

Kap 4 Näringsämnen i Värmullen

Sammanfattning

De huvudsakliga källorna till urban tillförsel av näring till Värmullen är avloppsvatten, dagvatten, rester från fiskodling samt avrinning från körskador i skogsmark. Hagfors reningsverk stod färdigt först 1970 – innan dess rann orenat avloppsvatten ut i Värmullen. 100 år av påverkan på Värmullen från staden och järnverket har så klart satt sina spår. Eftersom ekosystemet i en sjö är beroende av en balanserad tillförsel av både kväve och fosfor får drastiska förändringar konsekvenser för livet i sjön. Detta hände under första halvan av 1900-talet då staden och järnverket släppte ut stora mängder orenat vatten i Värmullen – dessa ”gamla synder” kan än i dag påverka vattenkvaliteten. Därför är det viktigt att kontrollera näringsämnena fosfor och kväve. I 2019 års bedömning får vattenkvaliteten i sjön betyget ”God status” av vattenmyndigheten, men sett över ett år uppstår perioder då halter av näringsämnen avviker från vad som kan betraktas som bra. Vattenflödet genom Värmullen är naturligt mycket stor- Uvån rinner genom sjön. Sedan regleringen av Uvån – som i full skala har skett sedan 1940-talet - har Värmullen en väldigt varierande vattengenomströmning. Detta påverkar sjön i hög grad.

Vi ställde oss frågan – tål sjön dagens belastning av näringsämnen? Sker påverkan från ”gamla synder” om de finns kvar i sjöns bottensediment? Hur påverkar längre perioderna av liten genomströmning förhållandena i sjön?

Syretillgången i en sjö är avgörande för biologin, både för fisk och andra djur och för nedbrytning av organiskt material. Syrebristen har under projektperioden varit omfattande under främst juli-aug på nivåer under 5 meters djup. Syrebrist uppstår efter längre perioder av ett litet vattenflöde genom sjön. Då blir det höga ammonium-kvävehalter i djuphålorna – och vid minst ett tillfälle har halten av ammoniak överskridit gränsvärden för fisk, vilket var oväntat. Fosfor bundet i bottensediment kan frigöras. Det syns i det faktum att halterna av fosfor i bottenvattnet ofta är högre än det i ytvattnet under dessa perioder. Även halten mobilt fosfor i sedimentet visar att viss interngödning sker. Om detta extra tillskott av fosfor kommer upp i sjöns yta vid höstcirkulationen påverkas algproduktionen och därmed sjöns biologi. Syrebristen medför att den säsongsvisa förändringen mellan näringsämnenas fördelning i sjön är förändrad jämfört med om vattenomsättningen vore mer normal. Det finns en del indikationer på att sjön går åt ”fel håll”.

Det här kapitlet behandlar fosfor, kväve samt syretärande ämnen (totalt organiskt kol) i Värmullen och sätter det i relation till syretillgång och vattenflödet genom sjön. Här sammanställs tidstrender, säsongsbundna förändringar samt förändringar av näringsämnen kopplade till vattenflödet och syresättningen. Vi har valt att ha kommentarer och bedömningar löpande invävda i texten, med en sammanfattning av våra slutsatser i början av detta kapitel.

Värmullen är idag en sjö med godkända värden på näringsämnen fosfor och kväve. Det är ett bra förhållande mellan dessa ämnen i Värmullens ytvatten. Lågt vattenflöde genom sjön på sommaren orsakar syrebrist i c:a hälften av sjöns volym – under 5 m. Detta har medfört att det finns höga halter av ammonium-kväve i bottenskiten. Under dessa perioder uppstår en liten interngödning av fosfor från upplagring i sediment. Den säsongsvisa förändringen av näringsämnen visar på en störning mot en opåverkad sjö. Detta är orsakad av syrebristen under sommaren. Det syns i sjöns fiskestatus och i bottenfaunan.

Om genomströmningen i sjön kunde öka under sommaren skulle mycket förändras till det bättre.



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Syretillståndet i Värmullen	6
Under större delen av sommarperioderna 2017-2019 var syresättningen väldigt dålig mellan 4-5 meters djup (måttlig till otillfredställande status). På 5-8 m djup bedöms syretillståndet som otillfredställande till dålig status och under 10 m har vattnet ofta varit syrefritt. Då medeldjupet i sjön är 5 m så kan man anta att 50 % av vattenmassan har dålig tillgång på syre under juni-juli-aug.	7
Våra data visar att man måste utvärdera syrehalten genom att koppla analystillfället till vattengenomströmningen i Värmullen.	12
Syresättningen av Värmullen har stora brister. Det finns en del indikationer på att även kortare perioder med en kraftig tappning genom kraftverken kan ge en positiv effekt. Detta behövs utredas närmare.	13
Fosfor	14
Fosforhaltens medelvärde under 2017-2019 i augusti i Värmullens yta var Tot-P 16 ug/l (9 analyser). Under maj-okt var medelvärdet i ytvatten Tot-P 15 ug/l. (17 analyser) Båda sätten att bedöma ger resultatet "måttligt höga fosforhalter".	15
Halter av fosfor visar en svagt stigande trend mätt i Värmullens yta och i Uvån nedströms Värmullen. Denna trend syns inte uppströms Värmullen.	15
Det finns ett visst samband mellan ett högt flöde och en lägre fosforhalt (utspädningseffekt), men det är inte särskilt stark.	18
Sedimentanalysen av mobilt fosfor visar att sannolikt förekommer en viss interngödning av fosfor periodvis, främst styrkt av de parvisa mätningarna som att ytvattnet har en lägre fosforhalt än djupvattnet. Även färgtalet styrker detta då det generellt sett är högre i bottenvattnet med ett visst, om än svagt samband med fosforhalten. Undersökningen av mobil fosfor i sediment i Värmullen styrker detta. Denna interngödning kan ha betydelse för produktionen i sjön. Det framkom inga indikationer på djupare fosforbanker, men för att veta det bör man analysera sediment i en profil från grundare botten till djupare, t.ex. i södra delen av Värmullen där mest orenat avlopp har gått ut.	23
Kväve	24
I samband med syrebrist har vi uppmätt mycket höga halter, upp till 2000 ug/l av ammonium-kväve i bottenvattnet. Det gäller i de djupare delarna av Värmullen under perioder då det är liten eller ingen genomströmning i sjön.	24
Maximalt beräknad halt av ammoniak-kväve var 7,9 ug/l den 22 aug 2017 i bottenvattnet den djupaste hålan i Värmullen, vilket översteg gränsvärdet som är 6,8 ug/l (max enskilt värde). Gränsen för ett godkänt årsmedelvärde 1 ug/l överstegs dock inte	26
Halter av kväve visar en svagt nedåtgående trend uppströms och nedströms Värmullen. Halterna nedströms är i regel högre än de uppströms.	27
Det finns ett svagt samband mellan låg genomströmning och förhöjda kvävehalter i Uvån nedströms Värmullen, detta (svaga) samband syns ej uppströms. Augustianalyserna av kvävehalten visar inget samband alls med flödet varken uppströms eller nedströms Värmullen.	27
Kvävehalten i Uvån nedströms Värmullen blir succesivt högre och högre under sommaren och hösten mot "borde-värden". Halten i slutet av säsongen är då dubbelt så hög som kvävehalten i Uvån uppströms sjön.	29
Under perioder med låga flöden utgör över hälften av kvävet i bottenvattnet av ammonium-kväve	30
Det är mycket viktigt att man vid bedömning av ammonium-kväve tar hänsyn till vattenflödet genom sjön. Sambandet mellan ett lågt flöde genom Värmullen – vilket medför syrebrist -och ammoniumkvävehalten är mycket tydlig. Det vore väldigt intressant att se hur snabbt syresättning sker i bottenvattnet även efter en kortare period av högre flöde genom sjön sommartid.	33

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

De tidvis höga ammoniumhalter som finns i sjöns bottenvatten kan antingen bero på att det organiska kvävet som lagras under säsongen bryts ner ofullständigt då syretillgången är dålig. Nedbrytningen avstannar vid ammoniumfraktionen och går ej vidare till nitrit/nitrat. Eller så är det de gamla synderna som visar sig: Under syrefattiga förhållanden reduceras ammonium ut från det organiska material som finns lagrat på botten i sjön. En viss bekräftelse på det senare är att ammoniumhalterna är högre i södra delen av Värmullen där de stora utsläppen av orenat avloppsvatten lagrades under minst 50 år (1930-1970) Detta går inte att avgöra genom sedimentanalyser på samma sätt som för fosfor.	33
Kväve/Fosforkvot	34
Under perioden mellan 2004 och 2019 har kväve/fosforkvoten varierat mellan 22 upp till 45 och risken för algbloomning är liten. Vid några få tillfällen under projektperioden 2017-2019 har kvoten legat under 15, då risk för algbloomning kan sägas föreligga	34
Kol bundet i organiskt material.....	35
Färgtalet i Värmullen har ökat med en faktor av 1,4 sedan 1990. Sambandet mellan färgtal och totalt organiskt kol (TOC) är starkare än mellan färgtal och järn. Ökningen av färgtalet beror på ökning av TOC...36	36
Den brunifiering som skett verkar ha avstannat. Kopplingen mellan färgtal och organiskt material mätt som TOC är tydlig. Tillförseln TOC till Värmullen är högst under kvartal 1. Det verkar vara en koppling till höga flöden som sannolikt för med sig mycket humus från skogsmarken uppströms. Denna ökning TOC påverkar syrebehovet i Värmullen.	38
Sammanfattning näringsämnen.....	39
Alla medelvärden ligger inom intervallen naturligt för en tämligen näringsfattig sjö på gränsen till näringsrik. Medelhalten av fosfor under projektperioden var 15 ug/l. (Referensvärdet är 9 ug/l för tot-P). Inflödet av kväve till Värmullen från Uvån varierar inte mycket. I Värmullen sker tillskott av kväve från bl.a. Lappkärrs reningsverk. Ett visst överskott av denna näring flödar vidare ut i Rådasjön, vilket syns främst i haltökningen nedströms Värmullen av kväve.....	39
Vår genomgång av data visar att det är väldigt viktigt att ha med vattenflödet som en förklaring i bedömningen av de analyser som görs genom recipienkontrollen i Värmullen. Gör man inte det, kan man missa väldigt väsentlig information.	40
Bedömningsgrunder	41
Enligt de bedömningsgrunder som hittills tillämpats på näringsstatus får Värmullen godkänt: Bedömningen blir god, på gränsen till hög. Då har metoden med 3-års medelvärden för fosforhalt på augustivärden använts vid bedömningen. Vid den typen av bedömning fångas inte de variationer som följer av vattenflödet in. Det vore bättre med en expertbedömning utifrån täta mätningar i sjön och med hänsyn taget till att sjön är kraftigt regleringspåverkad.	42
Karakterisering, sammanfattning	43
Näringsämnenas halter och kvävet fraktioner under en årscykel i Värmullen avviker från en liknade ej regleringspåverkad sjö främst när det gäller ammonium-kvävet som stiger både i ytvatten och bottenvatten under slutet av sommaren. Detta kan härledas till de långa perioder under sommaren då flödet genom sjön är litet och syrehalten då blir låg.	44



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Metodbeskrivning

Arbetet har till största delen bestått i att sammanställa data från recipienkontrollen, från kontrollerna av reningsverket Lappkärrs utsläpp i Värmullen och reningsverket i Gustavsfors uppströms utsläpp i Uvån, kontrolldata från reningsdammen vid Uddeholm samt data från kontroll av utsläpp från Holkesmossens deponi i Gör sjöbacken. Även dagvattnet från staden och järnverket innehåller näringsämnen och en simulering av detta har gjorts.

Under projekttiden har även utökade analyser skett i Värmullen. En sedimentanalys av mobilt fosfor gjordes hösten 2019. Analyserna kopplas till Fortums data över flödet genom sjön. Där inga analyser finns att tillgå har nationella data använts – t.ex. för näringsläckage från skog och mark och luftnedfallet. Tidsperioden 2004-2019 har använts om det varit möjligt. Vissa data finns från 1995 och har då använts för att finna trender.

Recipienkontrollen för Klarälven sammanställs i årliga rapporter av konsult. En femårsrapport görs för att visa trender (senast 2010-2014). Dessa har varit värdefulla källor och våra resultat har jämförts med dessa. Miljörapporter från Uddeholms AB, Hagfors kommun och Gustava Lax har använts som källor.

Dataunderlag

Recipienkontrollen

- I Uvån före och efter Värmullen analyseras vattnet varannan månad – i feb, april, juni, aug, okt samt dec. Data finns från 1994 (SLU, institutionen för vatten och miljö).
- I djuphålan i norra delen av Värmullen: En profil görs två gånger om året - i mars under is samt i augusti – där syre och temp kontrollera i en profil. Samtidigt tas analyser av ytvatten och djupvatten 11 m ner i djuphålan. (SLU).
- Sedimentanalyser i Värmullen görs vart tionde år, men tyvärr gjordes inte en analys av kväve och fosfor i sedimenten vid senaste bedömningen 2014 för fosfor och kväve i Värmullen (SLU).

