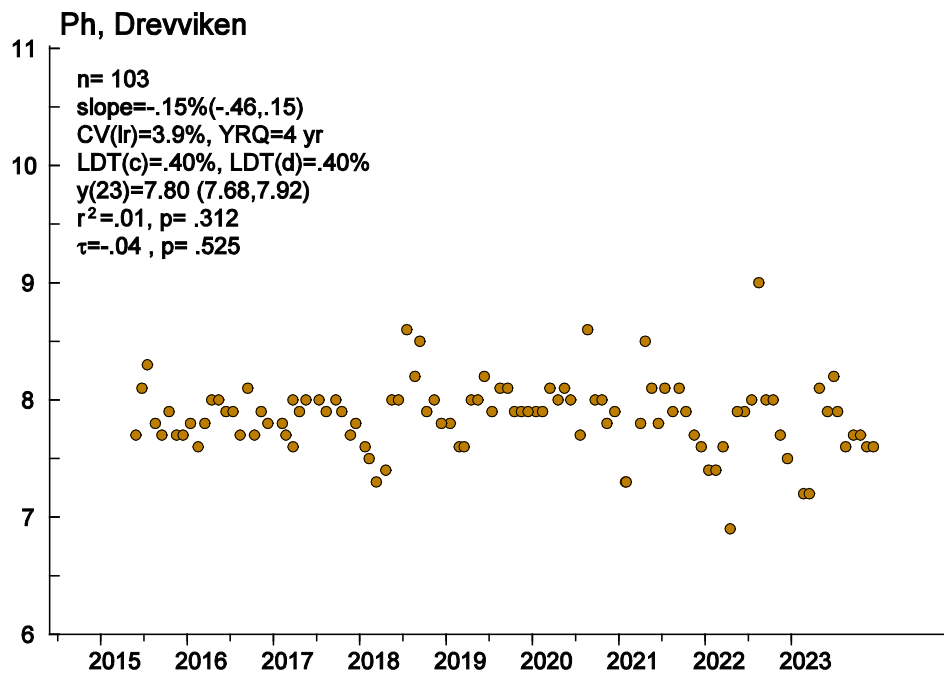
Figur 3. Löst kalcium i Drevviken. Kalcium ökar fram till 2019-2020 och planar sedan ut.



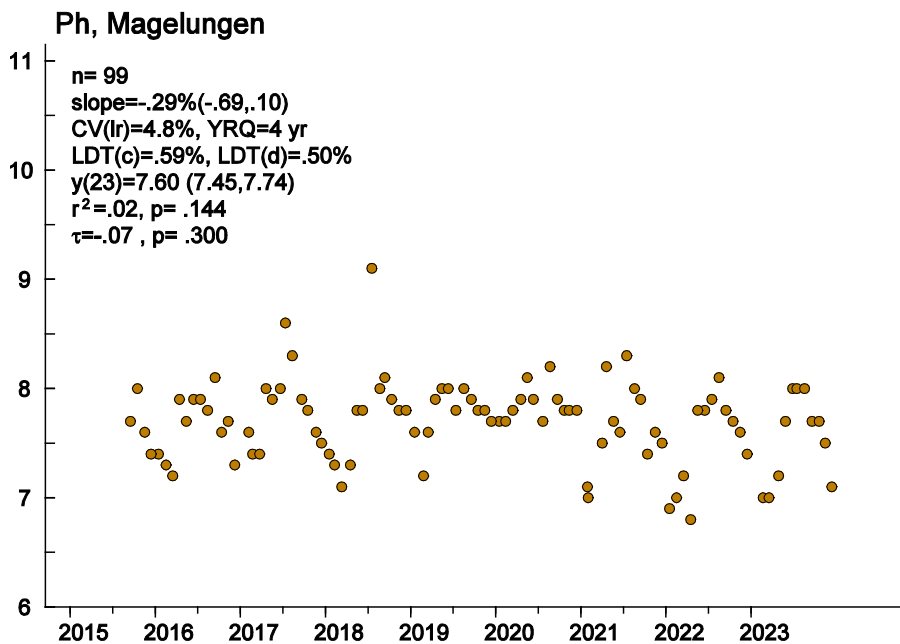
Figur 4. Löst kalcium i Magelungen. Kalcium ökar fram till 2020 och planar sedan ut.



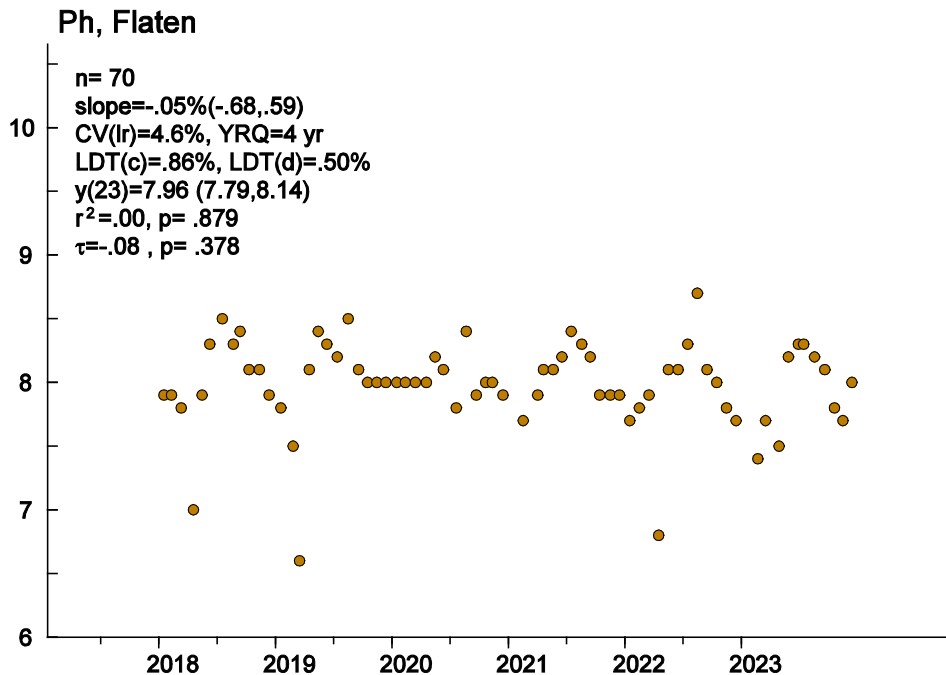
Figur 5. Löst kalcium i Flaten. Den signifikant ökande regressionslinjen för kalcium i Flaten beror på ett par extremt låga värden 2018 och 2019 . Den icke-parametriska testen som är robust mot extremvärden är inte signifikant!



Figur 6. Ph i Drevviken. Ingen signifikant förändring över hela övervakningsperioden men en viss säsongsvariation kan anas.



Figur 7. Ph i Magelungen. Ingen signifikant förändring över hela övervakningsperioden men en viss säsongsvariation kan anas.



Figur 8. Ph i Flaten. Ingen signifikant förändring över hela övervakningsperioden men en viss säsongsvariation och några surstötter kan anas.

5. Tungmetaller

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. Inom övervakningen i Stockholms stad är metallerna analyserade både i ofiltrerade (totalhalt) och i filtrerade vattenprov (löst halt).

Gränsvärdena är satta för att gälla lösta metaller (filtrerade prov).

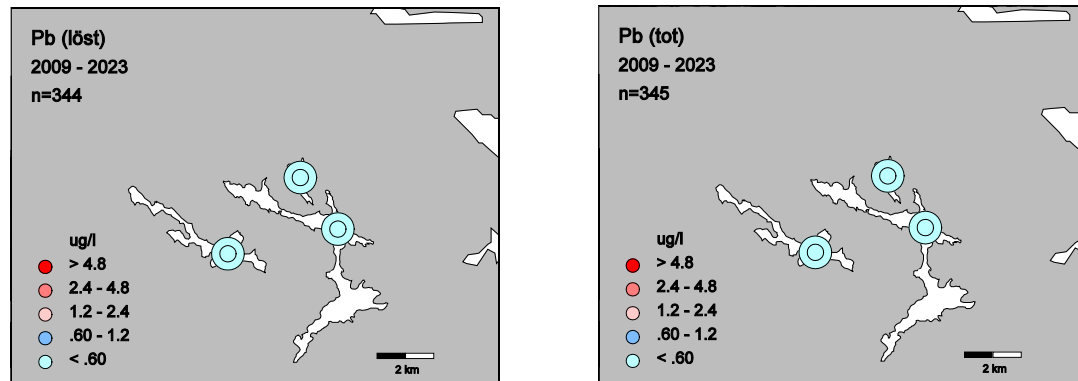
5.1 Bly,Pb, (PRIO-ämne)

Det största, enskilda användningsområdet för bly är bilbatterier och andra ackumulatörer. Andra användningsområden 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 soptippar, avfallsförbränning, utsläpp från värmeverk och industrier till luft, mark och vatten.

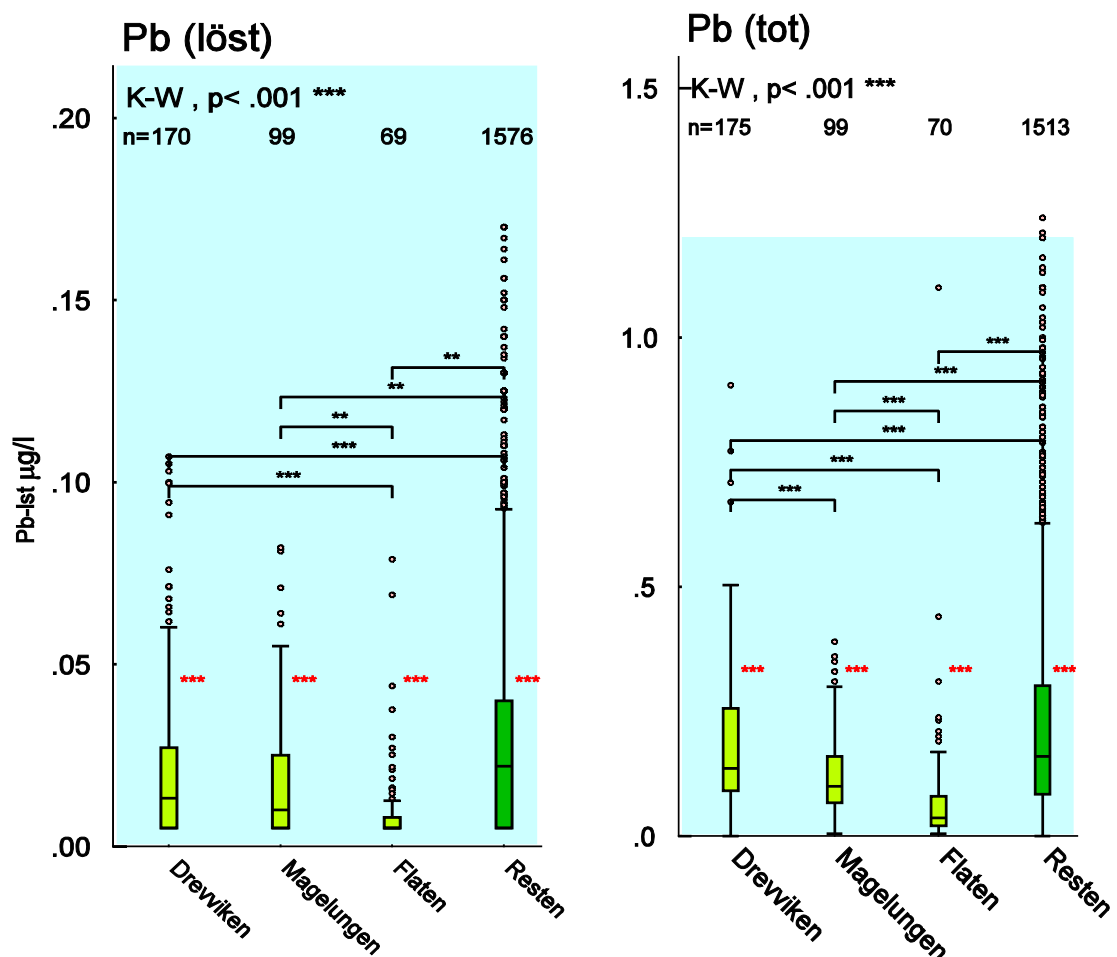
Blyhalter i bensin bidrog väsentligt till den diffusa spridningen av bly i miljön men har reglerats i lagstiftningen sedan 1970, ursprungligen genom maxhalter, men 1 mars 1995 förbjöds bly i all motorbensin (SPI, 2006). Vid vissa typer av jakt får blyammunition inte användas.

Rekommenderad matris i vattendirektivet är vatten. Dessutom krävs trendövervakning i biota och/eller sediment. Utpekad 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).

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



Figur 9. Medelkoncentrationerna liksom det övre 95% konfidensintervallen i Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla under halva gränsvärdet.

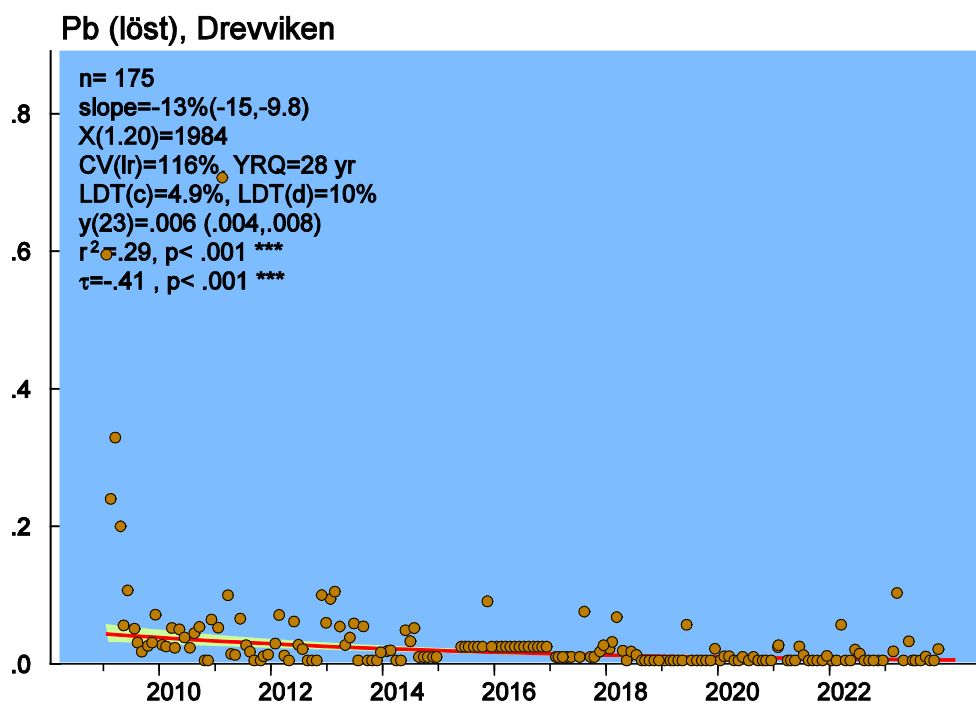


Figur 10. Drevviken, Magelungen och Flaten alla signifikant under gränsvärdet och signifikant under mediankoncentrationen i de övriga vattenförekomster som ingår i Stockholms stads övervakning av kemisk status och miljögifter.

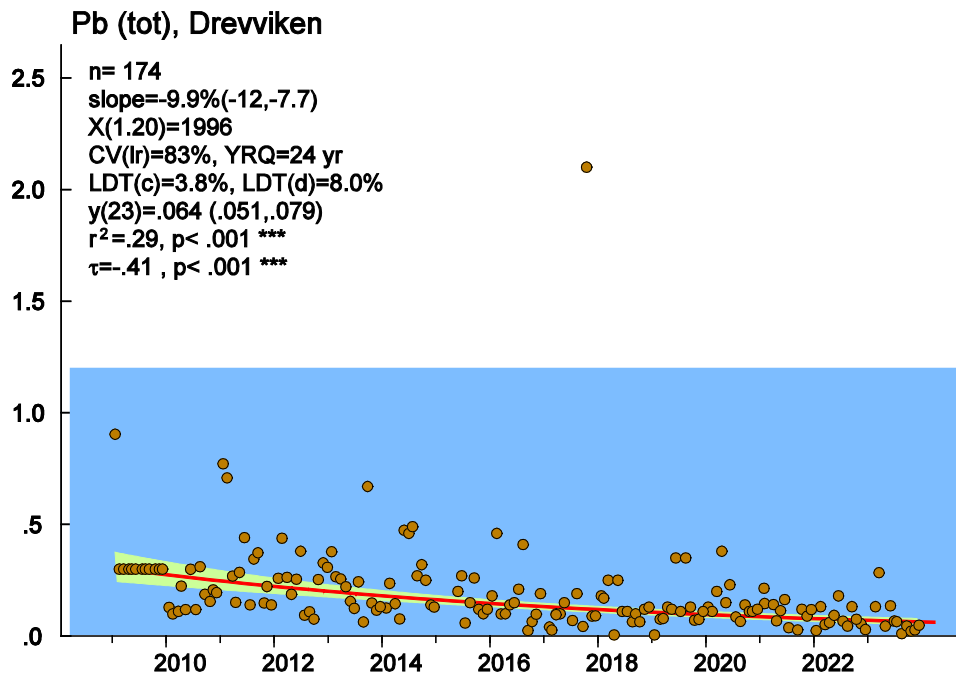
5.1.1 Bly, tidsserier

Tabell 2. I nästan samtliga fall ser vi signifikanta minskningar över tid med en mediantrend på nästan 11%. Ett enstaka extremvärde ligger över gränsvärdet.

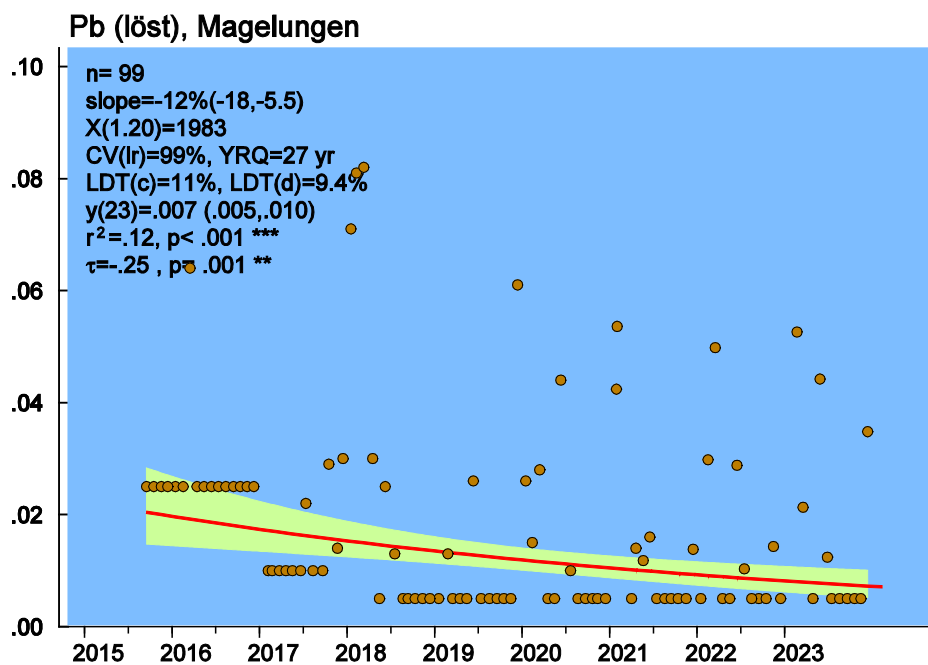
Lokal	N	År	Trend	P(Ir)		YRQ	LDT (d)	LDT (c)	Senaste	P (tau)	
Drevv-lst	175	09-23>15	-12.6	<0.001	---	28	10.4	4.9	0.006	<0.001	---
Drevv-tot	176	09-23>15	-9.3	<0.001	---	23	7.5	3.5	0.062	<0.001	---
Magel-lst	99	15-23> 9	-11.8	<0.001	---	27	9.4	11	0.007	<0.002	--
Magel-tot	99	15-23> 9	-8.7	<0.01	--	25	8.7	10	0.064	<0.001	---
Flaten-lst	70	18-23> 6	-6.4	NS		27	9.7	18	0.006	0.4173	
Flaten-tot	70	18-23> 6	-14.4	<0.05	-	30	11.7	22	0.028	<0.002	--
Median	99		-10.6			27	9.5	11	0.017		



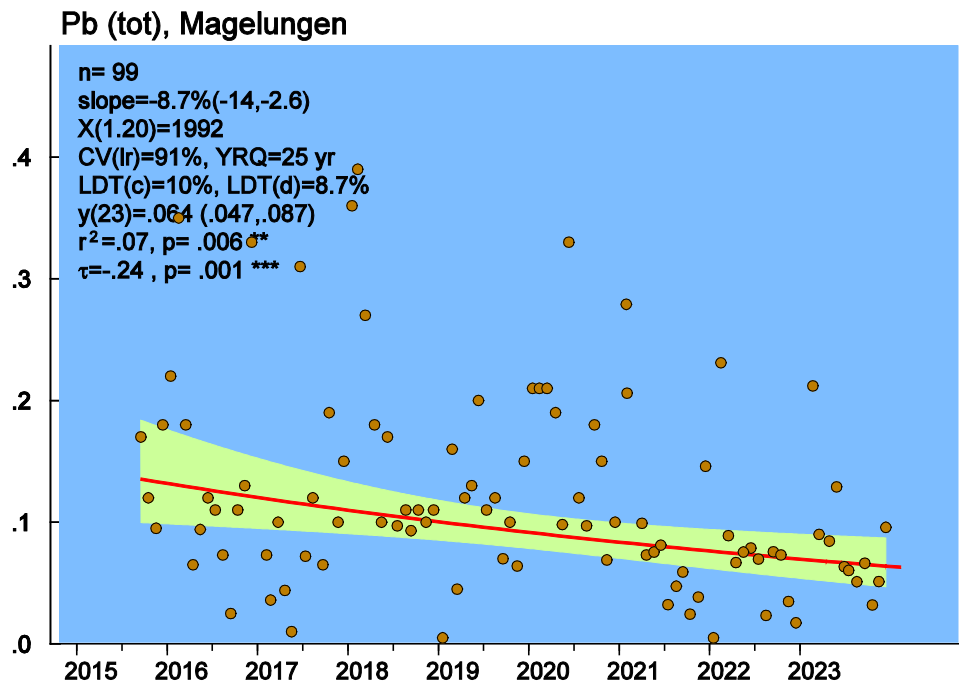
Figur 11. Bly (filtrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet. Signifikant minskande halter.



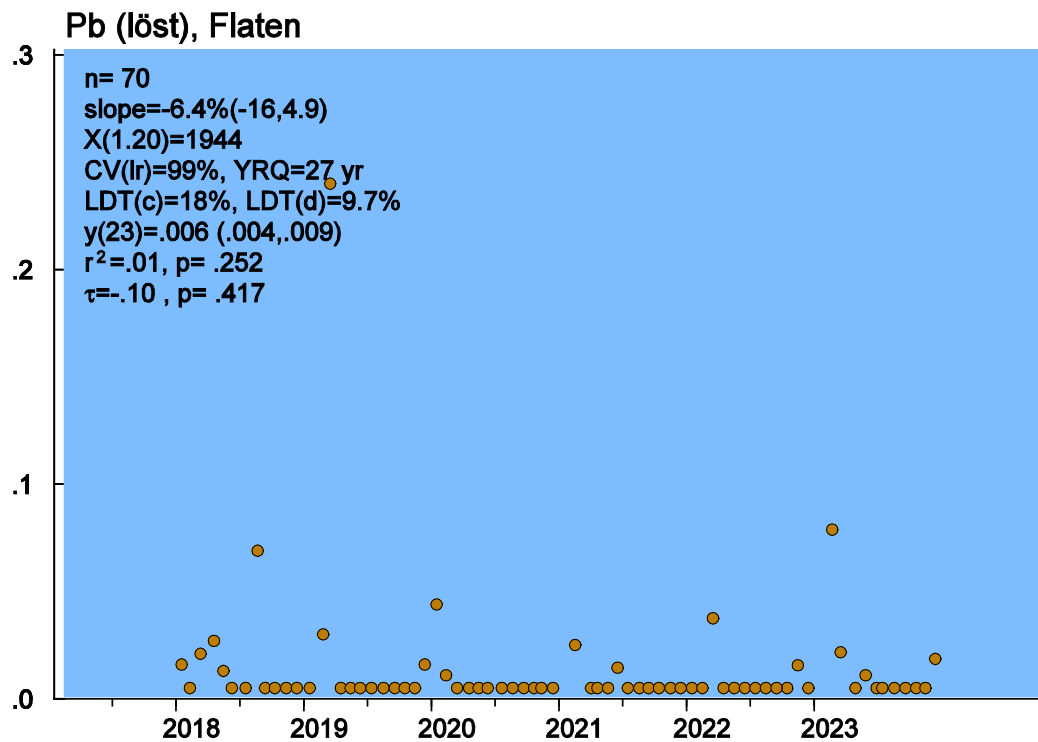
Figur 12. Bly (ofiltrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet. Signifikant minskande halter.



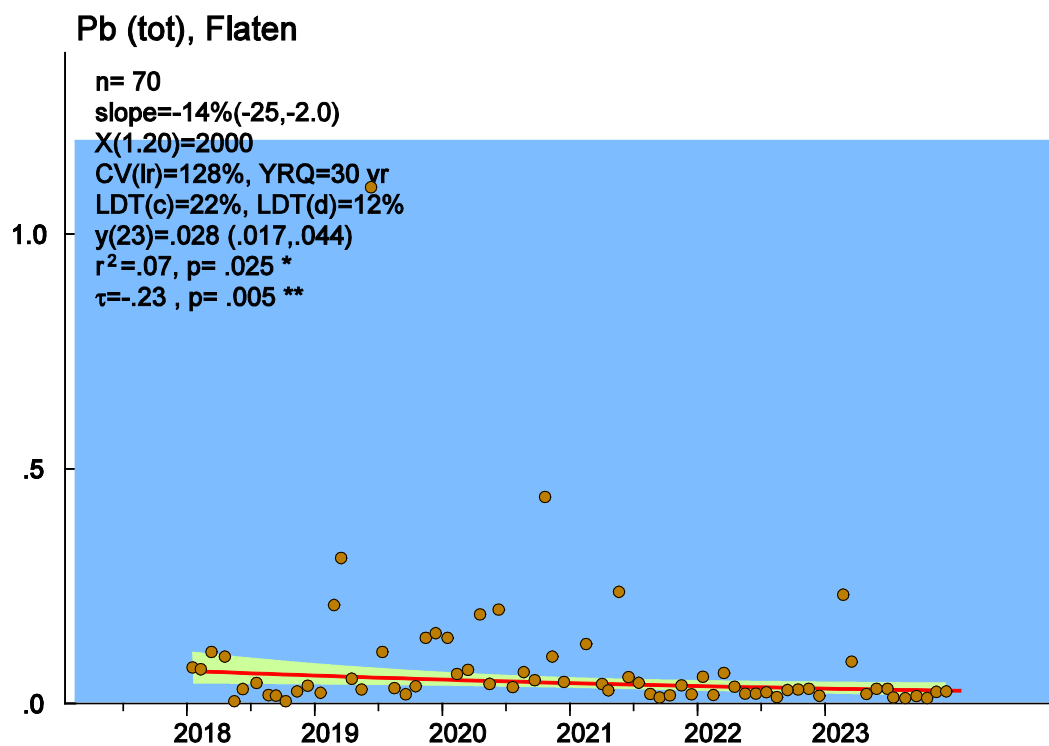
Figur 13. Bly (filtrerat) i ytvatten från Magelungen. Låga halter under gränsvärdet, ofta under LOQ. Signifikant minskande halter.



Figur 14. Bly (ofiltrerat) i ytvatten från Magelungen. Låga halter under gränsvärdet. Signifikant minskande halter.



Figur 15. Bly (filtrerat) i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet, de flesta analysresultaten ligger under LOQ.



Figur 16. Bly (ofiltrerat) i ytvatten från Flaten. Låga halter under gränsvärdet. Signifikant minskande halter.

5.2 Kadmium, Cd, (PRIO-ämne)

Kadmium används främst i batterier. Andra användningsområden är bl.a. korrosionsskydd vid ytbehandling, färgämne, pigment samt kan 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). I det avrinningsområdet för de tre sjöarna anses inte kadmium i handelsgödsel vara någon betydande källa utan atmosfäriskt nedfall samt lokala utsläpp från fordonstvätt och vägtrafik.

Rekommenderad matris i vattendirektivet är vatten. Krav på trendövervakning. 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). Krav på trendövervakning i sediment och biota.

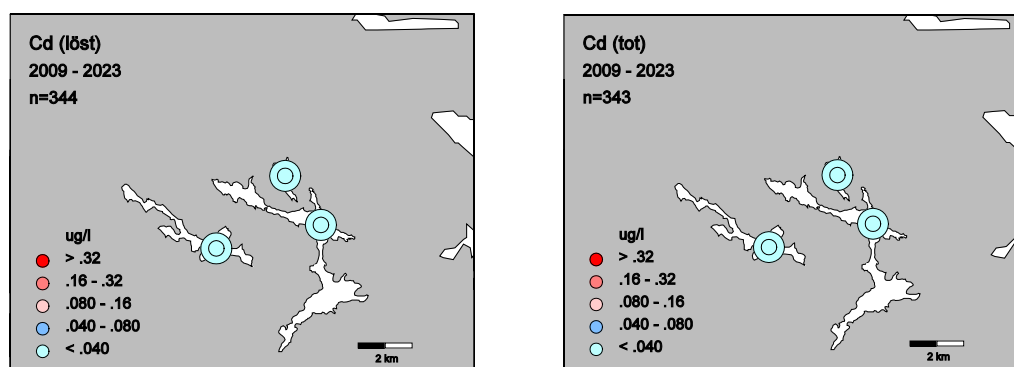
Gränsvärden, ytvatten:

För kadmium och dess föreningar varierar gränsvärdet beroende på vattnets hårdhetsklass i filtrerat prov

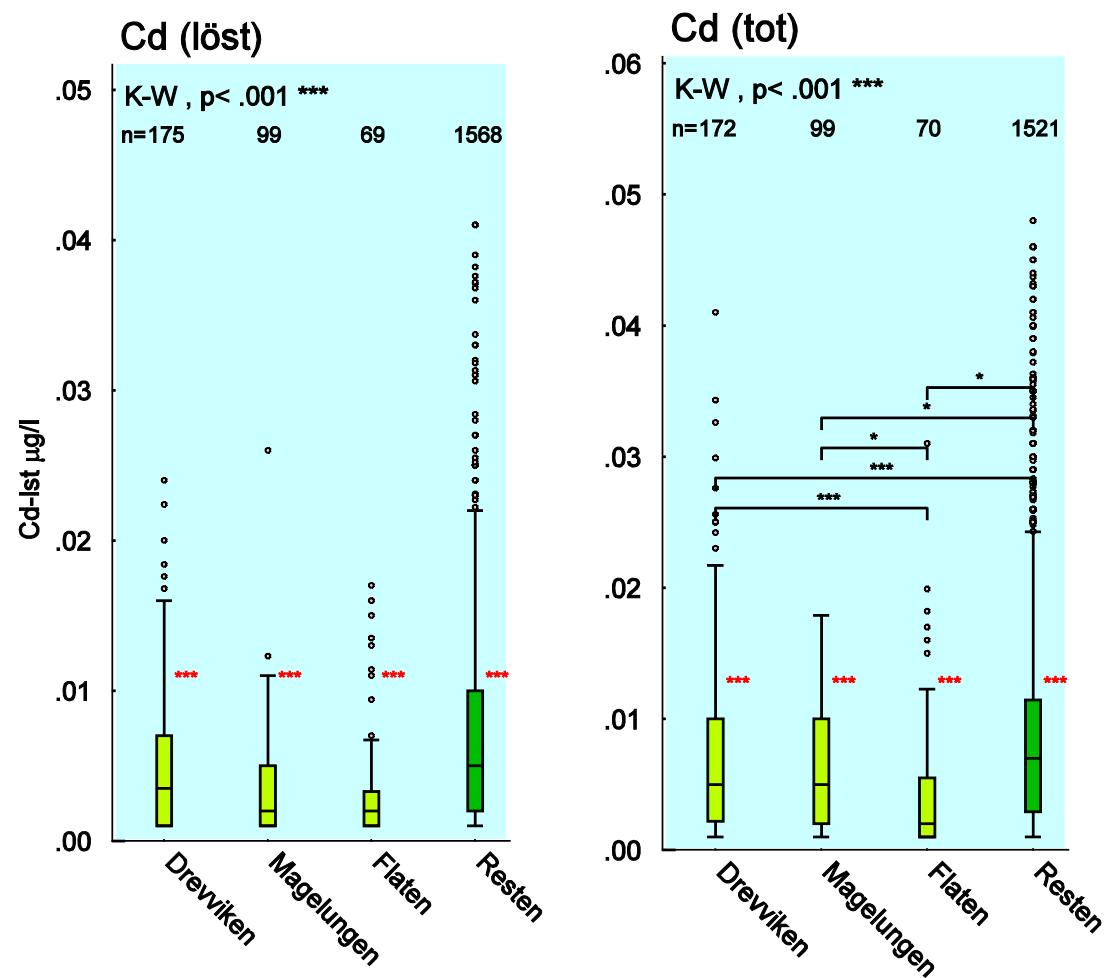
≤ 0.08	klass 1: < 40 mg CaCO ₃ /l,
0.08	klass 2: 40 till < 50 mg CaCO ₃ /l,
0.09	klass 3: 50 till < 100 mg CaCO ₃ /l,
0.15	klass 4: 100 till < 200 mg CaCO ₃ /l
0.25	klass 5: ≥200 mg CaCO ₃ /l

I Drevviken, Magelungen och Flaten visar kalciumkoncentrationerna signifikant ökande trender men understiger fortfarande 40 mg/l (se figur under kapitel 3).

Gränsvärde: 0.08 µg/l



Figur 17. Kadmium. Medelkoncentrationerna liksom det övre 95% konfidensintervallen i Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla under halva gränsvärdet.

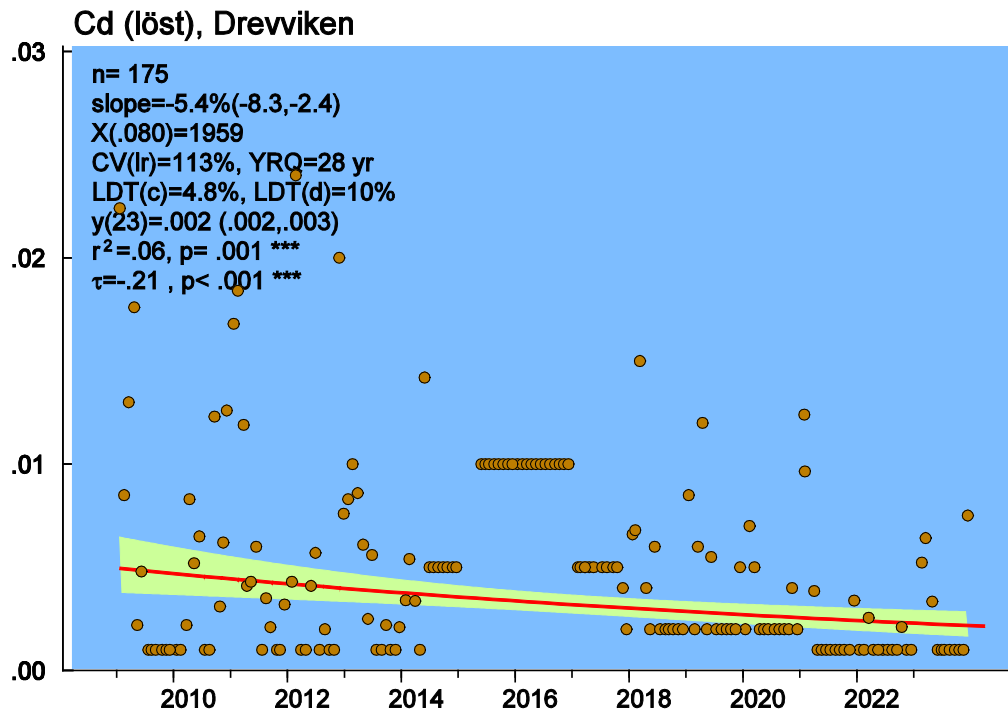


Figur 18. Medianhalterna av kadmium i Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla signifikant under gränsvärdet.

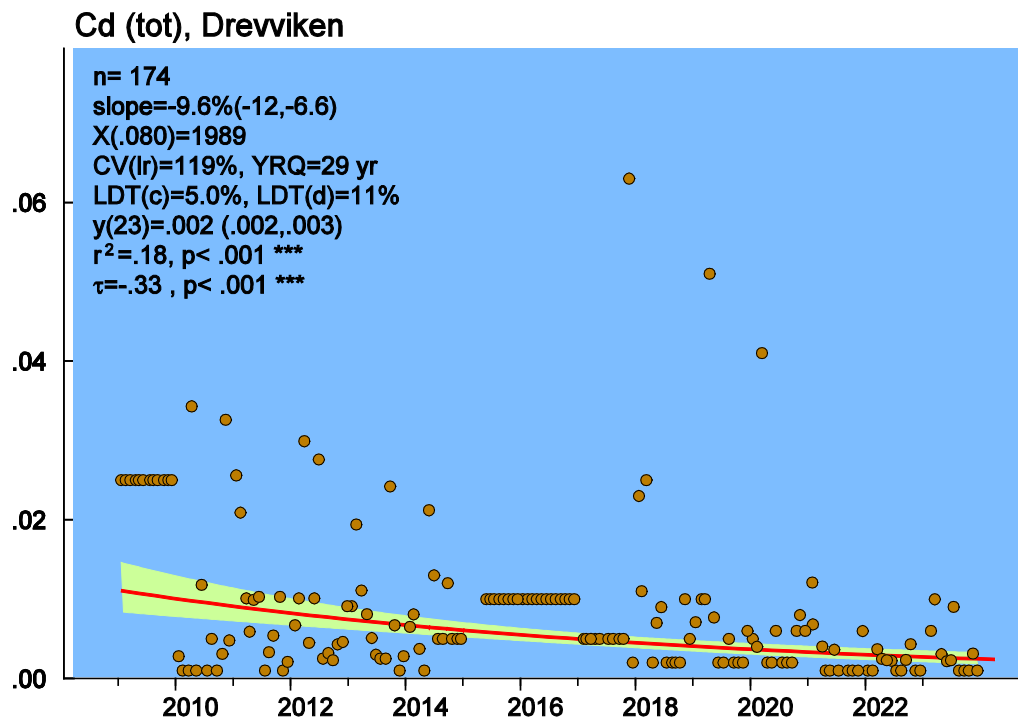
5.2.2 Kadmium, tidsserier

Tabell 3. I samtliga fall ser vi signifikanta minskningar över tid med en medianminskning på 17% per år

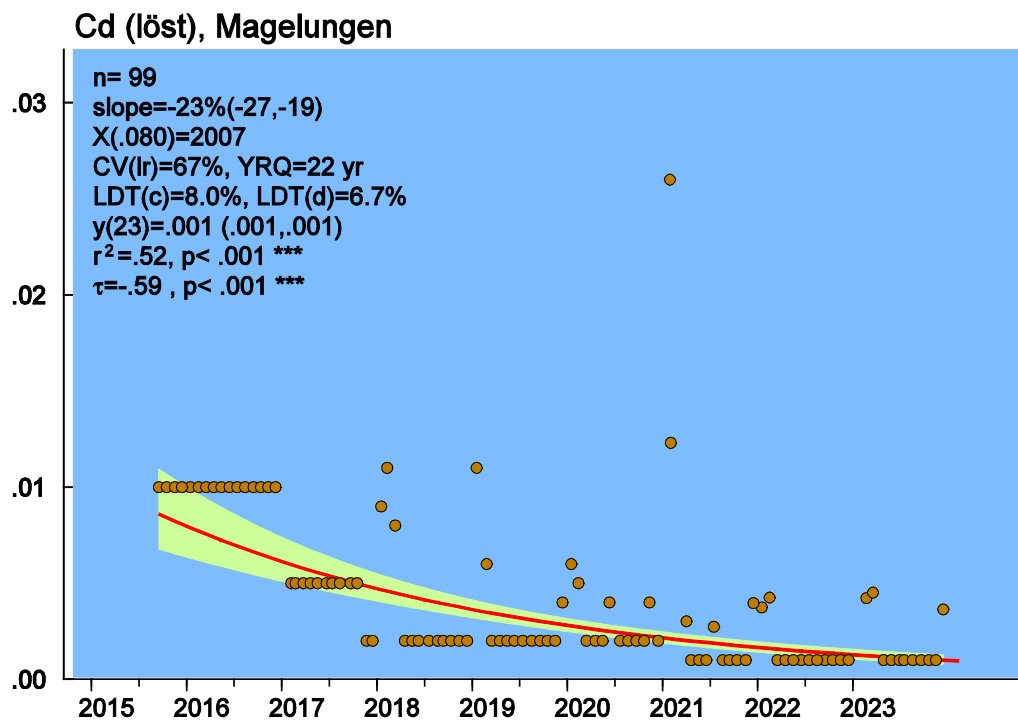
Lokal	N	Yr-range	Trend (%)	P(Ir)		YRQ (2%)	LDT (d)	LDT (c)	Last_yr	P(tau)	
Drevv-lst	175	09-23>15	-5.4	0.0006	---	28	10	4.8	0.0022	<0.001	---
Drevv-tot	174	09-23>15	-9.6	<0.001	---	29	11	5.0	0.0025	<0.001	---
Magel-lst	99	15-23> 9	-23.0	<0.001	---	22	6.7	8.0	0.0010	<0.001	---
Magel-tot	99	15-23> 9	-18.1	<0.001	---	24	7.8	9.3	0.0017	<0.001	---
Flaten-lst	70	18-23> 6	-18.2	0.001	---	27	9.9	18.4	0.0014	<0.001	---
Flaten-tot	70	18-23> 6	-15.9	0.006	--	28	10	19.5	0.0016	<0.01	--
Median	99		-17.0			27.5	10	8.6	0.0017		



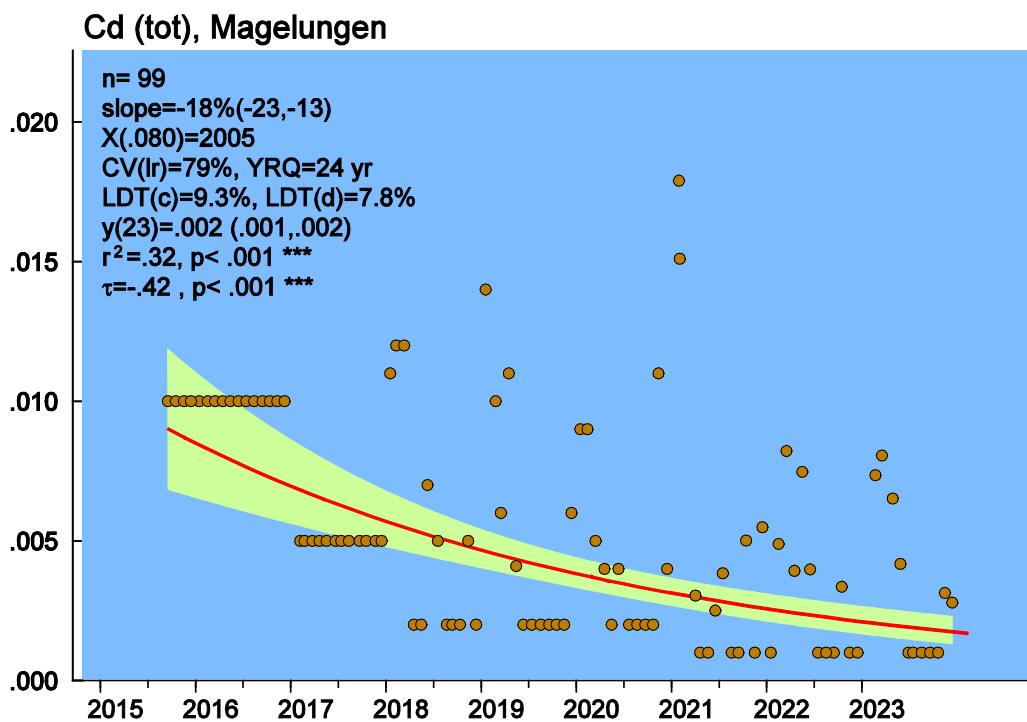
Figur 19. Kadmium (filtrerat) i ytvatten från Drevviken. Låga halter under gränsvärdet, i många fall under LOQ. Signifikant minskande halter.