Miljökontroller, utsläpp

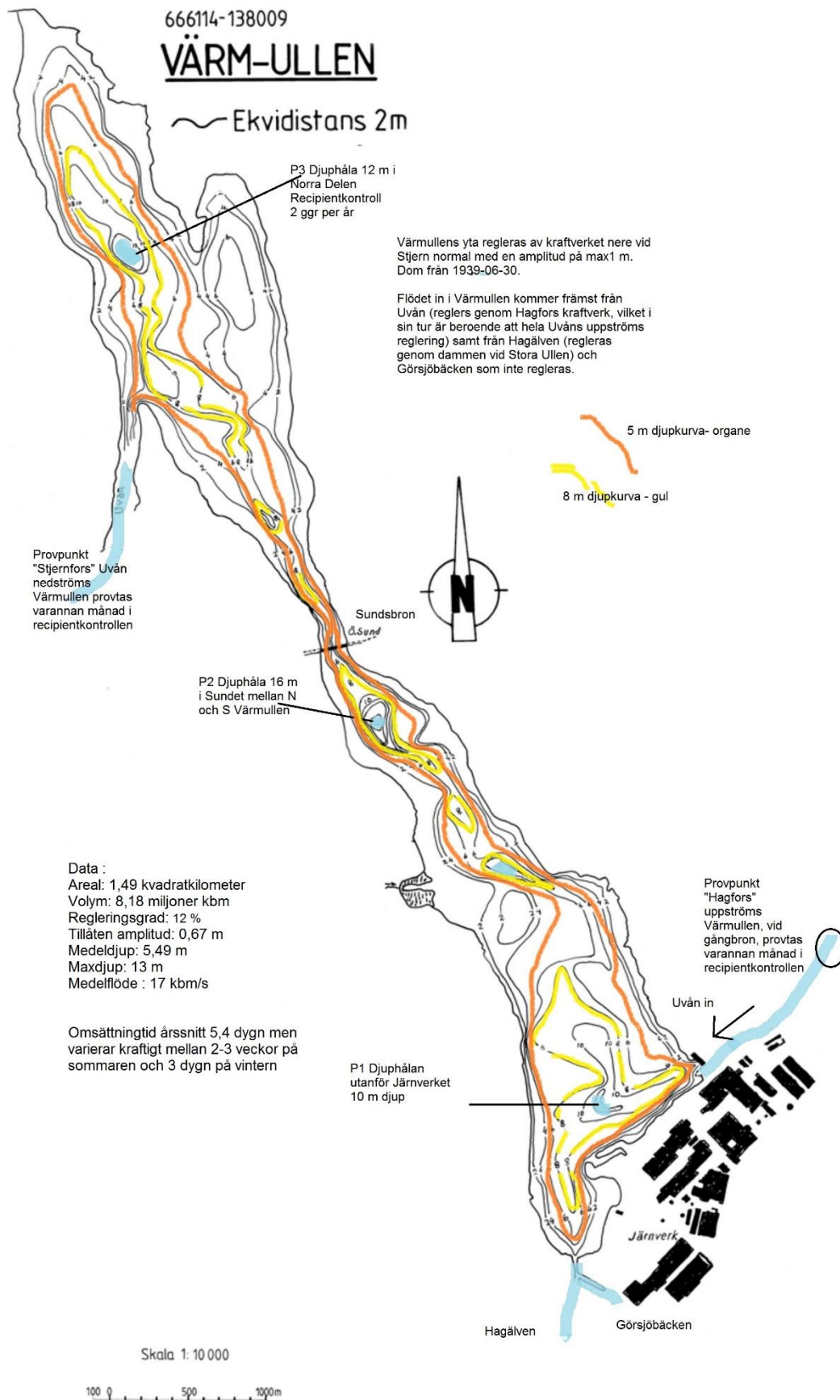
- Lappkärrs utgående vatten provtas 24 gr per år, dygnsprov (Hagfors kommun).
- Gustavsfors utgående vatten provtas 8 ggr per år (Hagfors kommun).
- Holkesmossen Gör sjöbacken nedströms deponin provtas 4 ggr per år (Hagfors kommun).
- Järnverkets reningsbassäng provtas varje vecka med veckoprov (Uddeholms AB).
- SGU gör täta analyser i Gör sjöbacken och i grundvattenrör i det kontrollprogram som finns upprättat för undersökning av utsläpp av perkloretylen.

Flödesdata

- Data över vattenflödet genom Värmullen har erhållits från Fortums dygnsmätningar vid Hagfors och Stjerna kraftverk i Uvån vid inloppet och någon km nedanför utloppet. (Fortum)
- Uppmätta dygnsflöden av utsläpp från reningsverk (Lappkärr och Gustavsfors, Hagfors kommun) och från Uddeholms reningsdamm (Uddeholms AB) har använts.
- Dagvattenmängder har beräknats från inventering av olika typer av ytor (har varit möjligt genom detta projekt, Hagfors kommun).
- Nederbörd fås från Gustavsfors väderstation (SMHI). SMHIs flöden i delavrinningsområdenas utloppspunkter har använts för beräkning av tillskott från Gör sjöbacken, Hagälven samt Uvån. (modelldata från 2004 har kompletterats med dygnsdata från 1980, källa SMHI).



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Syretillståndet i Värmullen

Syrehalten i vatten anges som mängden syre som är löst i vattnet i enheten mg/l. Vattnets förmåga att lösa syre är högst på vintern då vattnet är kallt. Syre tillförs vattnet i Värmullen främst från Uvåns strömmande vatten och genom vindpåverkan. Då Värmullen har en kort omsättningstid – kring 5-6 dagar på årsbasis – så är genomströmningen viktig för syresättningen. På sommaren med låg genomströmning (regleringens huvudsyfte i Uvåsystemet på sommaren är att spara vatten i magasinen uppströms) är växternas fotosyntes och vindpåverkan viktigaste syretillförseln.

Syre behövs vid nedbrytning av organiskt material och då ammoniumkväve (från bl.a. Lappkärrs reningsverk) oxideras till nitrit/nitrat. Givetvis behöver fiskar och andra djur syre för att leva. Lägre halter än 4- 5 mg/l kan ge skador på syrekrävande vattenorganismer. Fiskar och djurplankton undviker det djupare vattnet, men bottenlevande djur skadas svårt. Vid utökade kontroller av bottenfaunan under projekttiden visade det sig att bottenfaunan i Värmullen, djupare än 5-6 m är kraftigt skadad. Se kap 9.

Är vattnets status måttlig eller sämre med avseende på statusklassificering av syrgaskoncentration ska omfattningen av de observerade syrgasförhållandena undersökas och dokumenteras. Detta ska ske såväl om det endast är vid enstaka tillfällen som låga syrgasförhållanden uppträder eller om det är regelbundet förekommande problem vid t.ex. sommarstagnationen under sensommaren eller under senvintern när sjön har varit istäckt under en längre tid. Det ska även fastställas om problemen uppträder endast i en mindre del av vattnet, t.ex. i en begränsad djuphåla eller om problemen är mer omfattande över större arealer. (HVMFS 2018:17)

Under sommaren når inte syret ner under språngskiktet som ligger på 4-6 m djup i augusti. Det djupare vattnet bli allt mer syrefattigt alltefter som att syret förbrukas vid nedbrytning av organiskt material. I de djupaste partierna märks syrebristen först. Våra undersökningar visar att det sannolikt är en stor del av sjön som har syrebrist med påverkade eller döda bottnar.

Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (HVMFS 2018:17) kan tillståndet med avseende på syrehalt indelas enligt tabell. Det är årslägsta värde i sjöns djupare delar som styr bedömningen. Värmullen får bedömningen DÅLIG STATUS.

Status	Syrgaskoncentration	Tidigare bedömning
Hög	>7 mg/l	Syrerikt
God	5-7 mg/l	Måttligt syrerikt
Måttlig	4-5 mg/l	Svagt syretillstånd
Otillfredställande	2-4 mg/l	Syrefattigt tillstånd
Dålig	<= 1 mg/l	Syrefritt/nästan syrefritt

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Under projekttiden har syrehalten mätts i tre provpunkter regelbundet från sommaren 2017 fram till oktober 2019.

Under större delen av sommarperioderna 2017-2019 var syresättningen väldigt dålig mellan 4-5 meters djup (måttlig till otillfredställande status). På 5-8 m djup bedöms syretillståndet som otillfredställande till dålig status och under 10 m har vattnet ofta varit syrefritt. Då medeldjupet i sjön är 5 m så kan man anta att 50 % av vattenmassan har dålig tillgång på syre under juni-juli-aug.

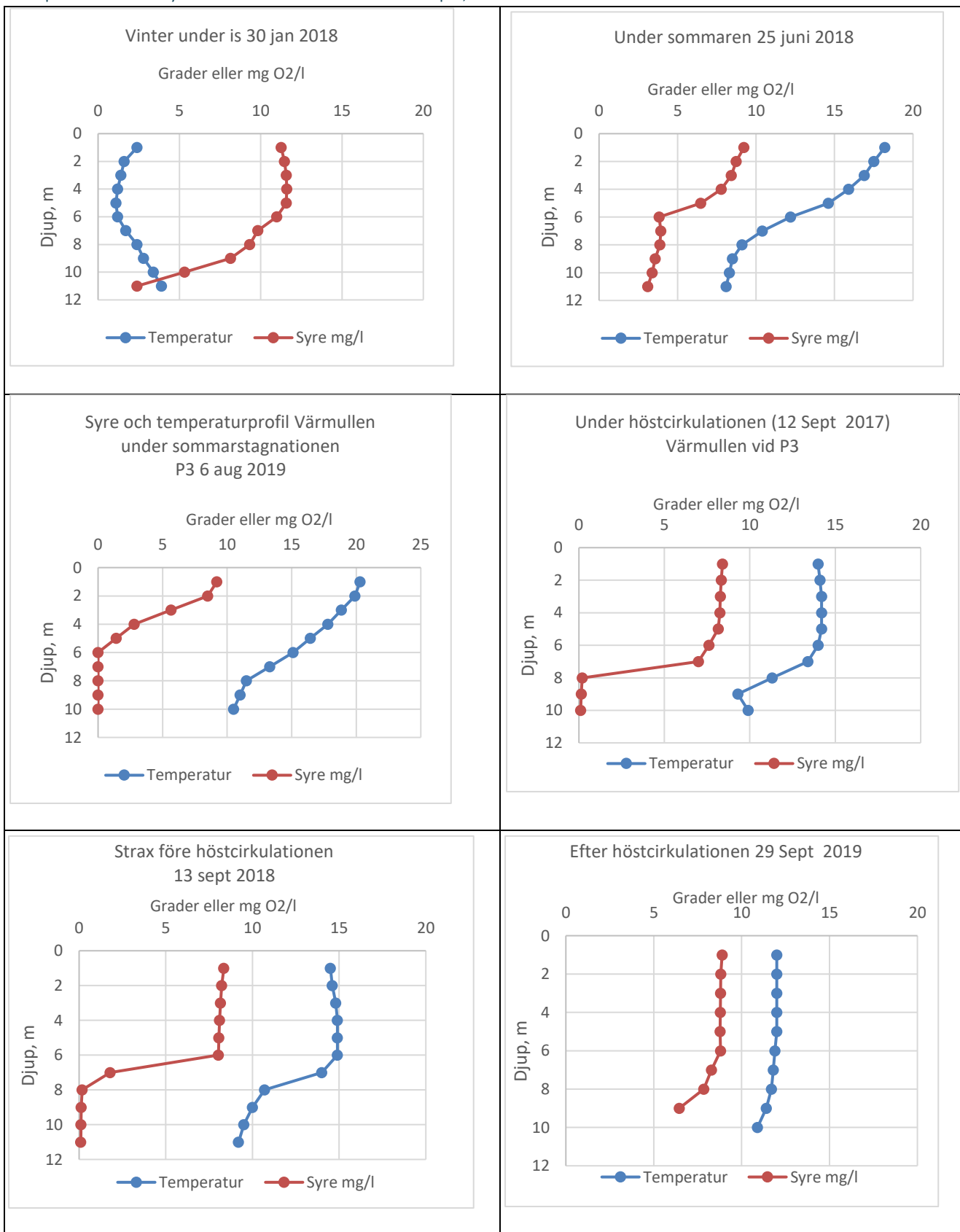
Tabell omsättningstiden i Värmullen, medelvärden från 2004-2019

Månad	Medelflöde kbm/s vid Stjern under perioden 2014-2019	Omsättningstid dygn
1	27,66	3,4
2	25,85	3,7
3	23,15	4,1
4	13,28	7,1
5	6,57	14,4
6	5,04	18,8
7	8,70	10,9
8	11,60	8,2
9	15,60	6,1
10	17,91	5,3
11	26,80	3,5
12	28,54	3,3
juli 2017-2019	0,64	144,7 (teoretisk)
Årssnitt	17,43	5,4

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

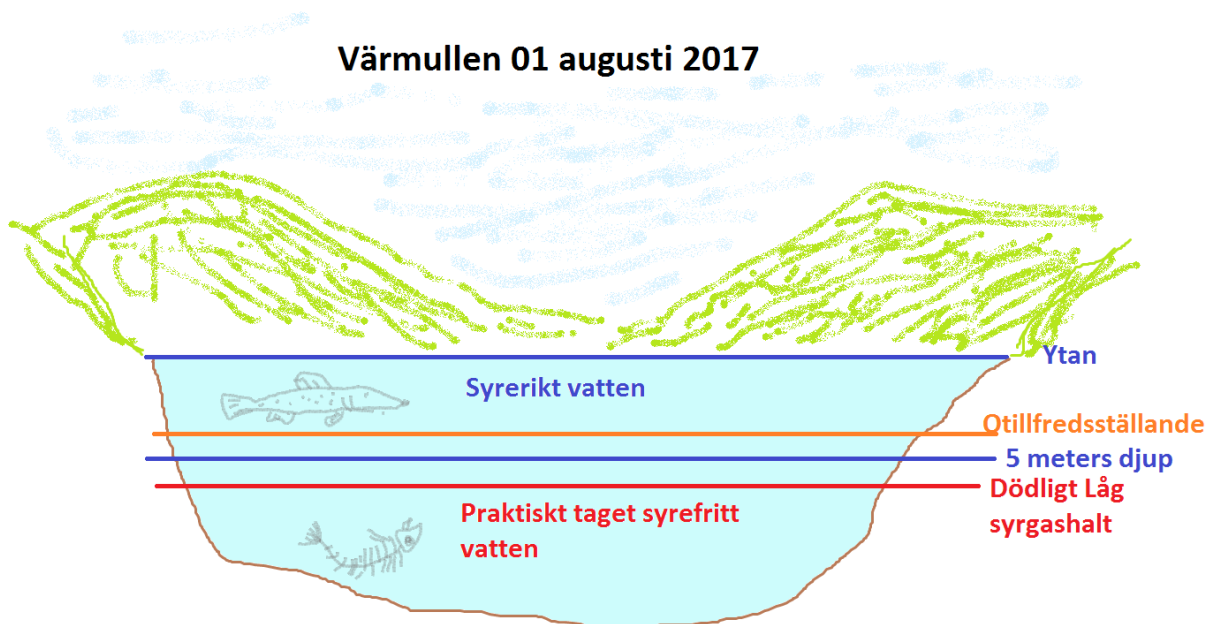
Säsongsvariation syresättning

Temperatur och syreförhållanden under året i p3, Norra Värmullen



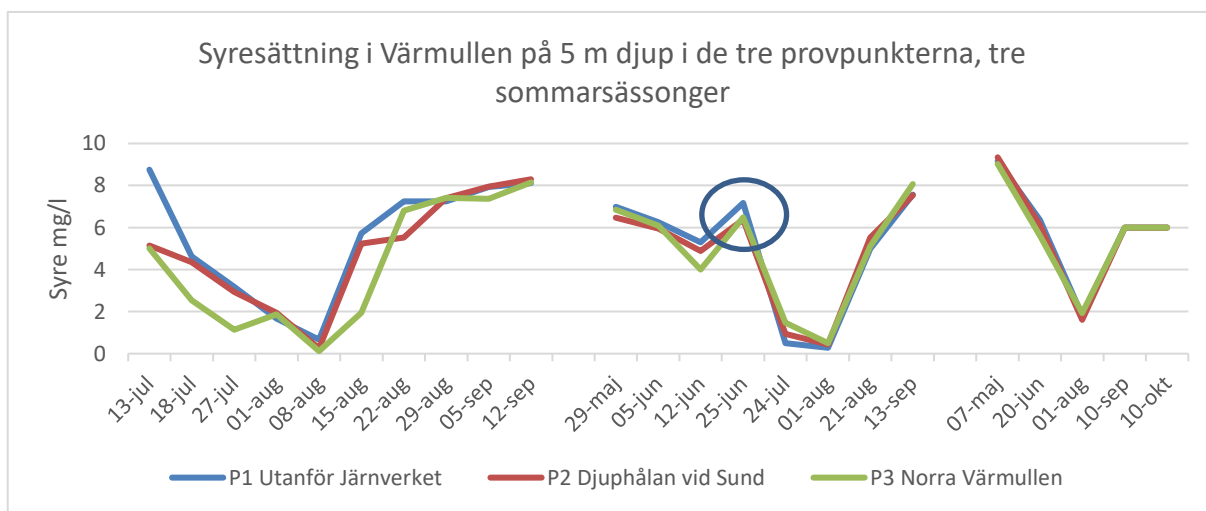
Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