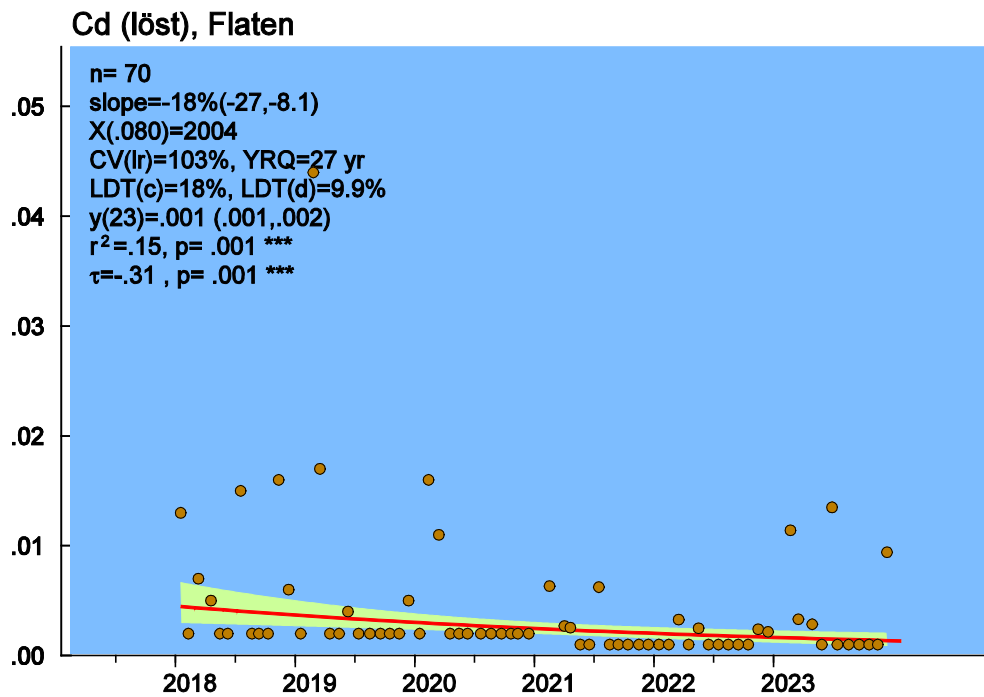
Figur 20. Kadmium (ofiltrerat) i ytvatten från Drevviken. Låga halter under gränsvärdet, i flera fall under LOQ. Signifikant minskande halter.



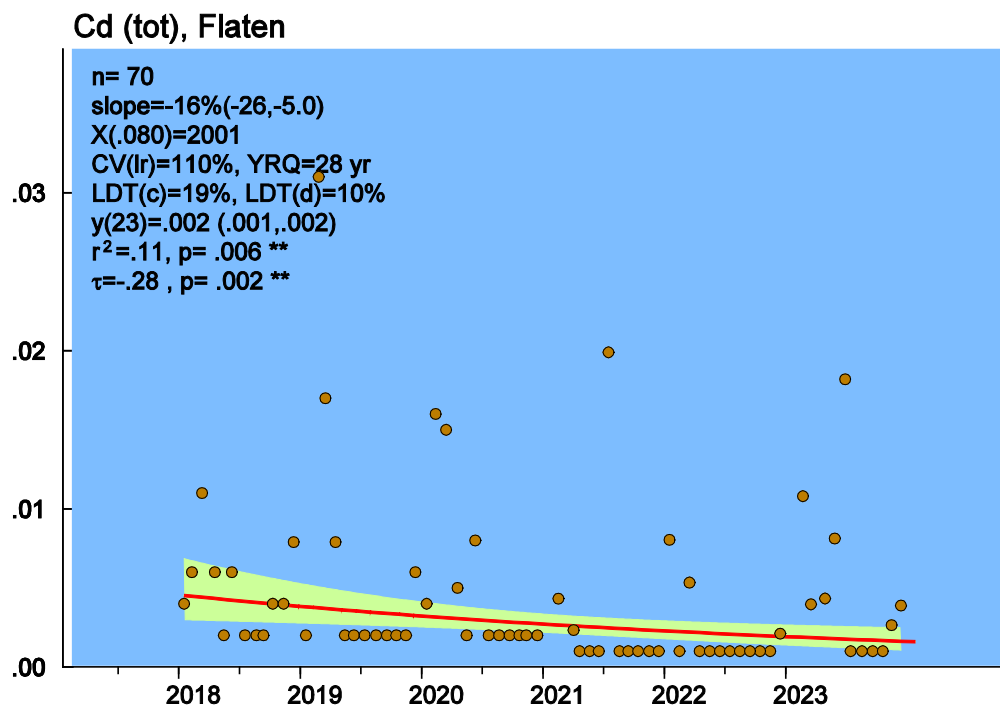
Figur 21. Kadmium (filtrerat) i ytvatten från Magelungen. Låga halter under gränsvärdet, i flera fall under LOQ. Signifikant minskande halter. De högre halterna i början av perioden som ligger under LOQ vid analystillfället gör att trenden kan ifrågasättas.



Figur 22. Kadmium (ofiltrerat) i ytvatten från Magelungen. Låga halter under gränsvärdet, i flera fall under LOQ. Signifikant minskande halter. De högre halterna i början av perioden som ligger under LOQ vid analystillfället gör att trenden kan ifrågasättas.



Figur 23. Kadmium (filtrerat) i ytvatten från Flaten. Låga halter under gränsvärdet, i flera fall under LOQ. Signifikant minskande halter.



Figur 24. Kadmium (ofiltrerat) i ytvatten från Flaten. Låga halter under gränsvärdet, i flera fall under LOQ. Signifikant minskande halter.

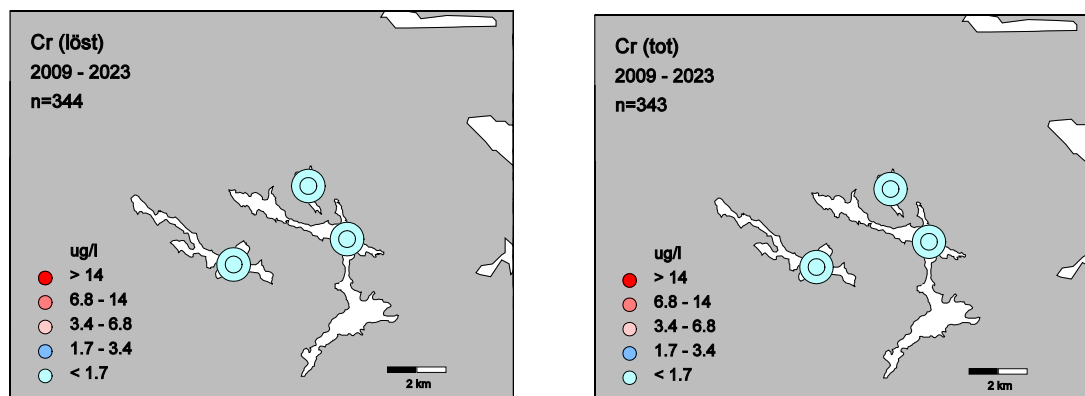
5.3 Krom, Cr, (SFÄ)

Krom 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.

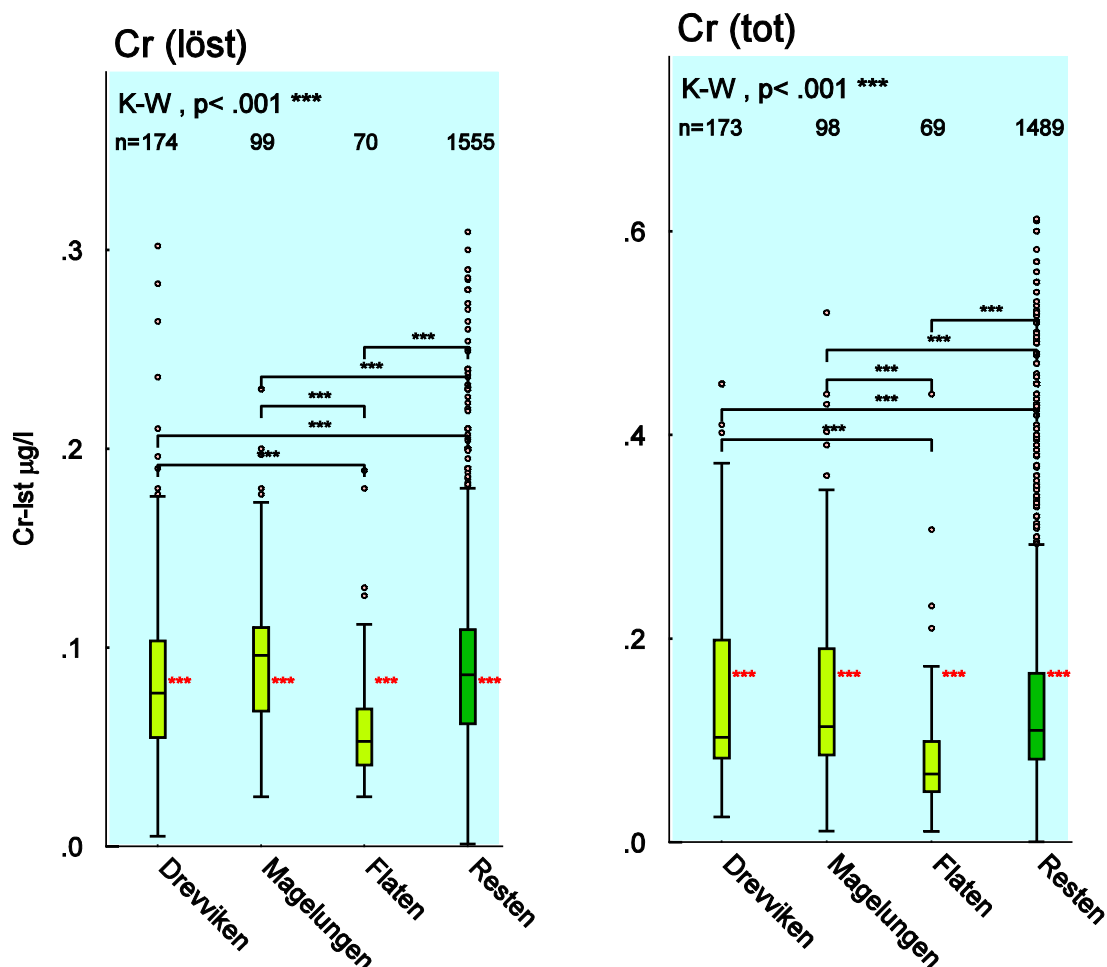
Krom används främst inom metall- och läderindustrin. Det används bland annat till rostfritt stål, pigment och färger samt för att garva djurhudar.

En stor källa till utsläpp av krom är pappersmassaframställning där de restprodukter som bildas, svartlut och grönlutslam innehåller höga halter av bland annat krom (*Naturvårdsverket, Åtgärdsportalen*)

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



Figur 25. Medelkoncentrationerna liksom det övre 95% konfidensintervallen i Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla under halva gränsvärdet.

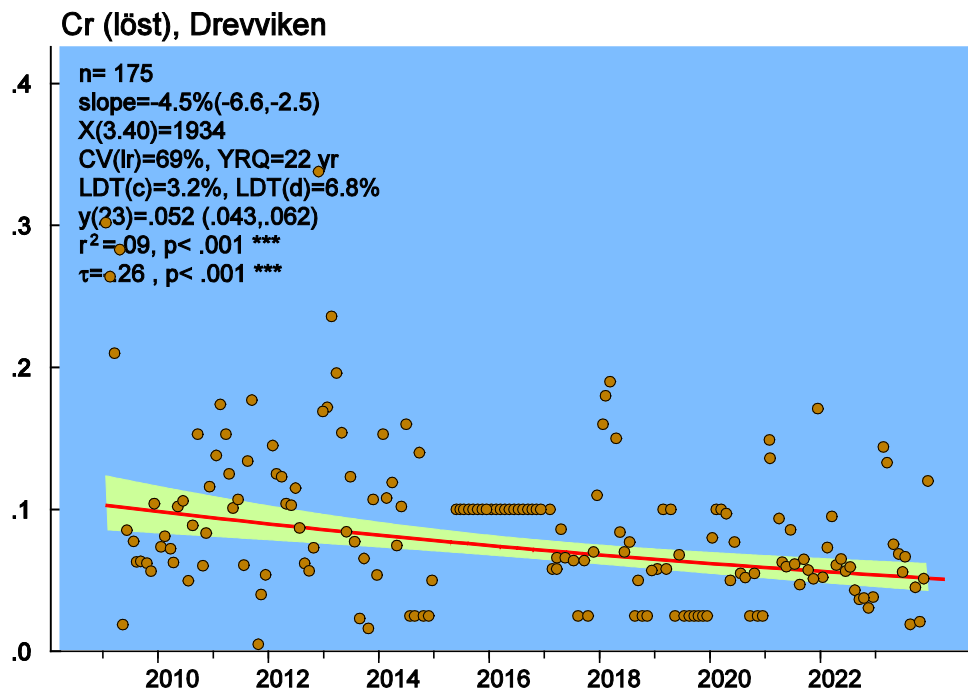


Figur 26. Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla signifikant under gränsvärdet. Mediankoncentrationen av krom i Flaten ligger signifikant under Drevviken, Magelungen samt alla de övriga analyserade vattenförekomsterna.

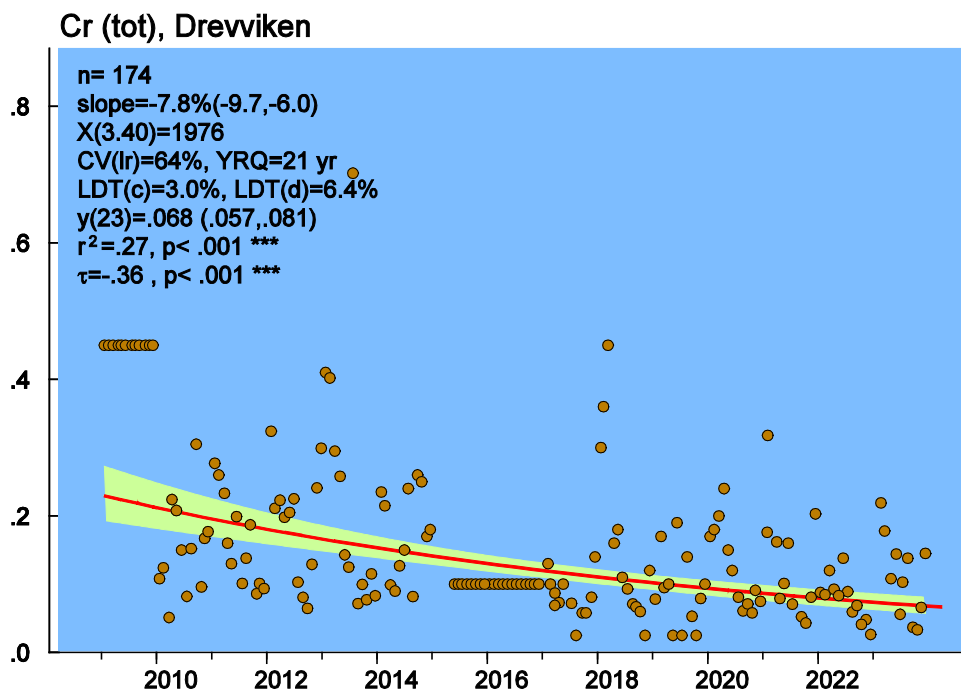
5.3.3 Krom, tidsserier

Tabell 4. Koncentrationerna av krom (både filtrerade och ofiltrerade prov) i Drevviken minskar signifikant över tid (ej signifikant i Magelungen och Flaten). Medianminskning för alla tre sjöar (löst och filtrerat) ligger på 3.5 % per år

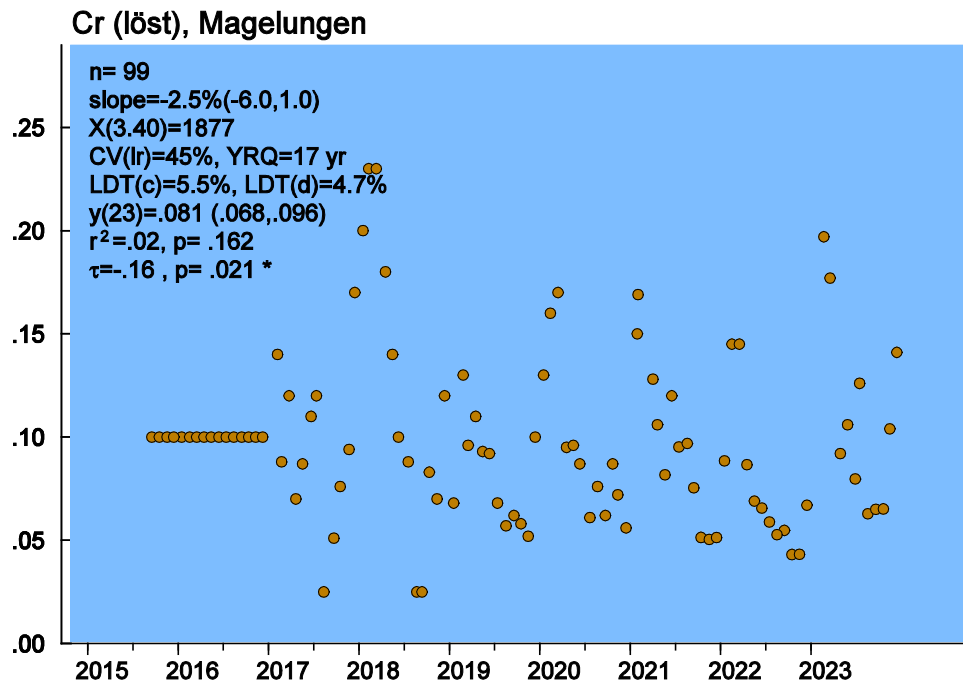
Lokal	N	Yr-range	Trend (%)	P(lr)		YRQ (2%)	LDT (d)	LDT (c)	Senaste	P(tau)	
Drevv-lst	175	09-23>15	-4.5	<0.001	---	22	6.8	3.2	0.052	<0.001	---
Drevv-tot	174	09-23>15	-7.8	<0.001	---	21	6.4	3.0	0.068	<0.001	---
Magel-lst	99	15-23>9	-2.5	ns		17	4.7	5.5	0.081	<0.05	-
Magel-tot	99	15-23>9	-4.8	ns		24	8.0	9.5	0.099	ns	
Flaten-lst	70	18-23>6	3.9	ns		18	5.3	9.4	0.059	ns	
Flaten-tot	70	18-23>6	-1.0	ns		24	8.1	14.8	0.069	ns	
Median	99		-3.5			21.5	6.6	7.5	0.068		



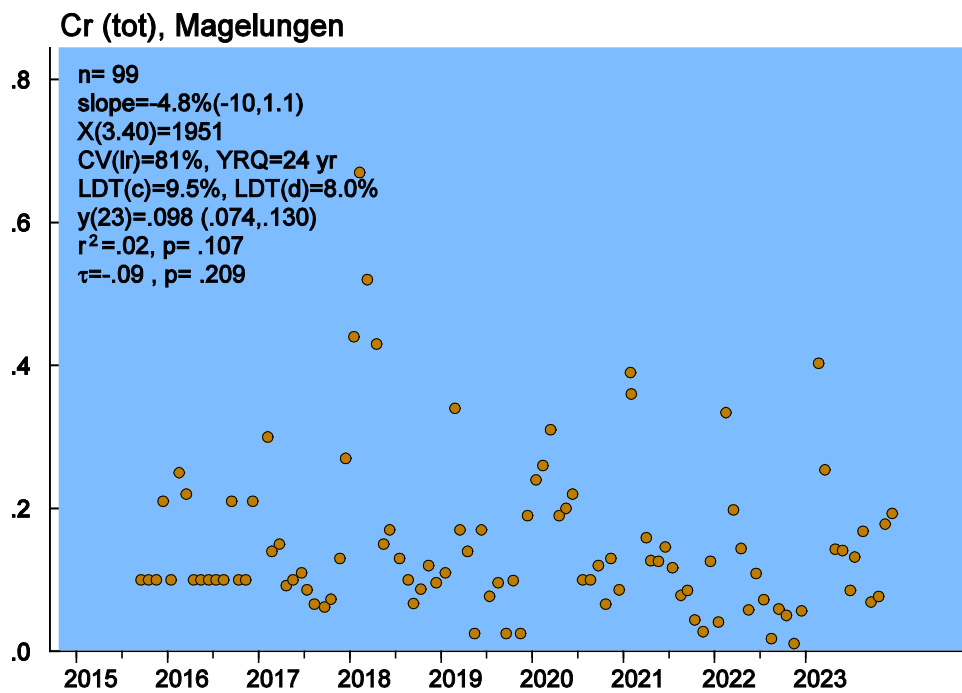
Figur 27. Krom (filtrerat) i ytvatten från Drevviken. Låga halter under gränsvärdet, i flera fall under LOQ. Signifikant minskande halter.



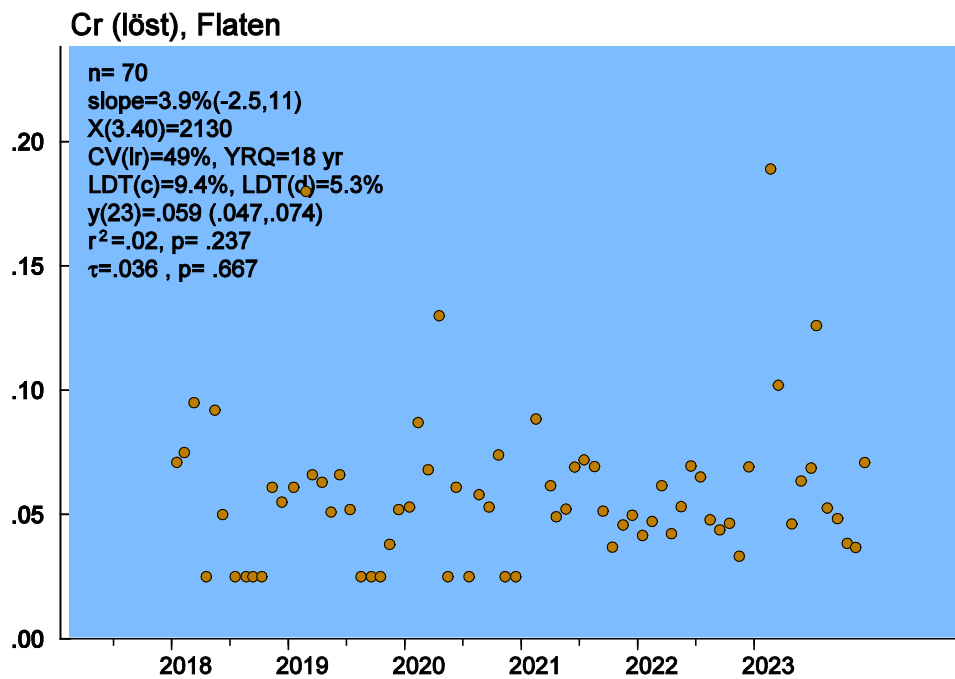
Figur 28. Krom (ofiltrerat) i ytvatten från Drevviken. Låga halter under gränsvärdet, i flera fall under LOQ. Signifikant minskande halter.



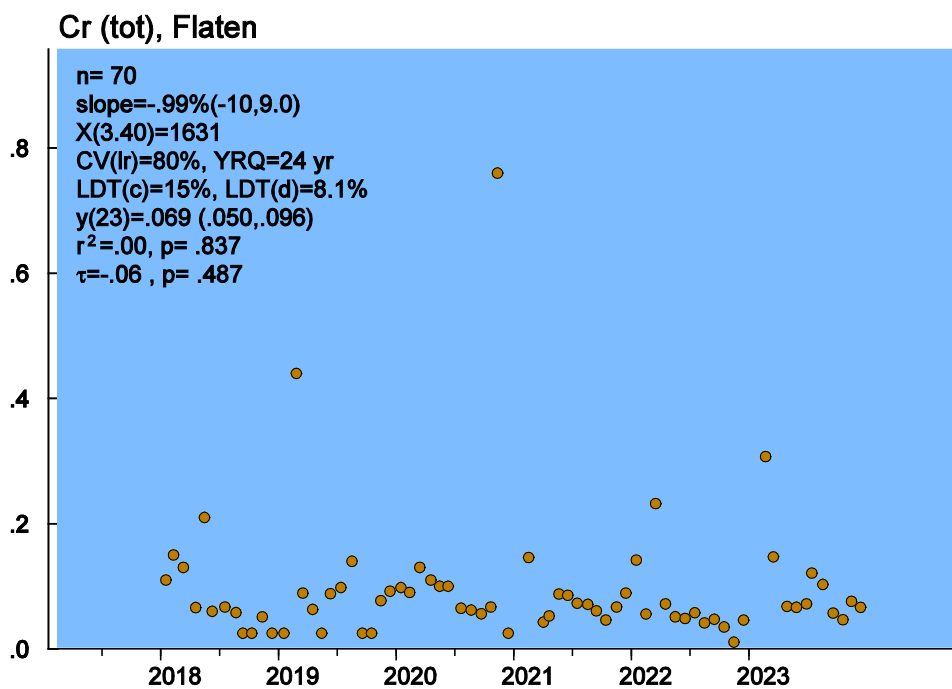
Figur 29. Krom (filtrerat) i ytvatten från Magelungen. Låga halter under gränsvärdet, ingen förändring över tid.



Figur 30. Krom (ofiltrerat) i ytvatten från Magelungen. Låga halter under gränsvärdet, ingen förändring över tid.



Figur 31. Krom (filtrerat) i ytvatten från Flaten. Låga halter under gränsvärdet, ingen förändring över tid.



Figur 32. Krom (ofiltrerat) i ytvatten från Flaten. Låga halter under gränsvärdet, ingen förändring över tid.

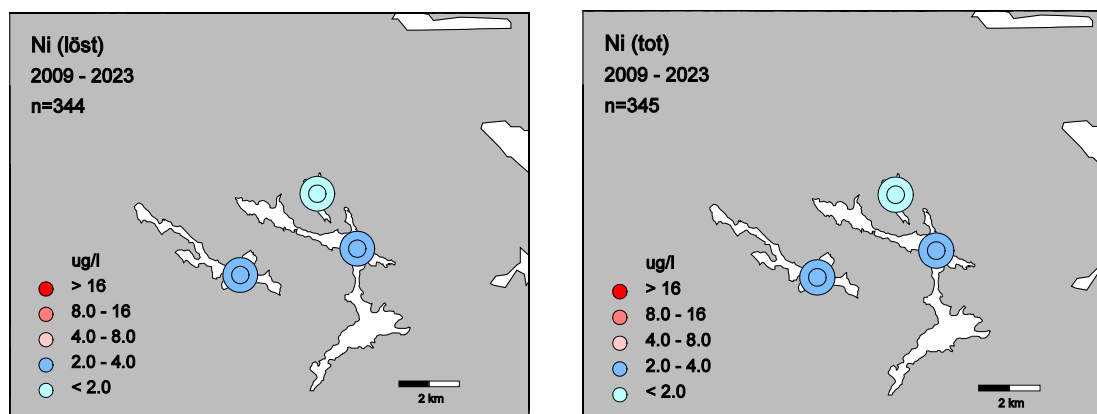
5.4 Nickel, Ni, (PRIO-ämne)

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

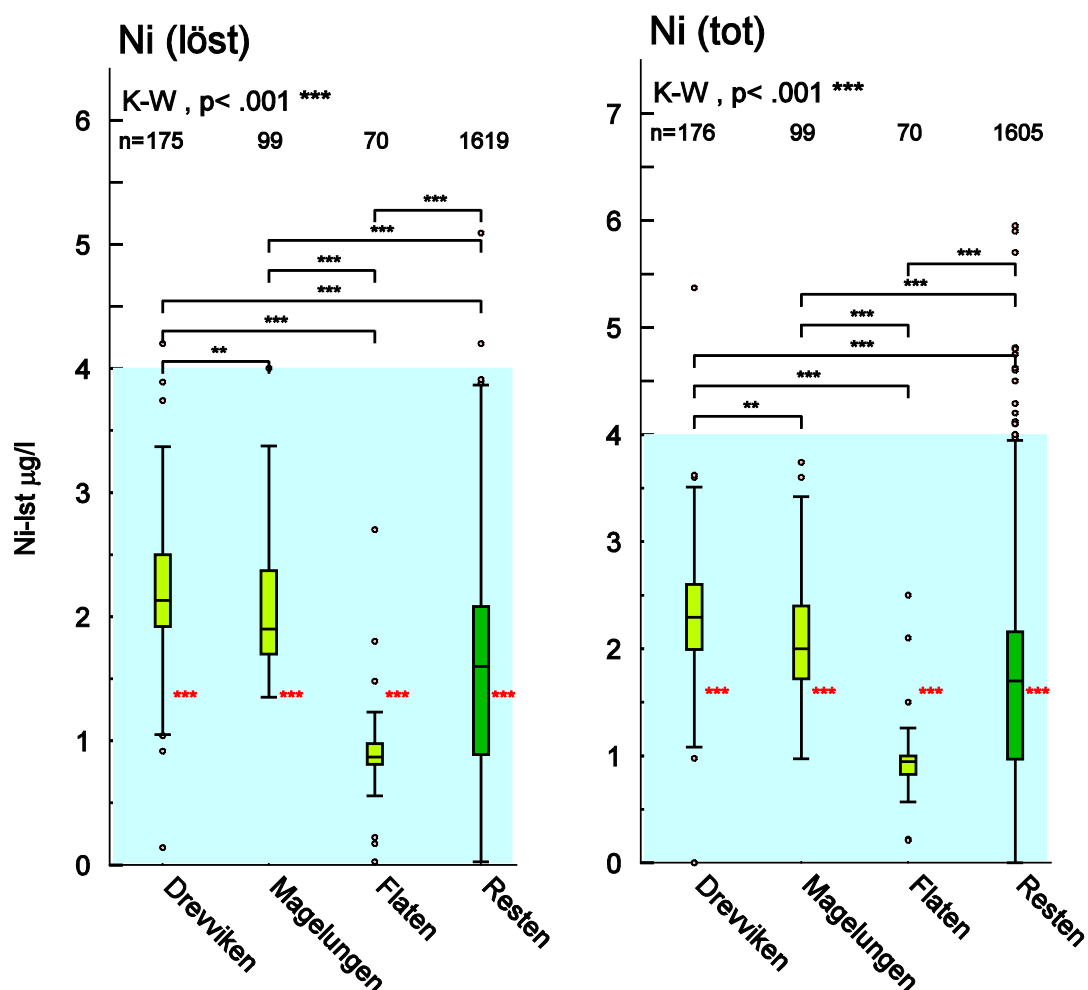
Föreslagen som indikatorämne i God havsmiljö 2020. Rekommenderad matris i vattendirektivet är vatten.

Ingår i de löpande nationella övervakningsprogrammen Kust och hav och Sötvatten. Övervakas i ytvatten (sötvatten). Övervakas i marin biota (fisklever, blåmussla, fågelägg) och limnisk biota (fisklever). Övervakning sker också i slam och utgående vatten inom programområde miljögiftssamordning

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



Figur 33. Medelkoncentrationerna liksom det övre 95% konfidensintervallen i Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla under gränsvärdet på 4 µg/l.

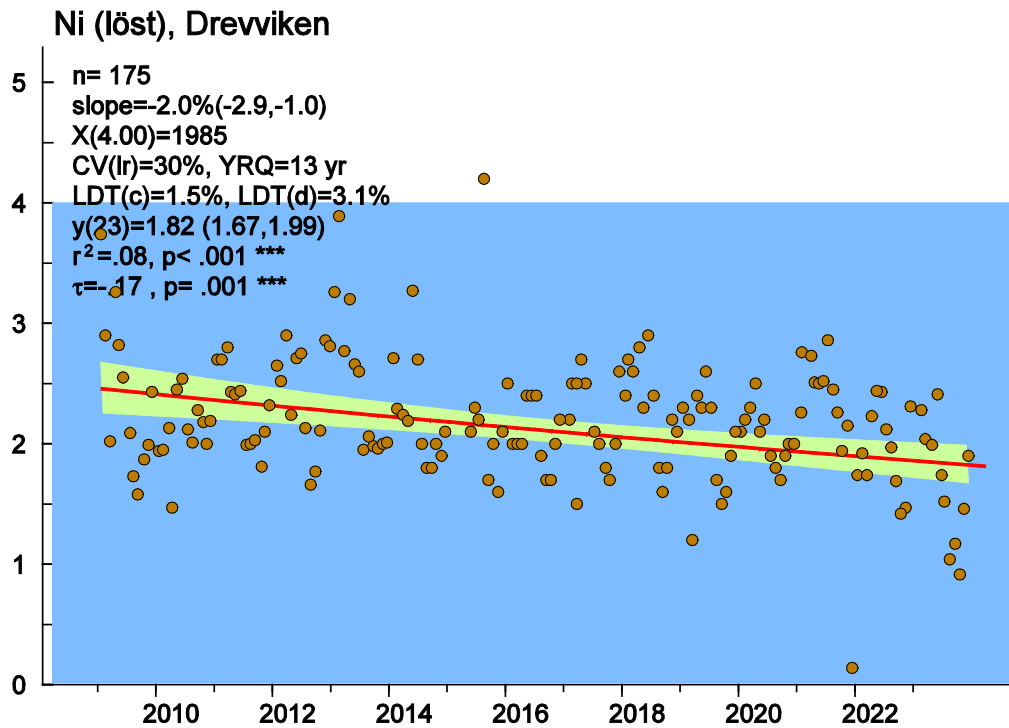


Figur 34. Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla signifikant under gränsvärdet. Median-koncentrationen av nickel i Flaten ligger signifikant under Drevviken, Magelungen samt alla de övriga analyserade vattenförekomsterna.

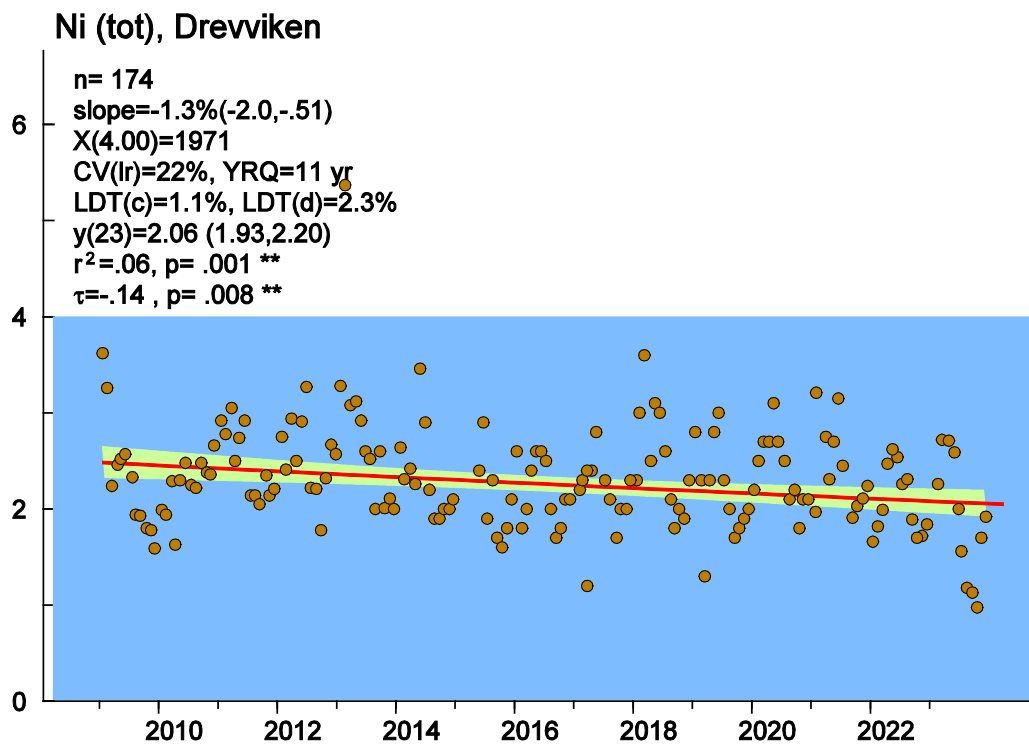
5.4.4 Nickel, tidsserier

Tabell 5. Koncentrationerna av nickel (både filtrerade och ofiltrerade prov) i Drevviken minskar signifikant över tid (ingen signifikant förändring i Magelungen och Flaten).

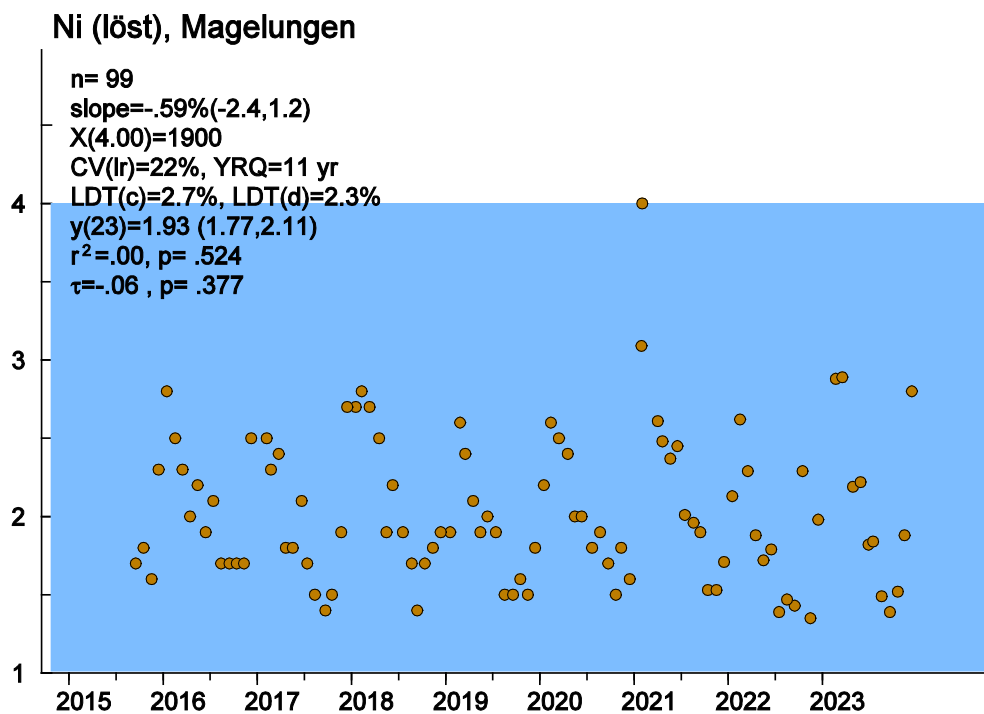
Lokal	N	Yr-range	Trend (%)	P (lr)		YRQ (2%)	LDT (d)	LDT (c)	Senaste	P (tau)	
Drevv-lst	175	09-23>15	-2.0	<0.001	---	13	3.1	1.5	1.82	0.0007	---
Drevv-tot	176	09-23>15	-1.9	<0.01		21	6.7	3.2	1.840	0.006	--
Magel-lst	99	15-23>9	-0.6	ns		11	2.3	2.7	1.93	ns	
Magel-tot	99	15-23>9	-0.6	ns		11	2.4	2.9	2.01	ns	
Flaten-lst	70	18-23>6	1.2	ns		20	6.1	11.1	0.86	ns	
Flaten-tot	70	18-23>6	1.5	ns		15	3.6	6.4	0.96	ns	
Median	99		-0.6			14	3.3	3.0	1.83		



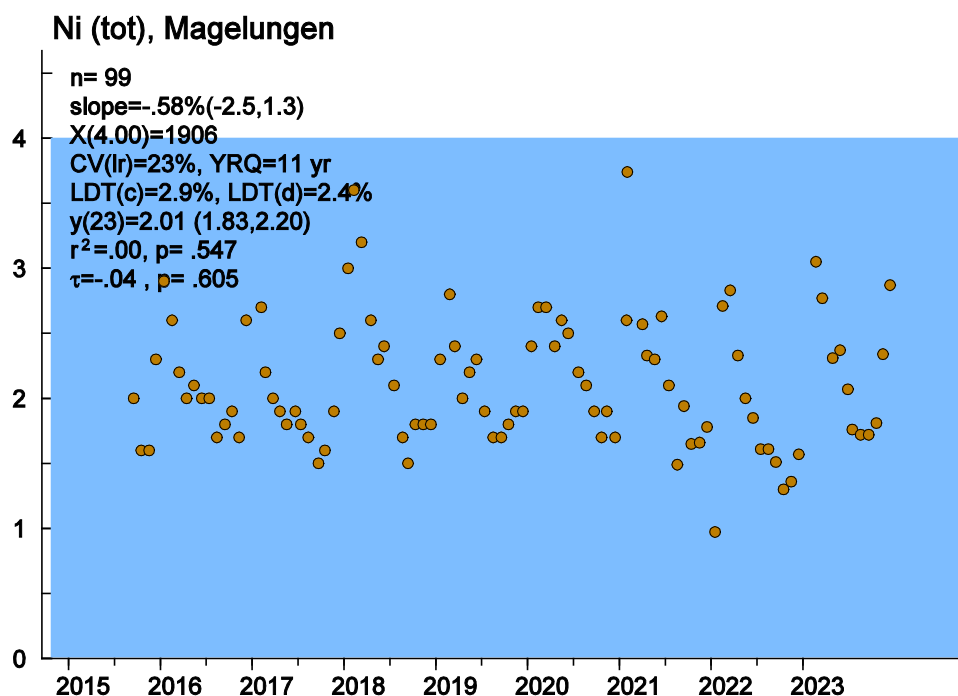
Figur 35. Nickel (filtrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet, Signifikant minskande trend.



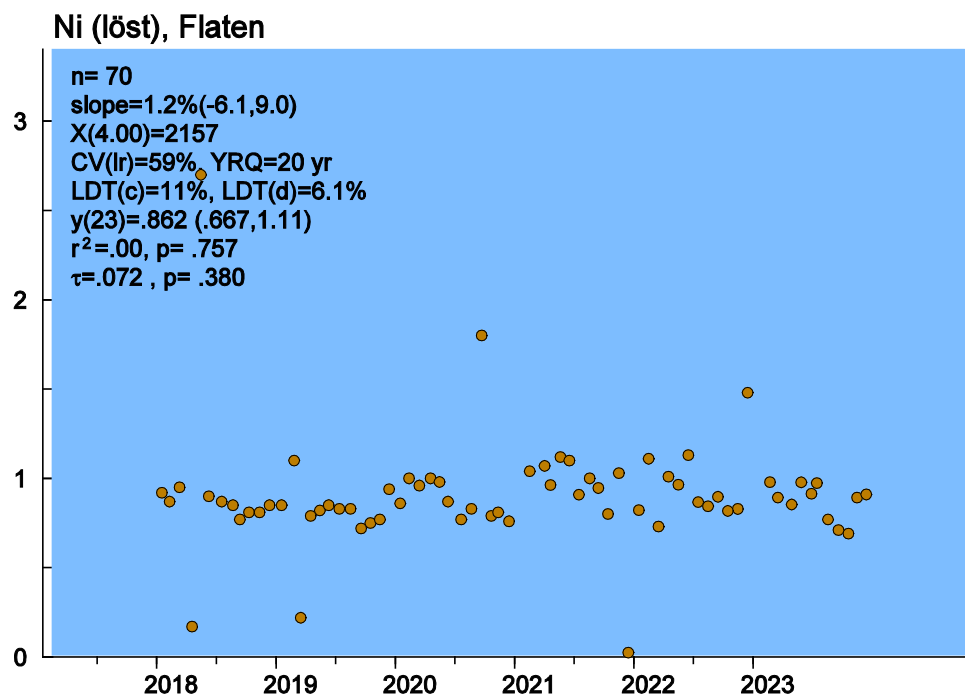
Figur 36. Nickel (ofiltrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet, Signifikant minskande trend.



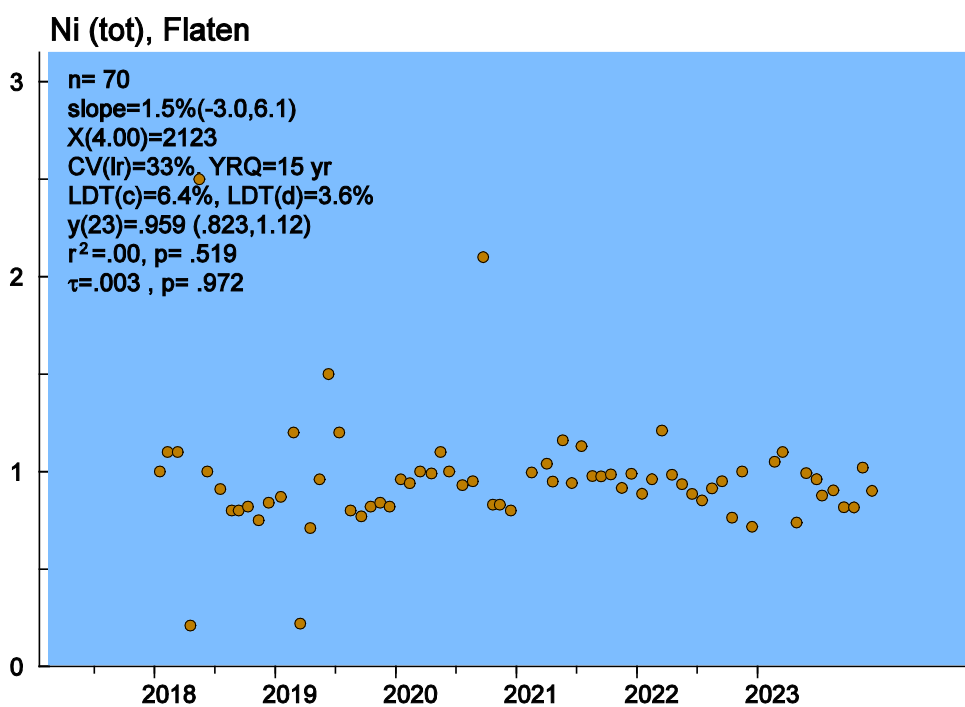
Figur 37. Nickel (filtrerat) i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, Ingen förändring över tid.



Figur 38. Nickel (ofiltrerat) i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, Ingen förändring över tid.



Figur 39. Nickel (filtrerat) i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet, Ingen förändring över tid.



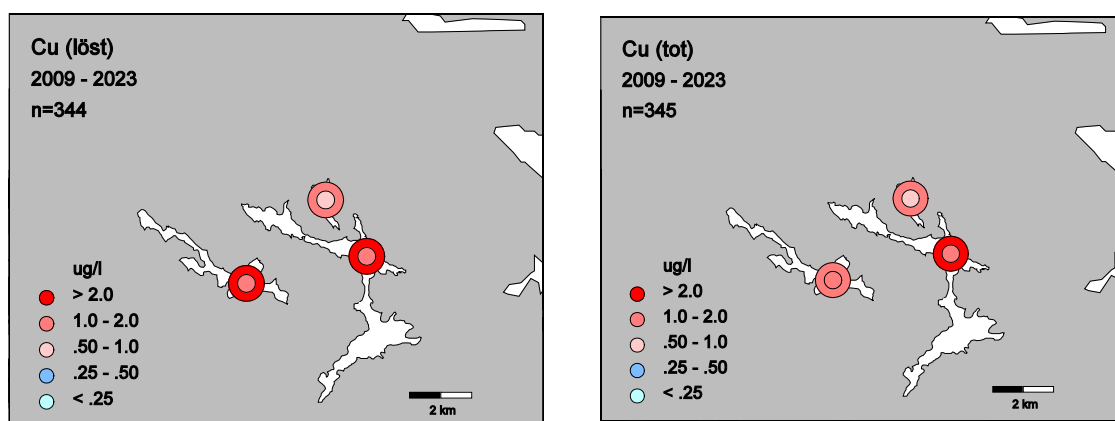
Figur 40. Nickel (filtrerat) i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet, Ingen förändring över tid.

5.5 Koppar, Cu, (SFÄ)

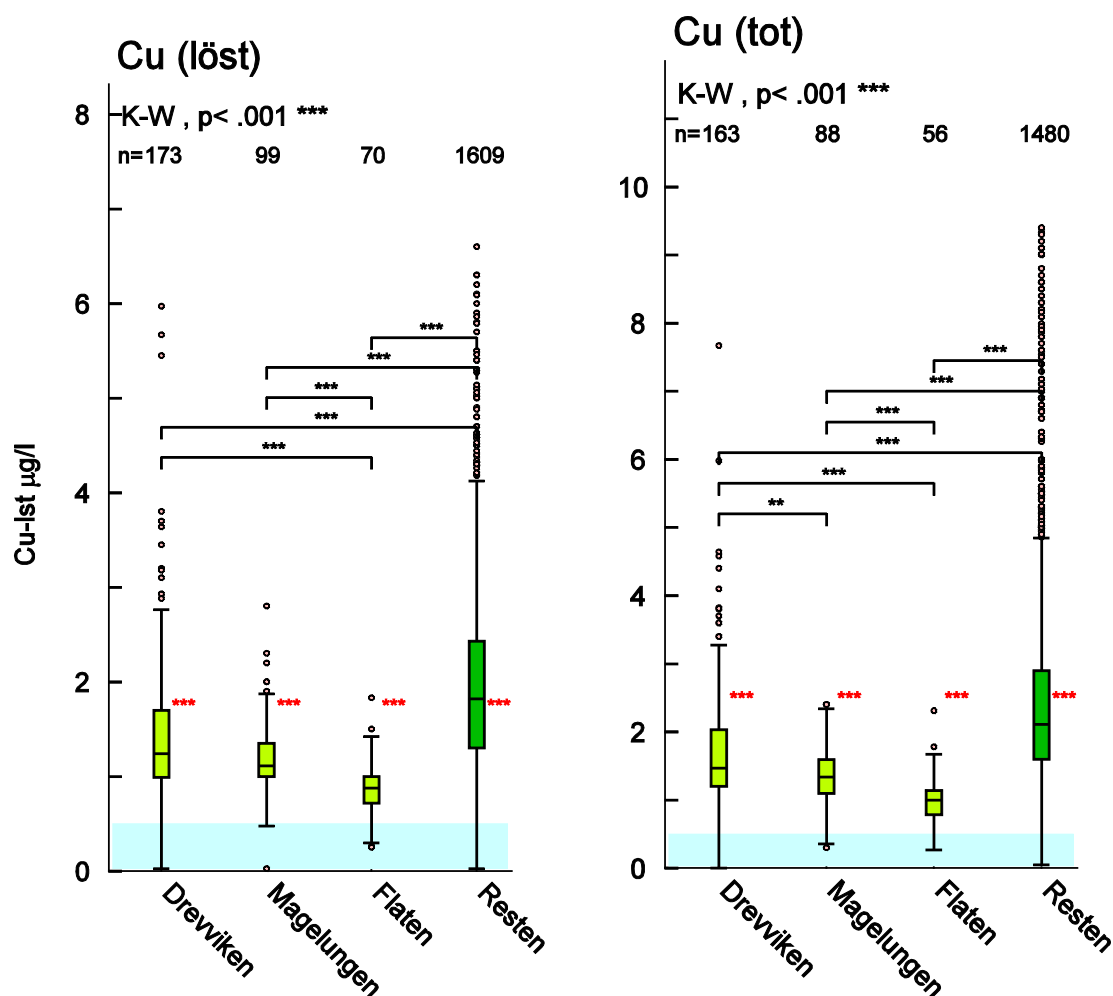
Flera kopparföreningar används som bekämpningsmedel mot svamp på grödor. Kopparsalter utgör också verksamma ämnen i algbekämpningsmedel, båtbottnfärger och träskyddsmedel. Koppar är ett essentiellt näringsämne för människor och djur eftersom det deltar som syrebärare i många enzym. Det är också nödvändigt för växternas fotosyntes och kopparföreningar tillsätts därför i både gödningsmedel och foder. Metallsmältverken var tidigare den största utsläppskällan av koppar till luften. Dessa utsläpp har minskat mycket på grund av förbättrad reningsutrustning. Den största källan 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.

De dominerande källorna till koppar i Stockholms miljö är biltrafik och byggnadsmaterial som når stadens vattenmiljöer genom utsläpp av dag- och avloppsvatten (*Miljöbarometern*).

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



Figur 41. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen) för koppar i Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla över gränsvärdet på 0.5 µg/l.

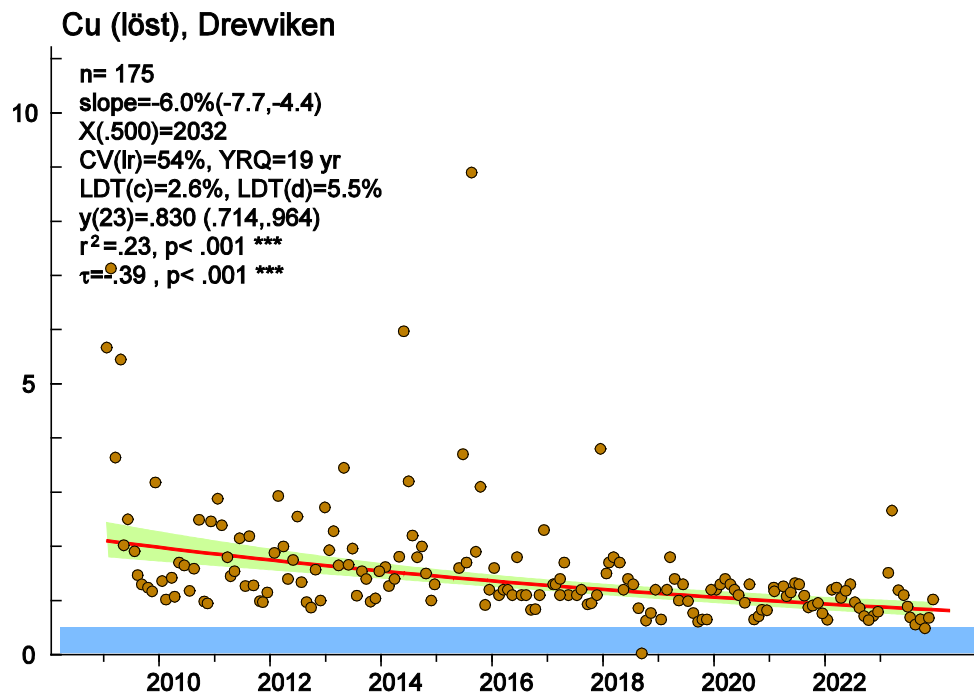


Figur 42. Mediankoncentrationen av koppar i såväl filtrerade som ofiltrerade prover från Drevviken, Magelungen och Flaten ligger signifikant **över** gränsvärdet ($p < 0.001$). Koncentrationerna i Flaten ligger signifikant under Drevviken och Magelungen.

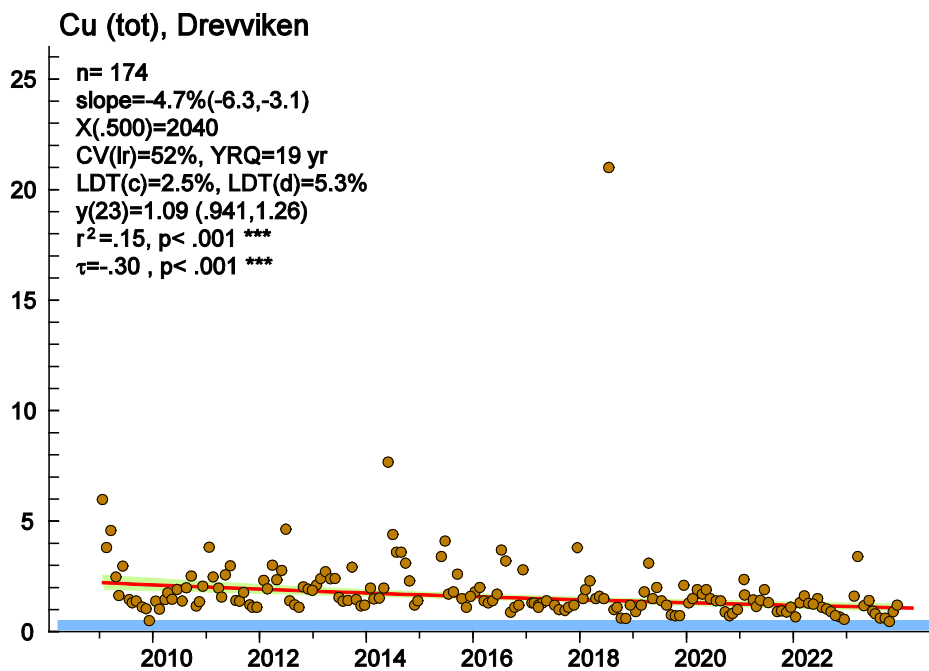
5.5.5 Koppar, tidsserier

Tabell 6. Koncentrationerna av koppar (både filtrerade och ofiltrerade vattenprov) i Drevviken minskar signifikant ($p < 0.001$). Medelkoncentrationen av koppar kan förväntas understiga gränsvärdet 2032, resp. 2040 om den minskande trenden håller i sig.

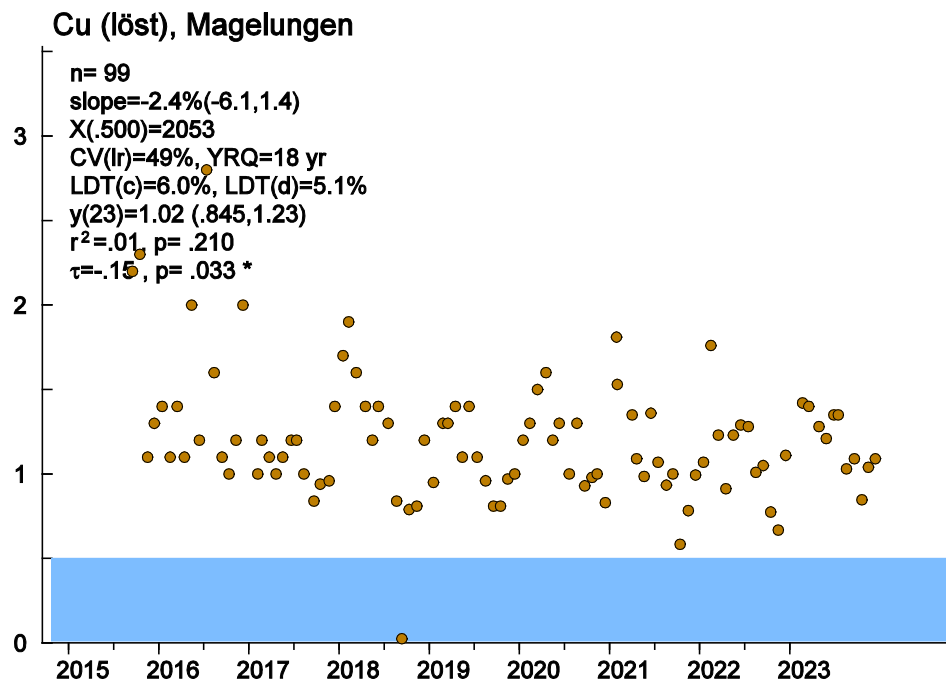
Lokal	N (tot)	År	Trend (%)	P(Ir)		YRQ (2%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	X-crit
Drevv (lst)	175	09-23>15	-6.0	<0.001	---	19	5.5	2.6	0.83	<0.001	--- 2032
Drevv (tot)	176	09-23>15	-5.2	<0.001	---	24	7.9	3.7	0.98	<0.001	--- 2040
Magel (lst)	99	15-23>9	-2.4	ns		18	5.1	6.0	1.02	<0.05	- 2053
Magel (tot)	99	15-23>9	-2.8	<0.05	-	14	3.3	3.9	1.1	<0.01	-- 2052
Flaten (lst)	70	18-23>6	2.8	ns		14	3.5	6.2	0.92	ns	
Flaten (tot)	70	18-23>6	2.0	ns		14	3.2	5.7	1.0	ns	
Median	99		-2.6			16	4.3	4.8	0.99		



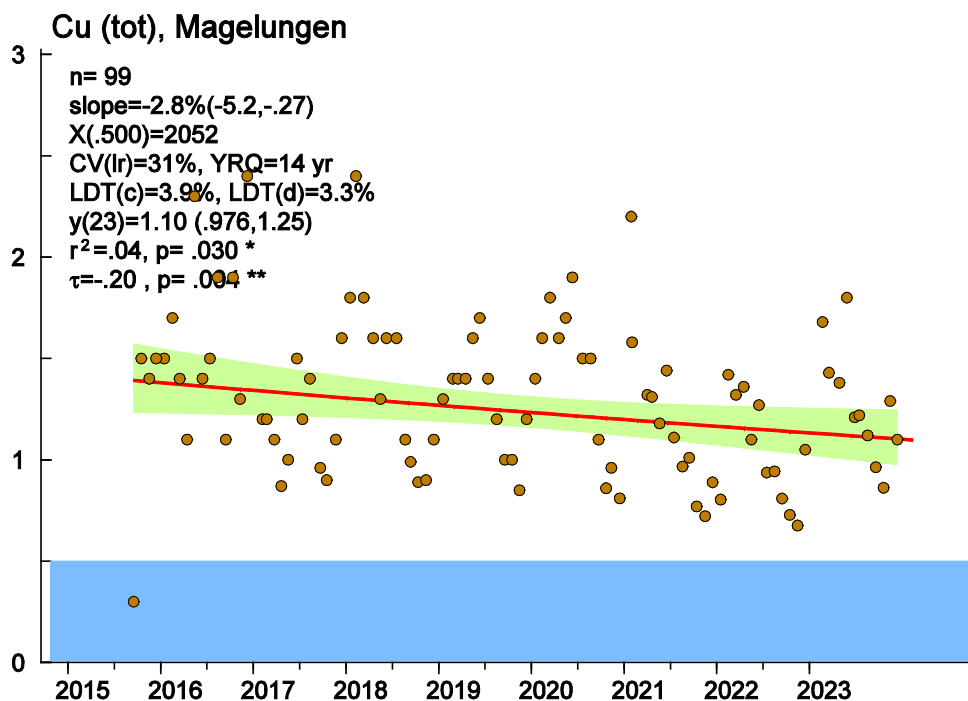
Figur 43. Koppar (filtrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskande trend, medelhalter beräknas understiga gränsvärdet 2032.



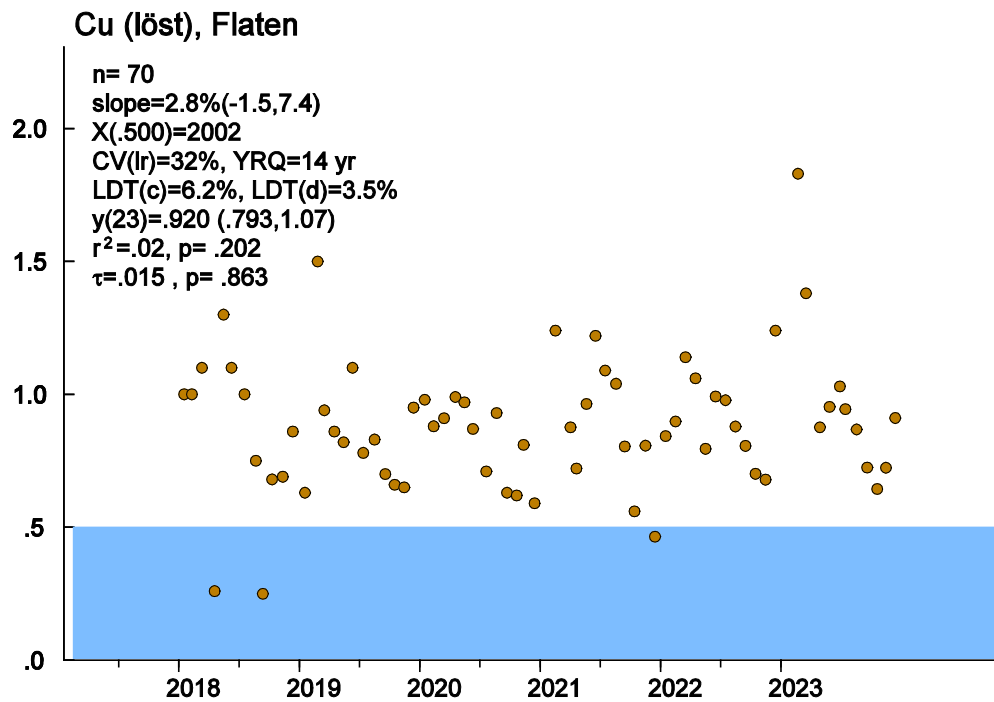
Figur 44. Koppar (ofiltrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskande trend, medelhalter beräknas understiga gränsvärdet 2040.



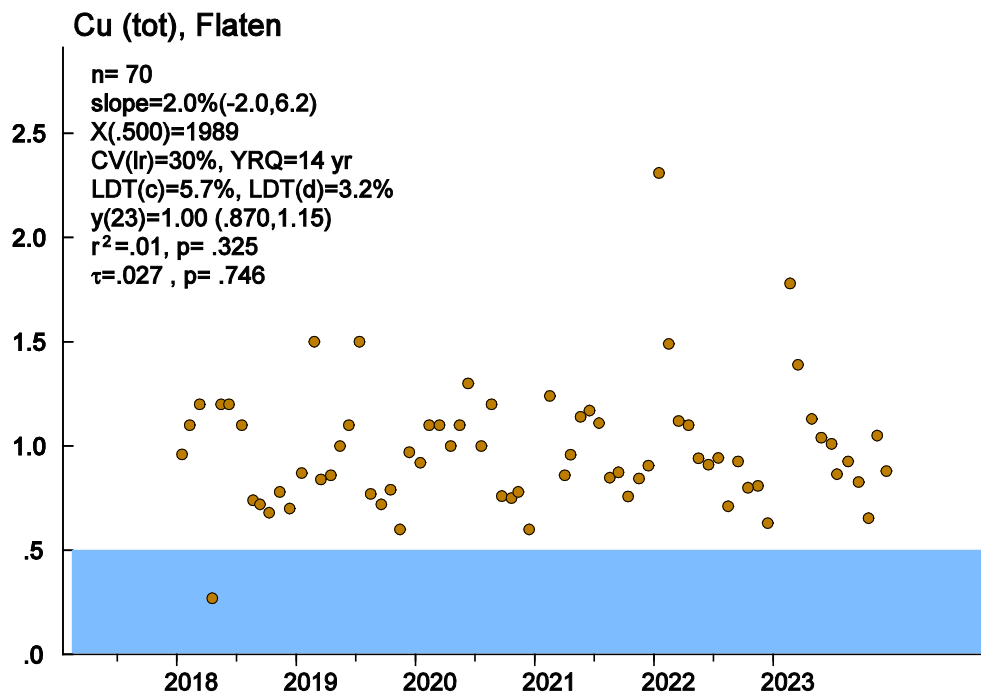
Figur 45. Koppar (filtrerat) i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Ingen förändring över tid.



Figur 46. Koppar (ofiltrerat) i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskande trend, medelhalter beräknas understiga gränsvärdet 2052 om trenden fortsätter i samma takt.



Figur 47. Koppar (filtrerat) i ytvatten från Flaten. Halter över gränsvärdet, Ingen förändring över tid.

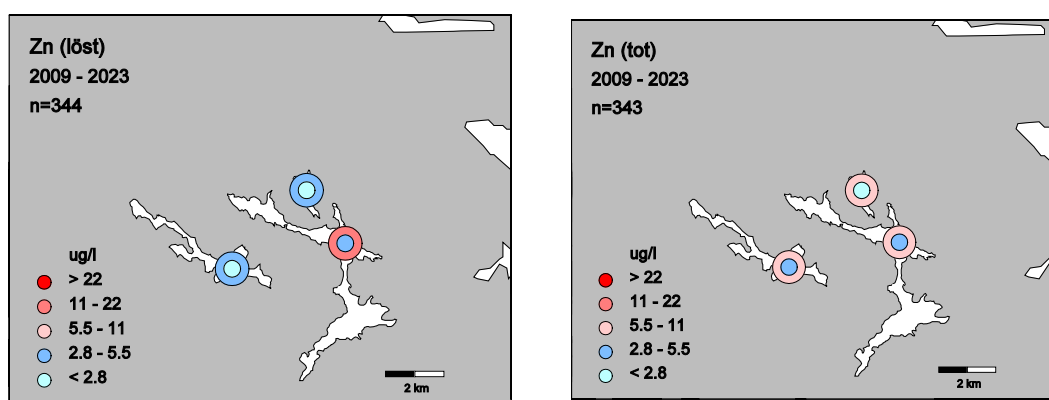


Figur 48. Koppar (ofiltrerat) i ytvatten från Flaten. Halter över gränsvärdet, Ingen förändring över tid.

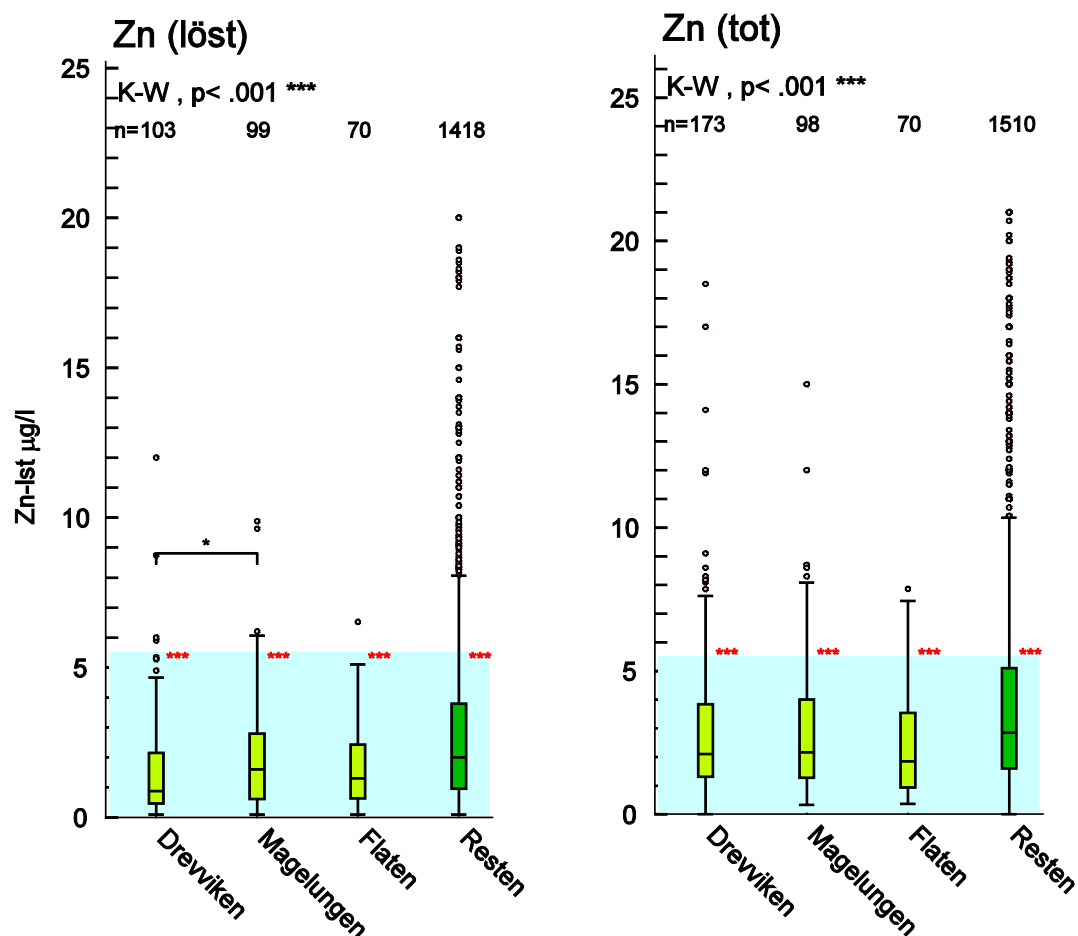
5.6 Zink, Zn, (SFÄ)

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 ytbelägningsmedel i metall- och elektronikindustrin. Zinkutsläpp kommer från förbränning av olja, järn- och stålproduktion samt slitage av bildäck. Zink används även i tillverkningen av hustak, varifrån vissa utsläpp sker. Naturliga utsläpp av zink förekommer också, från berg, jord, sediment och vatten.

Ytvatten, gränsvärde: 5.5 ug/l (EQS) biotillgänglig halt i filtrerat prov.



Figur 49. Medelkoncentrationerna av zink i Drevviken, Magelungen och Flaten ligger under gränsvärdet. Tar man hänsyn till spridningen hamnar det övre 95 % konfidensintervallet över gränsvärdet för alla de ofiltrerade proverna samt för filtrerade prov även i Magelungen.

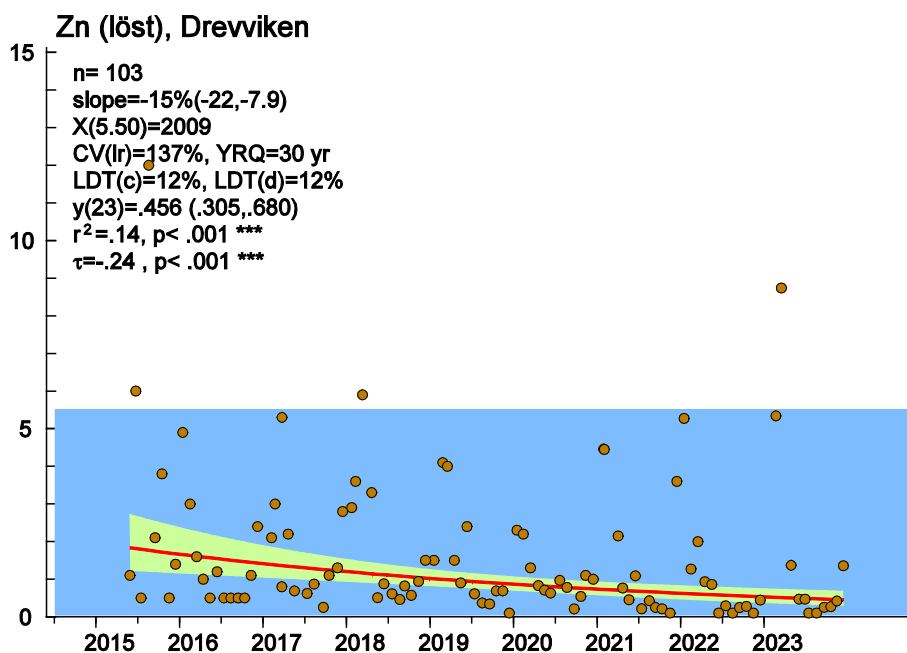


Figur 50. Mediankoncentrationen av zink i såväl filtrerade som ofiltrerade prover från Drevviken, Magelungen och Flaten ligger signifikant under gränsvärdet ($p < 0.001$).

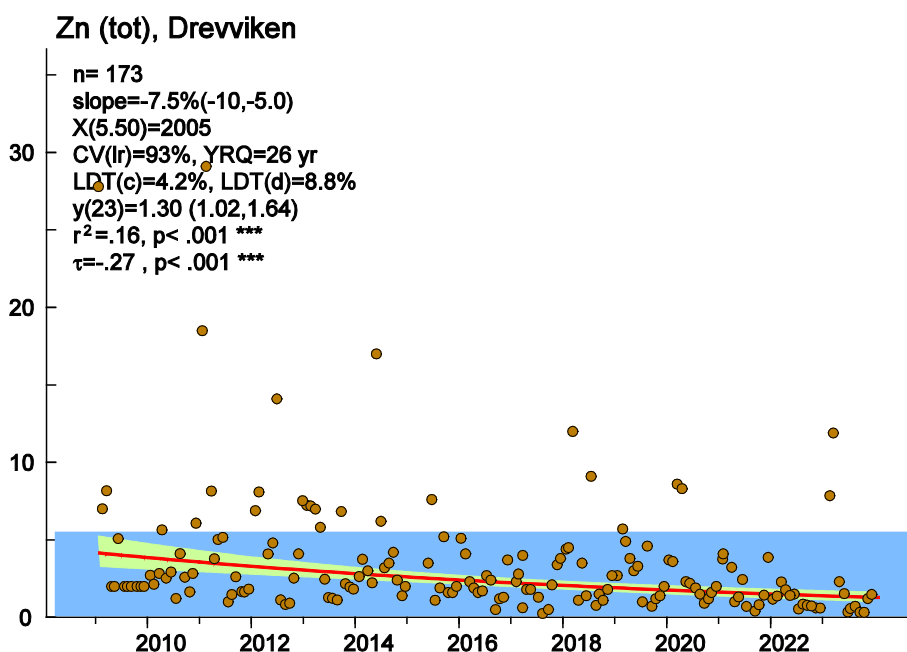
5.6.6 Zink, tidsserier

Tabell 7. Medelkoncentrationerna av zink (både filtrerade och ofiltrerade prov) minskar signifikant i både Drevviken och Magelungen. Ingen förändring över tid kan märkas i Flaten.

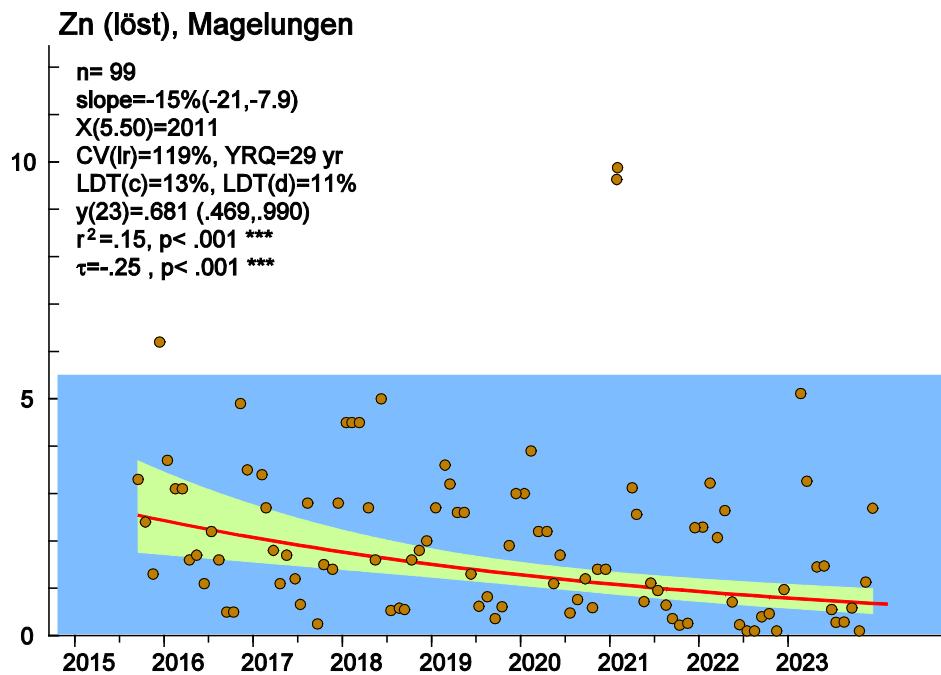
Lokal	N (tot)	År	Trend(%)	P (lr)	***	YRQ (2%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	
D Ist	103	15-23> 9	-15.0	<0.001	---	30	11.9	11.9	0.46	<0.001	---
D tot	174	09-23>15	-8.0	<0.001	---	27	9.6	4.5	1.28	<0.001	---
M Ist	99	15-23> 9	-14.8	<0.001	---	29	10.8	12.9	0.68	<0.001	---
M tot	99	15-23> 9	-10.1	<0.01	--	26	8.9	10.7	1.44	<0.01	--
F Ist	70	18-23> 6	-5.5	ns		28	10.5	19.5	1.00	ns	
F tot	70	18-23> 6	-6.5	ns		26	8.9	16.5	1.5	ns	
Median	99		-9.1			27.5	10.0	12.4	1.14		



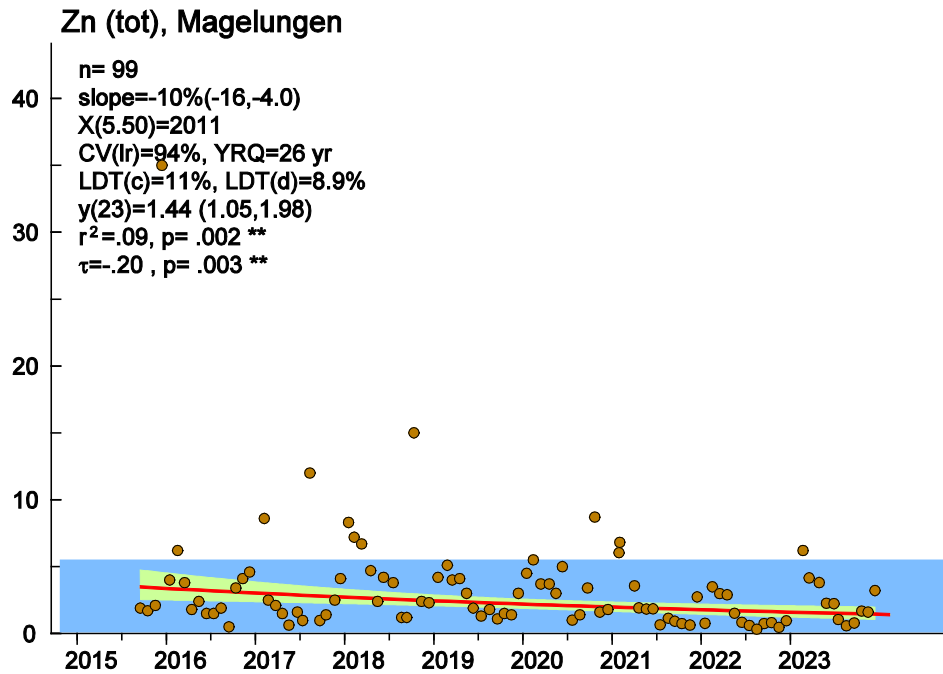
Figur 51. Zink (filtrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet, Signifikant minskande trend.



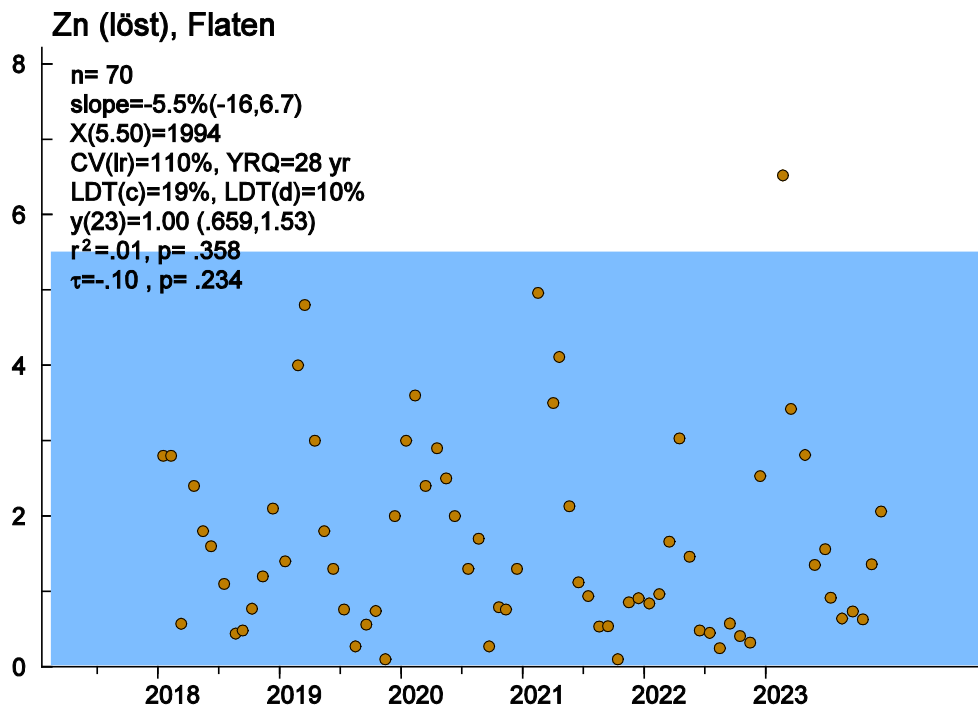
Figur 52. Zink (ofiltrerat) i ytvatten från Drevviken. Halter i regel under gränsvärdet, Signifikant minskande trend. Ett extremvärde har uteslutits.



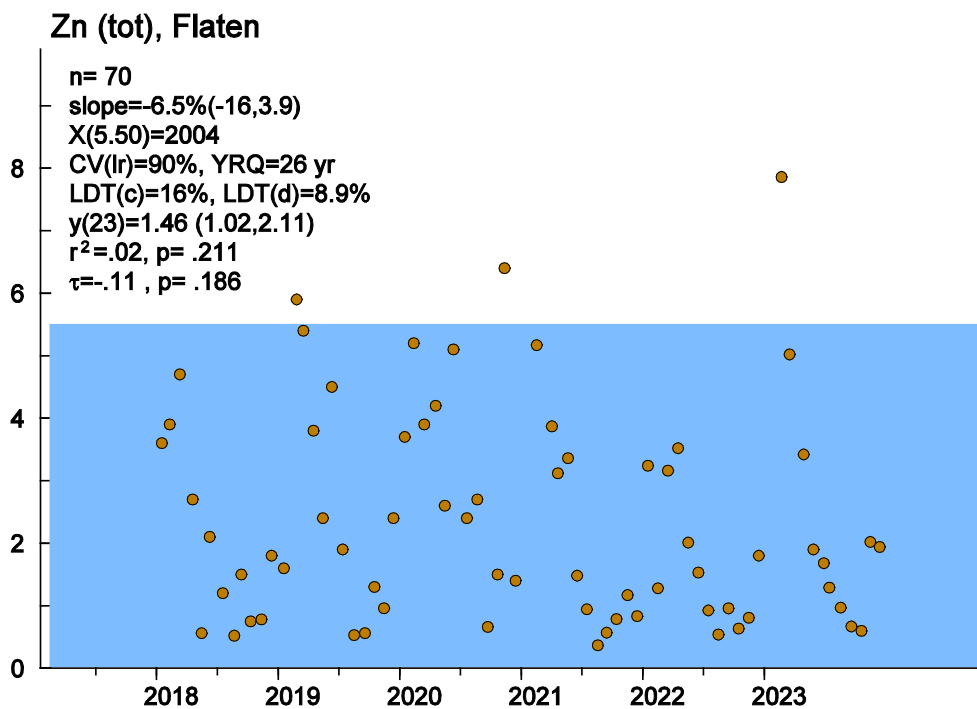
Figur 53. Zink (filtrerat) i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, Signifikant minskande trend.



Figur 54. Zink (ofiltrerat) i ytvatten från Magelungen. Halter i allmänhet under gränsvärdet, Signifikant minskande trend.



Figur 55. Zink (filtrerat) i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet, Ingen förändring över tid.



Figur 56. Zink (ofiltrerat) i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet, Ingen förändring över tid.

6. PAH

PAH:er 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, vägtrafik.

PAH:er har dock även producerats avsiktligt för olika användningsområden och framförallt då som träimpregneringsmedel i form av kreosot. PAH:er är utpekade som indikatorämne i HVMFS 2012:18. Den dominerande källan till PAH i Stockholm är vägtrafik.

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).

Rekommenderad matris i vattendirektivet är vatten, alternativt biota.

PAH-erna har bara analyserats under 2-3 år vilket gör dem lite för korta för att tidsserieanalyserna ska bli meningsfulla

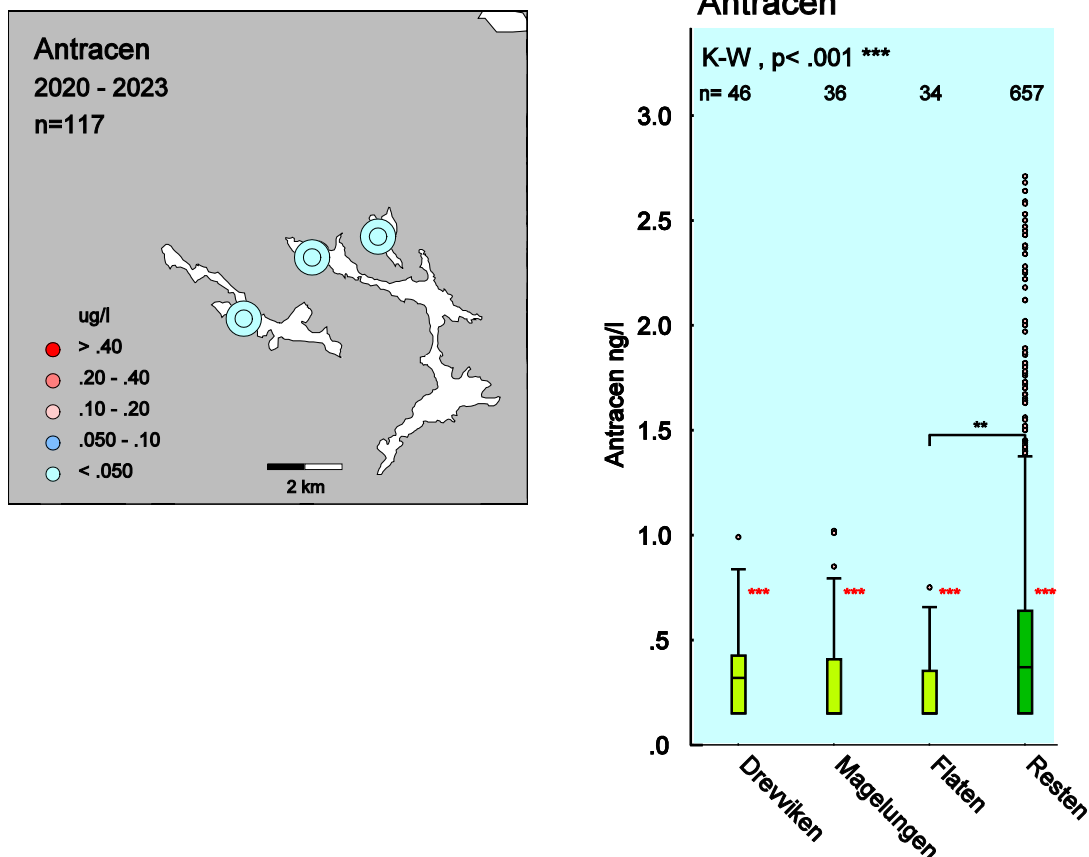
6.1 Antracen, (PRIO-ämne)

PAH-M. Industriellt kan antracen användas som syntesråvara. Antracen finns i pyrotekniska produkter, kreosot, extrakt från smörjoljeraffinering och koltjäre-innehållande produkter som till exempel färger och vattentäta ytbeläggningar. Ämnet förekommer även i takpapp, gummidäck och annat gummi samt impregnerat trä

Utpekade som indikatorämne i HVMFS 2012:18. Föreslagna 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.