En profil över Värmullen vid Sund



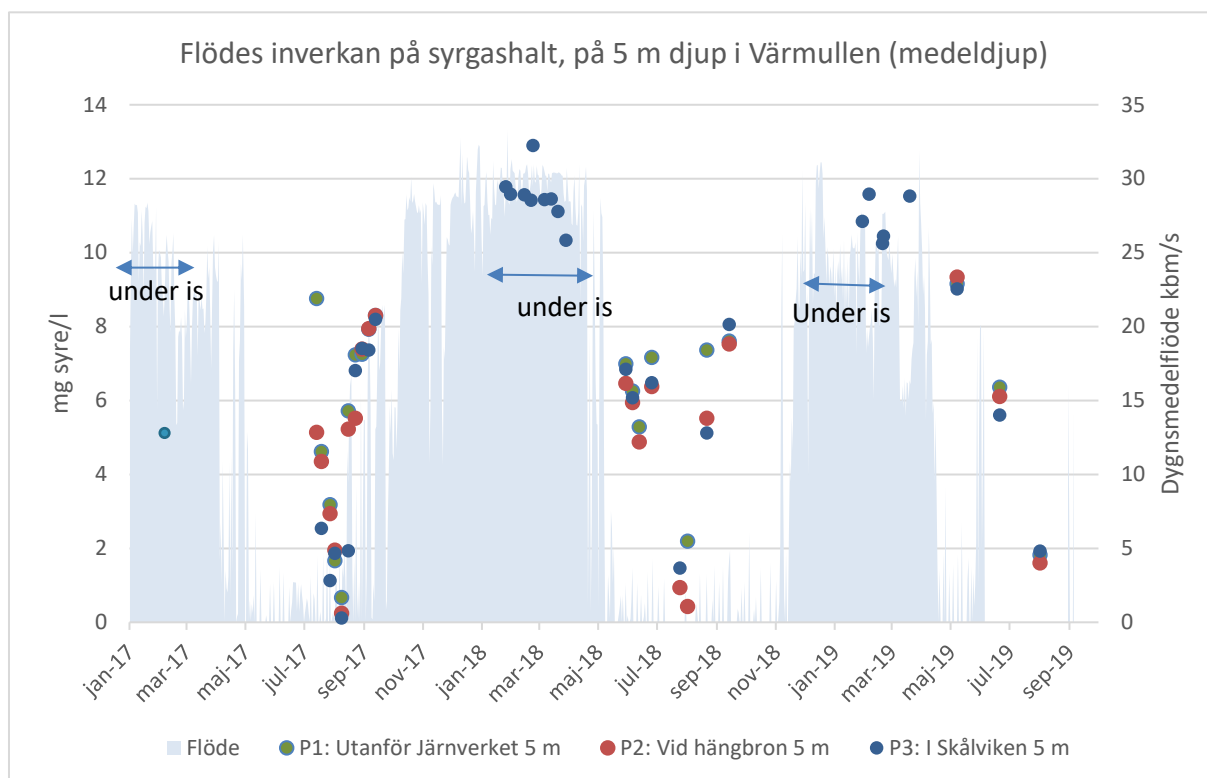
Säsongsvariation syresättning på olika djup

Syresättningen på 5 m djup

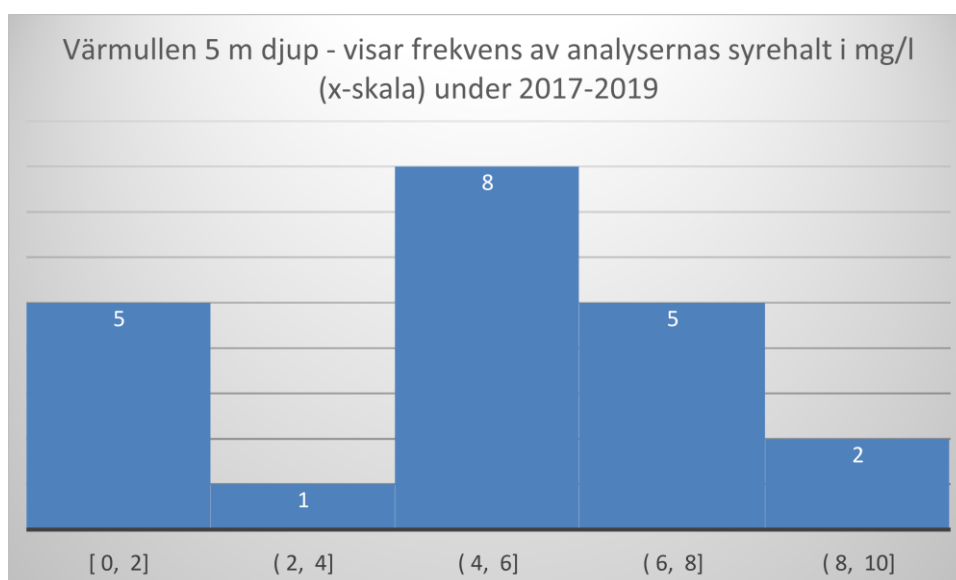


På 5 meters djup – medeldjupet i Värmullen – är de säsongsvisa syrenivåerna lika i hela sjön. I mitten av juni 2018 ökar syrehalten (ring i diagrammet). Sannolikt beror det på en kortare, men kraftig genomströmning i Värmullen som skedde kring den 15 juni 2018.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4



Vid 5 m djup är syrehalten över 4 mg/l vid perioder med flöde överstigande ett dygnsmedelflöde över 10 m/s.

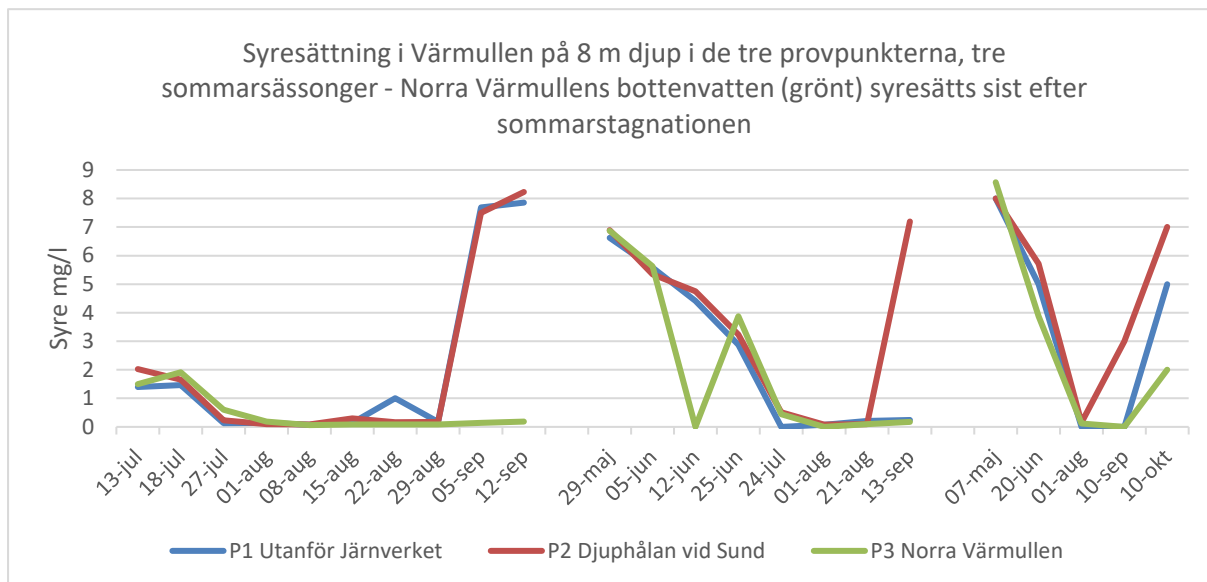


Histogrammet tolkas så här: Vid 5 av 21 analyser under projektperioden har syrgashalten legat under 2 mg/l i Värmullen på 5 m djup. Vid sex analyser har tillståndet bedömts som otillfredställande eller sämre (under 4 mg syre/l).

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

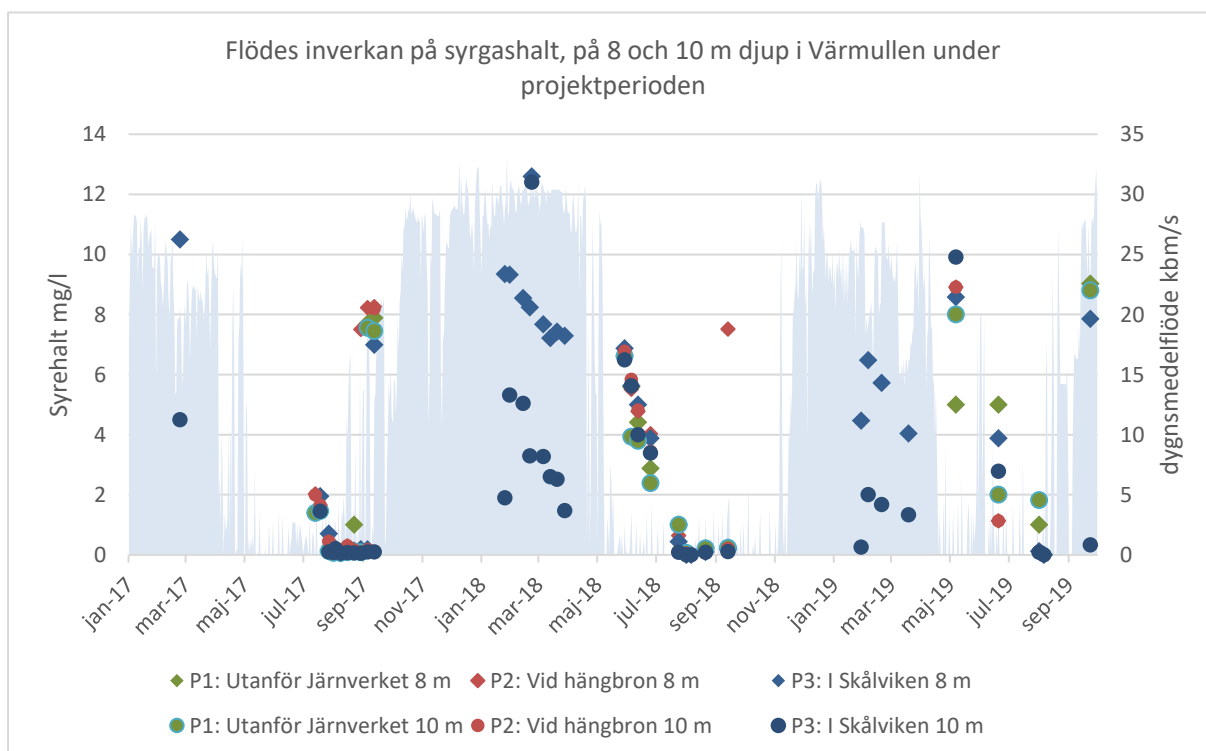
Syresättningen på 8 m djup

På 8 m djup syns en viss tidsfördröjning vid Norra Värmullen som verkar syresättas sist efter sommarstagnationen. Syrehalten sjunker under önskvärda 4 mg/l i början av juni. I mitten av juli är syrehalten nästan noll, för att återigen nå bra värden (över 7 mg/l) i slutet av augusti.



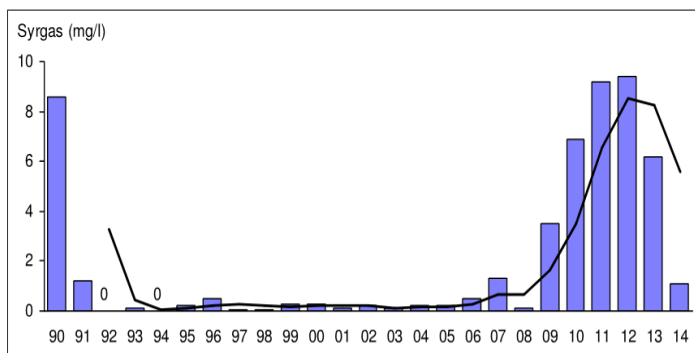
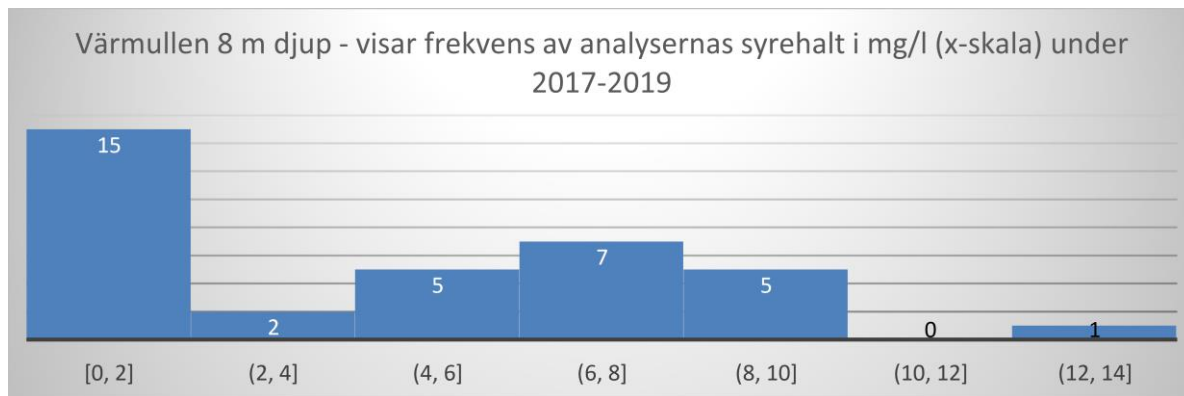
I djupare vatten – på 8 m djup – kvarstår de låga syrehalterna något längre in på hösten. Toppen med bättre syreförhållanden (25 juni 2018) i P3, beror på ett ökat vattenflöde under en kortare period

I djupet under 10 m är vanligaste tillståndet syrebrist (under 4 mg syre/liter) nästan hela året (runda prickar), men vid 8 meters djup märks syrebristen endast efter en längre period av låg genomströmning (prickar formade som romber).