Antracen, ytvatten, gränsvärde: 100 ng/l (EQS)

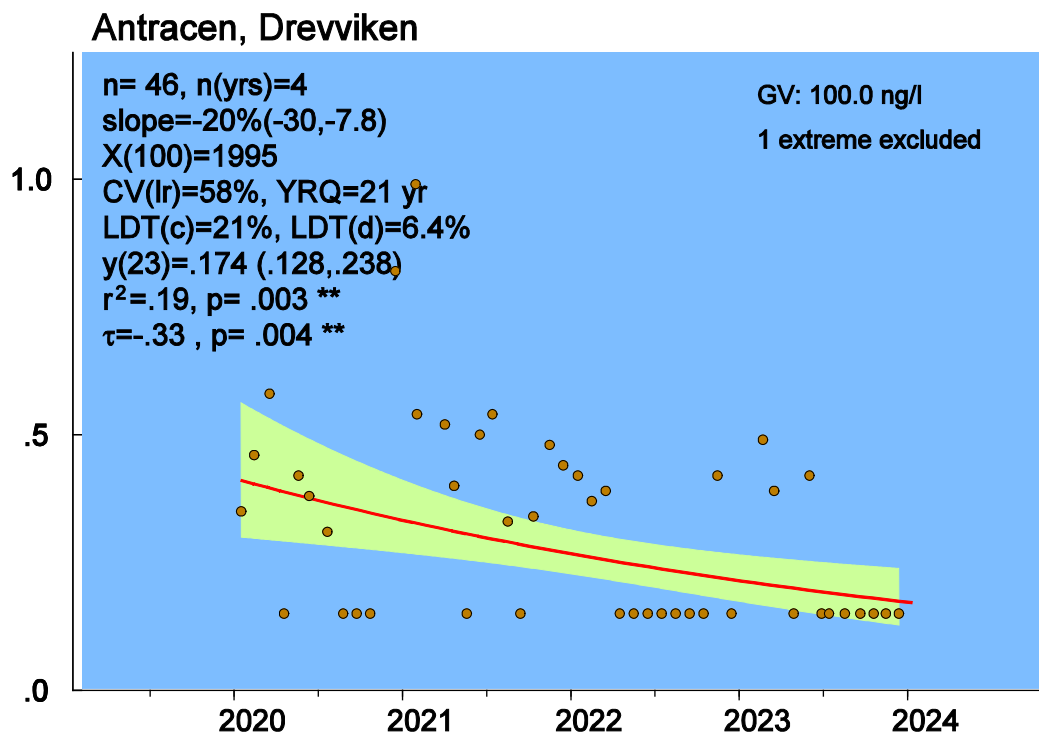


Figur 57. Medelkoncentrationerna, liksom det övre 95% konfidensintervallen, för antracen i prover från Drevviken, Magelungen och Flaten ligger under halva gränsvärdet. Mediankoncentrationerna ligger signifikant **under** gränsvärdet ($p < 0.001$).

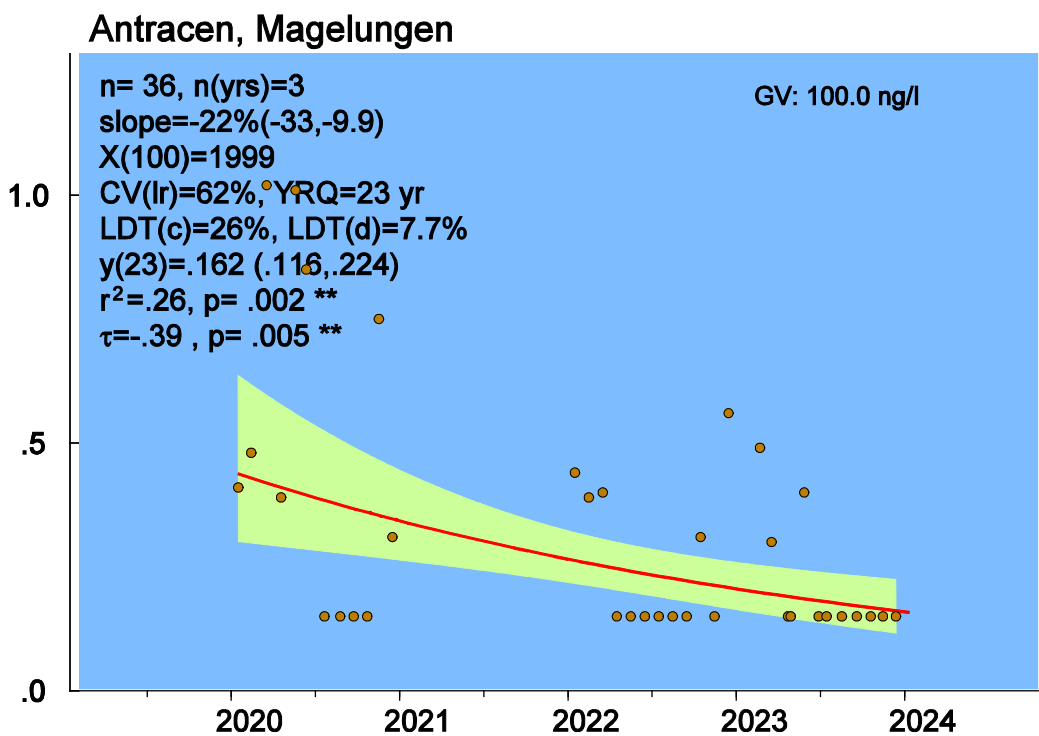
6.1.1 Antracen, Tidsserier

Tabell 8. Medelkoncentrationerna av antracen minskar signifikant över tid i Drevviken och Magelungen. Ingen förändring över tid märks för de lägre koncentrationerna i Flaten.

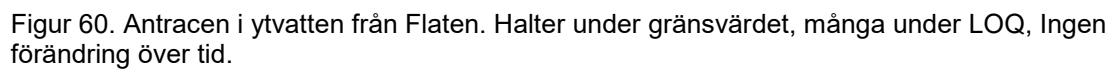
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	
Drevviken	46	20-23 > 4	-20.0	0.003	--	13	7.7	26	0.17	0.002	--
Magelungen	36	20-23 > 4	-22.5	0.002	--	13	7.7	26	0.16	0.005	--
Flaten	34	20-23 > 4	-7.6	ns		12	7.0	23	0.19	0.273	
Median	36		-22.5			13	7.7	26	0.17		



Figur 58. Antracen i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet, många under LOQ, Signifikant minskning.



Figur 59. Antracen i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, många under LOQ, Signifikant minskning.



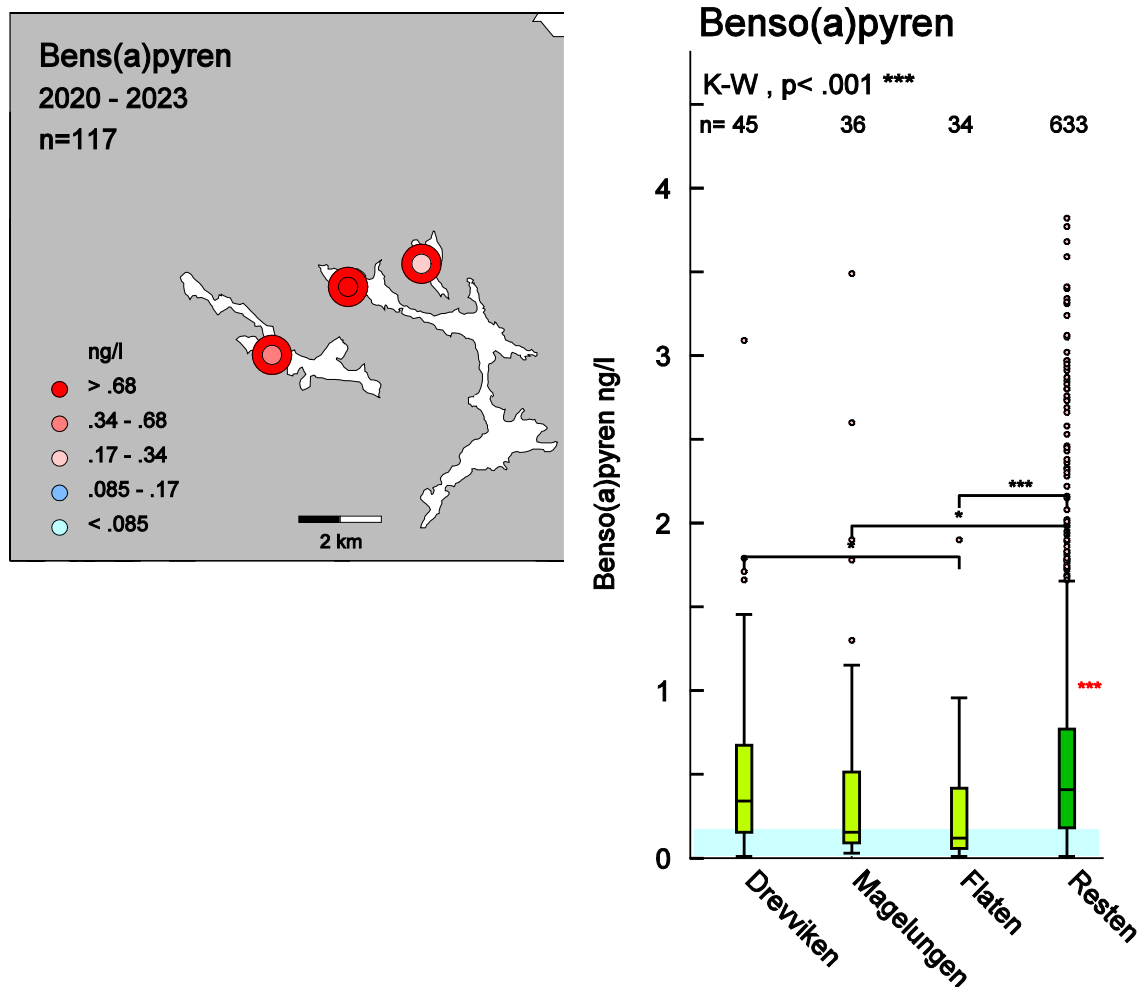
Figur 60. Antracen i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet, många under LOQ, Ingen förändring över tid.

6.2 Benso(a)pyren

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 PAH-erna som de analyserats här (Kemakta, 2017).

Ytvatten, gränsvärden: 0.17 ng/l (HVMFS 2019:25)



Figur 61. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för benso(a)pyren ligger alla över gränsvärdet.

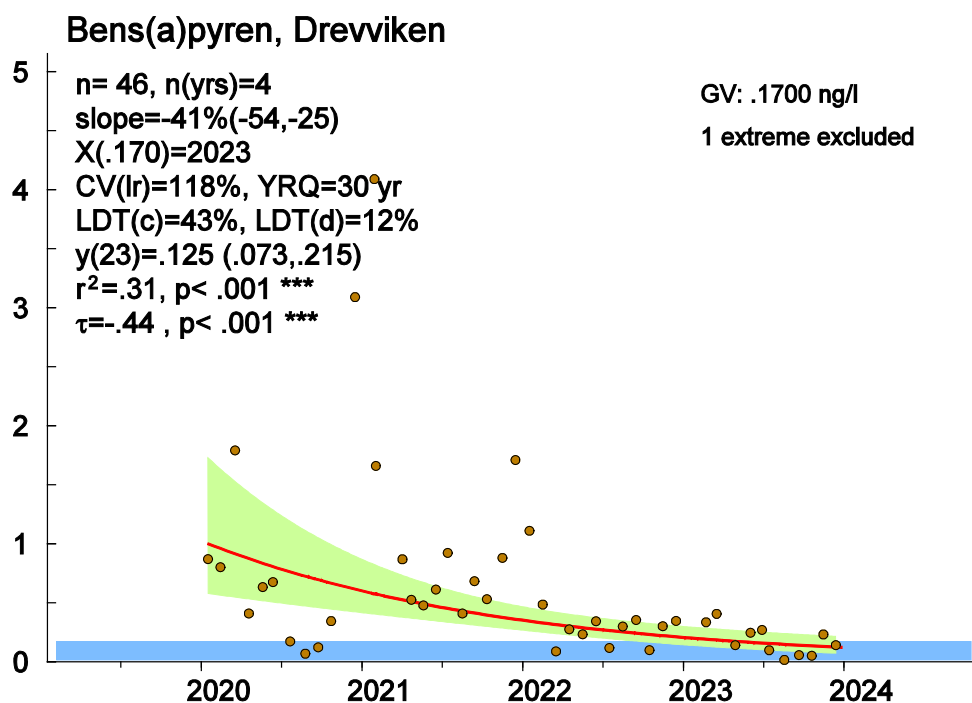
Mediankoncentrationen av benso(a)pyren i prover från Flaten är signifikant lägre än i prov från Drevviken ($P < 0.05$).

Mediankoncentrationen av benso(a)pyren i resten av undersökta lokaler ligger signifikant över gränsvärdet ($p < 0.001$).

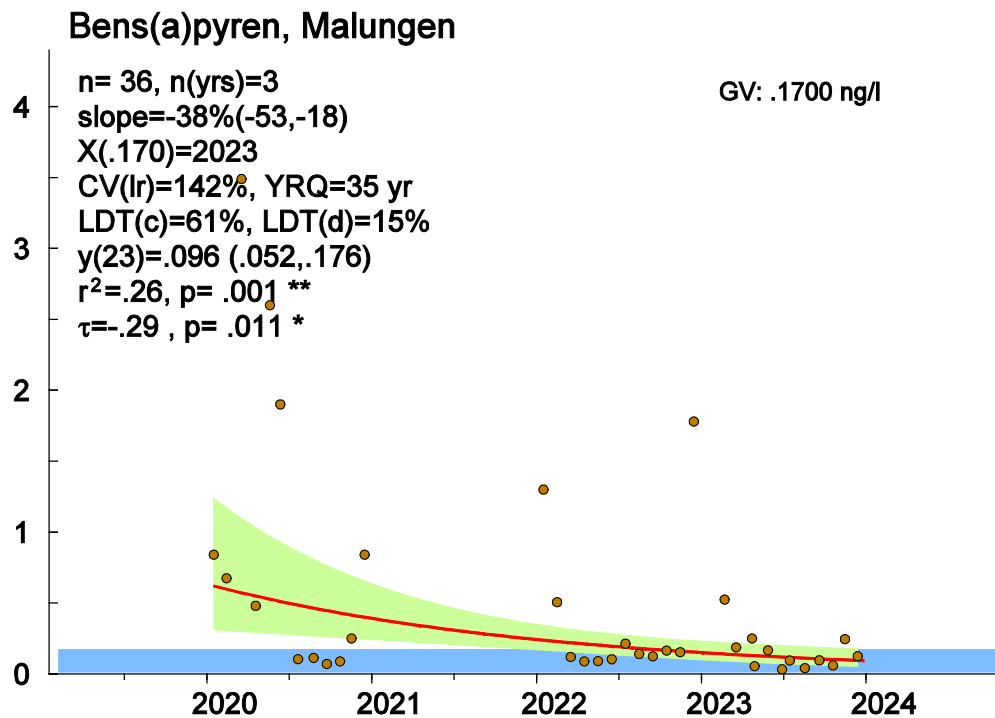
6.2.2 Bens(a)pyren, tidsserier

Tabell 9. Medelkoncentrationerna av bens(a)pyren minskar signifikant över tid i Drevviken, Magelungen och Flaten. Minskningen är mycket snabb, runt 40 % per år. Det innebär att vi idag kan räkna med att medelkoncentrationerna ligger under gränsvärdet.

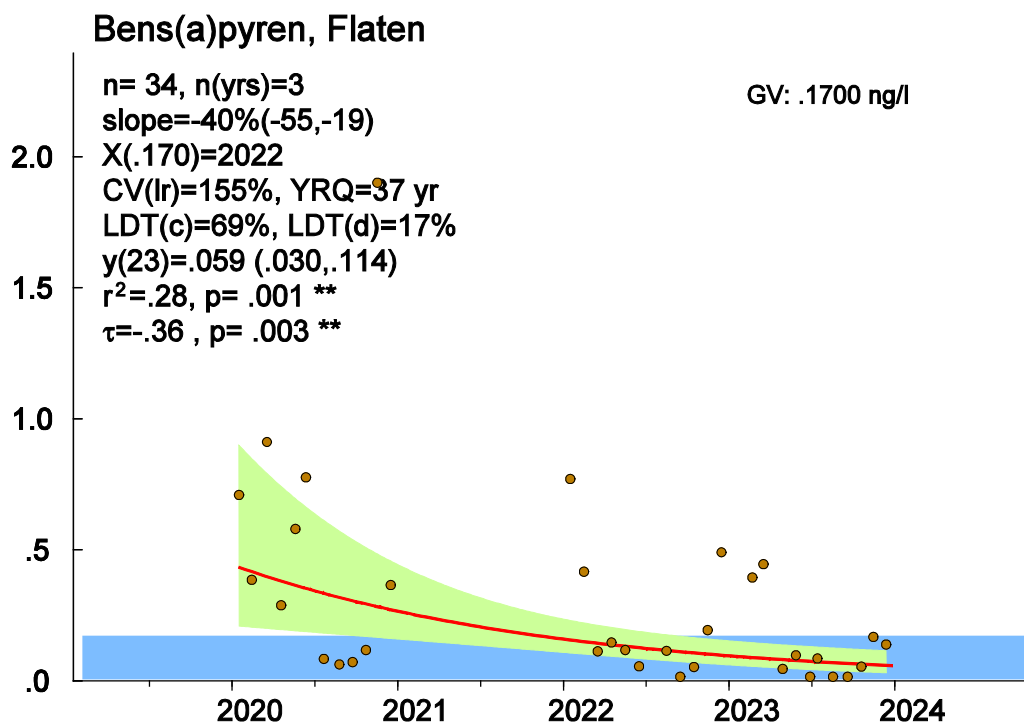
Lokal	N	År	Trend (%)	P(lr)	YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	X-crit
Drevv	47	20-23> 4	-41	0.0001 ---	18	14	52	0.11	0.0000 ---	2023
Magel	36	20-23> 4	-38	0.0013 --	20	16	62	0.09	0.0093 --	2023
Flaten	34	20-23> 4	-42	0.0013 --	21	18	78	0.05	0.0032 --	2022
Median	36		-41		20	16	62	0.09		



Figur 62. Medelkoncentrationerna överstiger i början av övervakningsperioden gränsvärdet men 2023 understiger medelkoncentrationerna gränsvärdet.



Figur 63. Medelkoncentrationerna överstiger i början av övervakningsperioden gränsvärdet men 2023 understiger medelkoncentrationerna gränsvärdet.

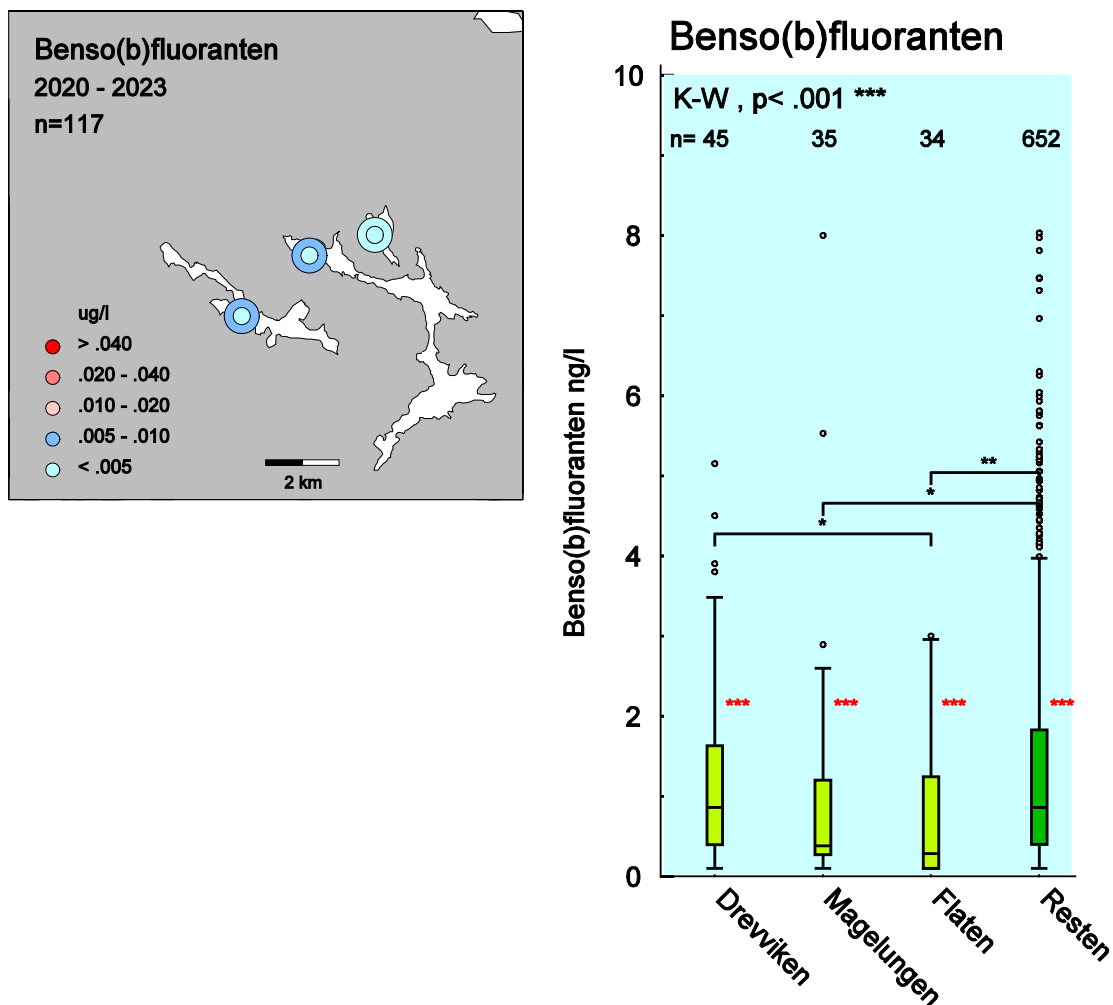


Figur 64. Medelkoncentrationerna överstiger i början av övervakningsperioden gränsvärdet men 2022 understiger medelkoncentrationerna gränsvärdet.

6.3 Benso(b)fluoranten

PAH-H.

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



Figur 65. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för benso(b)fluoranten ligger alla **under** gränsvärdet.

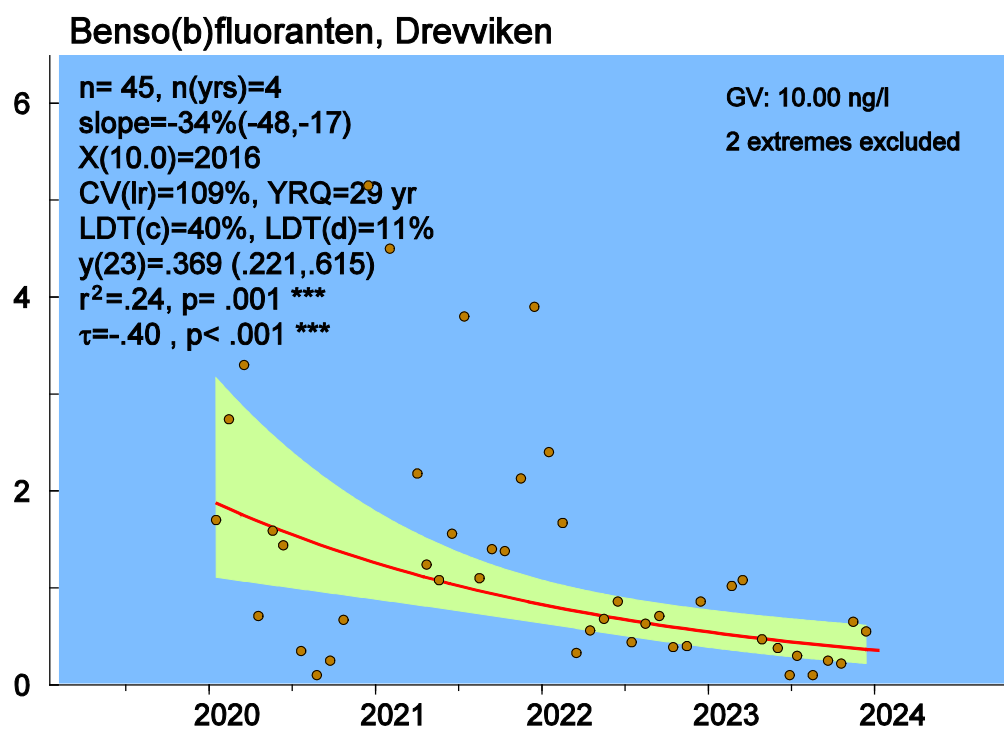
Mediankoncentrationen av benso(b)fluoranten i prover från Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla signifikant under gränsvärdet ($P < 0.001$).

Mediankoncentrationen av benso(b)fluoranten i resten av de undersökta lokalerna ligger signifikant **under** gränsvärdet ($p < 0.001$).

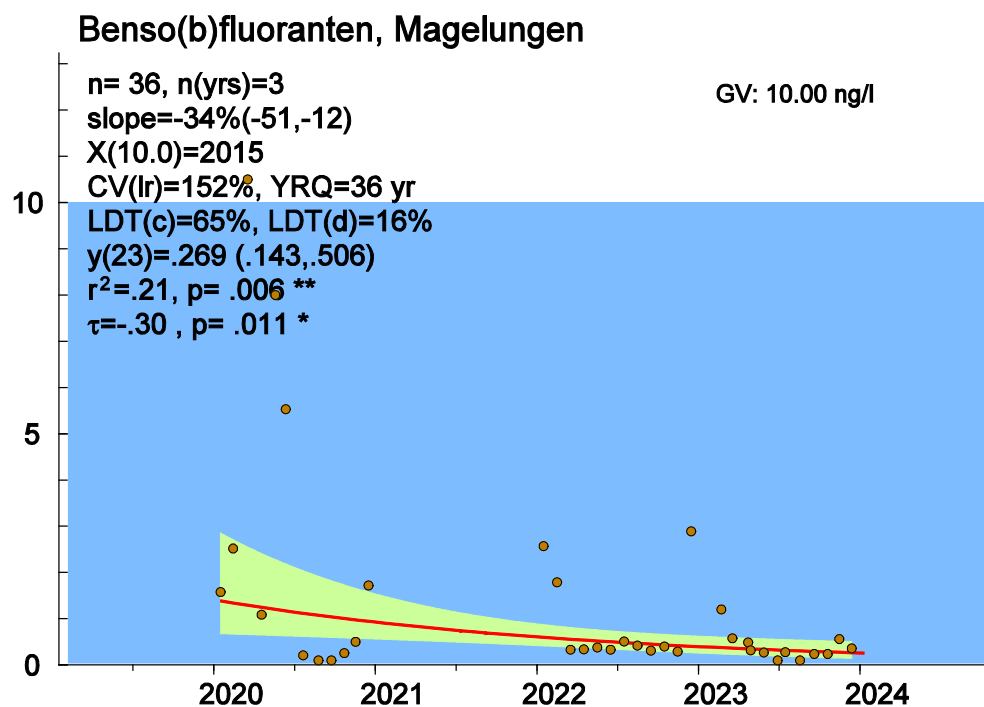
6.3.3 Benso(b)fluoranten, tidsserier

Tabell 10. Medelkoncentrationerna minskar signifikant i Drevviken, Magelungen och Flaten. Minskningen är mycket snabb ca 30 - 35% per år.

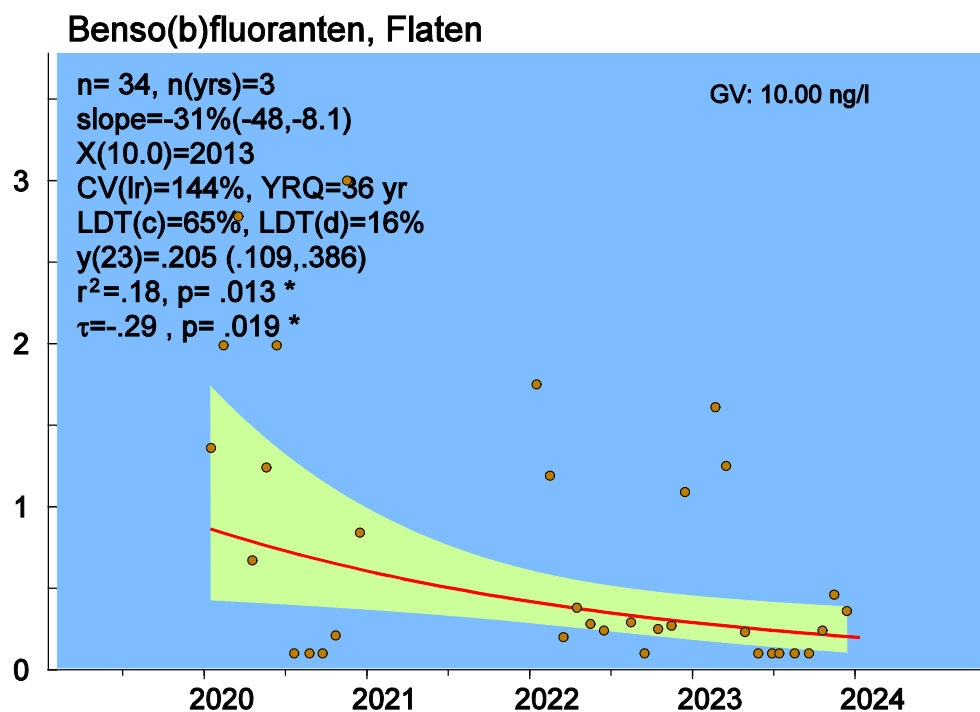
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	
Drevv	47	20-23 > 4	-34	0.0003	---	18	11	40	0.35	<0.001	---
Magel	36	20-23 > 4	-34	0.0055	--	20	16	65	0.27	0.0109	-
Flaten	34	20-23 > 4	-31	0.0126	-	20	16	65	0.20	0.0192	-
Median	36		-34			20	16	65	0.27		



Figur 66. Benso(b)fluoranten i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet (två extrema värden exkluderade), Signifikant minskning.



Figur 67. Benso(b)fluoranten i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, Signifikant minskning.

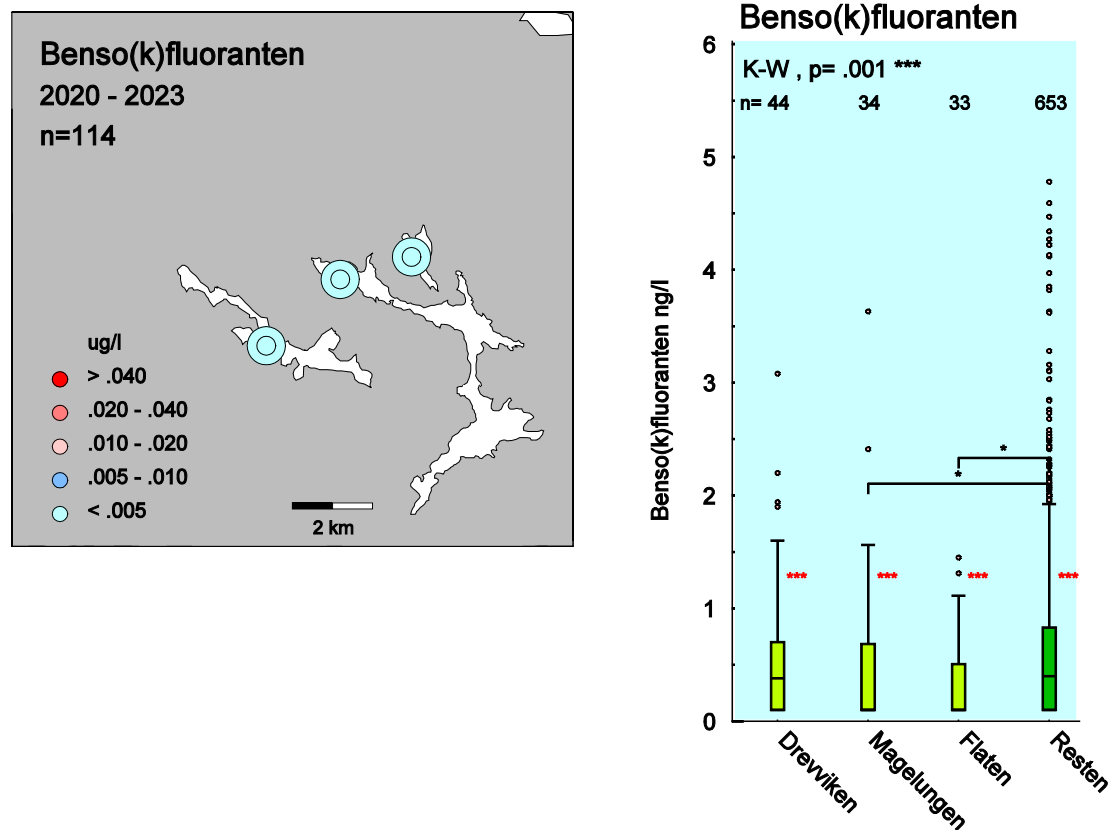


Figur 68. Benso(b)fluoranten i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet flera under LOQ, Signifikant minskning.

6.4 Benso(k)fluoranten

PAH-H

Gränsvärde ytvatten: 10 ng/l



Figur 69. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för benso(k)fluoranten ligger alla **under** halva gränsvärdet.

Mediankoncentrationen av benso(k)fluoranten i prover från Drevviken, Magelungen och Flaten ligger alla signifikant under gränsvärdet ($P < 0.001$).

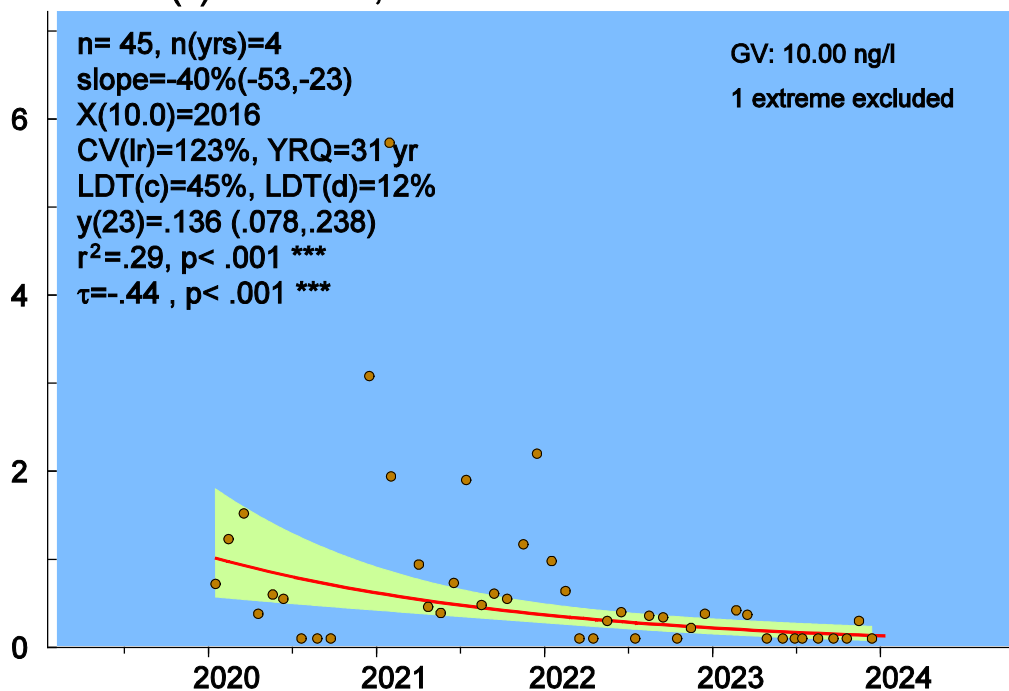
Mediankoncentrationen av benso(k)fluoranten i resten av de undersökta lokalerna ligger signifikant **under** gränsvärdet ($p < 0.001$).

6.4.4 Benso(k)fluoranten, tidsserier

Tabell 11. Medelkoncentrationerna minskar signifikant i Drevviken, Magelungen och Flaten.

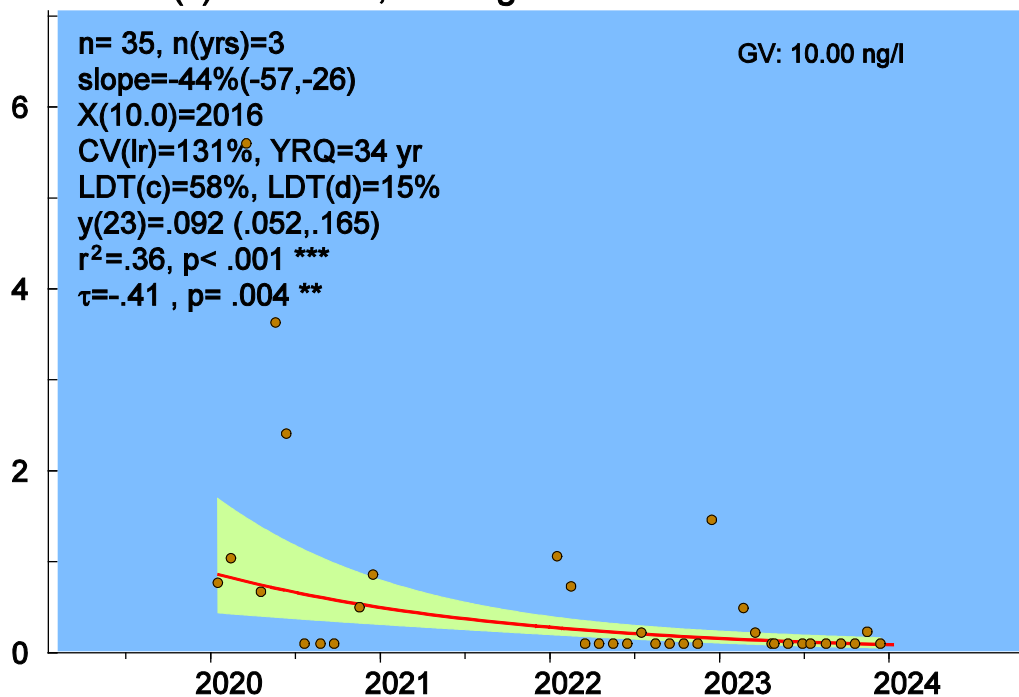
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	
Drevv	46	20-23 > 4	-44	0.0001	---	18	13	51	0.130	0.0001	---
Magel	35	20-23 > 4	-44	0.0001	---	19	15	58	0.092	0.004	--
Flaten	33	20-23 > 4	-34	0.0004	---	17	12	43	0.099	0.004	--
Median	35		-44			18	13	51	0.10		

Benso(k)fluoranten, Drevviken



Figur 70. Benso(k)fluoranten i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet, en del under LOQ (ett extremt högt värde exkluderat), Signifikant minskning.

Benso(k)fluoranten, Malungen



Figur 71. Benso(k)fluoranten i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, en del under LOQ, Signifikant minskning.



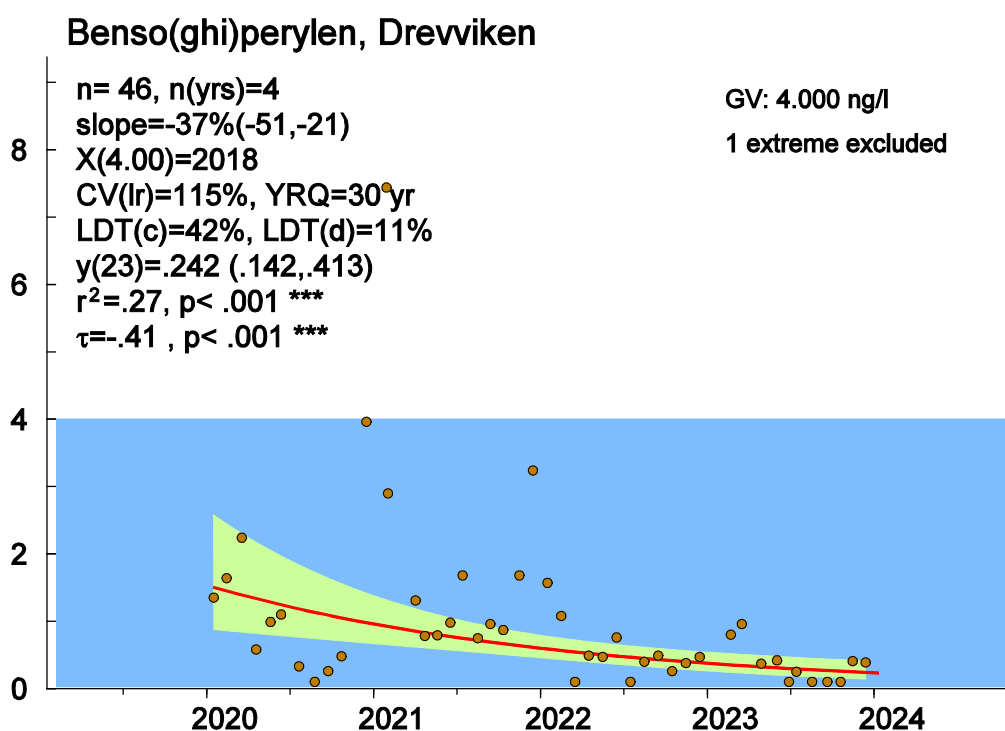
Ytvatten, gränsvärde: 4 ng/l

Mediankoncentrationen av benso(ghi)perylen i resten av de undersökta lokalerna ligger signifikant **under** gränsvärdet ($p < 0.001$).

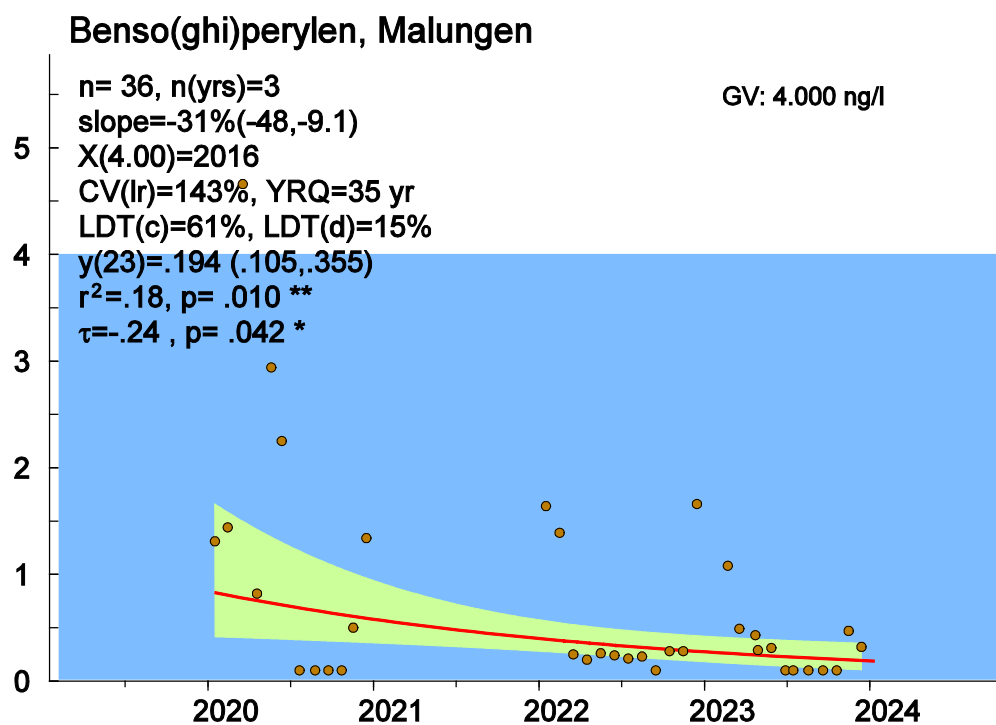
6.5.5 Benso(ghi)perylene, tidsserier

Tabell 12. Medelkoncentrationerna minskar signifikant i Drevviken, Magelungen och Flaten. Minskningen är snabb ca 30 - 37% per år.

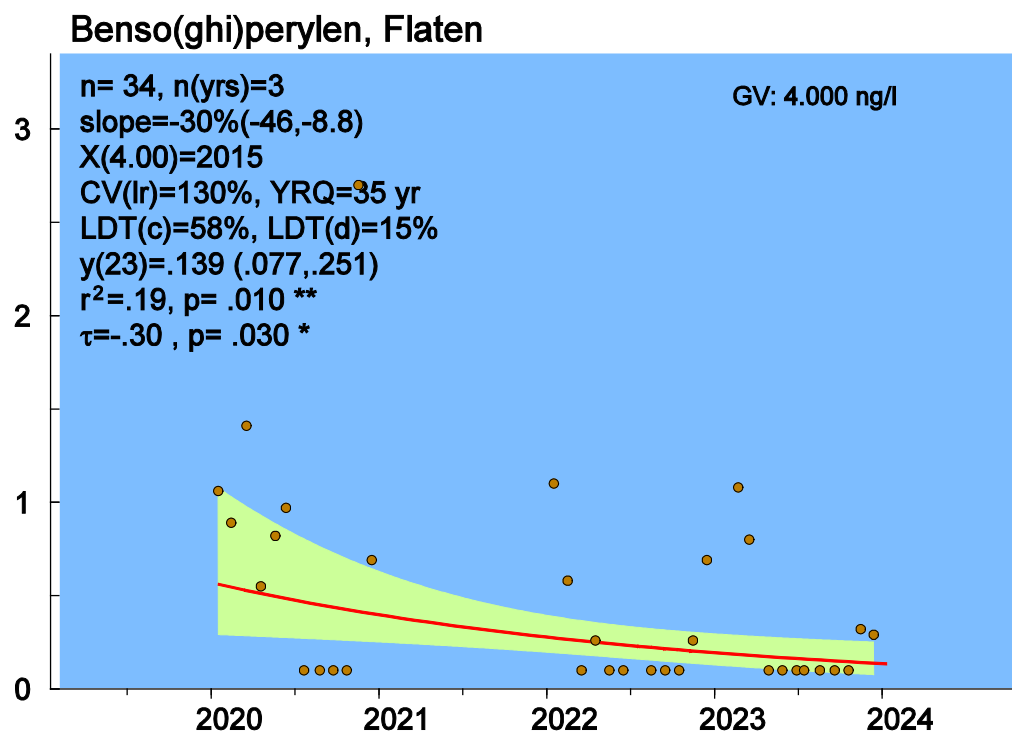
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)	YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)
Drevv	47	20-23 > 4	-37	0.0002 ---	17	13	47	0.23	0.0000 ---
Magel	36	20-23 > 4	-31	0.0100 --	19	15	61	0.19	0.0424 -
Flaten	34	20-23 > 4	-30	0.0099 --	19	15	58	0.14	0.0304 -
Median	36		-31		19	15	58	0.19	



Figur 74. Benso(ghi)perylene i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet (ett extremt högt värde exkluderat), Signifikant minskning.



Figur 75. Benso(ghi)perylene i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärde, en del under LOQ. Signifikant minskning.

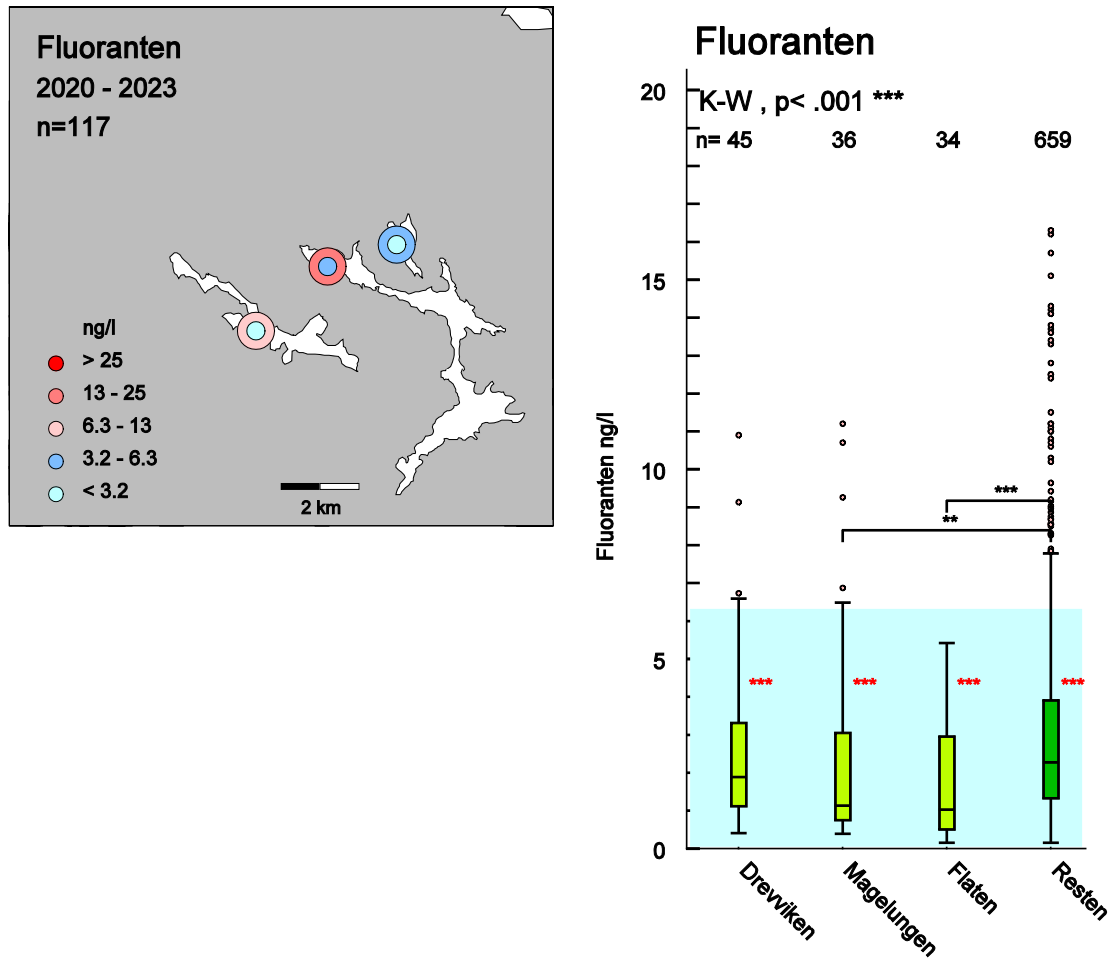


Figur 76. Benso(ghi)perylene i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärde, en del under LOQ. Signifikant minskning.

6.6 Fluoranten

PAH-M.

Ytvatten, gränsvärde: 6.3 ng/l.



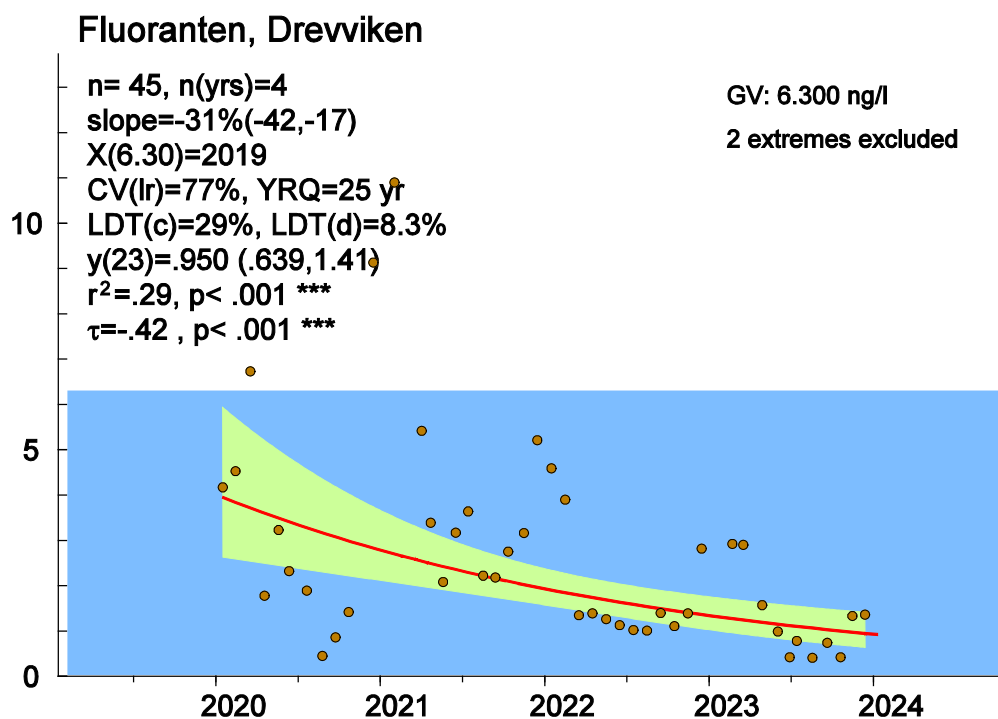
Figur 77. Mediankoncentrationen i prover från Flaten och Magelungen ligger signifikant under resten av alla sjöar i undersökningen är ($P < 0.001$, resp. $P < 0.01$).

Mediankoncentrationerna i alla prover ligger signifikant under gränsvärdet ($p < 0.001$).

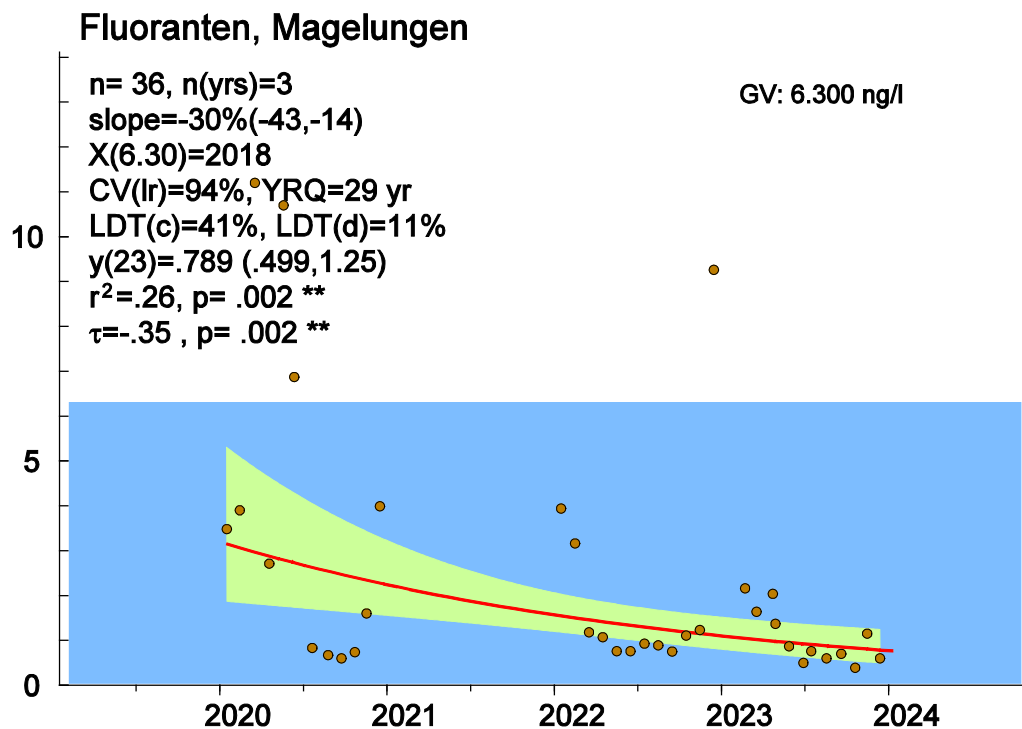
6.6.6 Fluoranten, tidsserier

Tabell 13. I alla de tre sjöarna minskar koncentrationerna signifikant. Serierna är korta 3-4 år, därför är det mindre sannolikt att trenden blir signifikant om inte trenden är brant och den slumpmässiga spridningen inte är för stor. Här ligger den genomsnittliga minskningen på runt 30%, vilket är mycket.

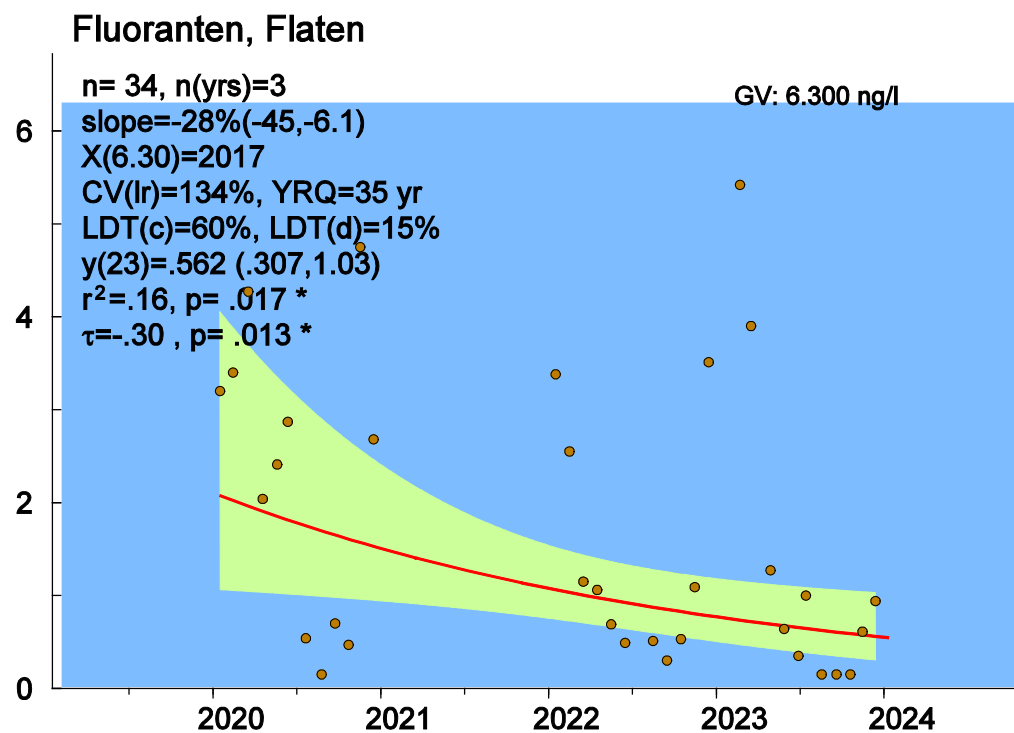
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	
Drevv	47	20-23> 4	-31	<0.001	---	15	10	37	0.90	<0.001	---
Magel	36	20-23> 4	-30	0.0015	--	16	11	41	0.79	0.002	--
Flate	34	20-23> 4	-28	0.0173	-	19	15	60	0.56	0.013	-
Median	36		-30			16	11	41	0.79		



Figur 78. Fluoranten i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet (två extrema värden har exkluderats), Signifikant minskning.



Figur 79. Fluoranten i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, Signifikant minskning.

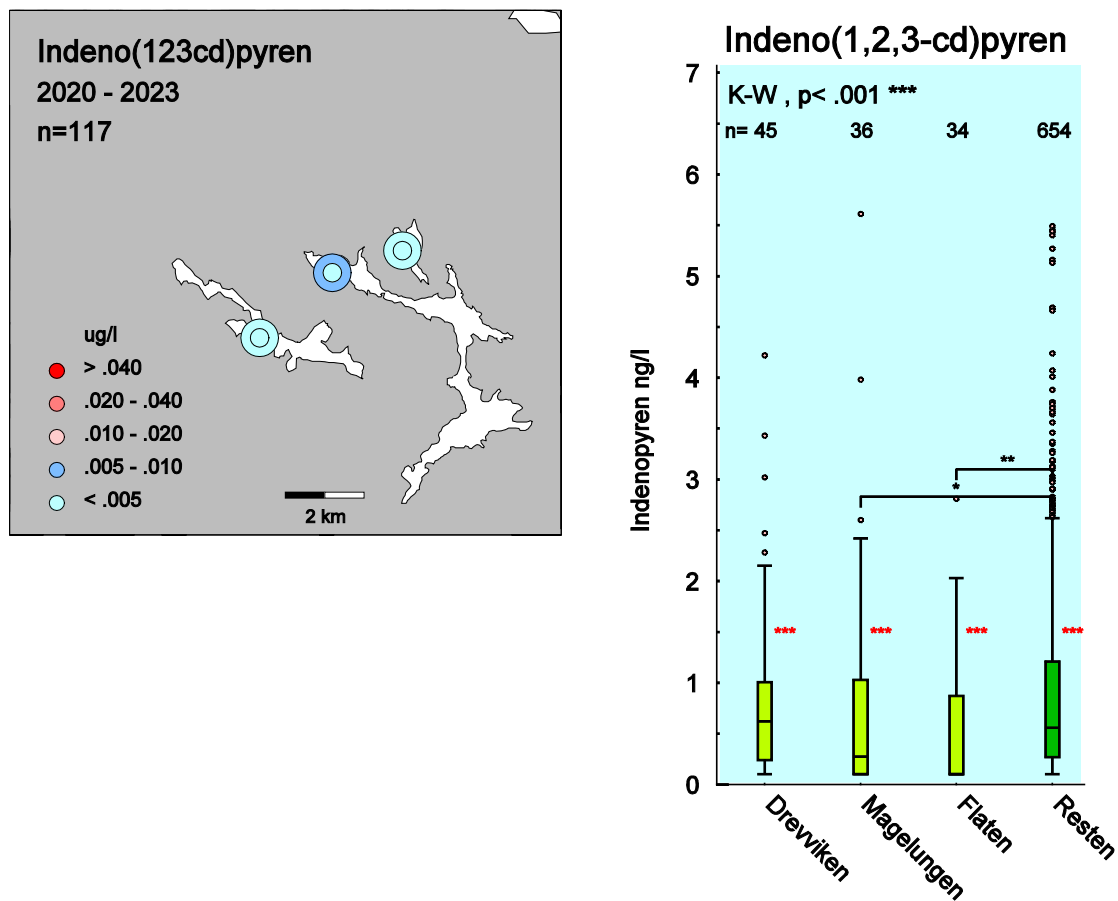


Figur 80. Fluoranten i ytvatten från Flaten. Halter under gränsvärdet, Signifikant minskning.

6.7 Indeno(1,2,3-cd)pyren

PAH-H

Ytvatten, gränsvärde: 10 ng/l



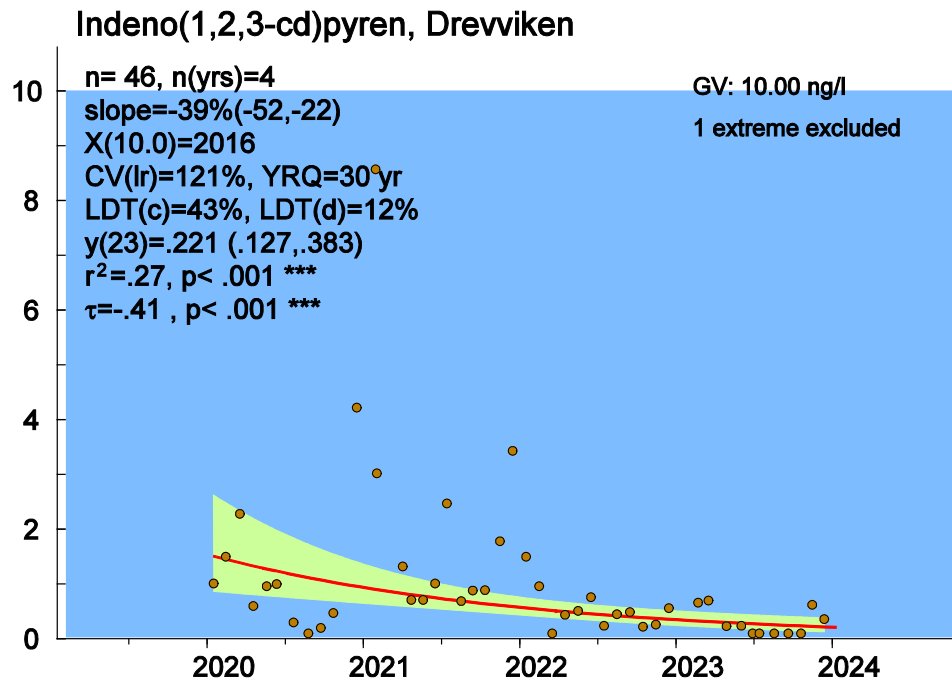
Figur 81. Mediankoncentrationen i prover från Flaten och Magelungen ligger signifikant under resten av alla sjöar i undersökningen är ($P < 0.01$, resp. $P < 0.05$).

Mediankoncentrationerna i alla prover ligger signifikant under gränsvärdet ($p < 0.001$).

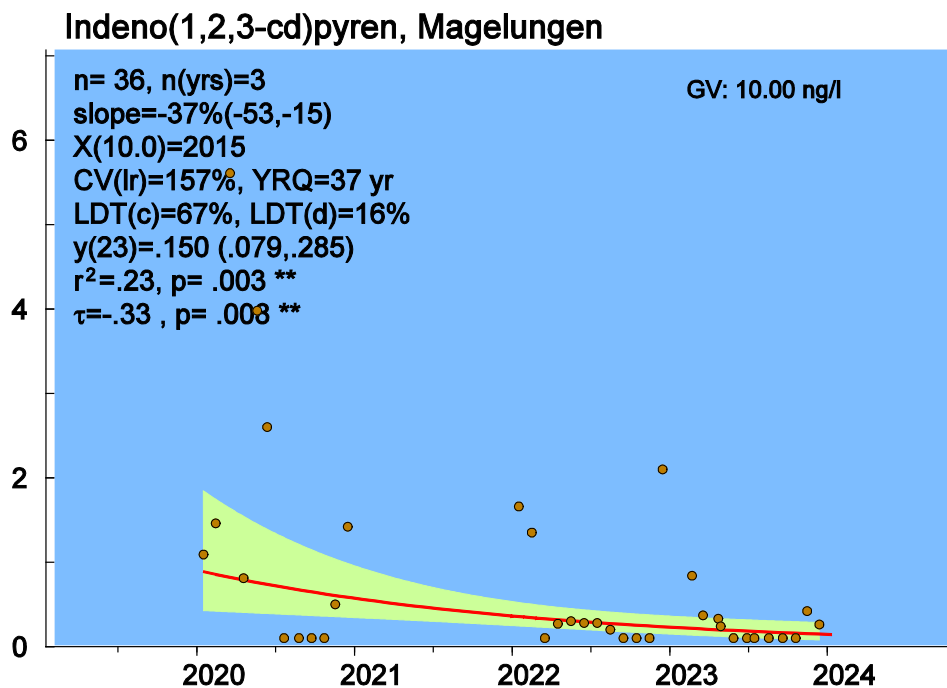
6.7.7 Indeno(1,2,3-cd)pyren, tidsserier

Tabell 14 Tidsserierna är korta (3-4 år) och därför krävs branta trender för att de ska kunna bli signifikanta (eller mycket liten spridning runt regressionslinjen). Alla tidsserierna pekar dock nedåt, med en mediantrend på 37% per år.

Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)	
Drevv	47	20-23> 4	-39	<0.001	---	18	13	50	0.211	<0.001	---
Magel	36	20-23> 4	-37	0.0034	--	20	16	67	0.150	0.0079	--
Flaten	34	20-23> 4	-31	0.0095	--	20	16	63	0.134	0.0366	-
Median	36		-37			20	16	63	0.15		



Figur 82. Indeno(1,2,3-cd)pyren i ytvatten från Drevviken. Halter under gränsvärdet (ett extremt värde har exkluderats), Signifikant minskning.



Figur 83. Indeno(1,2,3-cd)pyren i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, flera under LOQ. Signifikant minskning.



7. PFAS

Perfluorerade 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-varianterna är perfluoroktansulfonat (PFOS) och perfluoroktansyra (PFOA). PFOS och andra PFAS-ämnen (polyfluorerade alk har använts i textilier, papper, mattor och i andra beläggningar som skydd mot vatten, olja och fett. Ämnena har även ingått i skum för brandsläckning, men detta användningsområde har upphört. Ämnena är persistenta i miljön, bioackumulerande och toxiska (PBT-ämnen).

De har associerats till skador och störningar på lever, njure, fosterutveckling, immunsystemet, hormonstörande (köns- och sköldkörtelhormoner) carcinogent i djurstudier. I en studie av Bil *et al.* 2023) jämfördes negativa effekter av olika PFAS.

Perfluorbutansyra (PFBA), perfluorhexansyra (PFHxA), perfluorononansyra (PFNA), perfluorododekansyra (PFDODA), perfluorooktansulfonsyra (PFOS), var mer potenta än perfluoroktansyra (PFOA), jämfört med perfluorobutane sulfonic acid (PFBS) and perfluorhexansulfonsyra (PFHxS).

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

Gränsvärden i HVMFS (2019:25) saknas för individuella PFAS utom för PFOS, 0.65 ng/l, detta värde har använts som tentativt gränsvärde för alla PFAS rapporterade här.

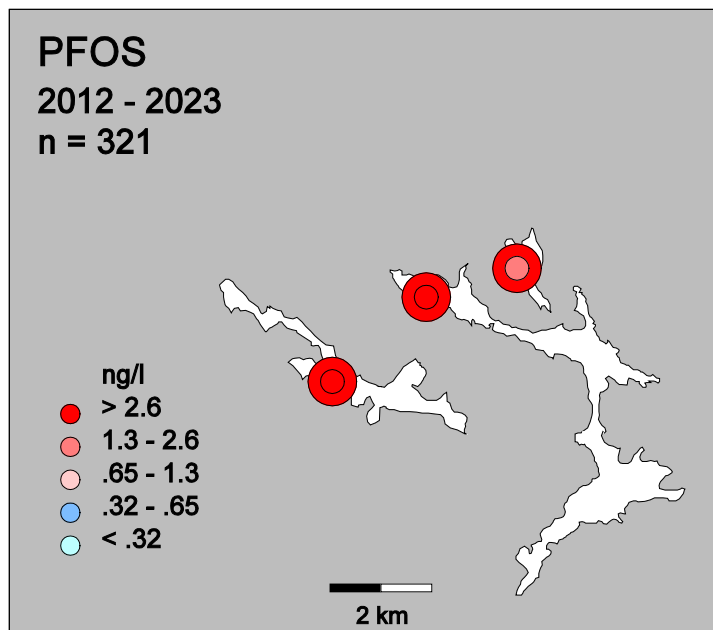
PFAS-ämnen har analyserat i ytvatten men också i abborre (muskel och lever) från de tre sjöarna. Tidsserier med analysresultaten från abborre är fortfarande för korta för att vara riktigt meningsfulla att tolka. PFOS i muskel visar dock en signifikant ($p < 0.05$) minskning.

7.1 Perfluoroktansulfonsyra (PFOS, PRIO-ämne)

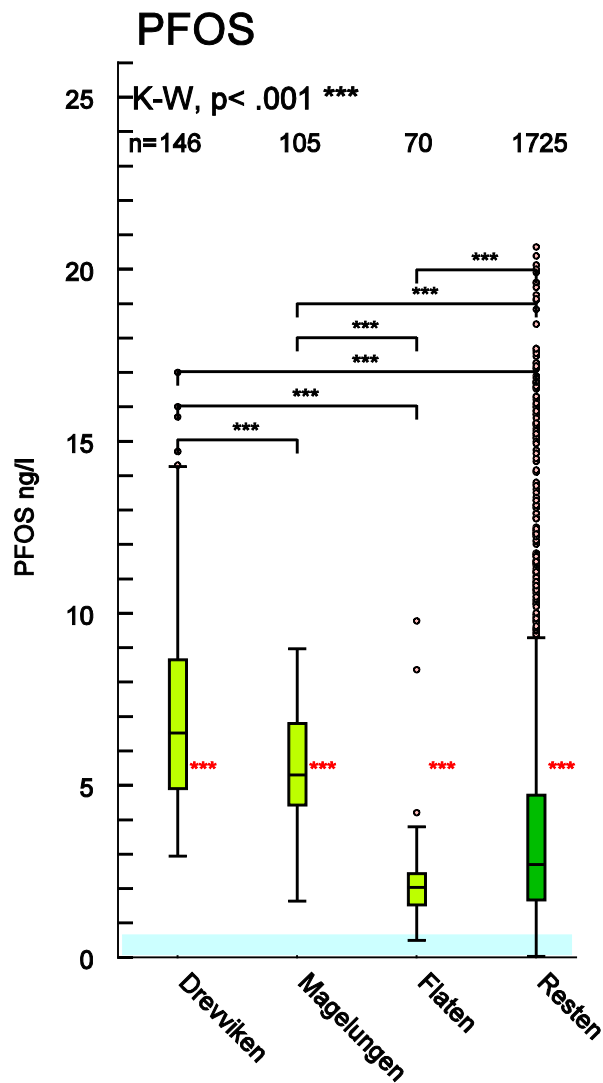
Inom EU har användningen av PFOS minskat kraftigt och får inte längre finnas på marknaden, användas som enskild substans eller beståndsdel i preparat eller produkter i högre koncentrationer än 0,005 % (v/v) (bilaga XVII, REACH). Det finns dock undantag för processer där substitut saknas. Undantagen är 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 i vattendirektivet är biota. Krav på trendövervakning i sediment /biota. Föreslagen som core indicator (krav) av HELCOM CORESET (biota ev sediment). Ingår i OSPAR pre-CEMP (biota och sediment).

Ytvatten, gränsvärden: 0.65 ng/l (EQS)



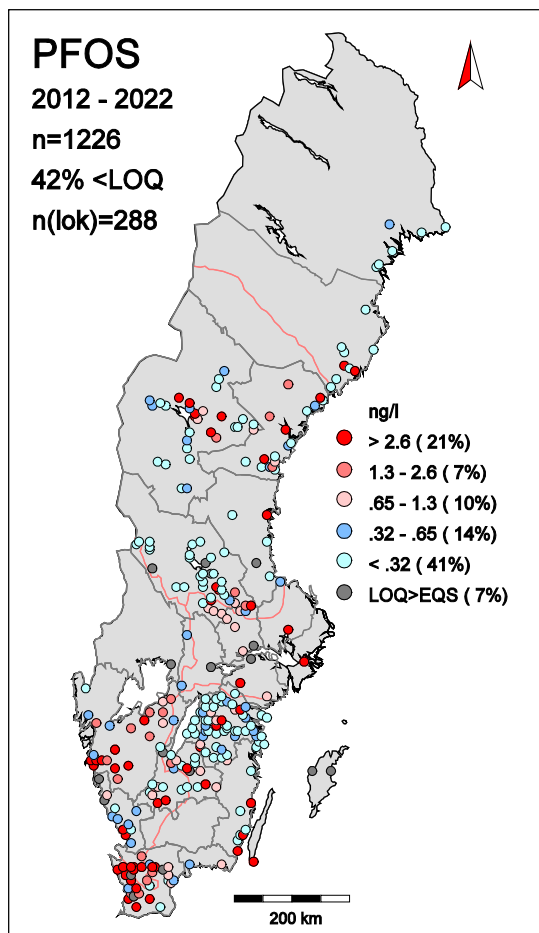
Figur 85. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för PFOS överstiger gränsvärdet 2-4 ggr.



Figur 86. Mediankoncentrationerna i alla prover ligger signifikant över gränsvärdet ($p < 0.001$).

Mediankoncentrationen i prover från Flaten ligger signifikant under Drevviken, Magelungen och resten av alla sjöar i undersökningen är ($P < 0.01$).

Mediankoncentrationen i prover från Drevviken ligger signifikant högre än Magelungen liksom resten av sjöarna.

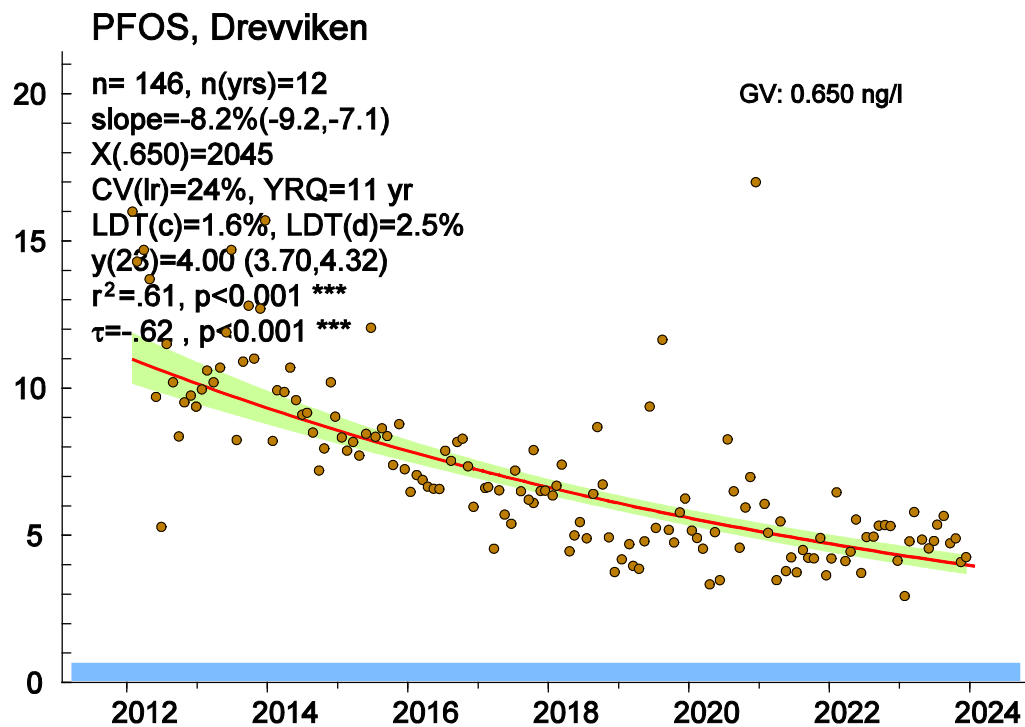


Figur 87. PFOS, koncentrationer i ytvatten i resten av Sverige (Bignert, 2024).

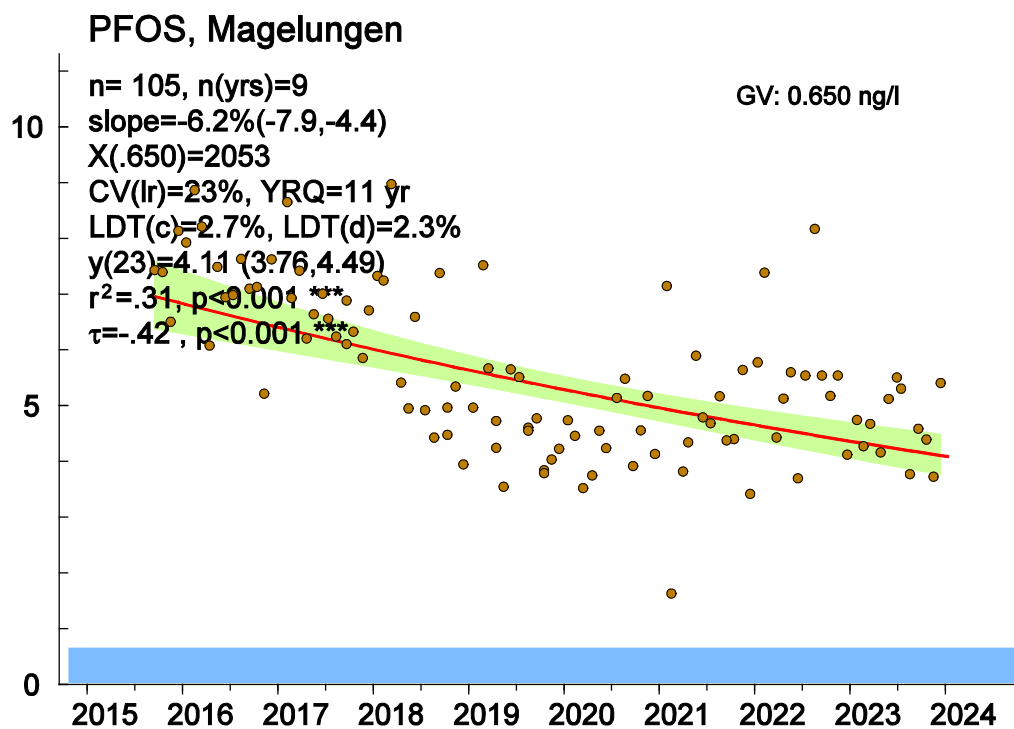
7.1.1 PFOS, tidsserier

Tabell 15. Medelkoncentrationerna minskar signifikant i Drevviken och Magelungen. Ingen förändring märks i Flaten. Om trenderna fortsätter i samma takt kan medelvärdet förväntas underskrida gränsvärdet år 2045 i Drevviken och 2053 i Magelungen.

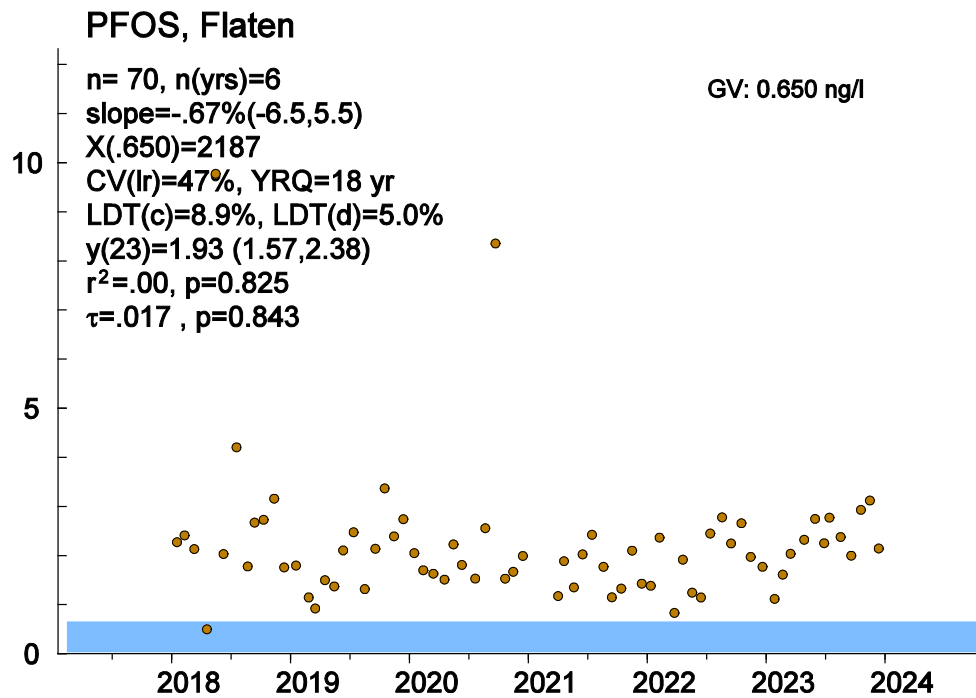
			Trend			YRQ	LDT	LDT	P			
Ämne/Lokal	N	År	(%)	P(Ir)		(5%)	(d)	(c)	2023	(tau)		X-crit
PFOS_Drevv	145	12-23>12	-8.2	<0.001	---	6	2.5	1.7	4.00	<0.001	---	2045
PFOS_Mage	105	15-23>9	-6.2	<0.001	---	6	2.3	2.7	4.11	<0.001	---	2053
PFOS_Flaten	70	18-23>6	-0.7	0.825		10	5.0	8.9	1.94	0.843		2187
Median	105		-6.2			6	2.5	2.7	4.00			



Figur 88. PFOS i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskidas runt 2045.



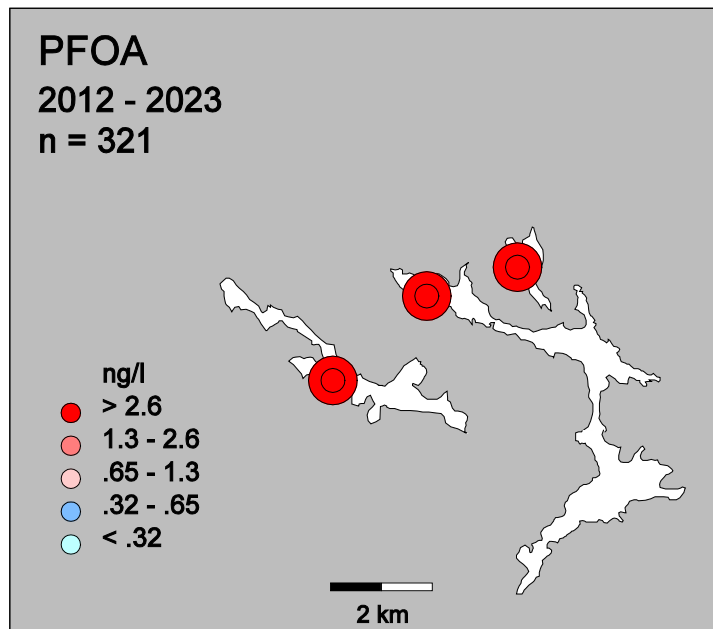
Figur 89. PFOS i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskidas runt 2053.



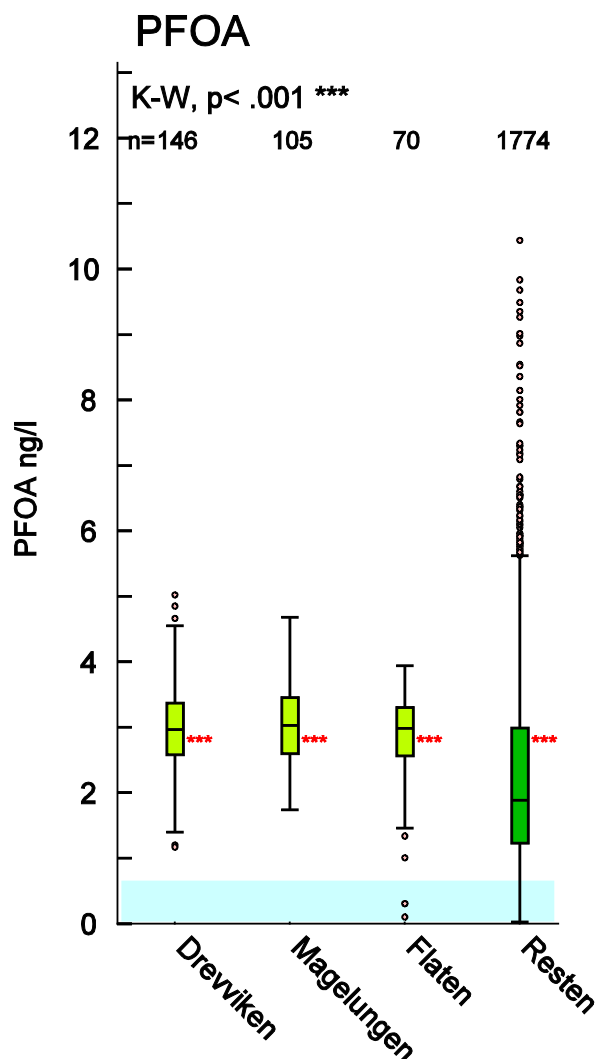
Figur 90. PFOS i ytvatten från Flaten. Halter över gränsvärdet. Ingen systematisk förändring över tid.

7.2 PFOA

Perfluoroktansyra. Produceras och används över hela världen som ett industriellt ytaktivt ämne i kemiska processer och som råmaterial.



Figur 91. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för PFOA överstiger det tentativa gränsvärdet 4 ggr.

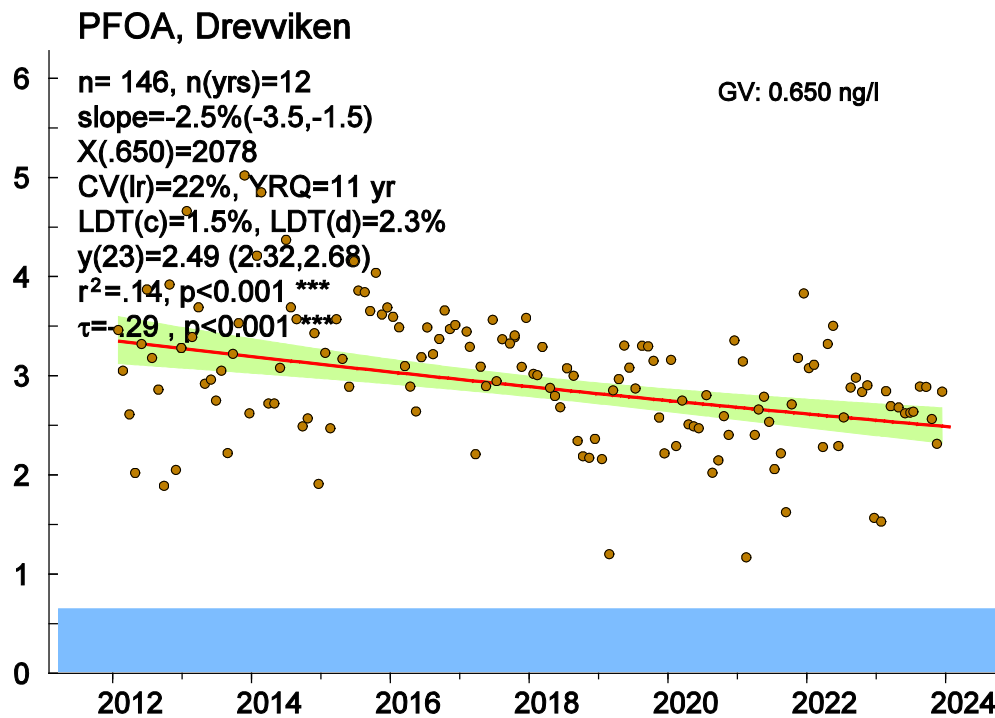


Figur 92. Mediankoncentrationerna i alla prover ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet ($p < 0.001$). Inga signifikanta skillnader mellan sjöarna kunde upptäckas.