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

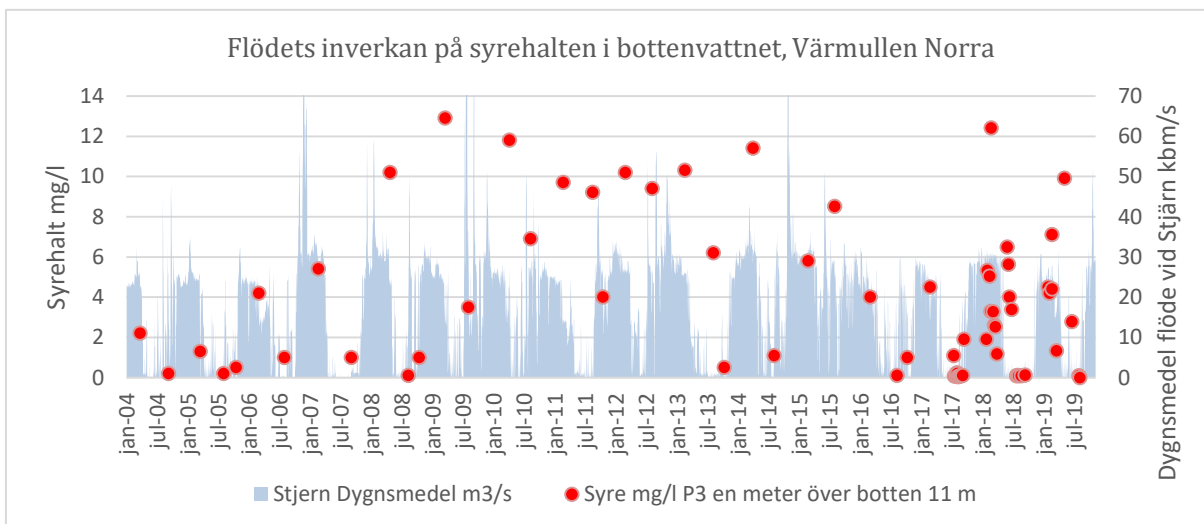
På 8 m djup har syrgashalten understigit 4 mg syre/l vid 17 av 35 mättillfällen. Bedömningen blir då otillfredställande eller sämre status vid 49 % av mättillfällena under året.



Årsläggsta värde i bottenvatten.

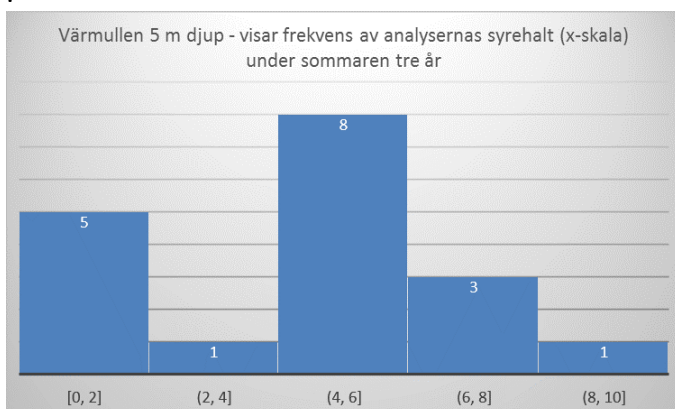
Vidstående bild "Årsläggsta syrevärde i bottenvatten Värmullen" från recipienkontrollen Klarälven 2010-2014 (Alcontrol, numera SYNLAB) ger felaktigt uppfattningen att syrgashalten betraktad som årsläggsta har förbättrats, vilket endast beror på att man under perioden 2009-2013 gjorde alla analyser då det var högre genomströmning.

I diagrammet nedan kopplas flödet till uppmätt syrgashalt



Våra data visar att man måste utvärdera syrehalten genom att koppla analystillfället till vattengenomströmningen i Värmullen.

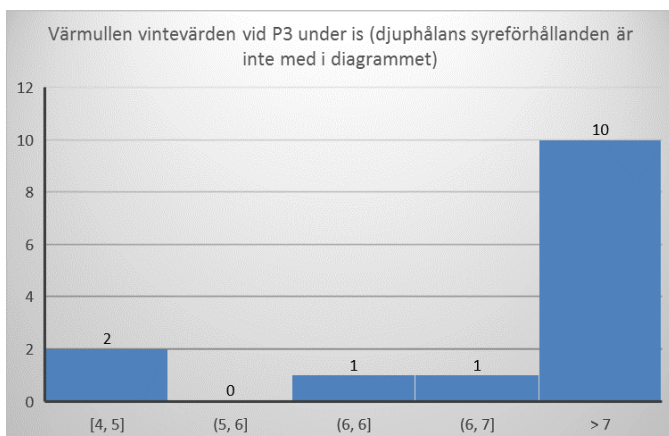
Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4



Vid 5 meters djup och sommar bör syrgashalten ligga över 5 mg/l. 6 av analyserna gör inte det och bedömningen blir då svagt eller syrefattigt tillstånd.



Vid 8 meters djup har syrehalten varit dålig vid 13 av 19 tillfällen. Detta syns tyvärr i den bottenfauna-analys vi gjort. Bottnarna är mer eller mindre syrefria och djuren skadade från 6 m djup.



Under vintern är syresättningen bra. Vid två tillfällen har syrehalten understigit 4 mg/l (vilket det har gjort några gånger i djuphålan) I histogrammet har syrehalten i djuphålan inte tagits med, då det kan vara lurigt att ta syrehalten nära botten.

Syresättningen av Värmullen har stora brister. Det finns en del indikationer på att även kortare perioder med en kraftig tappning genom kraftverken kan ge en positiv effekt. Detta behövs utredas närmare.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Fosfor

Fosfor är normalt det ämne som begränsar primärproduktionen av alger i insjöar. Därför beskriver totalfosforhalten på ett bra sätt sjöns näringsnivå. Fosfor tillförs ekosystemet genom mänsklig aktivitet – t.ex. avlopp, dagvatten och fiskodling - och genom naturliga nedbrytningsprocesser i skog och mark.

Tillförsel av fosfor till vatten ger en ökad produktion av alger och annan vegetation, vilket kan påverka vattnets biologiska mångfald. En måttlig ökning av fosfor i ett ursprungligen näringsfattigt vatten – som Värmullen - medför att artantalet och biomassan ökar i början av processen. Nya arter kan tillkomma, medan de ursprungliga ännu finns kvar. Detta var förmodligen läget vid slutet av 1800-talet i Värmullen. Vid nedbrytning av döda växter och djur kan en stor del av vattnets syreinhåll förbrukas. Om all syrgas i bottenvattnet förbrukas kan det i stället bildas svavelväte som är giftigt för allt högre liv. Detta verkar INTE vara fallet för Värmullen trots näringstillförsel av orenat avloppsvatten – som var som högst mellan 1940 fram till 1970. Den högra genomströmningen av friskt syrerikt vatten från Uvån har sannolikt positivt påverkat sjön.

Betydande mängder fosfor kan lagras i sjöarnas bottenbottenssediment genom att bindas till järn. Vid syrefria förhållanden släpper järnet fosfor som går ut i vattnet. Läckage av fosfor från sedimenten kommer upp till den produktiva delen av sjöns yta vid höst och vårcirkulationen och bidrar till en ökad produktion av alger i sjön. Genom analys av fosfors mobilitet i bottenvattnet får man en bild av hur omfattande fosforläckaget är i Värmullen.

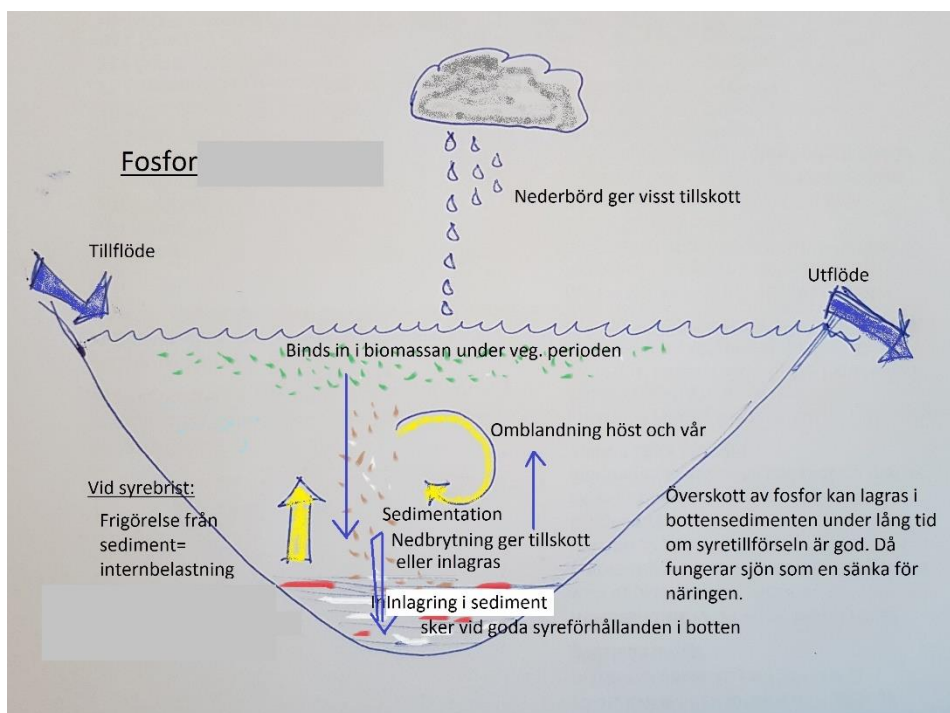


Bild: Fosfors kretslopp

Utsläppen av fosfor har förändrats

En analys av tillgängliga historiska utsläppsdata från Sverige som helhet tyder på att 2000 utsläppsnivå för fosfor till vatten ligger i nivå med eller under 1940-talets. Jämfört med 1970 års nivå ligger dagens nationella utsläpp på en fjärdedel. Detta beror huvudsakligen på utbyggnaden av fosforfällningen som i de kommunala reningsverken. Tidsfördröjningen mellan åtgärd och effekt kan dock vara avsevärd på grund av det "fosforminne" som ligger inbäddat i mark och sediment; för övergödda sjöar flera decennier eller ännu längre.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Bedömning

Totalfosfor (Tot.-P) anger den totala halten fosfor som finns i vattnet. Fosfor finns i vatten antingen organiskt bundet eller som biotillgängligt fosfat (PO₄ -P). Enligt Naturvårdsverkets tidigare bedömningsgrunder från 1999 (Rapport 4913) kan tillståndet med avseende på totalfosforhalt (maj–oktober) i sjöar bedömas enligt vidstående skala. Bedömningen kan antingen göras under en säsong alternativt tre-års medelvärden i augusti.

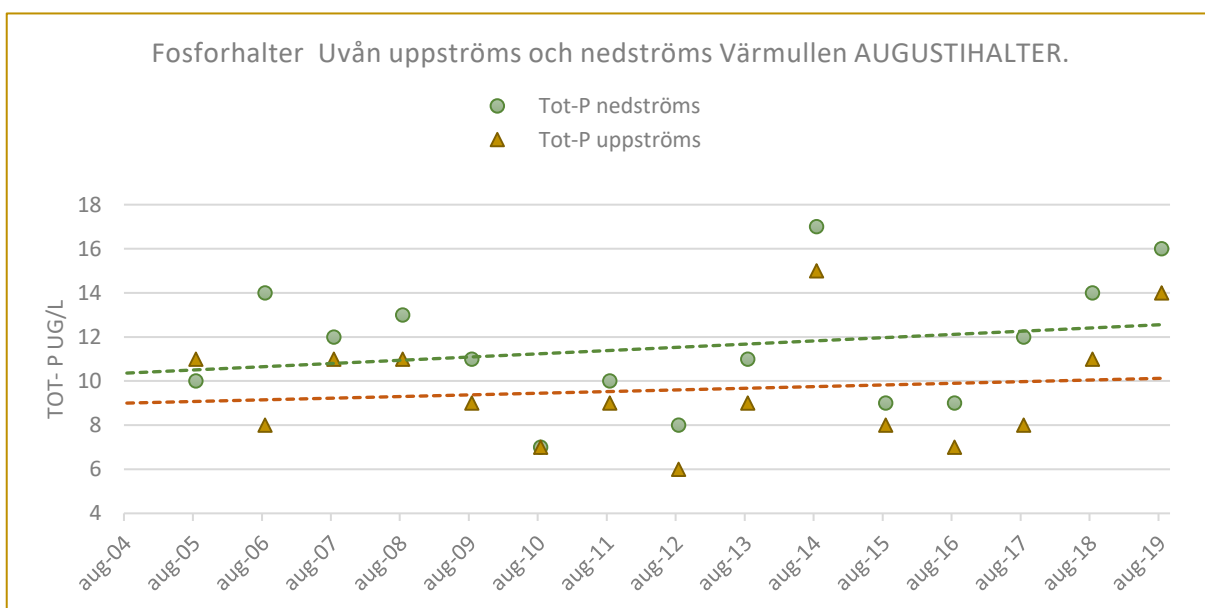
≤ 12,5	Låga halter
12,5 – 25	Måttligt höga halter
25 – 50	Höga halter
50 – 100	Mycket höga halter
> 100	Extremt höga halter

Fosforhaltens medelvärde under 2017-2019 i augusti i Värmullens yta var Tot-P 16 ug/l (9 analyser). Under maj-okt var medelvärdet i ytvatten Tot-P 15 ug/l (17 analyser). Båda sätten att bedöma ger resultatet "måttligt höga fosforhalter".

Genom att jämföra fosforhalten med ett referensvärde erhålls ett värde på hur fosforhalten BORDE vara. För att få ett referensvärde (bakgrundsvärdet) på fosforhalten i Sveriges insjöar analyseras ett stort urval av sjöar där belastningen från punktkällor är låg. Dessa kallas trendsjöar och utifrån dem erhålls en formel där höjd över havet, färg och medeldjup räknas om till ett referensvärde. För Värmullen har vi beräknat fram ett referensvärde för fosfor på 9,86 ug/l, vilket är samma som myndighetens angivna referensvärde.

Tidserier fosfor

Påverkar Värmullen nedströms liggande vatten?