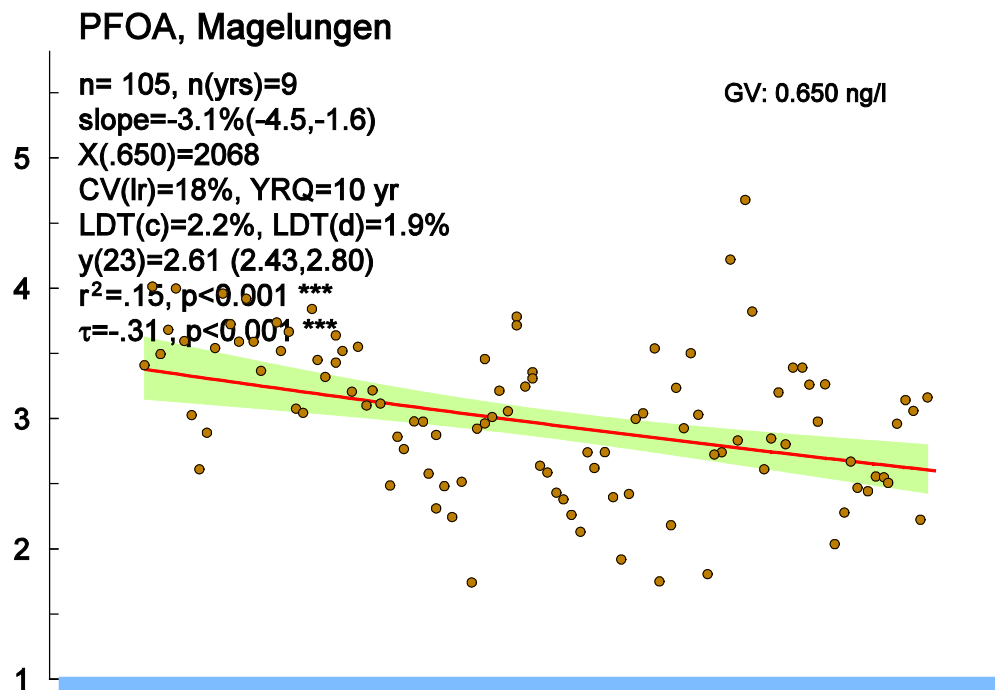
7.2.2 PFOA, tidsserier

Tabell 16. Medelkoncentrationerna minskar signifikant i Drevviken och Magelungen. Om trenderna fortsätter i samma takt kan medelvärdet förväntas underskrida tentativt gränsvärdet år 2078 i Drevviken och 2068 i Magelungen.

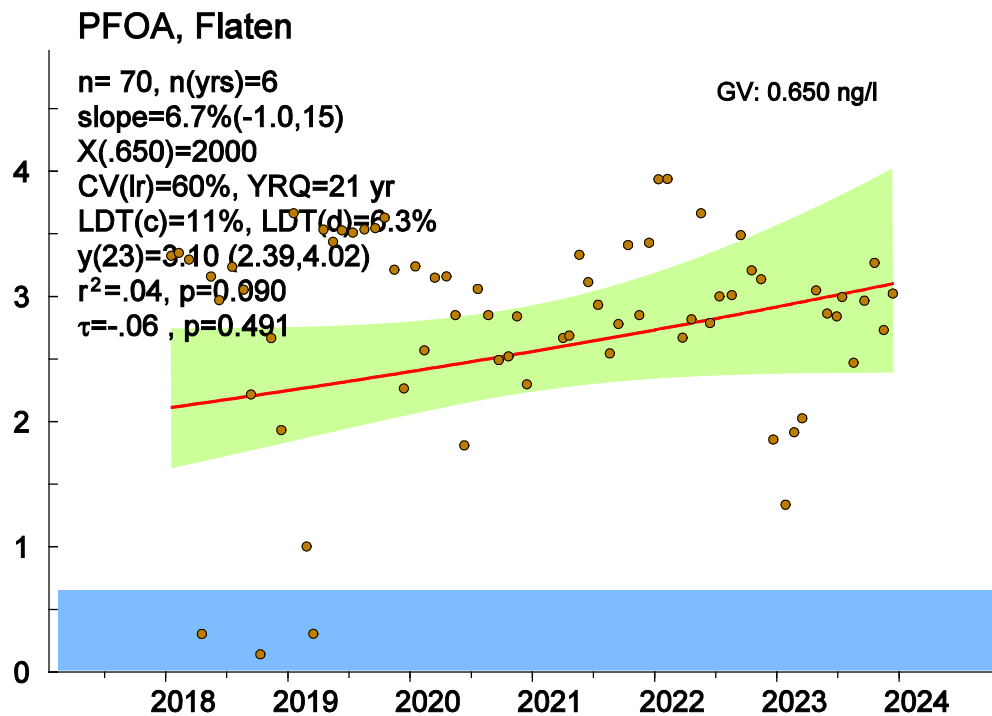
			Trend P			YRQ	LDT	LDT	P			
Ämne/Lokal	N	År	(%)	(lr)		(5%)	(d)	(c)	2023	(tau)		X-crit
Drevv	145	12-23>12	-2.5	<0.001	---	6	2.3	1.5	2.49	<0.001	---	2078
Mage	105	15-23> 9	-3.1	<0.001	---	5	1.9	2.2	2.61	<0.001	---	2068
Flaten	70	18-23> 6	6.7	0.09		11	6.3	11.4	3.10	0.491		2000
Median	105		-2.5			6	2.3	2.2	2.61			



Figur 93. PFOA i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas runt 2078.



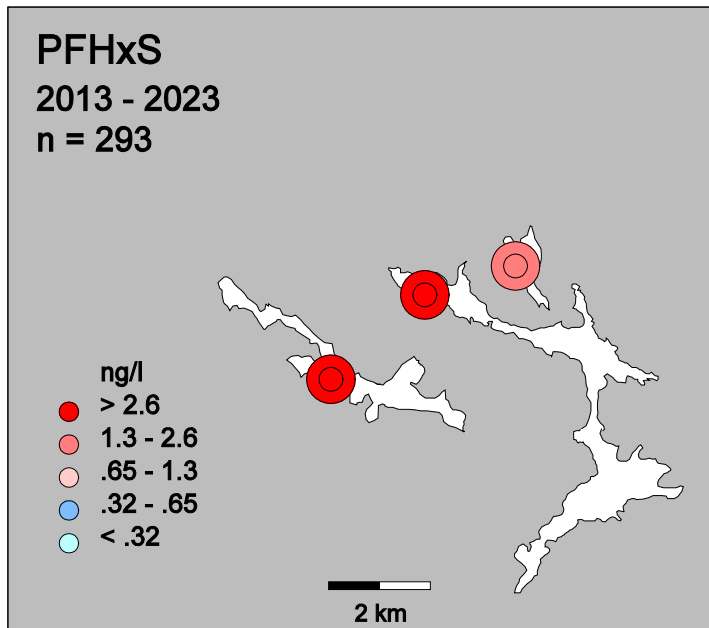
Figur 94. PFOA i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas runt 2068.



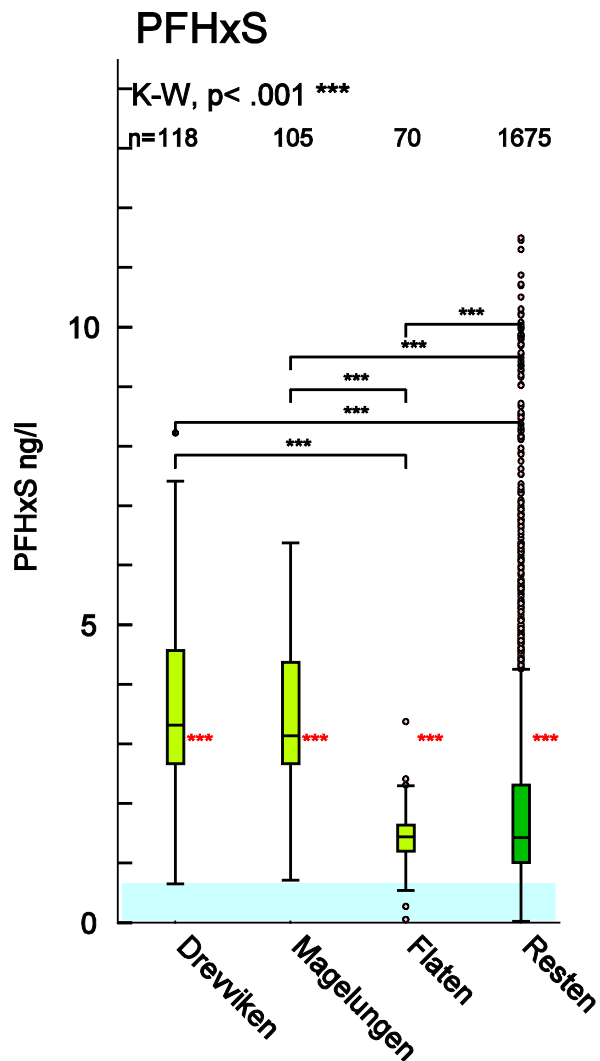
Figur 95. PFOA i ytvatten från Flaten. Halter över gränsvärdet, Ökningen som antyds av regressionslinjen beror på några mycket låga halter 2018-2019, men är ej signifikant ($p=0.09$), p -värdet för den icke-parametriska testen (okänslig för extremvärden) är nära 0.5. Man kan alltså inte hävda att trenden är skild från noll.

7.3 Perfluorhexansulfonsyra (PFHxS)

PFHxS hade länge ingått i flera av 3M:s produkter, men efter påtryckning från Environmental Protection Agency (EPA), som konstaterat hälsovådliga effekter, gick 3M år 2000 med på att sluta tillverka detta ämne.



Figur 96. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för PFHxS överstiger det tentativa gränsvärdet 4 ggr i Drevviken och Magelungen och 3 ggr i Flaten.



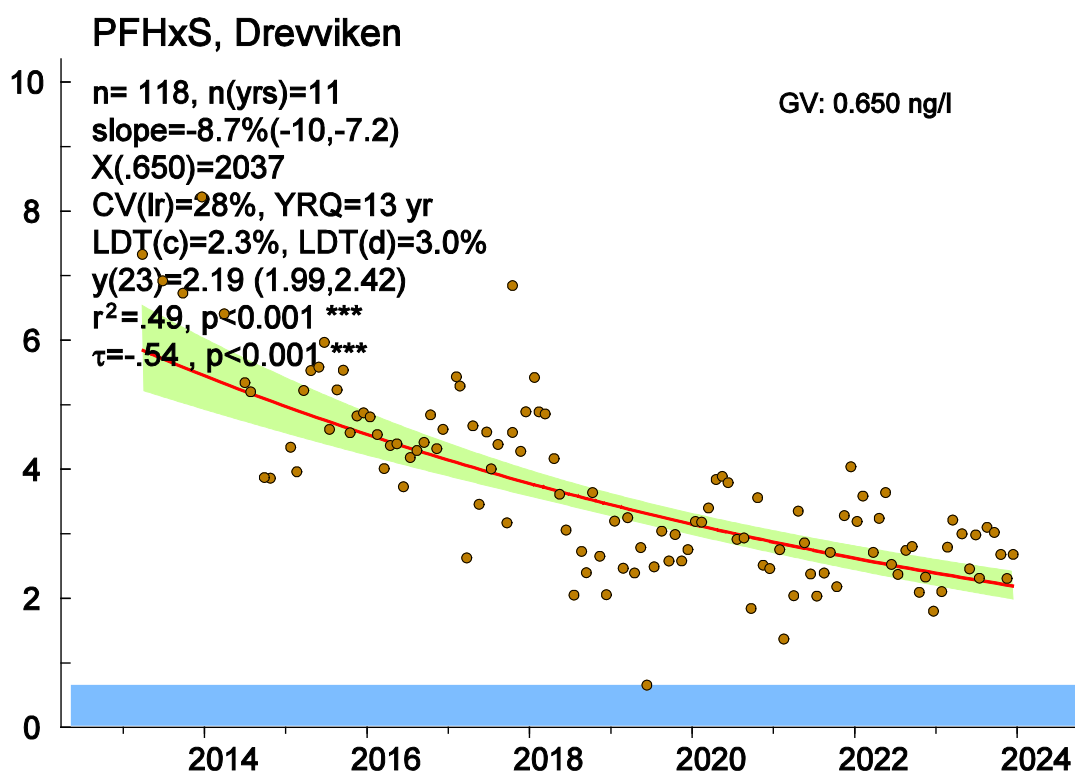
Figur 97. För Drevviken, Magelungen, Flaten och för resten av de undersökta lokalerna ligger mediankoncentrationerna av PFHxS signifikant över det tentativa gränsvärdet ($p < 0.001$).

Flaten ligger signifikant lägre ($p < 0.001$) än Drevviken, Magelungen och resten av lokalerna.

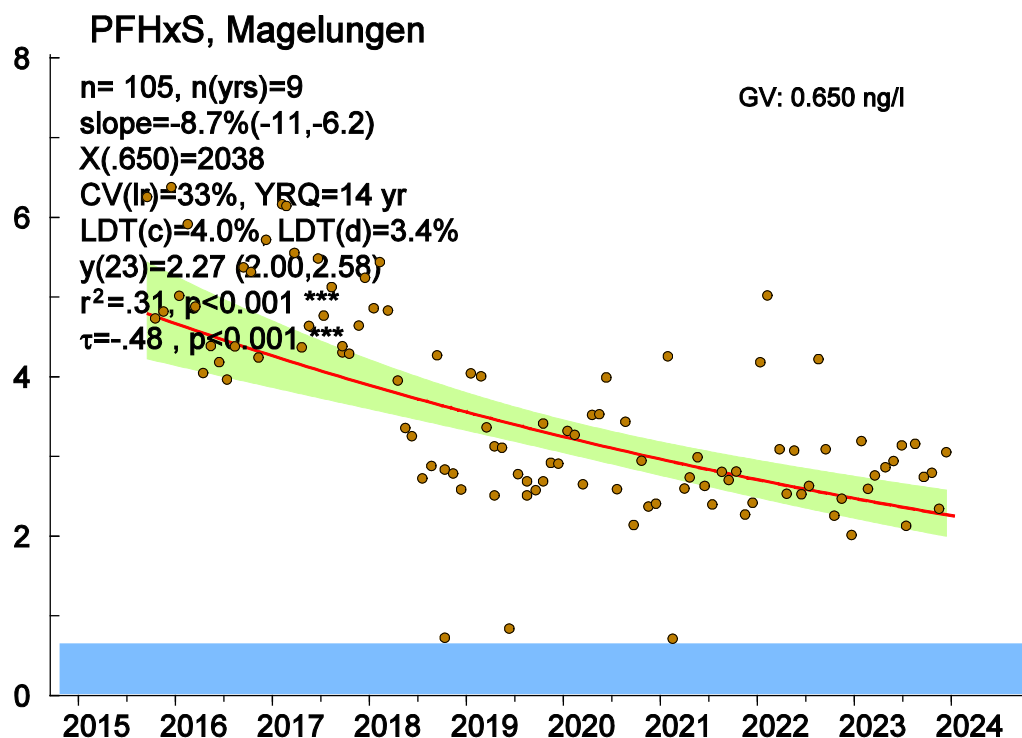
7.3.3 PFHxS, tidsserier

Tabell 17. Koncentrationerna av PFHxS i ytvatten minskar signifikant i Drevviken ($p < 0.001$) och i Magelungen ($p < 0.003$) och medelkoncentrationerna kan förväntas nå under det tentativa gränsvärdet 2037 resp. 2038 om trenden fortsätter ned. I Flaten indikeras en uppåtgående trend som ligger på gränsen till att vara signifikant ($p = 0.05$) orsaken till ökningen beror på några värden under detektionsnivån i början av övervakningsperioden, bortser man från dessa sker ingen förändring över tid i Flaten.

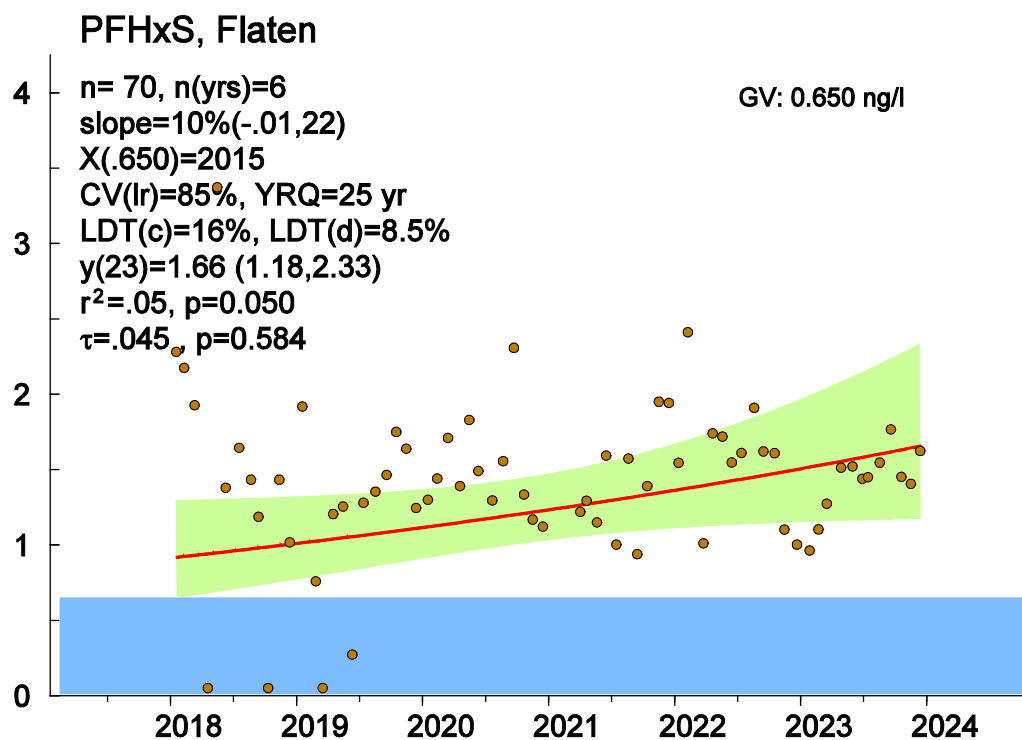
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P(tau)		X-crit
Drevv	118	13-23>11	-8.7	<0.001	---	7	3.0	2.3	2.19	<0.001	---	2037
Magel	105	15-23>9	-8.7	<0.001	---	8	3.4	4.0	2.27	<0.001	---	2038
Flaten	70	18-23>6	9.3	0.056		13	7.8	14.2	1.63	0.584		2014
Median	105		-8.7			8	3.4	4.0	2.19			



Figur 98. PFHxS i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas runt 2037.



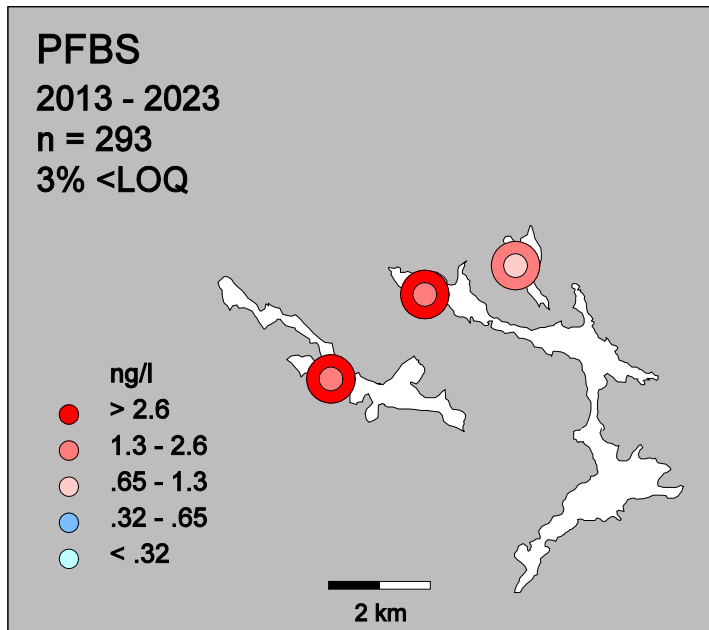
Figur 99. PFHxS i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskidas runt 2038.



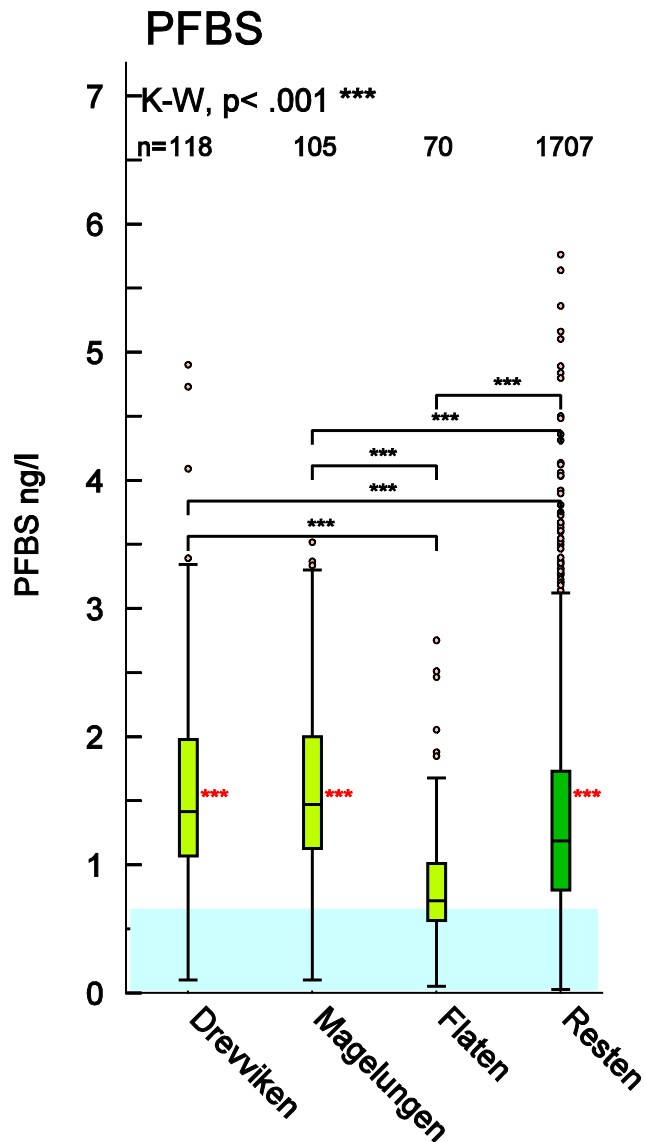
Figur 100. Den synbart ökande trenden för den linjära regressionen drivs av några extremt låga värden (under LOQ) under 2018-2019. Notera att den icke-parametriska trendtesten inte är signifikant.

7.4 Perfluorbutansulfonsyra (PFBS)

PFBS används som ett ersättningsämne för den långlivade, toxiska och bioackumulerande föreningen perfluoroktansulfonsyra (PFOS). Sedan juni 2003 har 3M använt PFBS som ersättning i sina Scotchgard-fläckavvisande medel. 3M marknadsför ytaktiva ämnen med PFBS i två fluortensider.



Figur 101. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för PFBS överstiger det tentativa gränsvärdet 2-4 ggr.



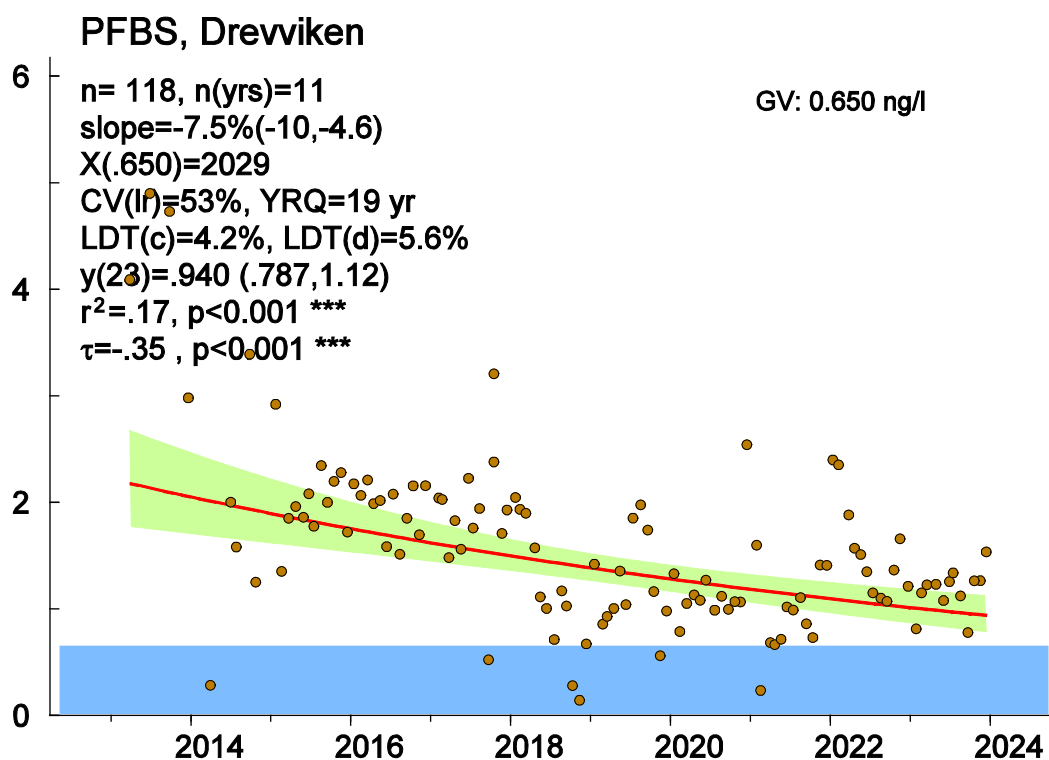
Figur 102. För Drevviken, Magelungen och för resten av de undersökta lokalerna ligger mediankoncentrationerna av PFBS signifikant över det tentativa gränsvärde ($p < 0.001$).

Flaten ligger signifikant lägre ($p < 0.001$) än Drevviken, Magelungen och resten av lokalerna (men mediankoncentrationen ligger fortfarande strax över det tentativa gränsvärdet).

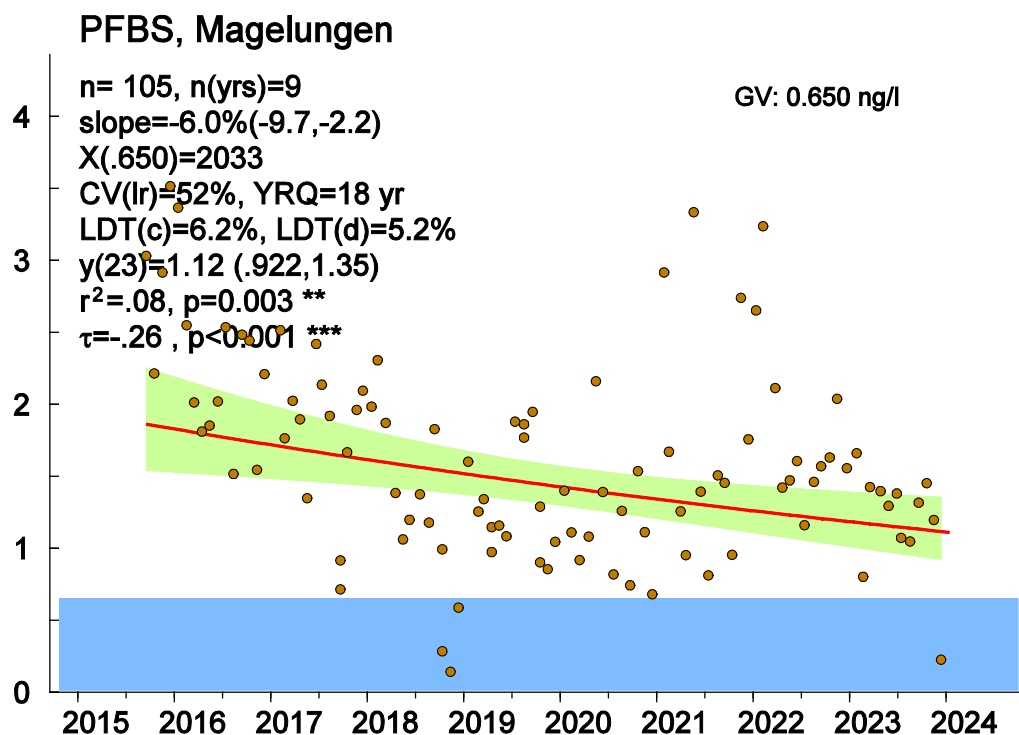
7.4.4 PFBS, tidsserier

Tabell 2. Koncentrationerna av PFBS minskar signifikant i Drevviken ($p < 0.001$) och i Magelungen ($p < 0.003$) och medelkoncentrationerna kan förväntas nå under det tentativa gränsvärde 2029 resp. 2033 om trenden fortsätter ned. I Flaten märks ingen förändring över tid.

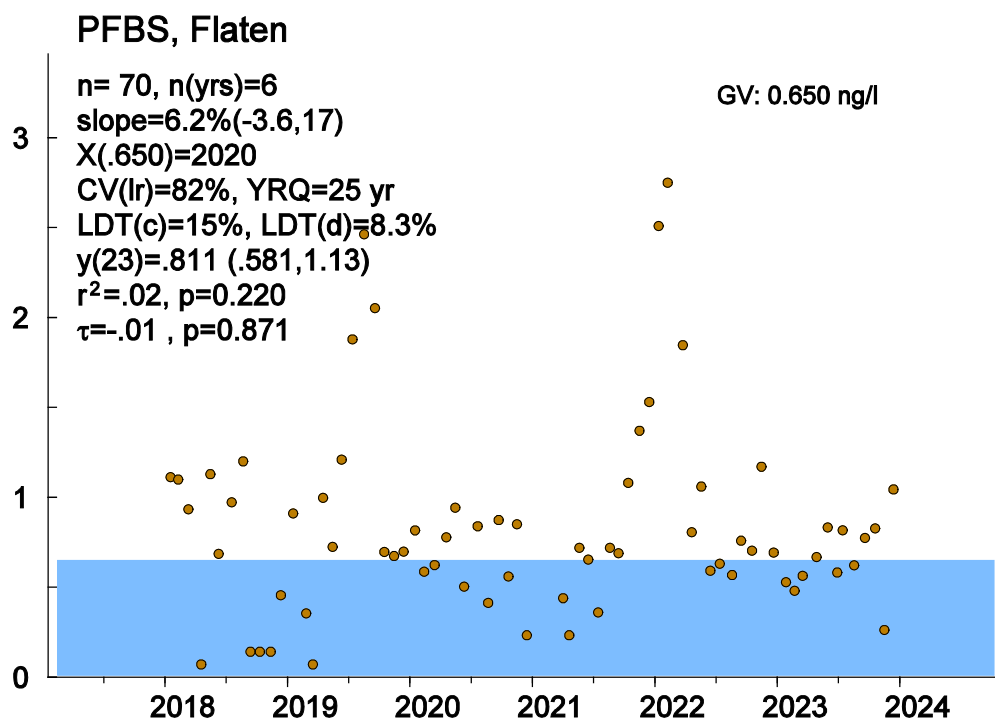
			Trend	P		YRQ	LDT	LDT		P		
Lokal	N	År	(%)	(lr)		(5%)	(d)	(c)	2023	(tau)		X-crit
Drevv	118	13-23>11	-7.5	<0.001	---	11	5.6	4.2	0.94	<0.001	---	2029
Magel	105	15-23> 9	-6.0	0.0029	--	10	5.2	6.2	1.118	<0.001	---	2033
Flaten	70	18-23> 6	6.2	0.22		14	8.3	15	0.811	0.87		2020
Median	105		-6.0			11	5.6	6.2	0.94			



Figur 103. PFBS i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning. Om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas runt 2029.

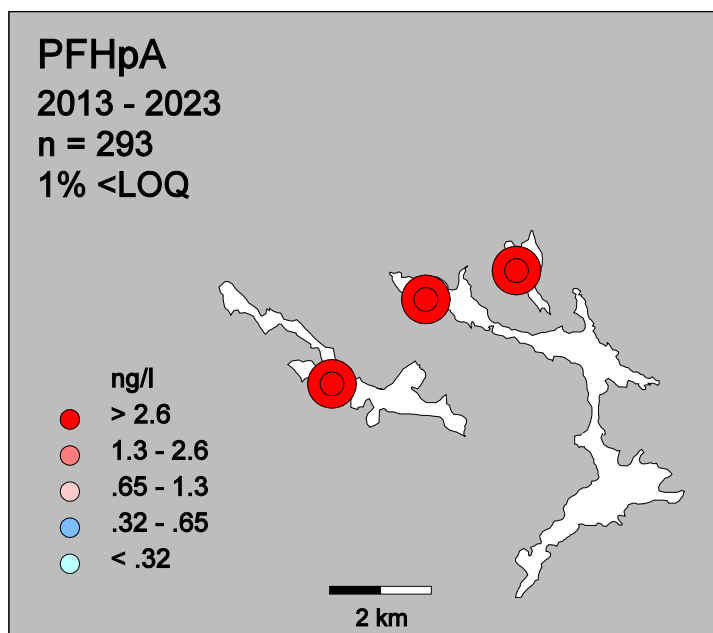


Figur 104. PFBS i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas runt 2033.

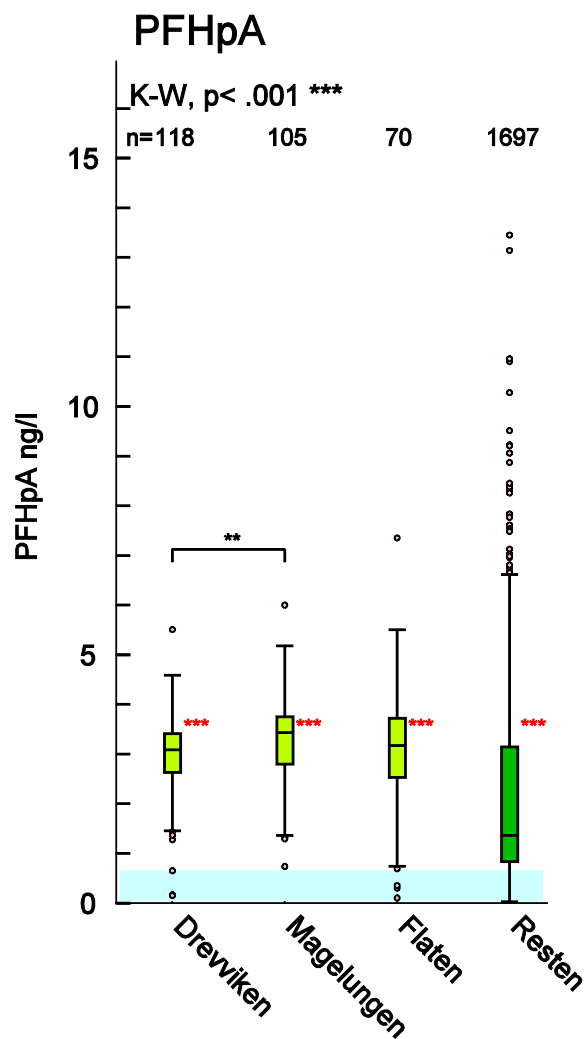


Figur 105. PFBS i ytvatten från Flaten. Halter runt gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

7.5 Perfluorheptansyra (PFHpA)



Figur 106. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidensintervallen), för PFHpA överstiger det tentativa gränsvärdet 4 ggr.

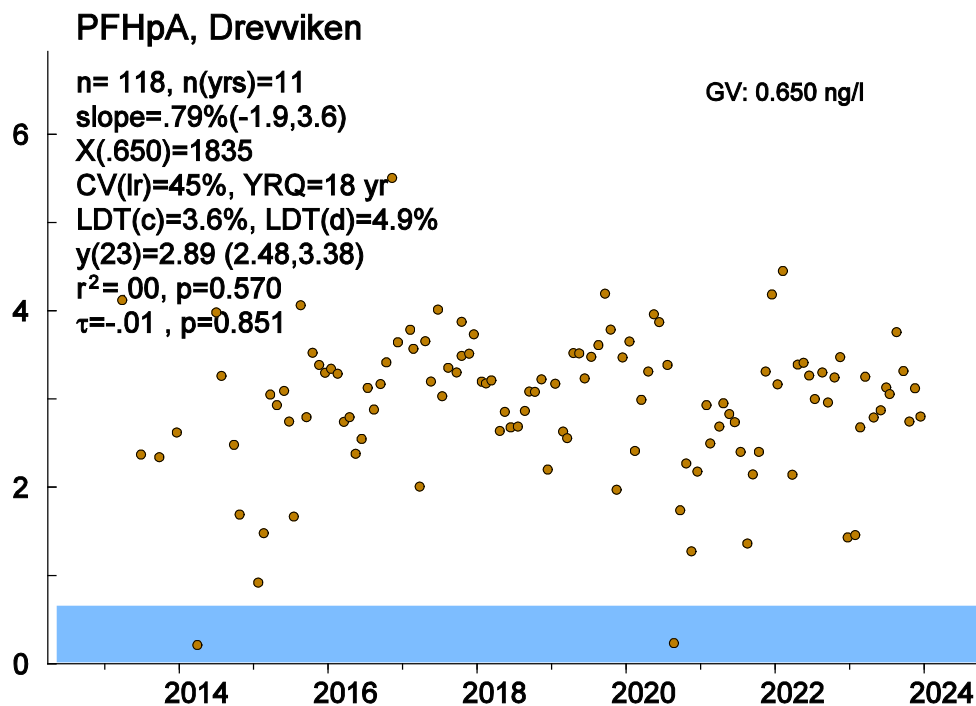


Figur 107. För alla undersökta sjöar ligger mediankoncentrationerna av PFHpA signifikant över det tentativa gränsvärdet ($p < 0.001$).

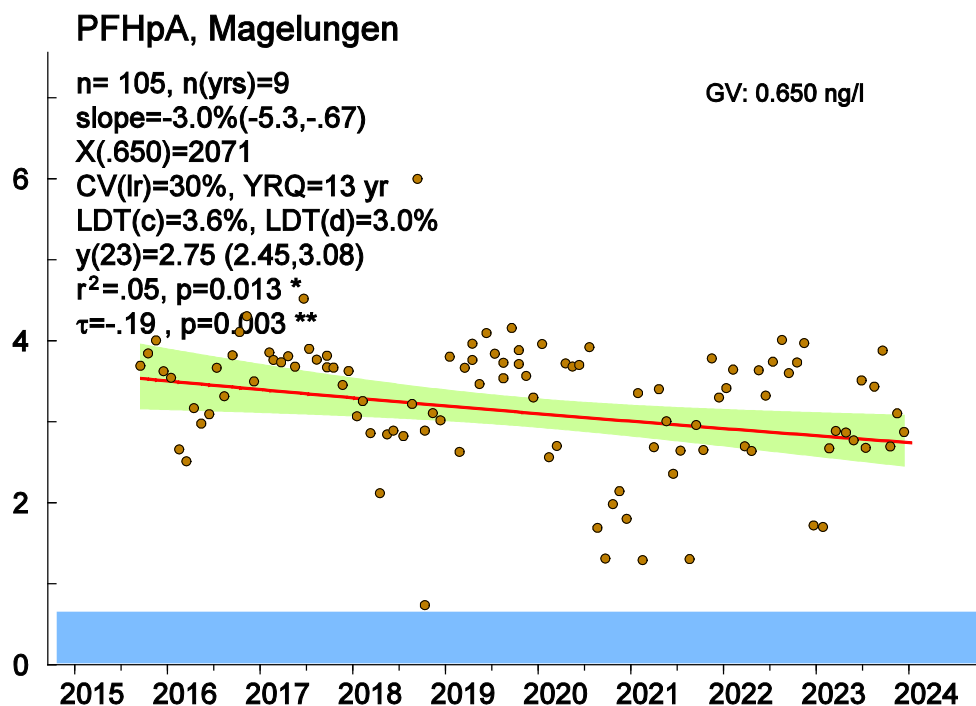
7.5.5 PFHpA, tidsserier

Tabell 19. Koncentrationerna av PFHpA minskar signifikant i Magelungen ($p = 0.013$), om trenden fortsätter i samma takt kan vi förvänta oss medelkoncentrationer under tentativt gränsvärde 2071! I Drevviken och Flaten syns ingen förändring över tid.

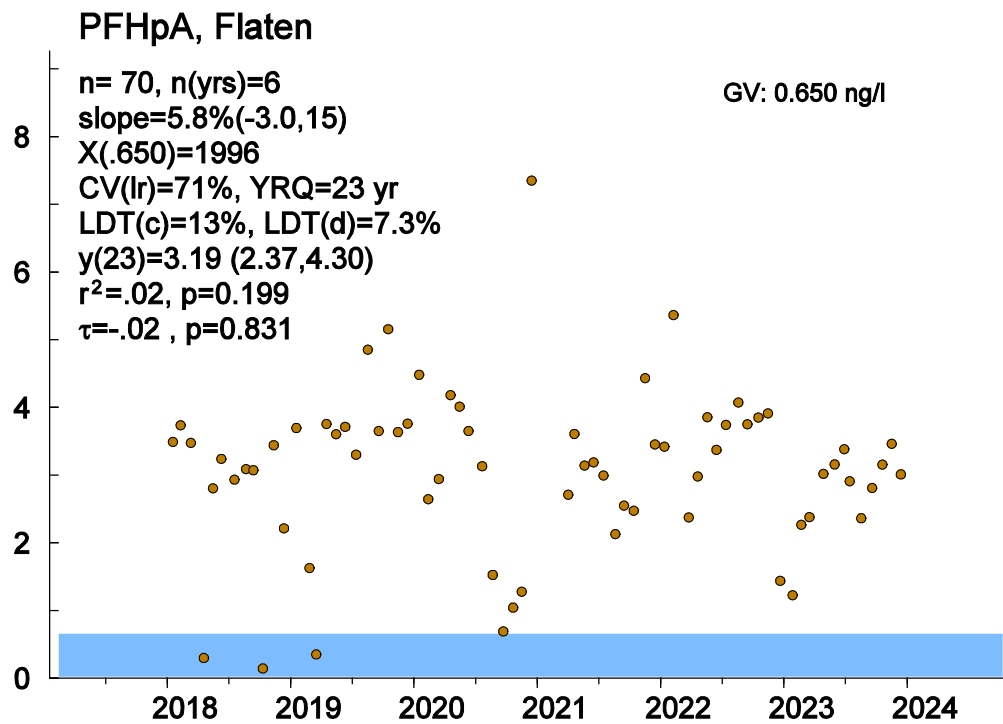
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)	YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	Last_yr	P(tau)	X-crit
Drevv	118	13-23 > 11	0.8	0.57	10	4.9	3.6	2.89	0.85	1835
Magel	105	15-23 > 9	-3.0	0.013	7	3.0	3.6	2.75	0.0035	2071
Flaten	70	18-23 > 6	5.8	0.20	13	7.3	13.3	3.19	0.83	1996
Median	105		0.8		10	4.9	3.6	2.89		



Figur 108. PFHpA i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

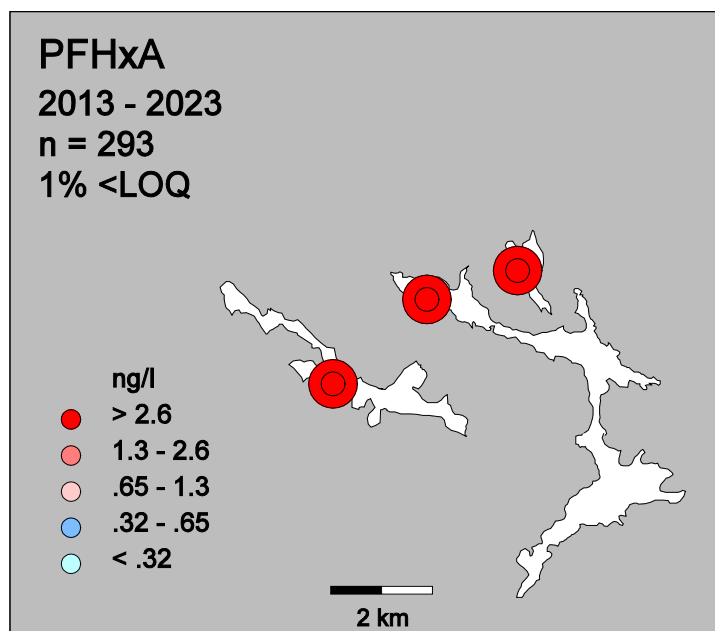


Figur 109. PFHpA i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, men endast med 3% per år, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas först runt 2071!

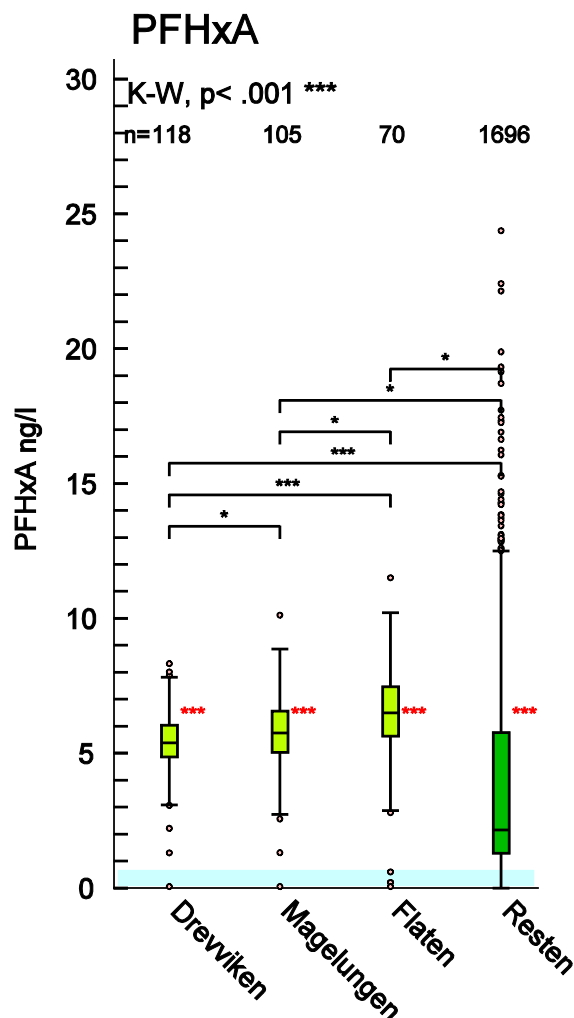


Figur 110. PFHpA i ytvatten från Flaten. Halter över gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

7.6 Perfluorhexansyra (PFHxA)



Figur 111. Medelkoncentrationerna (liksom det övre 95% konfidsintervallen) för PFHxA överstiger det tentativa gränsvärdet 4 ggr.