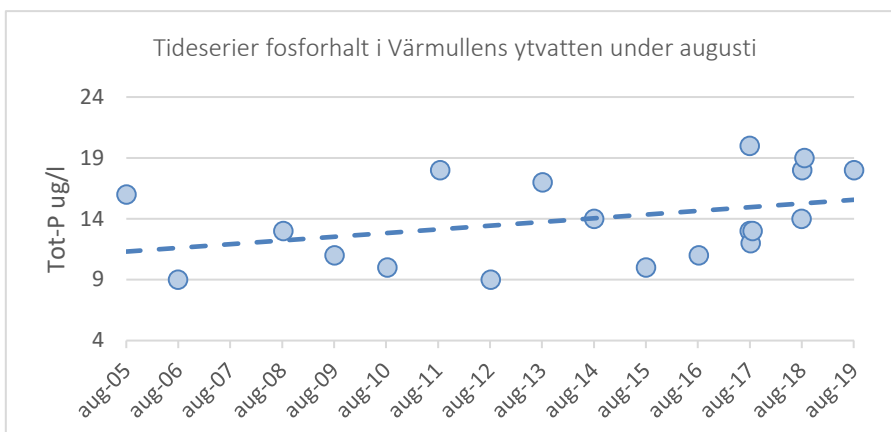
Data visas här för **augustivärden** i Uvån under perioden 2004-2019, 15 år. Halterna av fosfor i Uvån nedström Värmullen varierar mellan 17 ug/l ner till 7 ug/l, (standardavvikelsen är 2,9 ug/l).

Medelvärdet ligger på 11,5 ug/l. En svagt stigande trend anas. Fosforhalterna i Uvån uppströms Värmullen under samma period ligger generellt något lägre än nedströms.

Halter av fosfor visar en svagt stigande trend mätt i Värmullens yta och i Uvån nedströms Värmullen. Denna trend syns inte uppströms Värmullen.

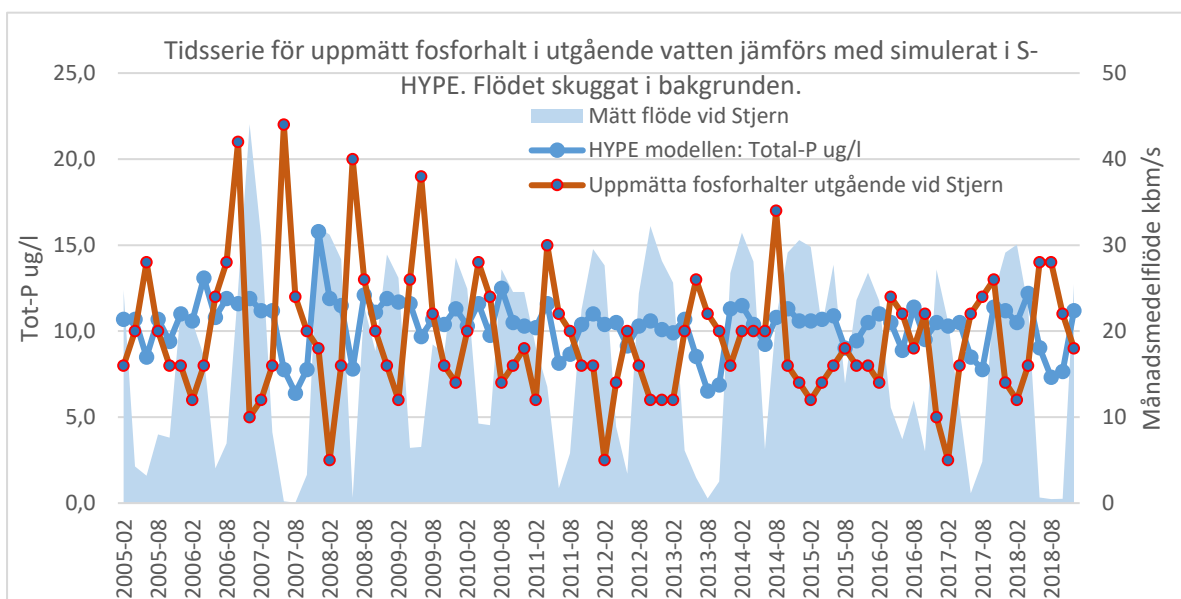
Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Ytvattnets fosforhalt i **augusti** mätt i norra Värmullen har ungefär samma fosforhalt som i Uvån nedströms sjön. Under perioden 2004 till 2019 har halterna varierat mellan 9 upp till 20 ug/l, med ett medelvärde under hela perioden på 13,4 ug/l (standardavvikelse 3,6)



Även här är trenden svagt stigande, medelvärdet under projektiden 2017-2019 är 15 ug/l. Bedömningen av fosforhalten kan även göras utifrån månadsvärden under maj-okt. Då ytan inte mäts mer än i augusti i kontrollprogrammet kan inga tidsserier över detta göras.

Fosforhaltens säsongvariation i jämförelse med S-HYPE – en nationell modellering
S-HYPE-modellen av SMHI simulerar utgående fosfor- och kvävehalter för olika delområden i Sverige. Syftet är att kunna spåra flödet av näringsämnen ner mot havet. Modellen är byggd efter näringsämnenas naturliga förändring i en sjö under året. Det är därför intressant att studera hur väl S-HYPE-modellens säsongvariation stämmer med våra uppmätta värden. Det stämmer inte alls!



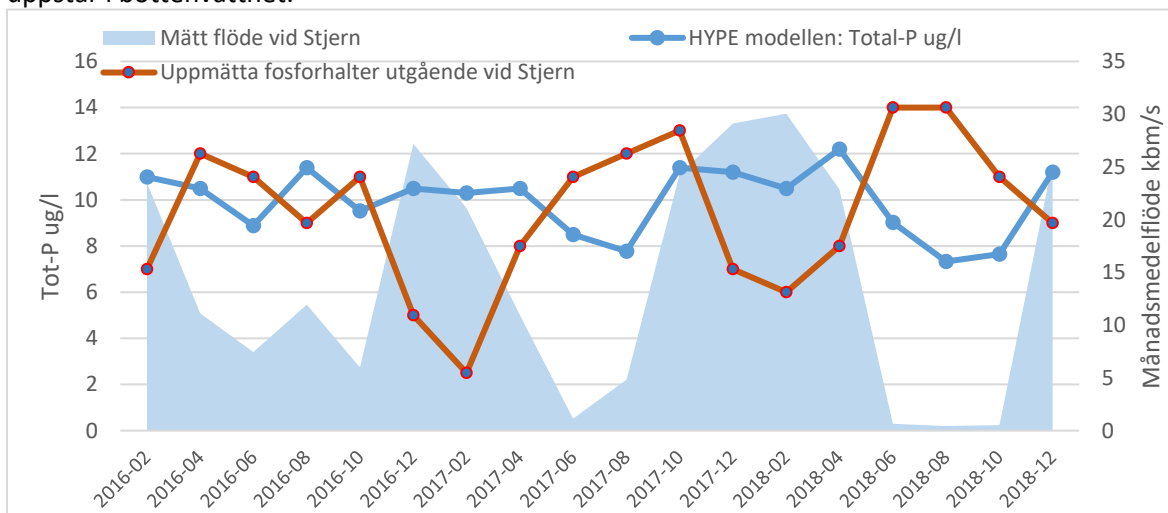
I sjöar med låg fosforkoncentration – som Värmullen – ska inte ytvattnets koncentration av fosfor variera mycket under vegetationsperioden. Under naturliga förhållanden ska tillgänglig fosfor tas upp i algproduktionen på sommaren. På vintern sker inget fosforupptag av växterna vilket syns i högre vinterhalter. Denna säsongvariation simuleras i S-HYPE modellens värden för fosfor. Det som påverkar fosforhaltens svängningar i HYPE-modellen verkar främst vara flödet.

Värmullens säsongvariation avviker. Fosforhalten i ytan är låg under vintern (under is). Genomströmningen är då som högst och syrehalterna är höga. Under sommarhalvåret sker en haltökning som kulminerar i oktober. Diagrammen ovan visar uppmätta värden och i S-HYPE-modellen simulerade värden. Bakgrund är verkligt flöde genom Värmullen, medelmånadsflöden vid

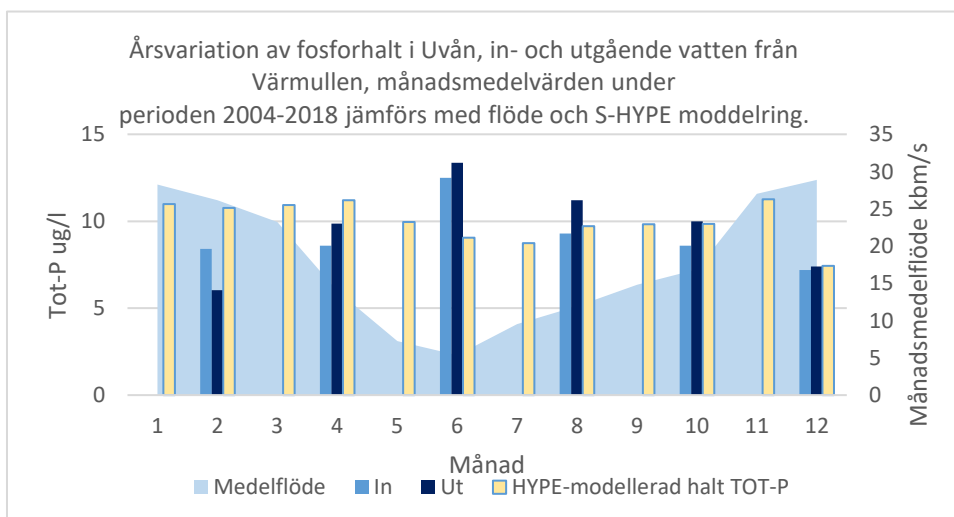
Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Stjern. Under perioder med liten genomströmning är fosforhalterna i vattnet som lämnar sjön högre, vilket inte HYPE-modellen simulerar. De lägsta fosforhalterna uppmäts under hösten- vintern då flödet är som högst. Se detaljer 2016-2019 tom sept i nästa diagram.

Ett diagram över de senaste tre åren visar denna säsongsbundna fluktuation, vilket verkar ske tvärtemot S-HYPE-simulering som görs utifrån förmodade naturliga förhållanden i en sjö. Fosforhalterna som lämnar Värmullen är högre på sommarsäsongen, då flödet är litet och syrebrist uppstår i bottenvattnet.



S-HYPEs modellering jämfört med uppmätta värden illustreras nedan i ett diagram över årsvariationen, där medelvärdet på flödet syns i bakgrunden. I recipienkontrollen mäts utgående vatten i Uvån varannan månad, varje stapel motsvarar alltså ett medelvärde av 13 värden.

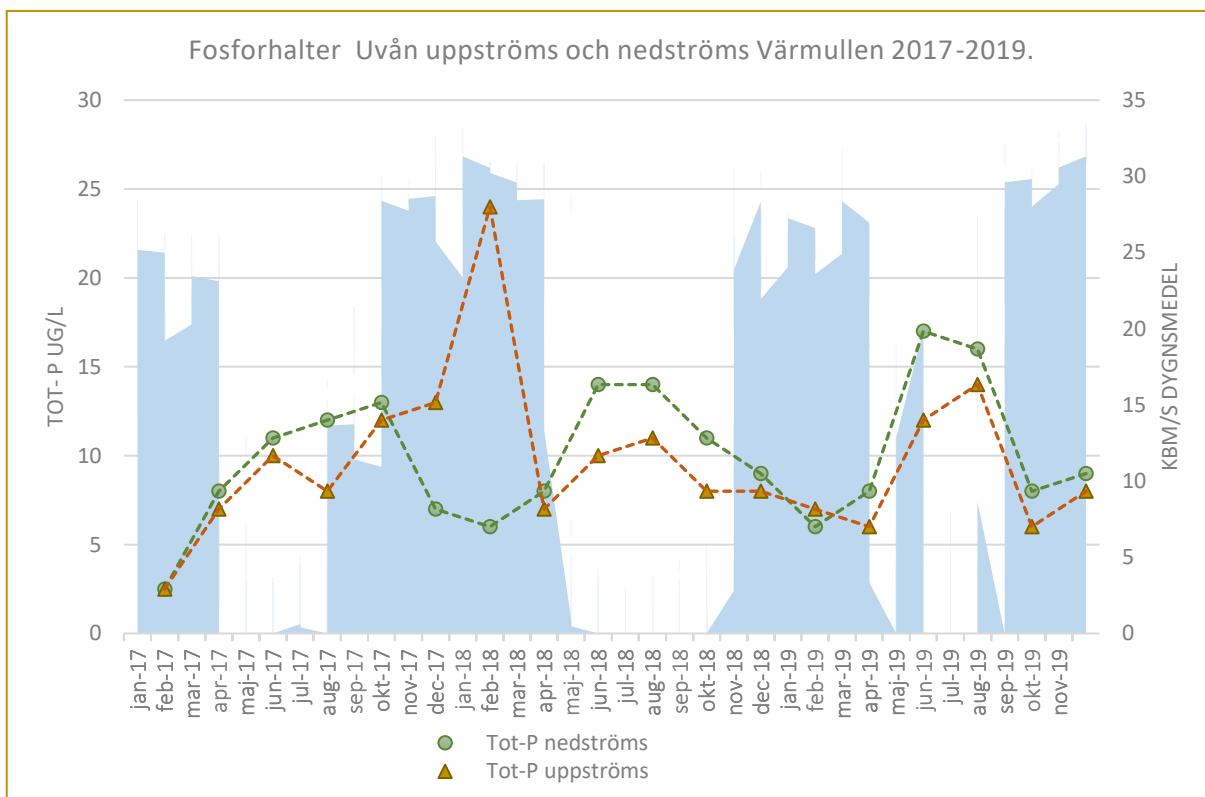


En förklaring till årsvariationens avvikelse mot den i S-HYPEmodellen beräknade kan vara haltförändring kopplat till flödet- alltså en utspädningseffekt under vintern. Detta har vi inte kunnat verifiera.