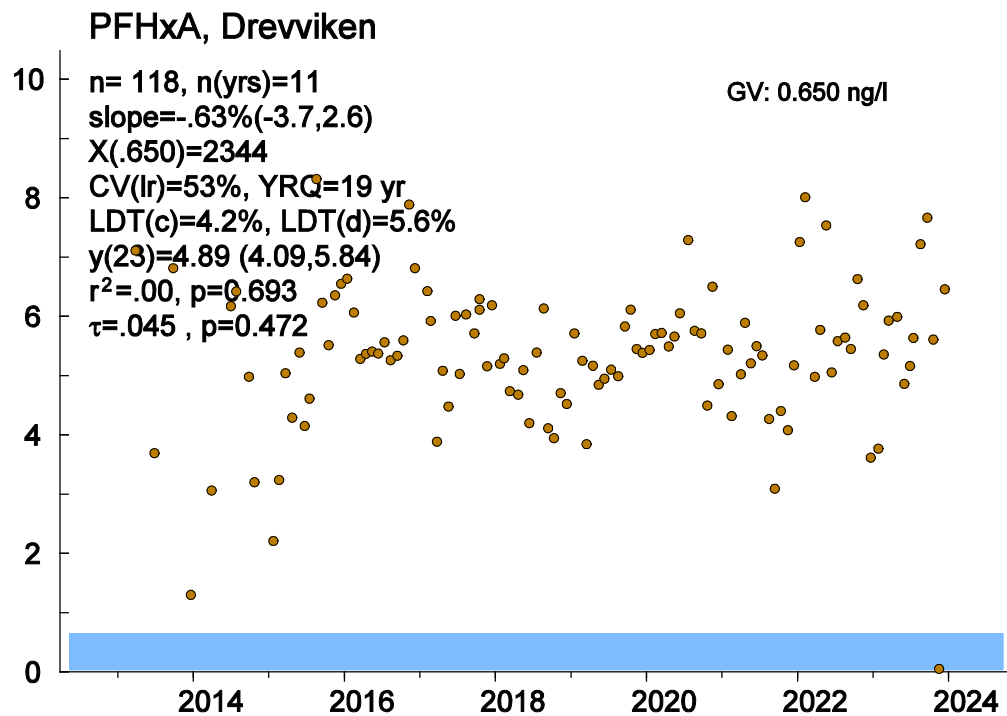


Figur 112. För alla undersökta sjöar ligger mediankoncentrationerna av PFHxA signifikant över det tentativa gränsvärdet ($p < 0.001$).

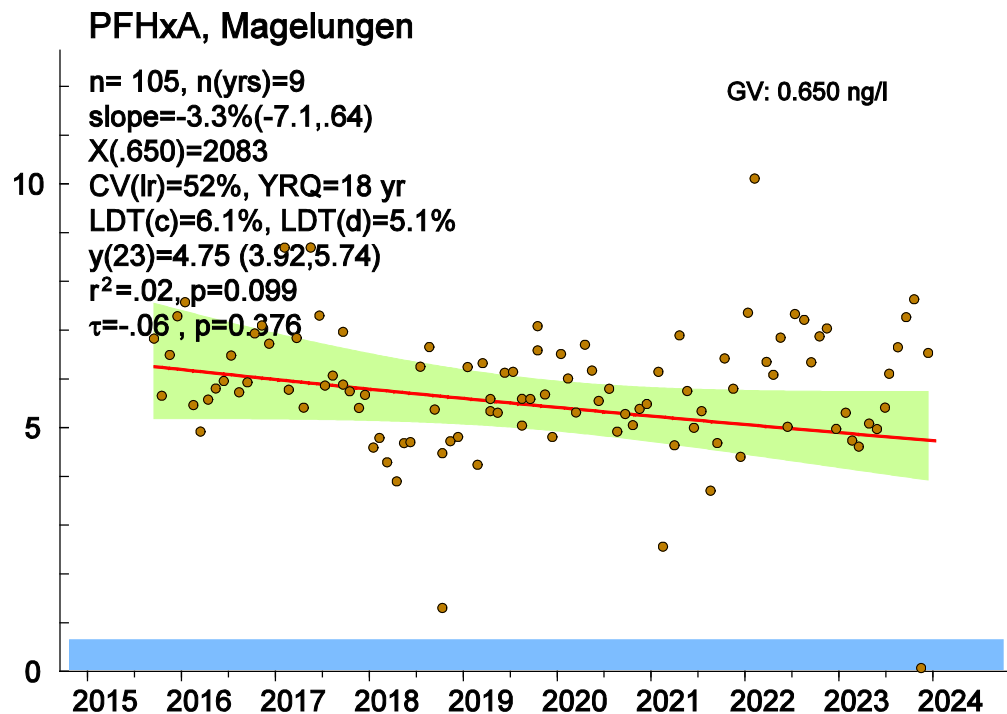
7.6.6 PFHxA, tidsserier

Tabell 20. Koncentrationerna av PFHpA i ytvatten visar en tendens att minska i Magelungen (dock ej signifikant, $p = 0.099$). I Drevviken och Flaten syns ingen förändring över tid.

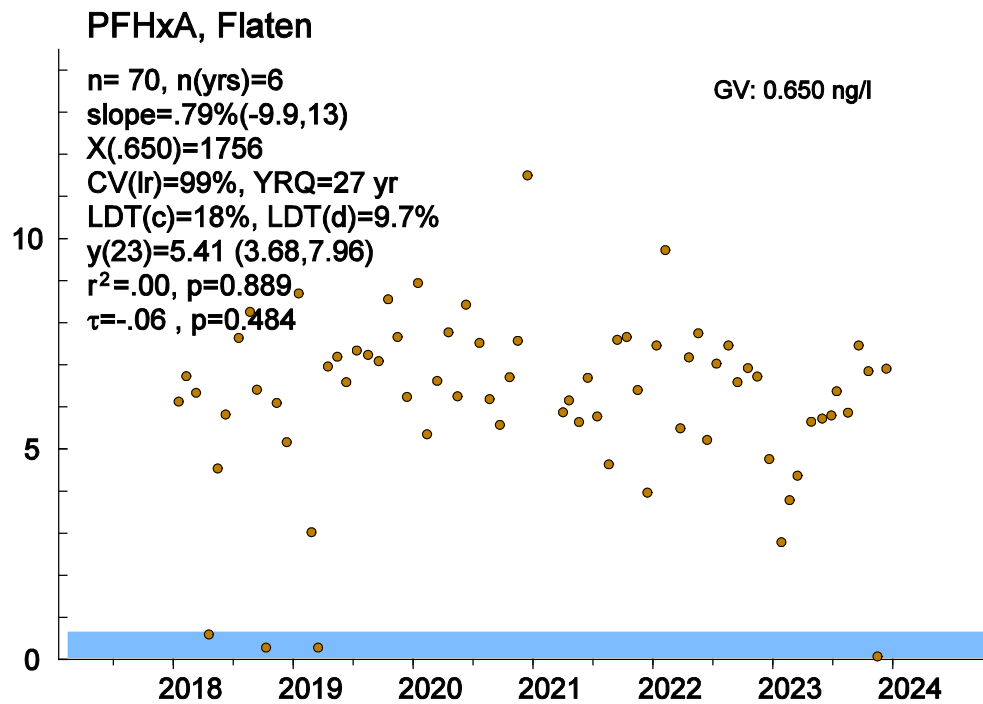
			Trend	P	YRQ	LDT	LDT		P	
Lokal	N	År	(%)	(lr)	(5%)	(d)	(c)	2023	(tau)	X-crit
Drevv	118	13-23>11	-0.5	0.76	10	5.3	4.0	4.94	0.47	2466
Magel	105	15-23> 9	-3.3	0.099	10	5.1	6.1	4.75	0.38	2083
Flaten	70	18-23> 6	0.8	0.89	15	9.7	17.9	5.41	0.48	1756
Median	105		-0.5		10	5.3	6.1	4.94		



Figur 113. PFHxA i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.



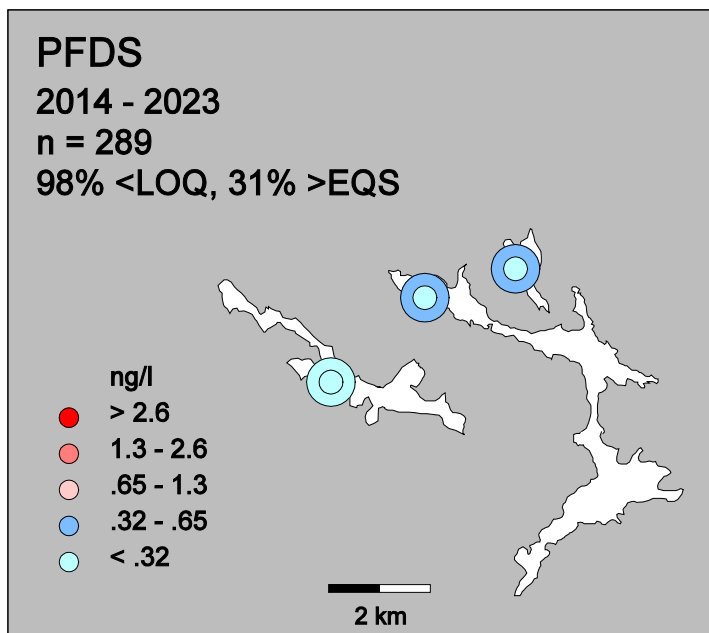
Figur 114. PFHxA i ytvatten från Magelungen. Den synbart minskande trenden för den linjära regressionen är ej signifikant (p=0.099) pga. liten lutning, förhållandevis stor spridning som förstärks av ett extremt lågt värde 2024. Notera att den icke-parametriska trendtesten är långt ifrån att vara signifikant.



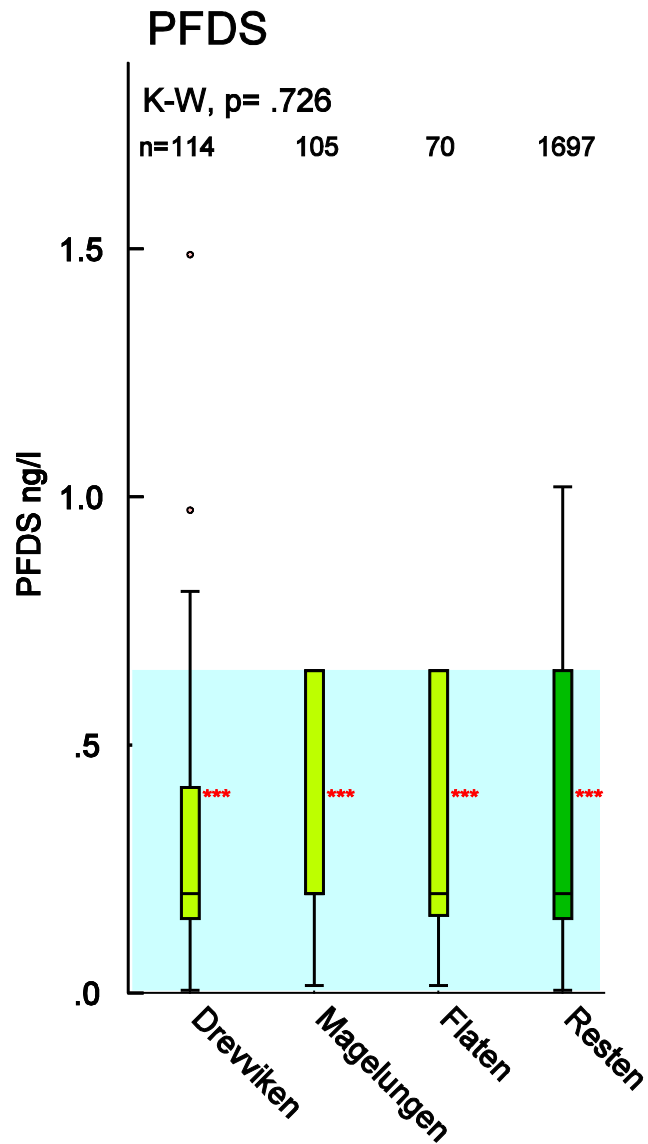
Figur 115. PFHxA i ytvatten från Flaten. Halter över gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

7.7 Perfluordekansulfonsyra (PFDS)

Nästan alla analysresultat ligger under LOQ, i 31% är LOQ strax över det tentativa gränsvärdet. Jämförelser mellan lokaler eller tidsserieanalyser är inte meningsfulla. Osäkerheten beträffande de sanna medelkoncentrationerna blir förstås stor med så många analyser under LOQ, men de ligger dock klart under det tentativa gränsvärdet.



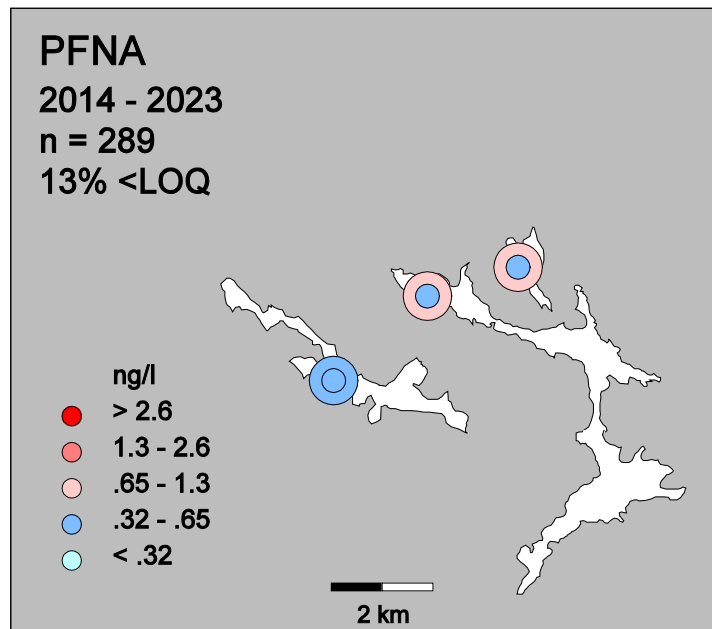
Figur 116. Medelkoncentrationerna för PFDS understiger halva gränsvärdet i Drevviken, Magelungen och Flaten. I Magelungen och Flaten når de övre 95% konfidensintervallen, det tentativa gränsvärde.



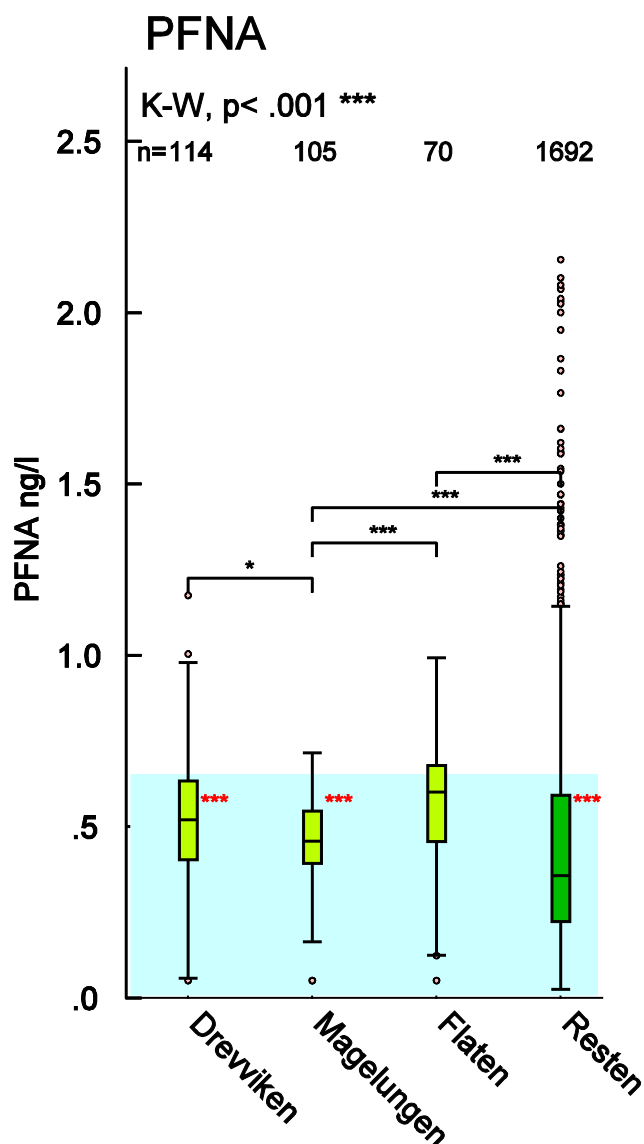
Figur 117. För alla undersökta sjöar ligger mediankoncentrationerna av PFDS signifikant under det tentativa gränsvärdet (98% av de analyserade proverna ligger under detektionsnivån).

7.8 Perfluorononansyra (PFNA)

PFNA är en långkedjig karboxylsyra som i djurförsök är reproduktionstoxisk vid samma eller lägre nivåer som PFOA (Glynn & Lignell, 2015).



Figur 118. Medelkoncentrationerna för PFNA understiger det tentativa gränsvärdet i Drevviken, Magelungen och Flaten. I Magelungen och Flaten når de övre 95% konfidensintervallen över gränsvärdet.

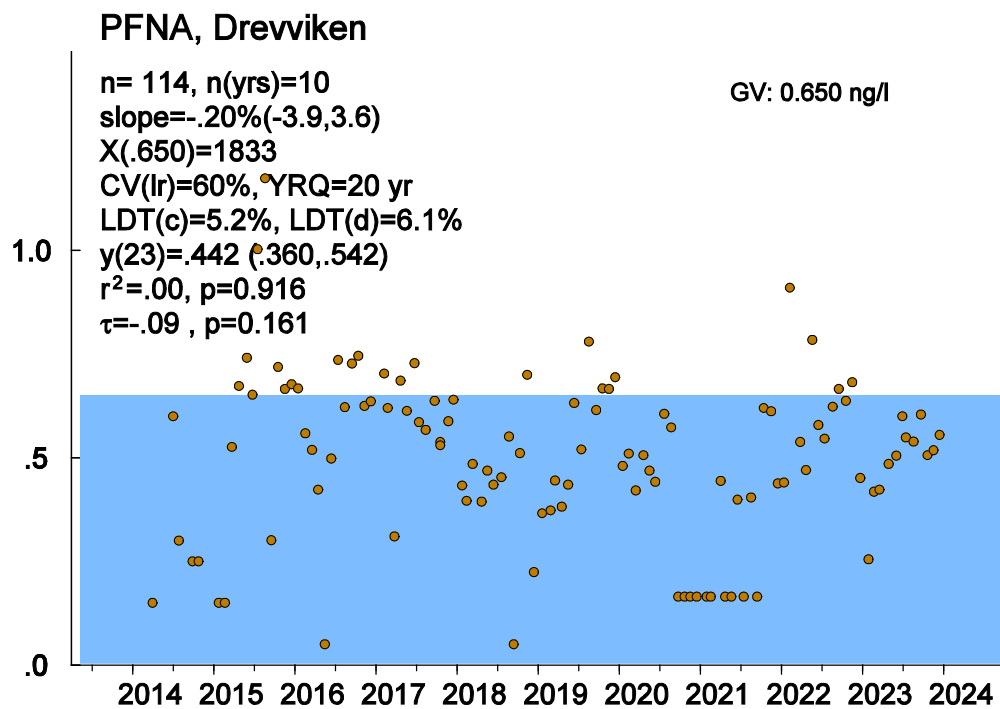


Figur 119. Mediankoncentrationerna i Drevviken och Magelungen, liksom i resten av de undersökta sjöarna, ligger signifikant under det tentativa gränsvärdet. Mediankoncentrationerna i Magelungen ligger signifikant under Drevviken och Flaten.

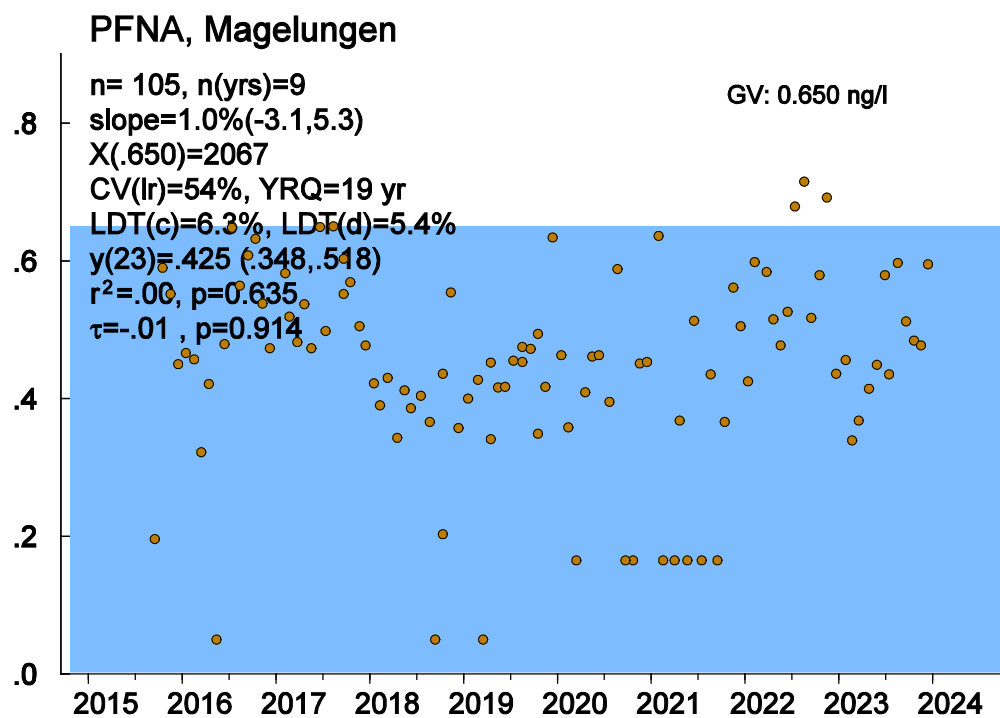
7.8.7 PFNA, tidsserier

Tabell 3 Ingen av sjöarna uppvisar någon förändring över tid.

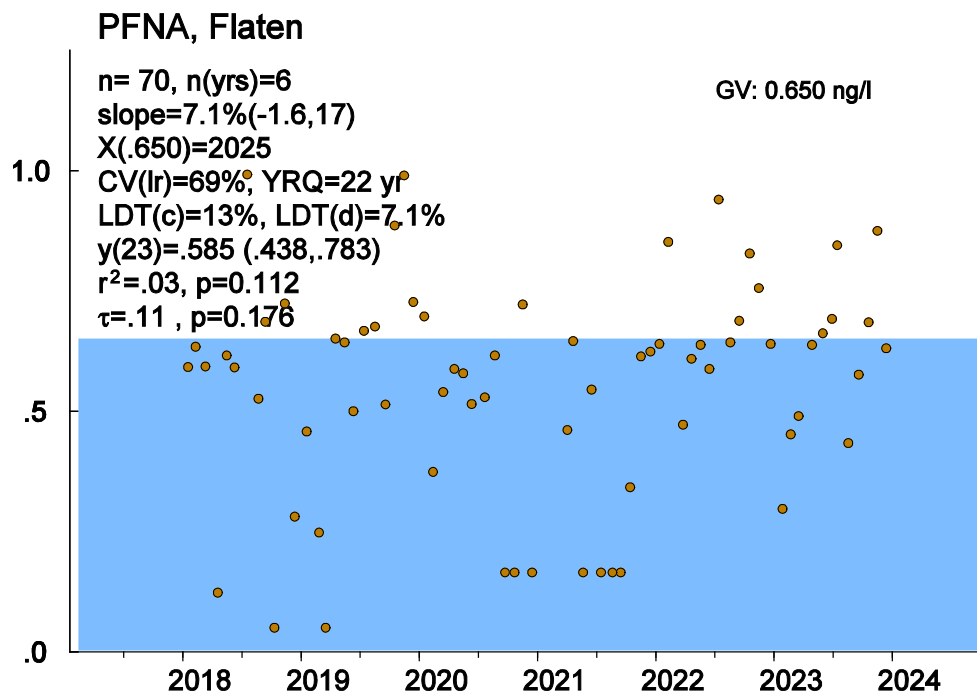
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)	YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)
Drevv	114	14-23>10	-0.9	ns	10	5.0	4.3	0.45	ns
Magel	105	15-23>9	1.3	ns	9	4.4	5.2	0.45	ns
Flaten	70	18-23>6	6.7	ns	11	6.0	10.9	0.61	ns
Median	105		1.3		10	5.0	5.2	0.45	



Figur 120. PFNA i ytvatten från Drevviken. Halter oftast under gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.



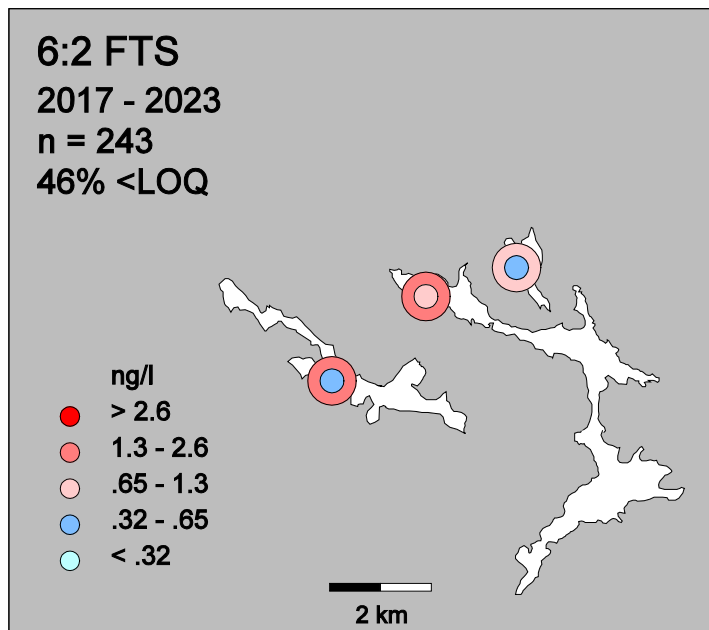
Figur 121. PFNA i ytvatten från Magelungen. Halter under gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.



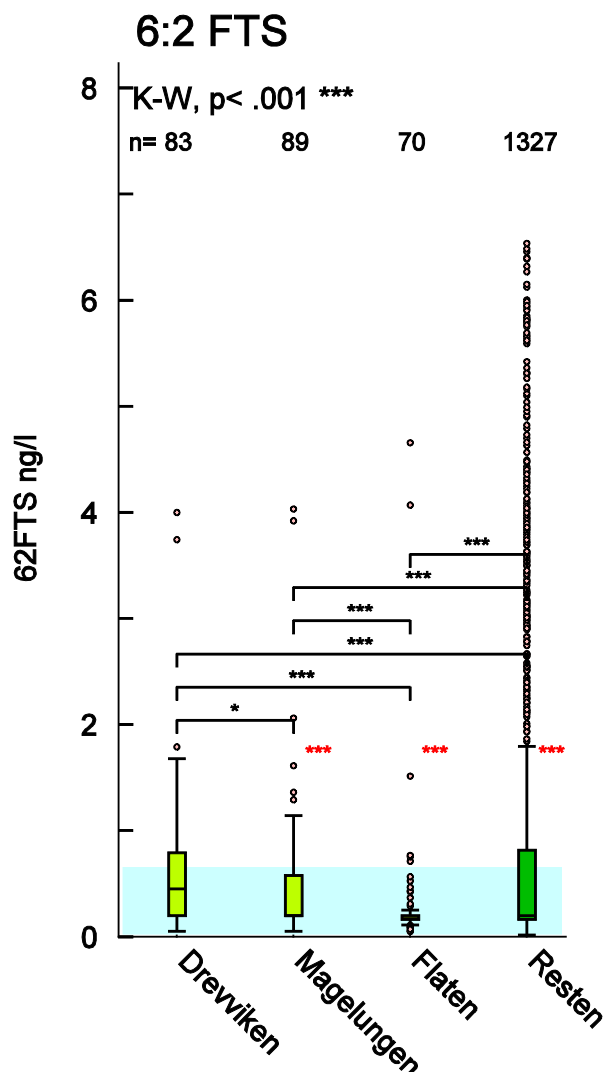
Figur 122. PFNA i ytvatten från Flaten. Halter oftast under gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

7.9 6:2-fluortelomersulfonsyra (6:2 FTS)

Höga halter av 6:2 FTS har uppmätts i grundvatten i områden förorenade med brandsläckningsskum, samt i lakvatten från förorenad mark. 6:2 FTS tycks brytas ner till bland annat kortkedjiga karboxylsyror, vilket gör att substansen ”sekundärt” borde ha samma toxicitetsmönster som de perfluorerade substanserna (Glynn & Lignell, 2015).



Figur 123. Medelkoncentrationerna för 6:2 FTA understiger tentativt gränsvärde i Drevviken och Flaten. I Magelungen ligger medelkoncentrationen över det tentativa gränsvärdet. De övre 95% konfidensintervallen överstiger gränsvärdet 2-3 ggr.

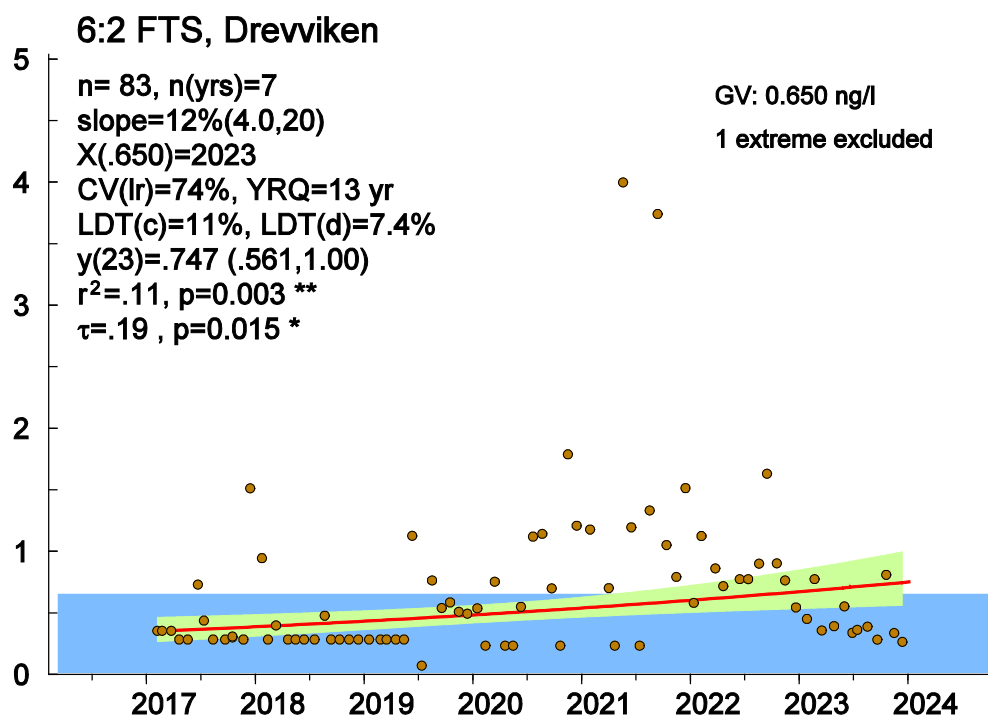


Figur 124. Mediankoncentrationerna av 6:2 FTS i Magelungen och Flaten, liksom i resten av de undersökta sjöarna ligger signifikant **under** det tentativa gränsvärdet.

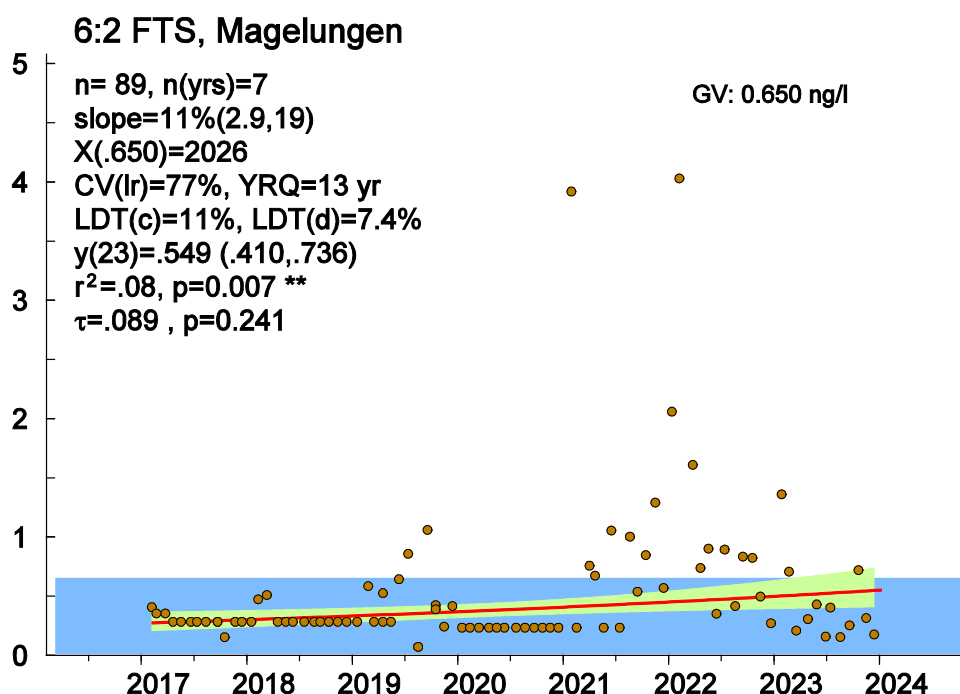
7.9.8 6:2 FTS, tidsserier

Tabell 22. Medelkoncentrationerna av 6:2 FTS ser ut att öka signifikant i Drevviken och Magelungen ($p < 0.001$). Tittar man närmre på serierna ser det dock ut som att de tidigaste proverna är låga oftast under detektionsnivån för att sedan öka tydligt under 2021-2022 men under 2023-2024 ser koncentrationerna vara tillbaka under det tentativa gränsvärdet igen. I Flaten ligger koncentrationerna rätt stilla under detektionsgränsen och under det tentativa gränsvärdet.

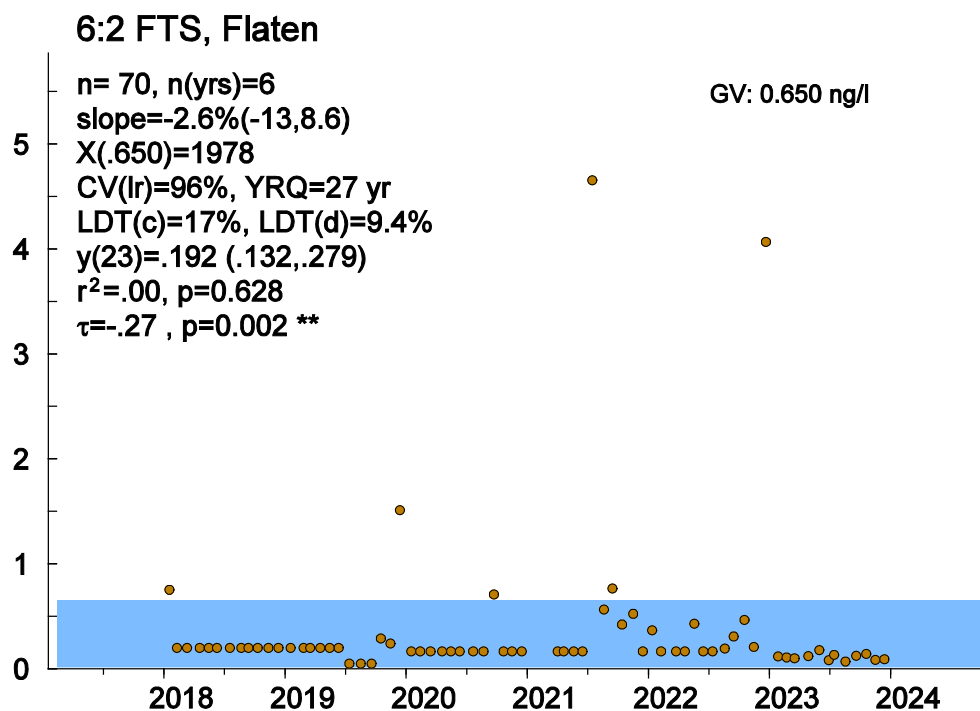
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)		X-crit
Drevv	83	17-23 > 7	11.7	0.003	++	13	7.4	10.7	0.75	0.015	+	2023
Magel	89	17-23 > 7	10.6	0.007	++	13	7.4	10.7	0.55	0.241		2026
Flaten	70	18-23 > 6	-8.4	0.087		14	8.7	15.9	0.20	0.0001	---	2010
Median	83		10.6			13	7.4	10.7	0.55			



Figur 125. 6:2 FTS i Drevviken (ett extremvärde har exkluderats). Trendlinjen visar en signifikant uppgång men förändringen över tid ser inte ut att vara linjär. De tidigaste proverna är låga oftast under detektionsnivån för att sedan öka tydligt under 2021-2022 men under 2023-2024 ser koncentrationerna vara tillbaka under det tentativa gränsvärdet igen.



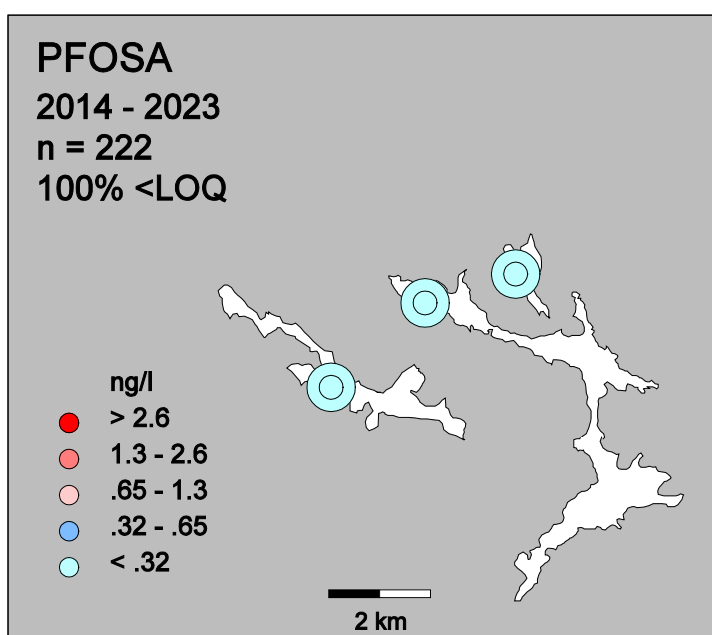
Figur 126. 6:2 FTS i Magelungen. Trendlinjen visar en signifikant uppgång men förändringen över tid ser inte ut att vara linjär. De tidigaste proverna är låga oftast under detektionsnivån för att sedan öka tydligt under 2021-2022 men under 2023-2024 ser koncentrationerna vara tillbaka under det tentativa gränsvärdet igen. Den icke-parametriska trendtesten är inte signifikant.



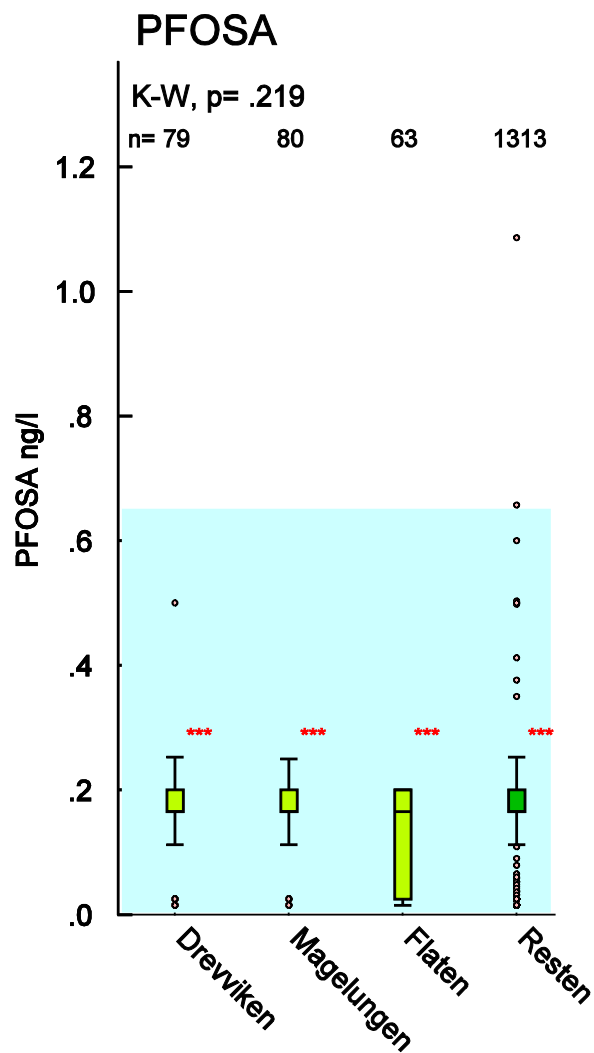
Figur 127. 6:2 FTS i ytvatten från Flaten. Halter oftast under gränsvärdet och LOQ. Trendanalys är inte meningsfull.

7.10 Perfluoroktansulfonsyra (PFOSA)

Alla analysresultat för PFOSA ligger under LOQ. Jämförelser mellan lokaler eller tidsserieanalyser är inte meningsfulla. Halterna är låga, LOQ ligger under tentativt gränsvärde.



Figur 128. Medelkoncentrationerna för PFOSA understiger halva det tentativa gränsvärdet i Drevviken, Magelungen och Flaten.



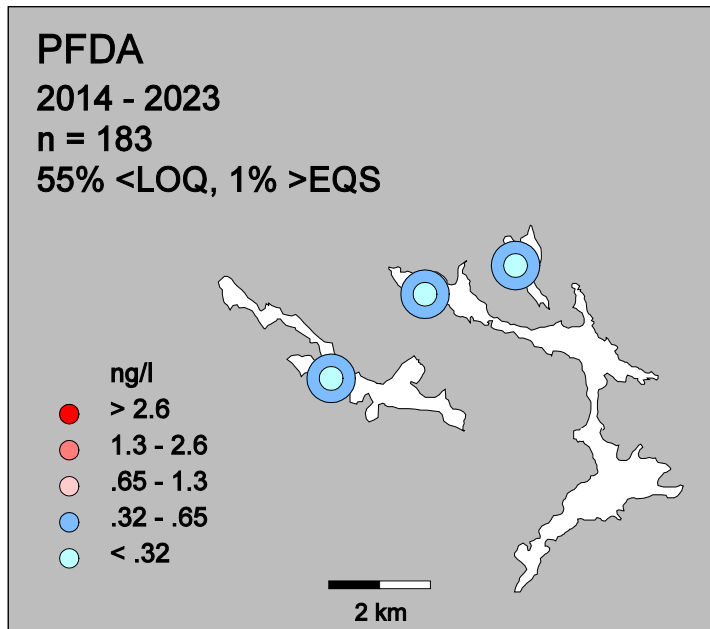
Figur 129. Mediankoncentrationerna av PFOSA i Drevviken, Magelungen och Flaten, liksom i resten av de undersökta sjöarna, ligger signifikant under det tentativa gränsvärdet.

7.10.9 PFOSA, tidsserier

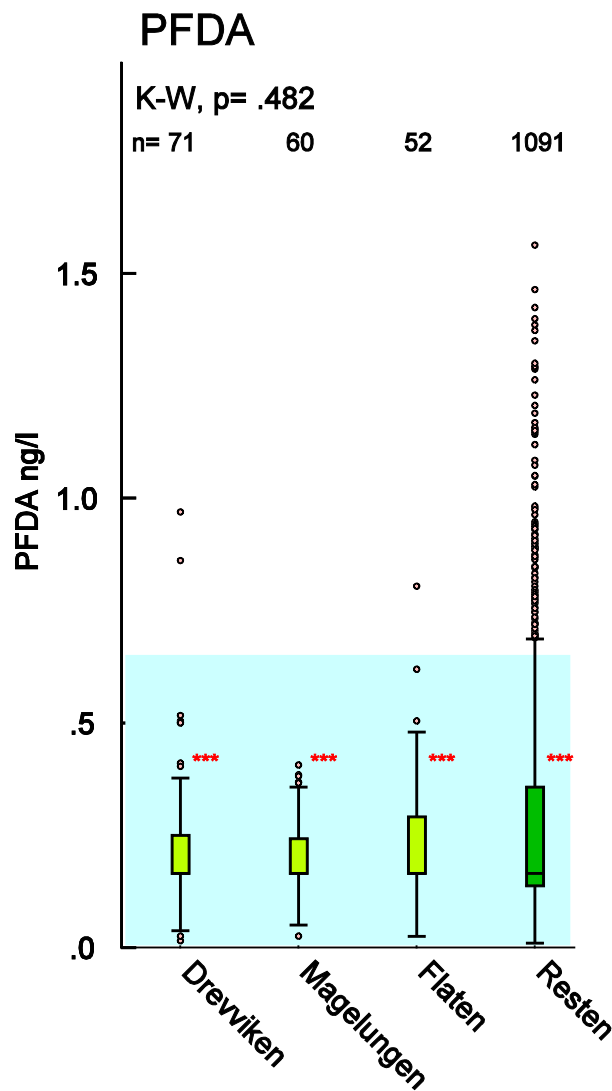
Tidsserieanalyser är inte meningsfulla då alla analysresultat ligger under LOQ.