Medelvärden 2005-2018	Antal värden	Stjern dygn-medel m ³ /s	Tot-P ug/l			
			Uppströms Värmullen	Nedströms Värmullen	Halt-förändring.	Fosforhalt på 11 m djup (antal värden)
Q1	16	26	8,4	6,0	-2,3	13,4 (21)
Q2	30	8	10,6	11,6	1,0	12 (5)
Q3	15	12	9,3	11,2	1,9	17,2 (22)
Q4	29	24	7,9	8,7	0,8	12 (1)
Årsmedel				11,2		14,9

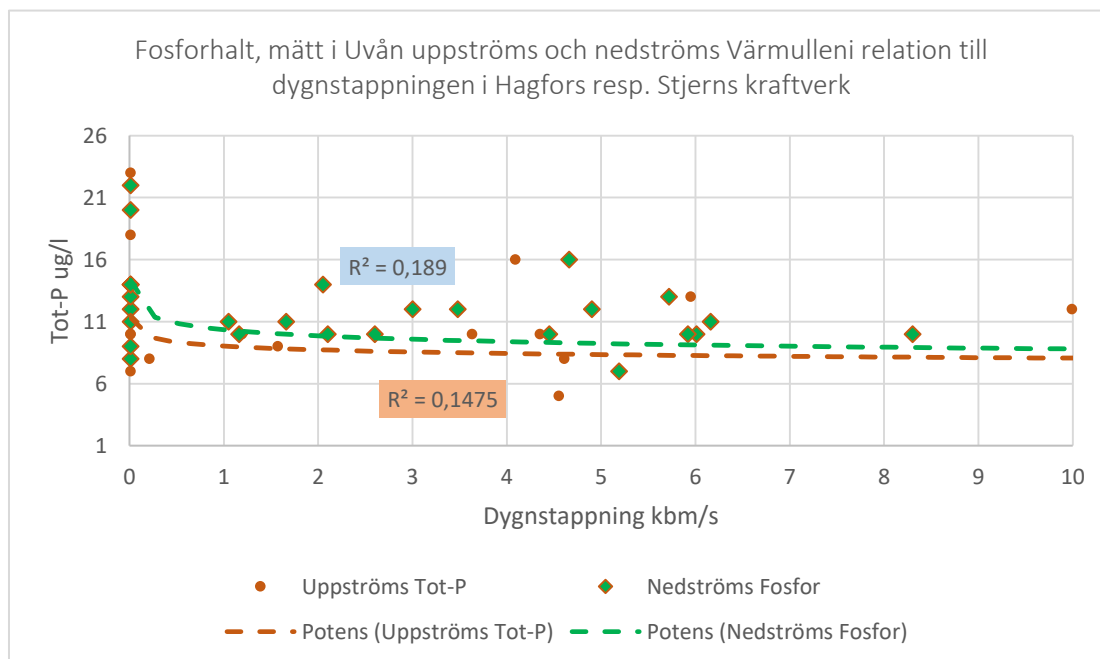
Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Flödesberoende



Större mängder med fosfor från skog och mark förs ner med Uvån vid höga flöden. Höga toppar kan vara en effekt av detta, om flödet t.ex. minskar just vid provtagningen

Det finns ett visst samband mellan ett högt flöde och en lägre fosforhalt (utspädningseffekt), men det är inte särskilt starkt.

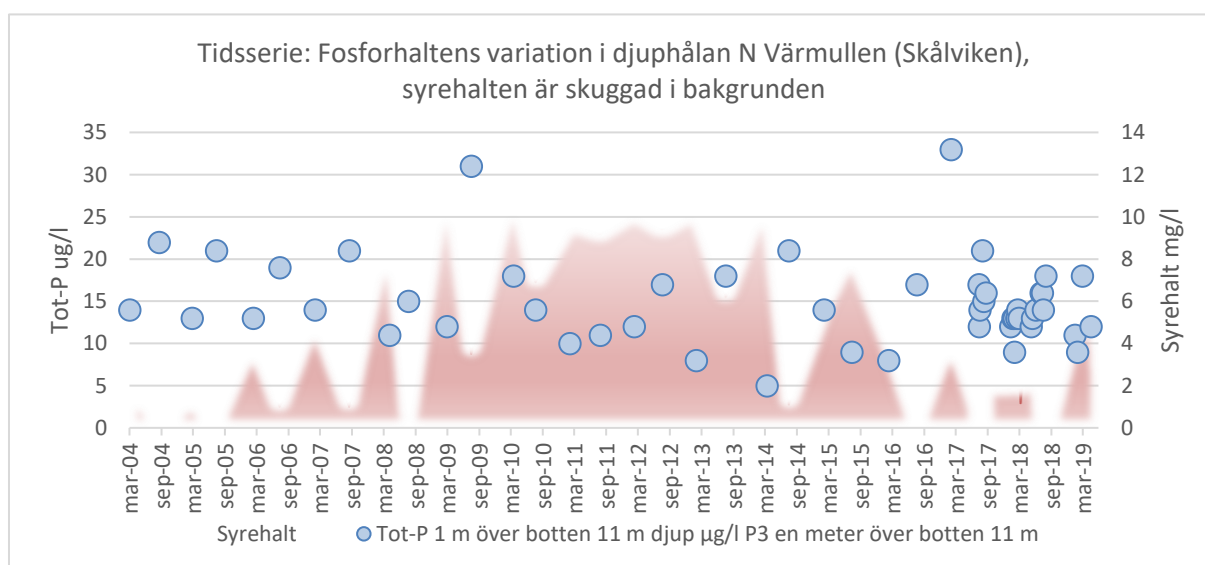


Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Förekommer interngödning?

Algblomning kan bli ett problem i Värmullen om syrefria förhållanden gör att fosfor bundet i bottensedimenten interngöder sjön. Det är därför viktigt att få reda på om och i så fall när och i vilken omfattning interngödning sker. Höga halter av fosfor i djuphålorna under perioder med syrefria förhållanden **kopplat till låga halter av nitrit/nitrat i bottenvattnet** skulle kunna indikera interngödning. Finns denna koppling? Låga flöden under längre perioder ger låga syrehalter och låga Nitrat/nitrit-halter i bottenvattnet. Trots detta har ytterst få extremhöga halter av fosfor uppmätts i djuphålorna. En grov regel säger att vid interngödning är fosforhalterna dubbelt så höga i bottenvattnet mot i ytan, vilket väldigt sällan är fallet i Värmullen.

Samband mellan syrehalt och fosfor i bottenvattnet

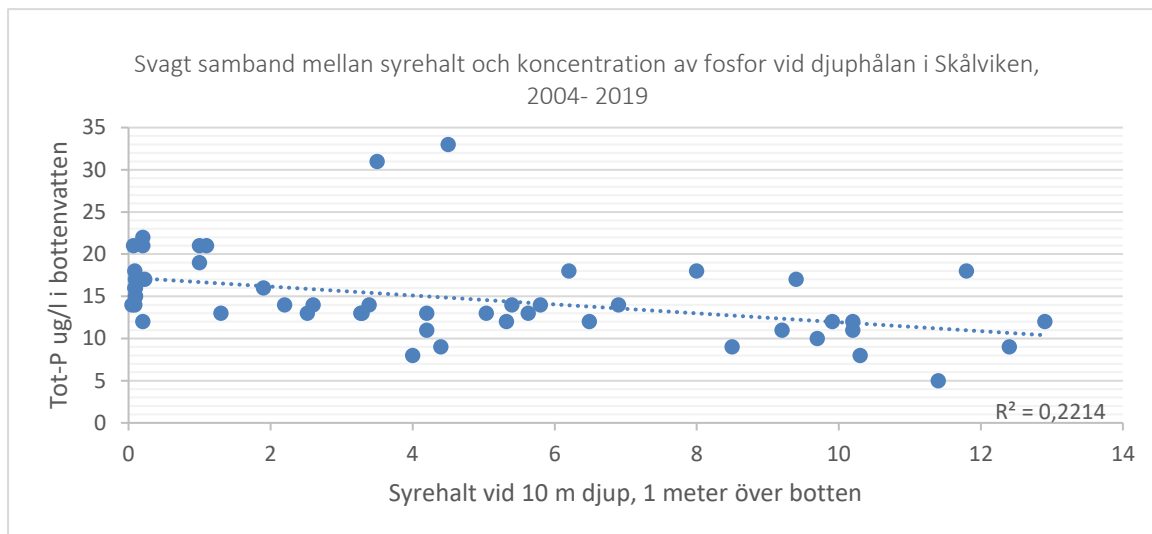


Tidsserien visar att halten i bottenvattnet sick-sackar mellan vinter och höst under perioden 2004-2010. Då syrehalten vid provtagningarna fram till 2014 har varit över 6 mg/l vid själva provtagningsdatumen har inte de ev. högre fosforhalterna vid botten fångats in.

Reducering av järnfosfat i bottensediment sker inte om syre i nitrat/nitrit finns tillgängligt. Under mätperioden 2004-2019 har det inträffat 10 ggr av 52 analyser i bottenvattnet att nitralhalten legat så lågt som rapporteringsgränsen på 10 ug/l (eller nära). Detta har inträffat i augusti. Fosforhalterna har då varit högre än annars, men inga extremvärden syns.

Förhållanden i djuphålor	Prov pkt	Syre mg/l	Nitrat/nitrit ug/l	Total-Fosfor ug/l	Medeldygnsflyde kbm/s vid Stjern
08-sep-04	3	0,2	Lägre än 10 ug/l	22	17
01-aug-17	1	0,07	Lägre än 10 ug/l	16	0
08-aug-17	1	0,07	Lägre än 10 ug/l	12	0
22-aug-17	1	0,09	Lägre än 10 ug/l	19	0
22-aug-17	3	0,13	Lägre än 10 ug/l	21	0
29-aug-17	3	0,18	Lägre än 10 ug/l	15	0
01-aug-18	1	0,07	7	14	0
21-aug-18	2	0,1	6	18	3
21-aug-18	3	0,1	Lägre än 10 ug/l	18	3
6 aug -19	3	0	6	20	0

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4



Sambandet mellan syrehalt och bottenvattnets total-fosforhalt verkar vara förvånansvärt liten. Vid två tillfällen, aug 2009 samt feb 2017 har högre halter av fosfor (över 30 ug/l) uppmätts. Vi finner inget starkt samband mellan dessa höga värden varken med syrebrist eller flöde genom Värmullen.

Möjligan kan detta bero på att nitrat/ nitrithalten i bottenvattnet inte når de låga nivåer som skulle kunna frisätta bunden fosfor i botten-sedimenten. Vid de 25 tillfällen under mätperioden som bottenvattnet når sina lägsta syrenivåer (syre under 1 mg/l), vilket vanligen sker under slutet av juli – aug har medelvärdet av nitrat/nitrit-halterna i bottenvattnet varit så höga som 40 ug/l. Vid samma mättillfällen har medelvärdet av fosfor uppmätts till 16,6 ug/l vilket är något högre än medelvärdet på 14,9 ug/l.

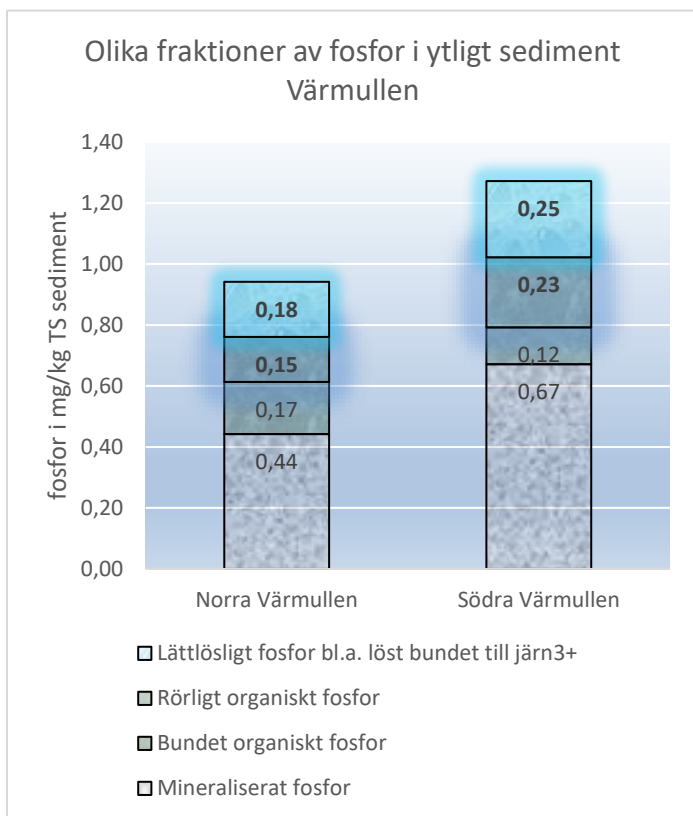
Generellt är dock fosforhalten högre i bottenvattnet än i ytvattnet, medelvärde i norra vikens djuphåla (11 m) är 14,9 ug/l jämfört med utgående mätt i Uvån där medelvärdet är 11,2 ug/l . Enl. uppgift uppmättes högre halter av fosfor i djuphålorna under 1990-talet (källa SYNLAB)

I samband med att man gör syreprofilen i norra Värmullens djuphåla mäts fosforhalten i ytvattnet (0,5 m djup) samt 1 m ovanför botten. Dessa värden ger en antydning om skillnader i fosforhalt mellan yta och bottenvattnet vid samma tidpunkt. Vi redovisar medeltal under olika syreförhållanden.

Period /5 år	Maj- sept: Perioder med låg syre (under 3 mg/l i bottenvattnet)			Maj- sept: syre över eller lika med 3 mg/syre i bottenvattnet			Under Is Oftast bra syrevärden.		
	Yta	Botten	Antal värden	Yta	Botten	Antal värden	Yta	Botten	Antal värden
Tot-P ug/l									
2004-2008	12	20	5			0	8	13	5
2009-2013			0	13	18	5	12	12	5
2014-2018	15	16	24	15	13	10	7	13	11
Färg mg Pt/l									
2004-2008	79	242	5			0	78	94	5
2009-2013			0	79	102	5	76	84	5
2014-2018	90	269	10	113	120	4	98	103	9

Sedan 2004 har fosforhalten varit högre i bottenvattnet vid 15 av 51 mättillfällen, vanligen under sommaren med låga syrehalter. I aug 2009 uppmättes ett extremvärde, med en skillnad i fosforhalt

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4



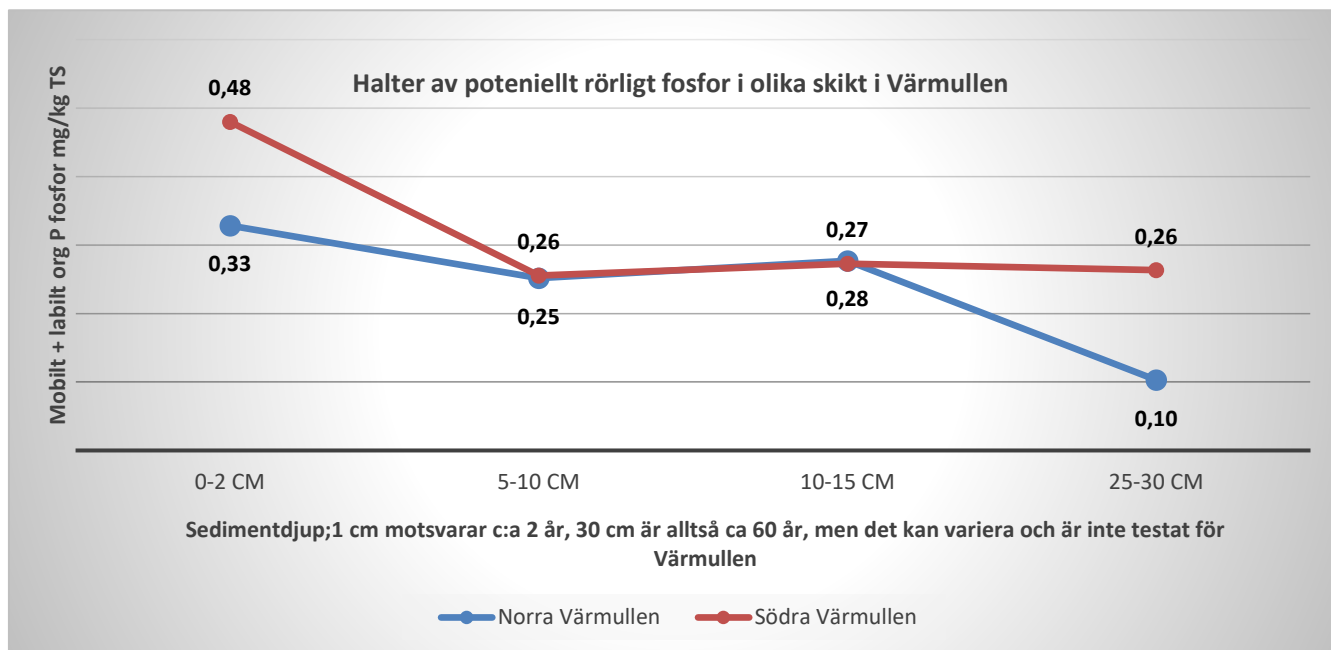
Expert på SLU, Brian Huser gjorde följande bedömning: (Rapporten finns som bilaga.)

"Uppskattning av potentiell internbelastning av fosfor, med hjälp av en empirisk modell, visade måttliga, något förhöjda hastigheter av internbelastning (3,0 mg/m²/d i Norra och 3,2 mg/m²/d i Södra delen). Dessa värden hittas oftast i mesotrofa skiktade sjöar".

Här citat från mail korrespondens med experten Brian Huser efter frågor från oss:

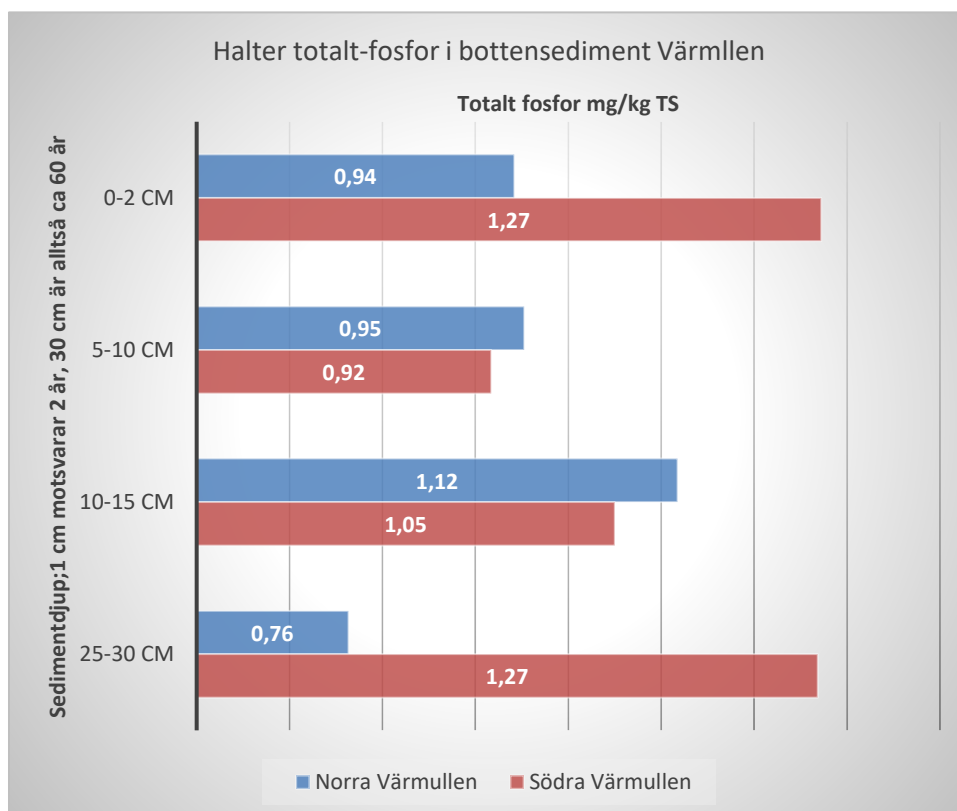
Det finns inga indikationer av fosforbanker djupare i sedimenten. Läckagebenägna formerna (mobil + labilt organisk P) minskade med sediment djup. (se kurvan, vår kommentar) Oftast "flyttar" mobil P (porvatten, lätt lösligt

och järn bunden) uppåt när nytt sediment ackumuleras på sjöbotten. Det finns ingen syrgas under den första cm sediment, så järnbunden och lättlösligt P släpps och transporters uppåt under tid.



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Tot-P kan spegla mängden mobil fosfor, och båda är höga i ytsediment och sedan minskar med sediment djup i de flesta övergödda sjöar. Mobil fosfor är mest viktigt, men en stabil tot-P profil kan indikera mesotrofa förhållanden. (vår understrykning) Det gjorde mobil fraktionen också. Studien visar att i övergödda sjöar är tot-P högt i ytsediment och minskar med sediment djup, i måttlig näringsrika sjöar är den ganska stabil, och i näringsfattiga sjöar är tot-P lågt i ytsediment och ökar vid sediment djup. ... Oftast hittar man högsta koncentrationer i djupare delar, men det kan också finnas "hotspots" i grundare delar där det fanns tidigare utsläpp av P till sjön. Det är också möjligt att hitta fosforbanker på sådana ställen. När man provtar en sjö för att bedöma fosfor och betydelsen för internbelastning, tar man prover från områden på en skala från grund till djup. Då kan man fånga rumsliga variationen av sediment P och bedöma potentiell internbelastning. ... tidpunkten är också mycket viktigt. Under vår, sommar, och höst har mycket P släppt från sedimenten. Sediment skulle provtas efter omblandning av vattenpelaren (vanligtvis höst och vår), minst ett par veckor efter omblandning så det finns tid för P att fälla ut och bli en del av sediment igen



Diagrammet över den totala fosforhalten förändringen i djupled visar en stabil skiktning av totala mängden fosfor i södra Värmullen vilket indikerar mesofila förhållanden. I Norra Värmullen är den totala fosforhalten högre i ytan än på djupet, men det är ingen signifikant skillnad.

Sedimentanalysen av mobil fosfor visar att det sannolikt förekommer en viss interngödning av fosfor periodvis, främst styrkt av de parvisa mätningarna som att ytvattnet har en lägre fosforhalt än djupvattnet. Även färgtalet styrker detta då det generellt sett är högre i bottenvattnet med ett visst, om än svagt samband med fosforhalten. Undersökningen av mobil fosfor i sediment i Värmullen styrker detta. Denna interngödning kan ha betydelse för produktionen i sjön. Det finns inga indikationer på djupare fosforbanker, men för att veta det bör man analysera sediment i en profil från grundare botten till djupare, t.ex. i södra delen av Värmullen där mest orenat avlopp har gått ut i sjön

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Kväve

Kväve tillförs sjöar och vattendrag genom nedfall av luftföroreningar, läckage från jord- och skogsbruksmarker samt genom utsläpp av avloppsvatten. Kvävet tas upp av växter och vandrar sedan vidare i näringskedjan. Däggdjur utsöndrar kväve i urinen (som ammoniak) - och fiskar sprider ut ammoniak genom sina gälar.

I normala sjöar är kväve i dess olika former inte begränsande för tillväxten av alger (primärproduktionen) då det i de flesta fall är fosfortillgången som är den begränsande faktorn. Kväve kan finnas i stort överskott och höga halter utan att påverka sjöns produktion. På land och i havet däremot är kväve ofta den begränsande faktorn. MEN - i både sötvattenssystem och i marin miljö kan förhöjda kvävehalter leda till en förändring av ekosystemen, då den biologiska artsammansättningen ändras.

Kvävets kretslopp i sjön:

Kväve har ett komplicerat kretslopp. Den största mängden kväve finns i en sjö i form av organiskt bundet kväve. Döda växter och djur hamnar i sjöns botten och bryts ner. Vid nedbrytningen bildas först ammoniumjoner (ammonifiering) som sedan omvandlas till nitrat (nitrifikation) av specialiserade bakterier. Nitrat och ammonium-kväve kan tas upp av växter/plankton. Under normala förhållanden (dvs. under god syretillgång) dominerar nitrathalten över ammoniumhalten. Under tillväxtperioder tas mycket kväve upp av växterna och nitratkoncentrationen i sjön är då låg.

Om syrefria förhållanden uppstår kan inte bakterierna omvandla ammoniumjoner till nitrat. Denitrifikation är då nitratjoner ombildas till ammonium och vidare till kvävgas. Denitrifikation gynnas av högre temperatur, syrebrist i bottensedimentens mikromiljöer, rikligt med vegetation, tillgång till lättnedbrutet organiskt material, lång uppehållstid för vattnet samt frånvaro av bottenböckande fisk. Detta är antagligen ett normalt tillstånd i Värmullens bottnar sommardag.

I samband med syrebrist har vi uppmätt mycket höga halter, upp till 2000 µg/l av ammonium-kväve i bottenvattnet. Det gäller i de djupare delarna av Värmullen under perioder då det är liten eller ingen genomströmning i sjön.

Ammoniumjonen NH_4 står i ett jämviktförhållande till ammoniak, NH_3 . $\text{NH}_4 \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$

Jämvikten är pH och temperaturberoende. Ju högre pH och temp desto högre andel av ammoniumfraktionen omvandlas till ammoniak. Detta kan ske främst under sommaren då det är varmt och primärproduktionen ofta leder till höga pH.

Ammoniak är starkt toxiskt och kan orsaka fiskdöd. En beräkning av ammoniak-fraktionen i Värmullen har gjorts, se tabell 26. Vid ett tillfälle var ammoniakhalten högre än de riktlinjer som finns för särskilt förorenade ämnen i djuphålan. Då det är syrebrist i flyr säkert fisken denna miljö, men bottenlevande djur drabbas, vilket vi kan se i de transeker som gjorts.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Olika fraktioner av kväve

Totalkväve (tot-N)

Totalkvävehalten anger vattnets totala innehåll av kväve och inkluderar alla kvävefraktioner. Värmullen har ett medelvärde på **totalkväve** på 373 ug/l i ytvattnet och 820 ug/l i bottenvattnet under perioden 2017-2019. Enligt Naturvårdsverkets tidigare bedömningsgrunder (Rapport 4913) kan tillståndet bedömas enl. tabell:

≤ 300	Låga halter
300–625	Måttligt höga halter
625–1250	Höga halter
1250–5000	Mycket höga halter
> 5000	Extremt höga halter

Nitratkväve (NO₃-N)

Nitrat+nitrit-kväve anger det kväve som förekommer som nitrat och nitrit i vattnet. Nitrat är en närsaltkomponent som är direkt upptagbar för växtplankton och växter. I näringsfattiga vatten ligger nitratkvävehalterna på omkring 100 µg/l. Värmullens utgående vatten har en medelhalt på 28 ug/l (mätt i Uvån) under projektperioden. I sjöns yta var medelhalten under projektperioden 13 ug/l nitrat-nitrit-kväve mätt under vegetationsperioden (maj-sept).

Ammoniumkväve (NH₄-N)

Ammoniumkväve (NH₄-N) anger det kväve som förekommer som ammonium i vattnet. Ammonium är en nedbrytningsprodukt av organiskt kväve och förekommer normalt i små mängder, eftersom det omvandlas till nitrit och nitrat (nitrifikation) vid närvaro av syre. Vid syrebrist kan ammoniumhalterna bli förhöjda dels genom en utebliven nitrifikation dels genom en utlösning av ammonium ur bottensediment. Utsläpp av ammonium från reningsverk eller andra källor innebär normalt att syre i vattnet förbrukas då omvandling sker till nitrat. Många fiskarter och andra vattenlevande organismer är känsliga för höga halter av ammonium. Riktvärden och gränsvärden finns därför för fiskvatten i förordningen om miljö kvalitetsnormer för fisk och musselvatten (SFS 2006:1140), där gränsvärdet är 800 µg/l ammoniumkväve. Högsta uppmätta pH i Värmullen är 2000 ug/l i bottenvattnet i djuphålan utanför järnverket *I Naturvårdsverkets tidigare bedömningsgrunder saknas klass- gränser för ammoniumkväve. Följande indelning har därför föreslagits (av SYNLAB)*

< 50	Mycket låga halter
50–200	Låga halter
200–500	Måttligt höga halter
500–1500	Höga halter
> 1500	Mycket höga halter

Ammoniakkväve (NH₃)

Då ammoniak är mycket giftigt finns bedömningsgrunder för "Särskilt förorenande ämnen". Maximal tillåten koncentration på 6,8 ug/l uppmätt vid ett enskilt tillfälle har i Värmullens djuphålör överskridit en gång. Dock har inte årsmedelvärdet 1 ug/l överskridits. Se tabell på sidan Beräkning av ammoniakhalter sid 26.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Beräkning av ammoniakhalter

Då vi har uppmätt höga ammoniumhalter så är det viktigt att relatera det till pH och temp för att utröna hur stor del av ammoniumjonerna vid övergång till ammoniak. Tabellen listar de tillfällen då ammoniumkväve översteg 200 ug/l, vilket kan ske i bottenvattnet. Det är en gräns för fiskevatten. Dock undviker fisken i Värmullen förstås dessa djuphålur.

Maximalt beräknad halt av ammoniak-kväve var 7,9 ug/l den 22 aug 2017 i bottenvattnet den djupaste hålan i Värmullen, vilket översteg gränsvärdet som är 6,8 ug/l (max enskilt värde). Gränsen för ett godkänt årsmedelvärde 1 ug/l överstegs dock inte

Tabell: Analyser över 200 ug ammonium i de tre olika djuphålorna i Värmullen under 2017 och 2018. Beräknade halter över 1 ug ammoniak orangemarkerade. Gränsöverskridande värde rödmarkerat.