7.11 Perfluordekansyra (PFDA)

PFDA är en långkedjig karboxylsyra som i djurförsök är reproduktionstoxisk vid samma eller lägre nivåer som PFOA (Glynn & Lignell, 2015).



Figur 130. Medelkoncentrationerna för PFDA understiger halva det tentativa gränsvärdet i Drevviken, Magelungen och Flaten. De övre 95% konfidensintervallen understiger gränsvärdet.

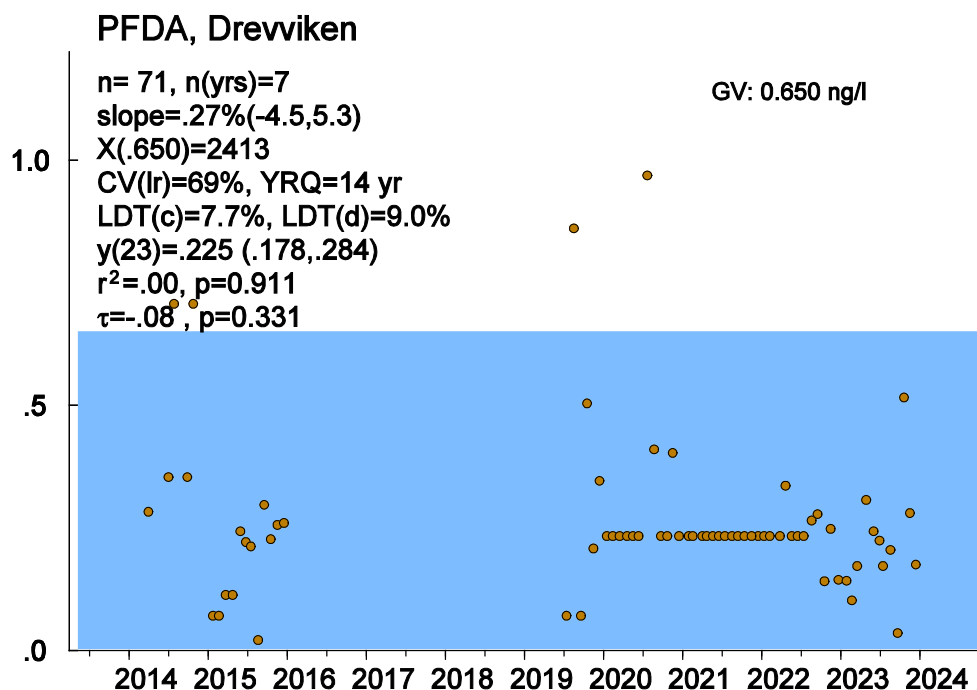


Figur 131. Mediankoncentrationerna av PFOSA i Drevviken, Magelungen och Flaten, liksom i resten av de undersökta sjöarna, ligger signifikant under det tentativa gränsvärdet.

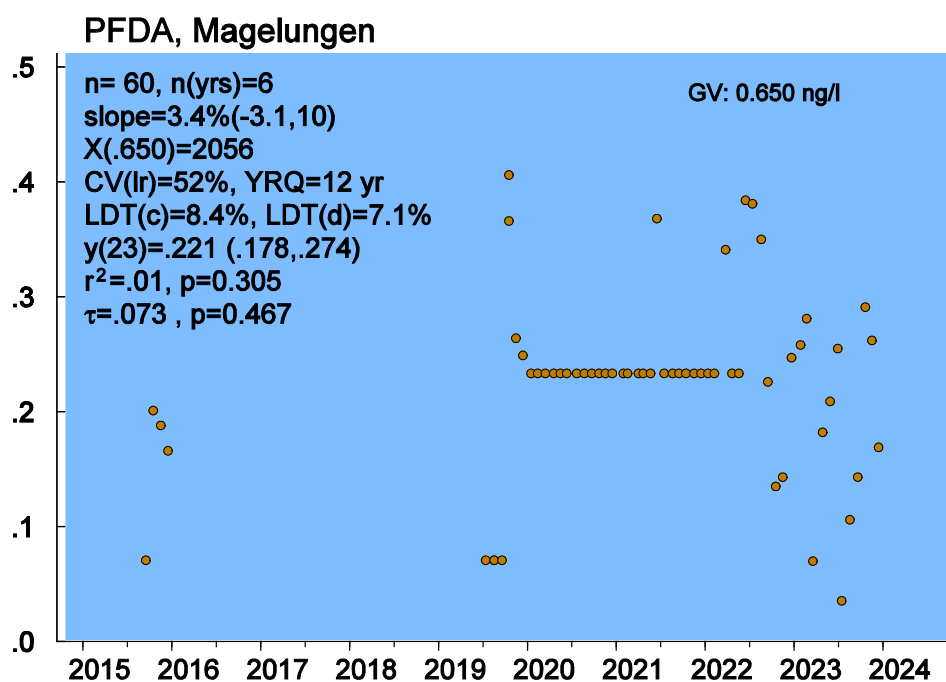
7.11.10 PFDA, tidsserier

Tabell 23. Medelkoncentrationerna av PFDA i Drevviken, Magelungen och Flaten visar ingen signifikant förändring över tid.

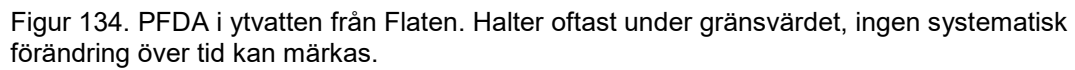
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)	YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)
Drevv	71	14-23>10	0.27	0.911	14	9	8	0.22	ns
Magel	60	15-23> 9	3.44	0.305	12	7	8	0.22	ns
Flaten	52	19-23> 5	-2.49	0.64	11	6	19	0.23	ns
Median	60		0.27		12	7	8	0.22	



Figur 132. PFDA i ytvatten från Drevviken. Halter oftast under gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

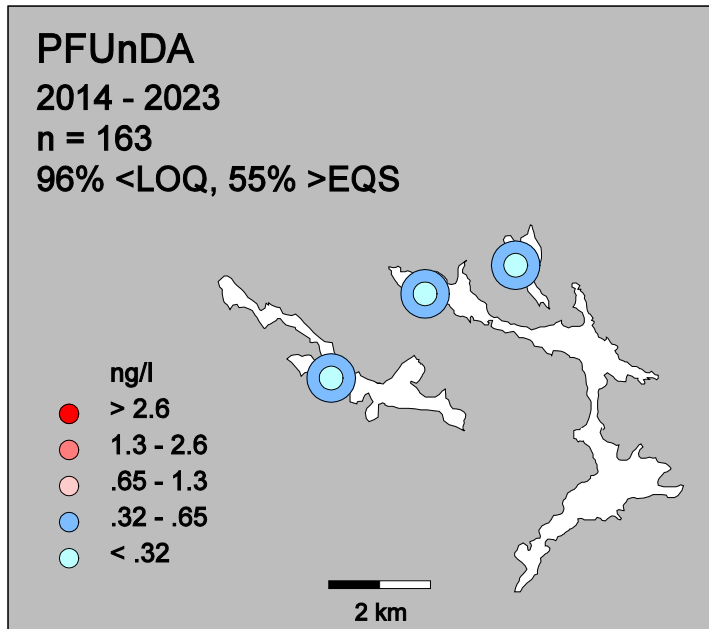


Figur 133. PFDA i ytvatten från Magelungen. Halter oftast under gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

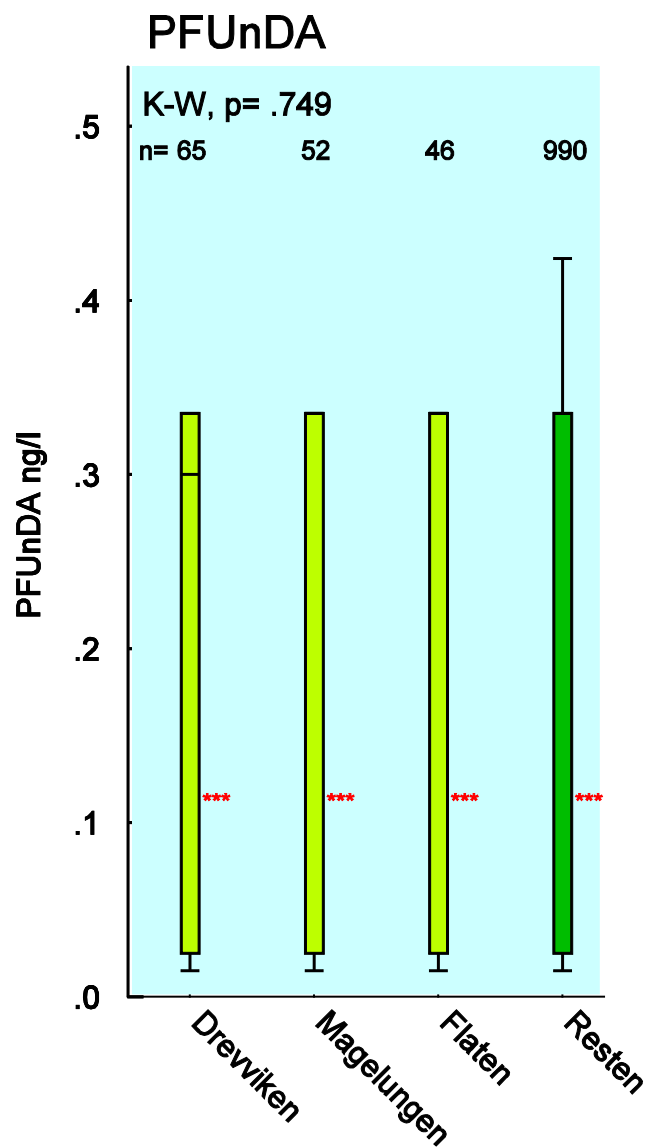


7.12 Perfluorundekansyra (PFUnDA)

För PFUnDa ligger nästan alla analysresultat under LOQ, i 55% är LOQ strax över det tentativa gränsvärdet (0.67 ng/L). Jämförelser mellan lokaler eller tidsserieanalyser är inte meningsfulla.



Figur 135. Medelkoncentrationerna för PFUnDA understiger halva det tentativa gränsvärdet i Drevviken, Magelungen och Flaten. De övre 95% konfidensintervallen understiger gränsvärdet.



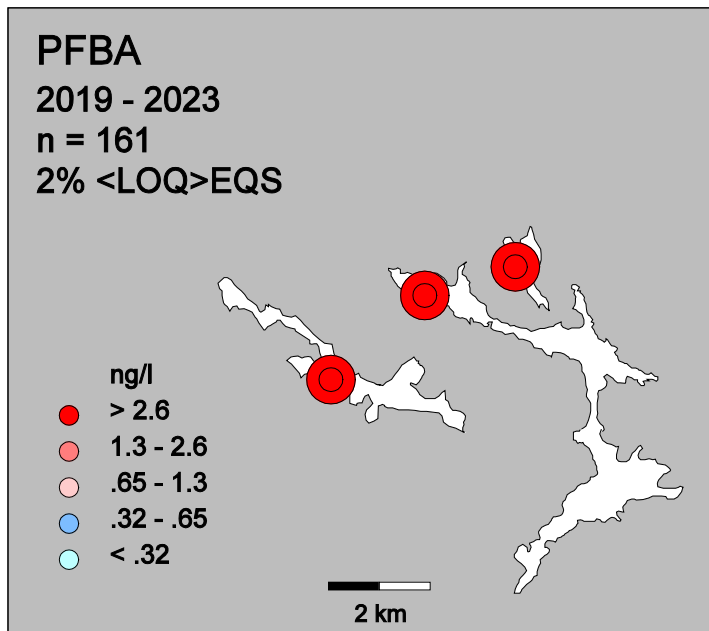
Figur 136. Mediankoncentrationerna av PFUnDA i Drevviken, Magelungen och Flaten, liksom i resten av de undersökta sjöarna, ligger signifikant under det tentativa gränsvärdet.

7.12.11 PFUnDA, tidsserier

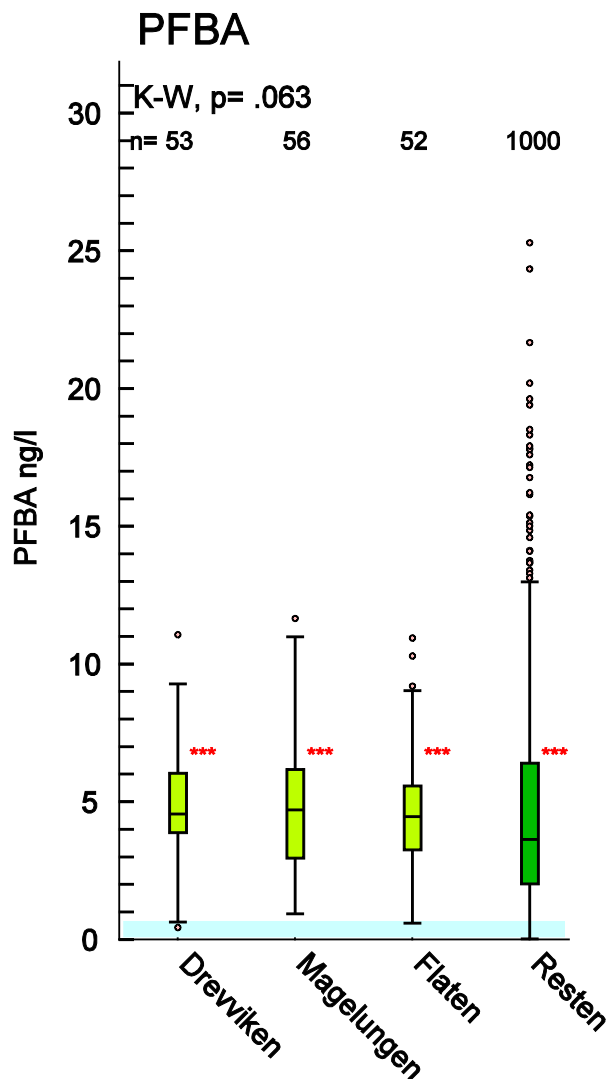
Tidsserieanalyser är inte meningsfulla då nästan alla analysresultat ligger under LOQ.

7.13 Perfluorbutansyra (PFBA)

PFBA rapporteras ha liknande toxiska effekter som de mer långkedjiga karboxylsyror, det vill säga lever- och reproduktionstoxicitet, samt påverkan på fettmetabolism. Effekterna uppkom dock vid högre doser än för de mer långkedjiga substanserna (Borg och Håkansson, 2012).



Figur 137. Medelkoncentrationerna för PFBA (liksom de övre 95% konfidensintervallen) överstiger 4 ggr det tentativa gränsvärdet i Drevviken, Magelungen och Flaten.

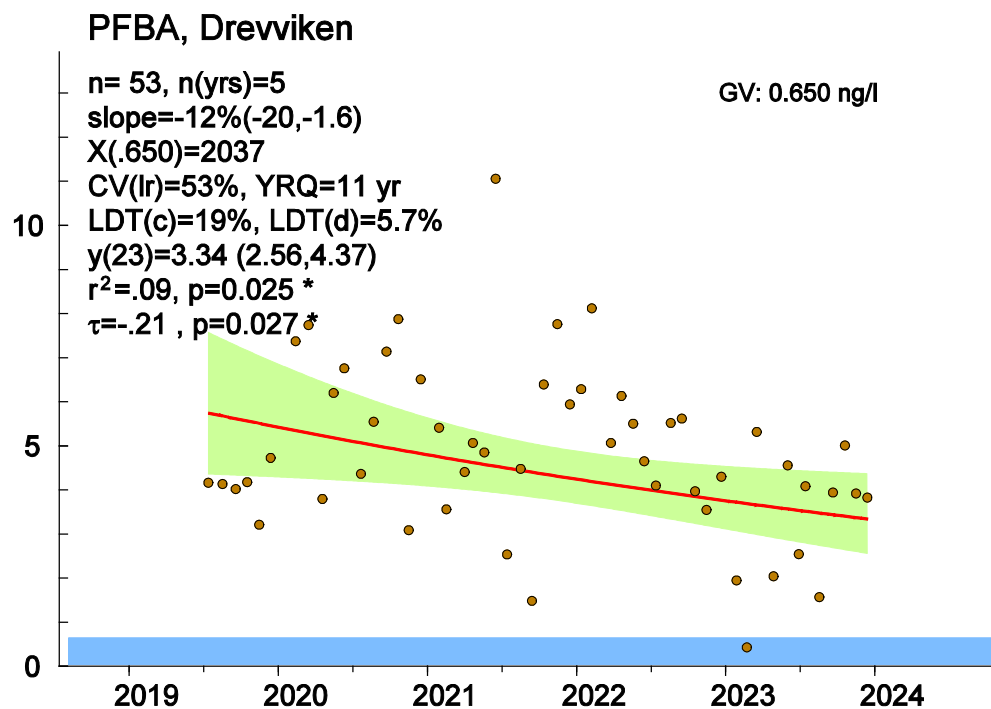


Figur 138. Mediankoncentrationerna av PFBA i Drevviken, Magelungen och Flaten, liksom i resten av de undersökta sjöarna, ligger signifikant över det tentativa gränsvärdet.

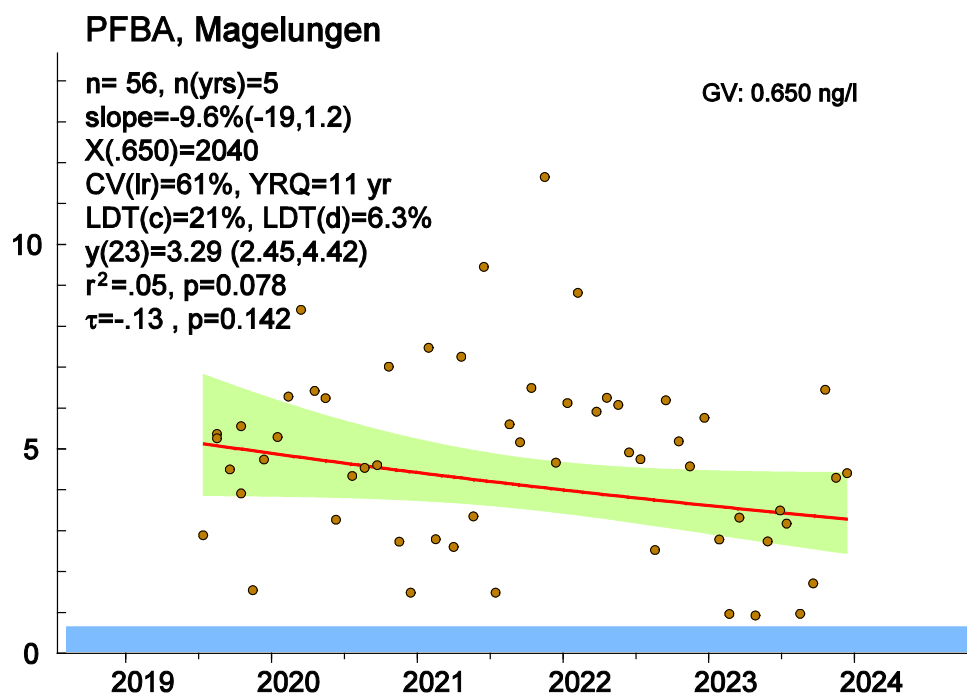
7.13.12 PFBA, tidsserier

Tabell 24. Tidsserierna för ytvatten i Drevviken och Flaten visar signifikanta nedåtgående trender (p=0.02 resp. p=0.003). Om trenderna fortsätter kan medelvärdena förväntas underskrida det tentativa gränsvärdet i Drevviken 2037 och i Flaten 2031. Ingen signifikant förändring över tid kunde visas i Magelungen.

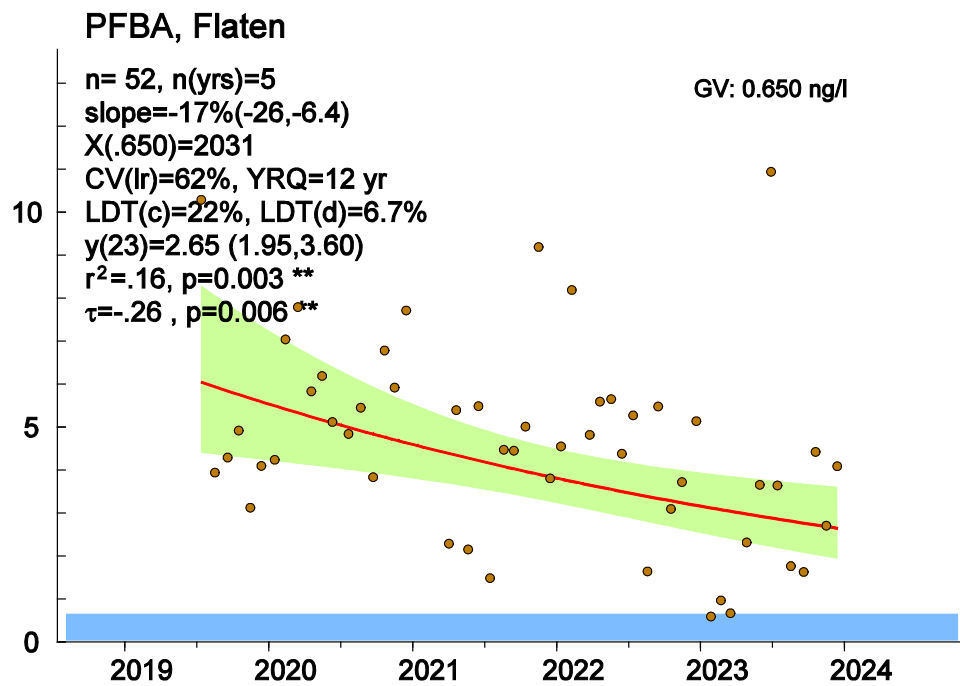
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)		YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)		X-crit
Drevv	53	19-23> 5	-12	0.02	-	11	5.78	18.6	3.34	0.0266	-	2037
Magel	56	19-23> 5	-9.6	0.08		11	6.3	20.7	3.29	0.142		2040
Flaten	52	19-23> 5	-17	0.003	--	12	6.7	22.26	2.65	0.0059	--	2031
Median	53		-12			11	6.3	20.7	3.29			



Figur 139. PFBA i ytvatten från Drevviken. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, men med 12% per år, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas först runt 2037.



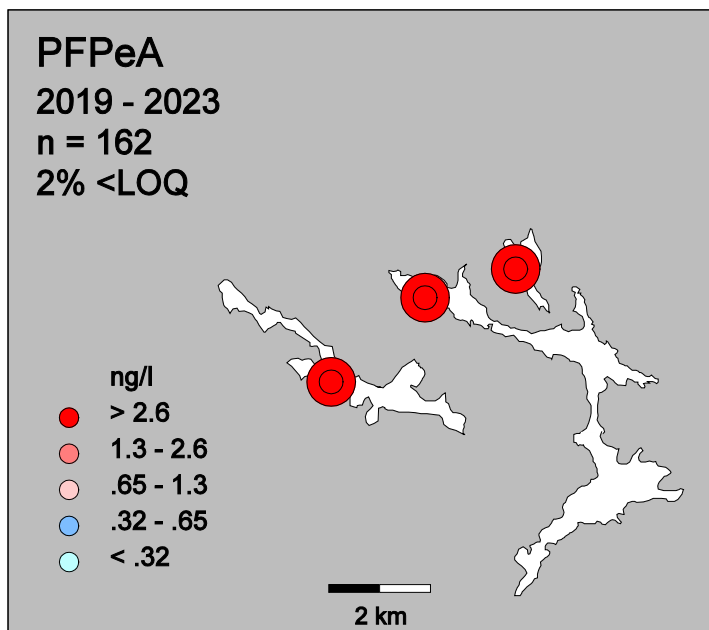
Figur 140. PFBA i ytvatten från Magelungen. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, med ca 10% per år, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskridas runt 2040.



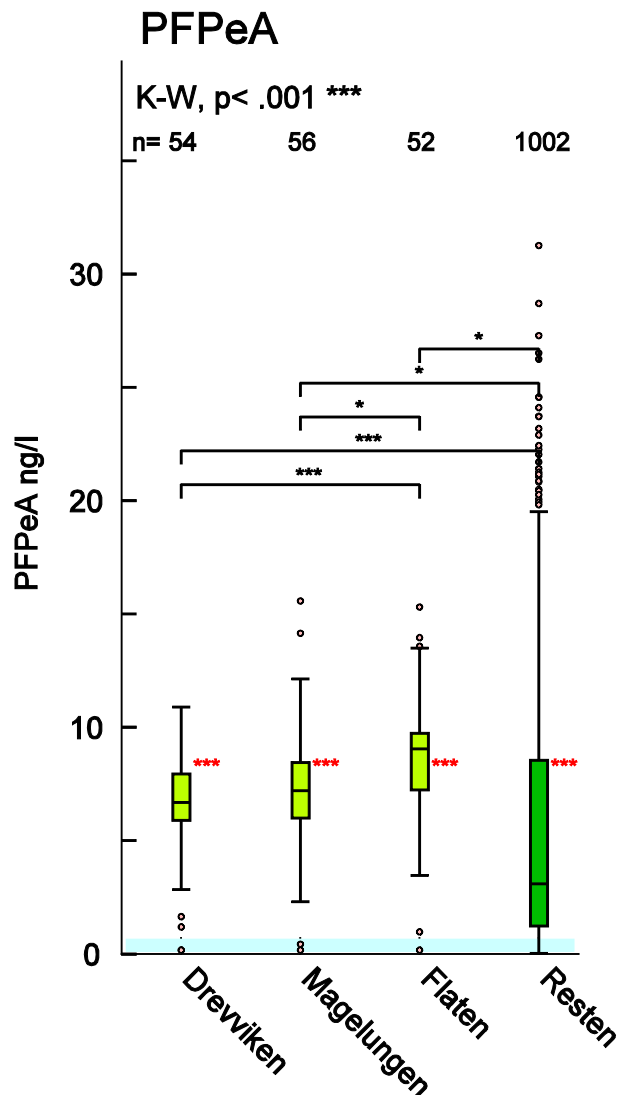
Figur 141. PFBA i ytvatten från Flaten. Halter över gränsvärdet, Signifikant minskning, med 17% per år, om trenden fortsätter kan gränsvärdet underskidas runt 2031.

7.14 Perfluoro-n-pentansyra (PFPeA)

PFPeA är en nedbrytningsprodukt av PFAS-ämnena som ingår ibland annat fläck- och fettsäkra beläggningar på livsmedelsförpackningar, soffor, mattor. PFPeA är en stabil 5-kolsversion av PFOA.



Figur 142. Medelkoncentrationerna för PFPeA (liksom de övre 95% konfidensintervallen) överstiger 4 ggr det tentativa gränsvärdet i Drevviken, Magelungen och Flaten.

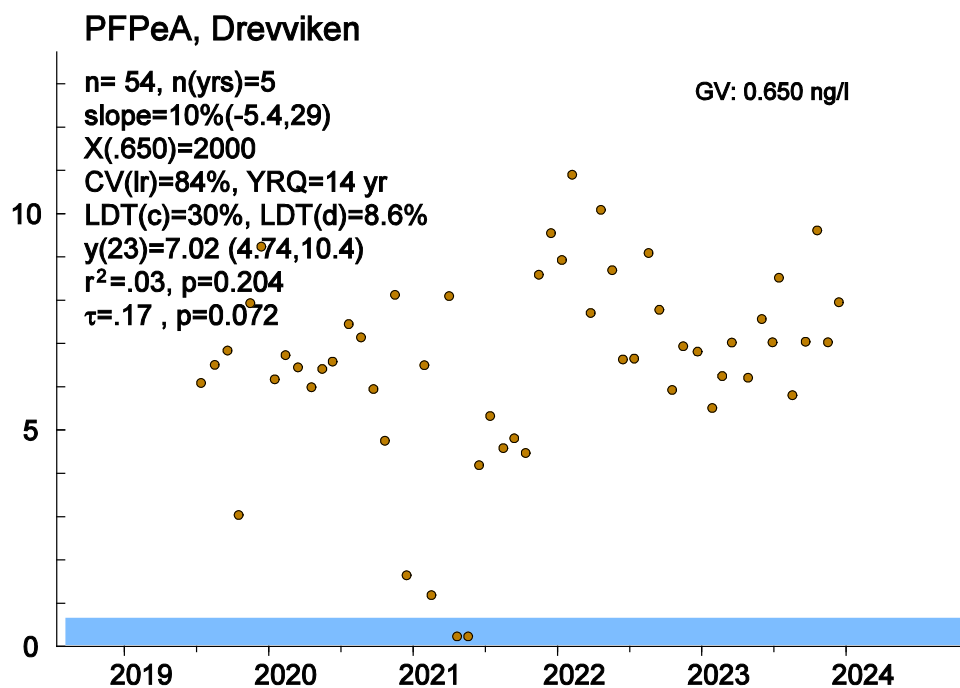


Figur 143. Mediankoncentrationerna av PFPeA i Drevviken, Magelungen och Flaten, liksom i resten av de undersökta sjöarna, ligger signifikant **över** det tentativa gränsvärdet. Flaten ligger signifikant över Drevviken och Magelungen.

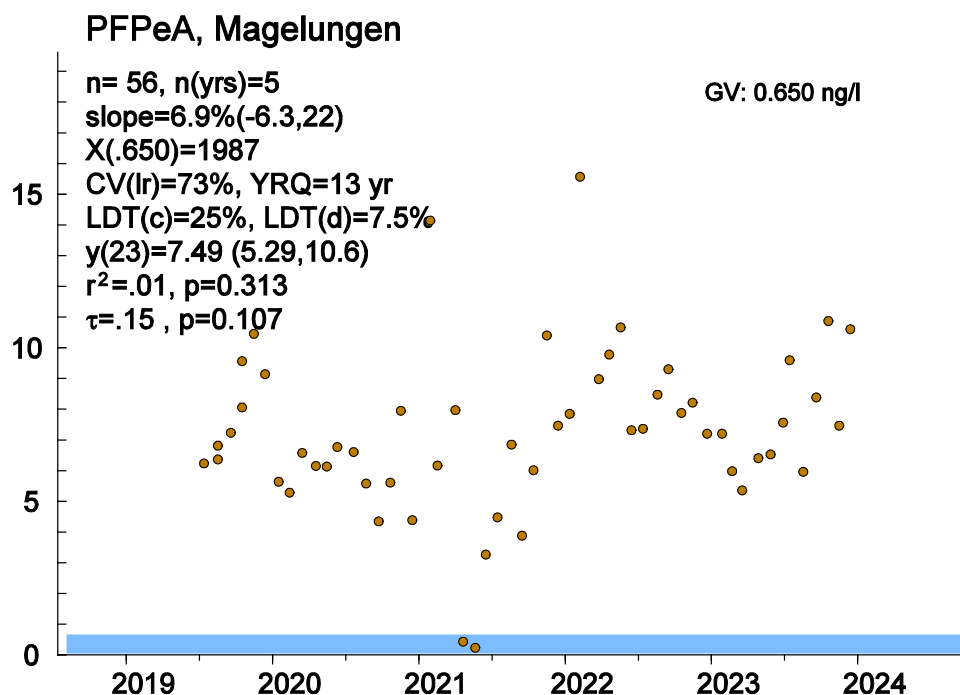
7.14.13 PFPeA, tidsserier

Tabell 25. Medelkoncentrationerna av PFPeA i Drevviken, Magelungen och Flaten visar ingen signifikant förändring över tid.

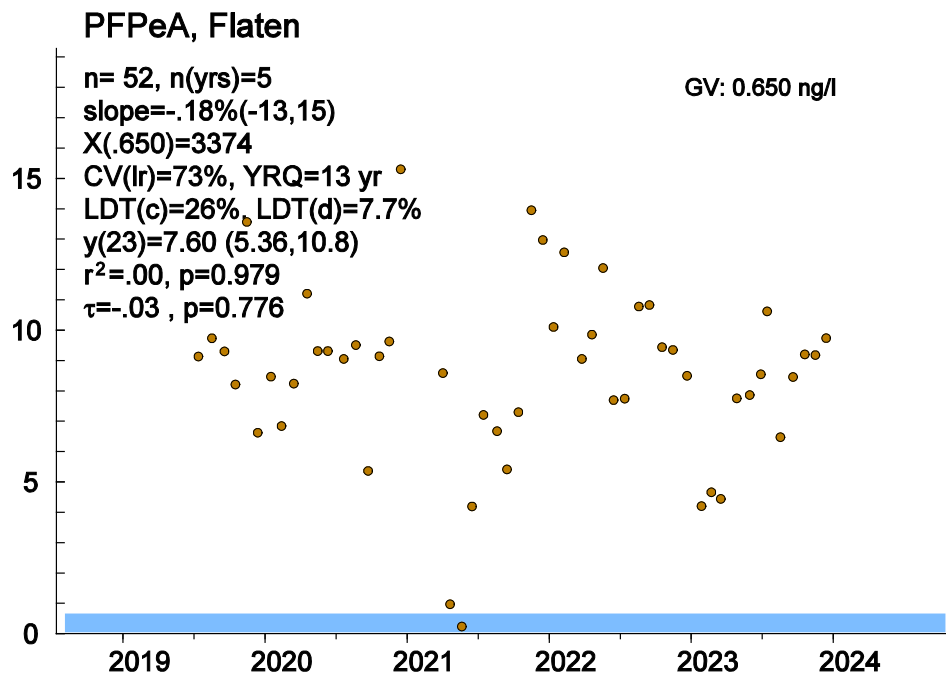
Lokal	N	År	Trend (%)	P (lr)	YRQ (5%)	LDT (d)	LDT (c)	2023	P (tau)
Drevv	54	19-23 > 5	10.4	0.204	14	8.6	29.5	7.02	0.072
Magel	56	19-23 > 5	6.9	ns	13	7.5	25.1	7.49	0.11
Flaten	52	19-23 > 5	-0.2	ns	13	7.7	26.1	7.60	ns
Median	54		6.9		13	7.7	26.1	7.49	



Figur 144. PFPeA i ytvatten från Drevviken. Halter **över** gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.



Figur 145. PFPeA i ytvatten från Magelungen. Halter **över** gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.



Figur 146. PFPeA i ytvatten från Flaten. Halter **över** gränsvärdet, ingen systematisk förändring över tid kan märkas.

8. Diskussion och slutsatser

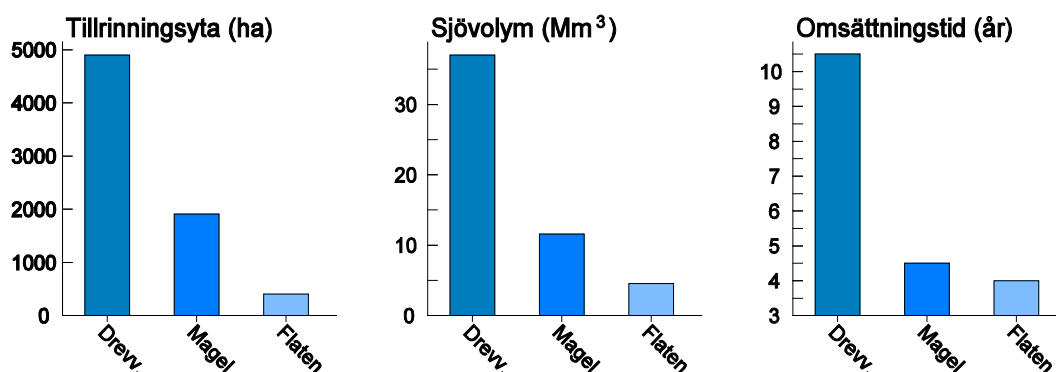
Av tungmetallerna ligger endast koppar signifikant över gränsvärdet för Drevviken, Magelungen och Flaten. I Drevviken minskar halterna signifikant för koppar men i Magelungen och Flaten ses ingen förändring över tid. I vissa fall är metallkoncentrationerna så låga att de hamnar under LOQ, vilket i vissa fall omöjliggör en trendanalys.

Beträffande PAH-erna ligger endast benso(a)pyren signifikant över gränsvärdet i Drevviken. Övriga PAH-er ligger signifikant under gränsvärdet i alla tre sjöar. När materialet tillåter trendanalys kan man se att alla undersökta PAH-erna minskar signifikant.

Av PFAS-ämnena ligger PFOS, PFOA, PFHxS, PFBS, PFHpA, PFHxA, PFBA samt PFPeA signifikant över gränsvärdet för PFOS. PFNA, 6:2 FTS, PFDA ligger signifikant under gränsvärdet i samtliga tre sjöar. När materialet tillåter trendanalys minskar alla undersökta PFAS-ämnena signifikant med undantag av PFHxS i Flaten, samt 6:2 FTS, i Drevviken och Magelungen.

De halter av miljögifter som mäts i ytvatten kan anses vara tämligen relevanta för den exponering som levande organismer i den aktuella sjön utsätts för.

Vill man däremot använda halterna för att representera nedfallet i området och jämföra olika sjöar så måste man beakta att miljögiftshalter i en sjö jämfört med en annan påverkas inte bara av det som släpps ut till atmosfären i det aktuella området. Det som faller ned i tillrinningsområdet koncentreras när det som inte stannar kvar i marken rinner ut i sjön. Är storleken på tillrinningsområdet stort bör halterna i sjön bli större jämfört med ett litet område (om vi bortser från skillnader i markanvändning). Är sjövolymen stor borde utspädningen blir större och minska halterna än i en sjö med liten volym. Men även omsättningstiden kan påverka halterna så att om den är kort borde halterna minska snabbare än om den är längre. Även exempelvis primärproduktion, kalciumhalt och pH-värde påverkar halterna och hur biotillgängliga de är.



Figur 147. Tillrinningsområdets yta, sjövolym och omsättningstid för Drevviken, Magelungen och Flaten.

Ser vi några tydliga skillnader i medianhalter mellan sjöarna som skulle kunna tyda på att tillrinningsytan har betydelse? För alla metaller utom zink har Drevviken och Magelungen signifikant högre halter jämfört med Flaten. För benso(a)pyren, benso(f)fluoranten och benso(ghi)perylen har Drevviken signifikant högre halter jämfört

med Flaten. För PFOS, PFHxS, PFBS och 6:2 FTS har Drevviken och Magelungen signifikant högre halter än Flaten. Flaten med ett relativt litet tillringsområde har alltså oftast signifikant lägre halter än Drevviken (och även ofta Magelungen).

Avviker från detta mönster gör PFHxA där Flaten och Magelungen har signifikant högre halter än Drevviken, PFNA där Flaten har signifikant högre halter än Magelungen och PFPeA där Flaten har signifikant högre halter än både Drevviken och Magelungen. Det vore intressant att försöka förstå varför de avvikande PFAS-ämnena är högre i Flaten.

Förslag till justeringar och förbättringar av miljögiftsövervakningen

Den befintliga övervakningen i ytvatten ger en god överblick av metaller, PAH-erna och PFAS i de tre sjöarna. Provtagningsfrekvensen ger en god tidsupplösning och den statistiska styrkan medger upptäckt av trender av rimlig storlek för att för följa upp både den allmänna utvecklingen av PAH-er liksom effekter av eventuella åtgärder för att begränsa utsläpp till miljön. Skulle man vilja ändra omfattningen (pga. eventuella besparingskrav eller en utökad satsning) av övervakningsprogrammet, ger de data som hittills samlats in en bra grund för att genom simuleringar och styrkeberäkningar förutsäga hur förändringarna kan slå ut. För att göra sådana beräkningar behöver man veta hur stora förändringar man minst vill kunna upptäcka och hur snabbt man behöver få informationen. Man behöver också veta kostnader för olika moment i övervakningen.

Flera tidsserier antyder säsongsvariationer som kan bero på avrinning eller skillnader i utsläpp till miljön. En grundligare undersökning av detta skulle kunna öka styrkan i övervakningen (om man kan hitta ett konsistent system i denna variation som kan modelleras). Även att poola prov (samlingsprov) kan eventuellt göra övervakningen mer kostnadseffektiv (Bignert *et al.*, 2014).

Övervakningens effektivitet

Om vi kräver en statistisk styrka på minst 80% (Bignert *et al.*, 2004), vilka trender kan vi upptäcka med det pågående övervakningsprogrammet? Hur länge måste vi övervaka för att upptäcka en årlig trend av 5% (att upptäcka mindre trender blir ju viktigare om koncentrationerna ökar, 5% motsvarar en fördubbling på 14 år, 10% en fördubbling på 7 år).

Övervakningen av tungmetaller på de olika lokalerna har pågått länge i Drevviken (2009 - 2022), Magelungen (2015-2022) och Flaten (2018-2023). I de flesta fall har det räckt gott och väl för att påvisa signifikanta trender (se tabell 2). Med det material som finns tillgängligt idag kan man med 80% säkerhet upptäcka trender på ca 10% per år (beroende på hur många år vi har).

Beträffande PAH-erna är tidsserierna något kortare 2020-2023, vilket gör förutsättningarna sämre för att hitta trender med god styrka (stor sannolikhet). Med det material som finns tillgängligt idag kan man med 80% säkerhet upptäcka trender på ca 60% per år. Med resultat för 10 år bör trender kunna upptäckas på ca 15% per år (med en statistisk styrka på 80%). För att med samma styrka kunna upptäcka förändringar på 5% per år behövs resultat för 20 år.

PFAS-ämnenas tidsserier varierar i längd, 4-10 år. Jämfört med PAH-erna är resultatunderlaget för PFAS betydligt bättre. För att upptäcka en 5% årlig förändring behöver vi övervaka i 10 år. Det är tom något bättre än för metallerna.

Tabell 25. Trender och möjligheten att upptäcka trender för olika ämnen (med 80% statistisk styrka). Trend(%) = mediantrender för de tre sjöarna. YRQ = antal år som krävs för att upptäcka den förändring som står inom parentes. LDT(d) = den minsta trend som kan upptäckas inom en 10-års period. LDT(c) den minsta trend som går att upptäcka med det material som fanns tillgängligt när rapporten gjordes. Allt med en statistisk styrka på 80%.

	Trend	YRQ	LDT	LDT
Metaller	(%)	(2%)⁶	(d)	(c)
Cd	-17.0	28	10	9
Cr	-3.5	22	7	7
Cu	-2.6	16	4	5
Ni	-0.6	14	3	3
Pb	-10.6	27	10	11
Zn	-9.1	28	10	12
Median	-6.3	24	8	8

	Trend	YRQ	LDT	LDT
PAH	(%)	(5%)	(d)	(c)
Antracen	-22	13	8	26
BAP	-42	20	16	62
Benso(b)fluoranten	-34	20	16	65
Benso(k)fluoranten	-44	18	13	51
Benso(ghi)perylene	-31	19	15	58
Fluoranten	-30	16	11	41
Indeno(1,2,3-cd)pyren	-37	20	16	63
Median	-34	19	15	58

	Trend	YRQ	LDT	LDT
PFAS	(%)	(5%)	(d)	(c)
PFOS	-6.2	6	2.5	2.7
PFOA	-2.5	6	2.3	2.2
PFHxS	-8.7	8	3.4	4
PFBS	-6	11	5.6	6.2
PFHpA	0.8	10	4.9	3.6
PFHxA	-0.5	10	5.3	6.1
PFNA	1.3	10	5	5.2
6:2 FTS	10.6	13	7.4	10.7
PFDA	0.27	12	7.1	8.4
PFBA	-12	11	6.3	20.7
PFPeA	6.9	13	7.7	26.1
Median	-0.5	10	5.3	6.1

⁶ Observera 2% per år istället för 5%

9. 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

Bignert A, Eriksson U, Nyberg E, Miller A, Danielsson S (2014) Consequences of using pooled versus individual samples for designing sampling strategies. *Chemosphere*, 94:177-182.

Bignert A (2024) Miljögiftsövervakning enligt vattenförvaltningsförordningen - utvärdering och behovsbeskrivning. *Rapport till Vattenmyndigheterna (in prep.)*

Bil W, Ehrlich V et al (2023) Internal relative potency factors based on immunotoxicity for the risk assessment of mixtures of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in human biomonitoring *Environment International*

Borg D och Håkansson H (2012). Environmental and health risk assessment of perfluoroalkylated and Polyfluoroalkylated Substances (PFASs) in Sweden. Naturvårdsverket Rapport 6513. ISBN 978-91-620-6513-3.

Glynn A och Lignell S (2015) 6:2 FTS och andra PFAS som inte ingår i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns, men som uppmätts i rå-och dricksvatten. *Livsmedelsverket*.

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

Nicholson M. D., and Fryer, R. 1991. The power of the ICES Cooperative Monitoring Programme to detect linear trends and incidents. *Report of the Working Group on Statistical Aspects of Trend Monitoring. ICES CM 1991/Poll:2.*

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

Zar JH (1999) Biostatistical analysis. 4th ed. *Prentice-Hall*. 663 p.