Datum	Ammoniumhalt NH ₄ -N ug/l	pH	temp °C	Beräknad ammoniakhalt NH ₃ -N ug/l	Kommentar
2017-08-01	460	6,6	9,8	0,334	
2017-08-01	670	6,6	8,7	0,447	
2017-08-01	890	7,4	9,0	3,819	
2017-08-03	430	6,4	9,7	0,196	
2017-08-08	550	6,5	10,1	0,325	
2017-08-08	750	6,7	7,9	0,591	
2017-08-08	950	7,5	11,8	6,372	Nära gränsen
2017-08-22	630	6,6	10,3	0,476	
2017-08-22	1100	7,6	9,4	7,699	Överskrider (P2)
2017-08-29	650	6,5	10,0	0,381	
2017-08-29	1100	6,6	7,6	0,672	
2017-09-12	730	6,9	9,9	1,066	
2018-05-29	370	6,8	10,4	0,447	
2018-06-05	300	6,8	8,3	0,307	
2018-06-05	490	6,5	7,9	0,244	
2018-06-12	420	7,2	8,3	1,078	
2018-06-12	990	6,7	8,2	0,798	
2018-06-25	210	6,4	8,1	0,084	
2018-06-25	440	7,0	8,2	0,707	
2018-06-25	920	6,7	7,6	0,707	
2018-07-24	470	6,6	9,0	0,321	
2018-07-24	1900	6,9	8,3	2,446	
2018-08-01	720	7,5	9,5	4,040	
2018-08-01	1700	6,8	8,4	1,753	
2018-08-06	390	6,4	11,5	0,204	
2018-08-21	560	6,6	9,3	0,391	
2018-08-21	1900	7,0	13,1	4,474	
2018-08-21	2000	6,8	9,4	2,232	

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Tidsserier

Tabell visar sammanställning av kvävehalterna under tre tioårs perioder mätt i Uvån upp- och nedströms Värmullen. Mätning sker sex gånger per år: feb, april, juni, aug, okt och dec.

Tot-N, ug/l	Uvån uppströms Värmullen			Uvån nedströms Värmullen		
	1990-1999	2000-2009	2010-2019	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Period	1990-1999	2000-2009	2010-2019	1990-1999	2000-2009	2010-2019
Antal värdepar, hela året	60	60	60	60	60	60
Max värde	2700	880	550	1700	870	830
Min värde	155	220	230	140	217	240
Medelvärde	389	367	327	418	413	377
Standardavvikelse	155	220	53	140	270	94

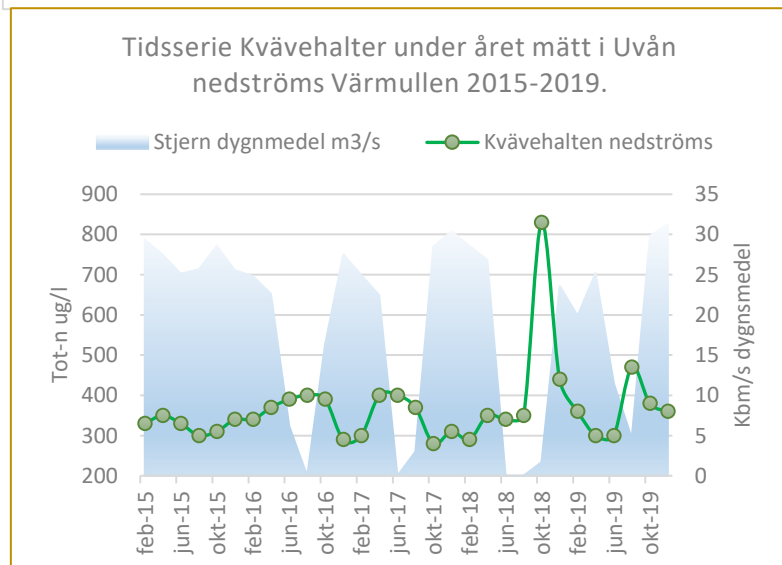
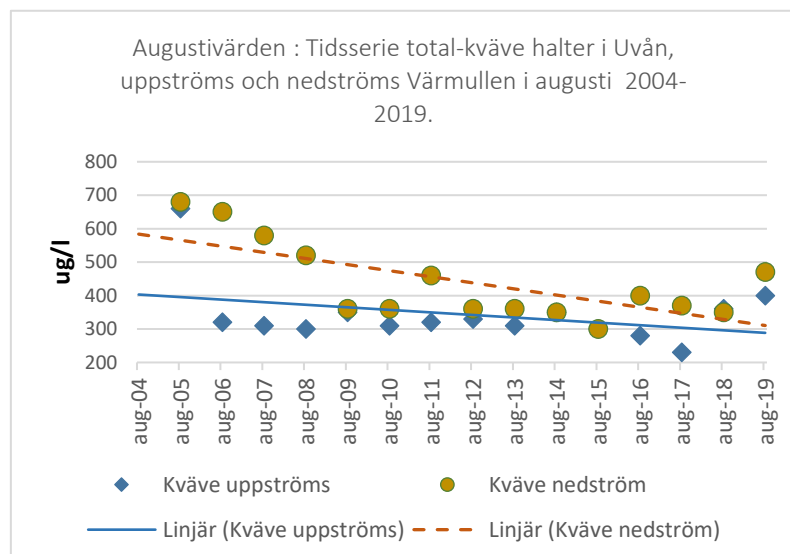
Inte oväntat är kvävehalten högre i Uvån nedströms Värmullen än uppströms. Värmullen får ett tillskott av kväve från reningsverk och dagvatten.

Om man jämför **augustivärden** uppströms och nedström Värmullen syns en minskning av den halt av kväve som lämnar Värmullen från 700 ug/l ner till senare år på 400 ug/l. Är detta en verklig minskning eller är det beroende på hur högt flödet var just vid provtagningen?

Halter av kväve visar en svagt nedåtgående trend i halterna uppströms och nedströms Värmullen. Halterna nedströms är i regel högre än de uppströms.

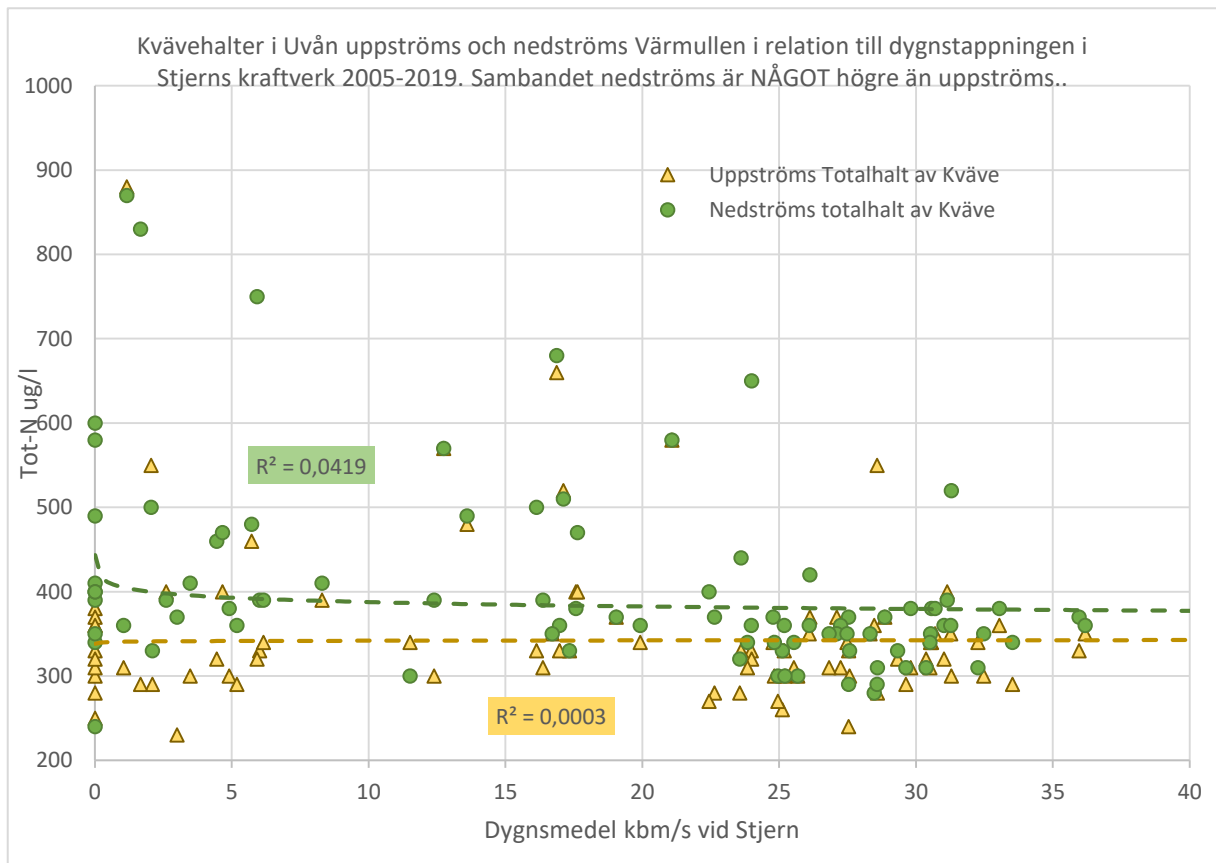
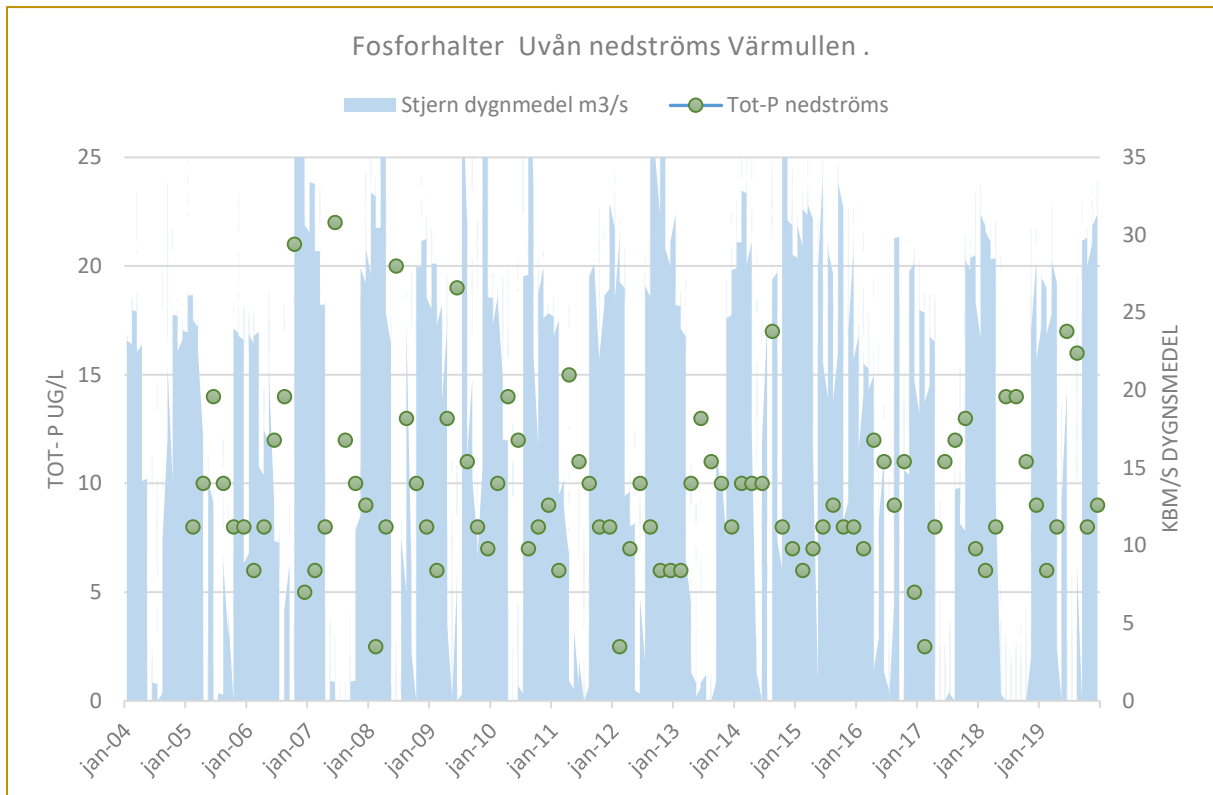
Är kvävevariationen flödesberoende?

Diagrammet visar att man kan skönja högre värden i perioder med låga flöden, vilket sammanfaller med sommarperioden.



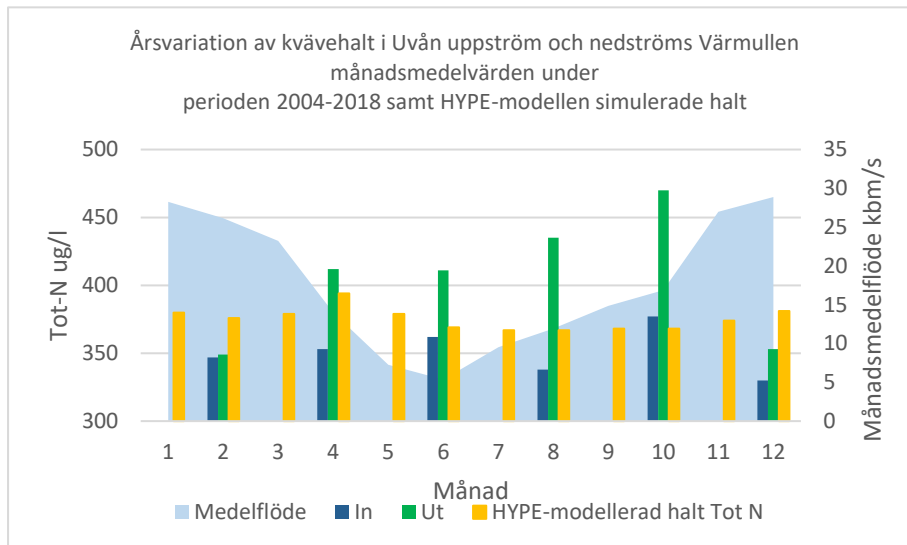
Det finns ett svagt samband mellan låg genomströmning och förhöjda kvävehalter i Uvån nedströms Värmullen, detta (svaga) samband syns ej uppströms. Augustianalyserna av kvävehalten visar inget samband alls med flödet varken uppströms eller nedströms Värmullen.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Säsongsvariation



Kvävehalten i Uvån nedströms Värmullen blir succesivt högre och högre under sommaren och hösten mot "bordervärden". Halten i slutet av säsongen är då dubbelt så hög som kvävehalten i Uvån uppströms sjön.

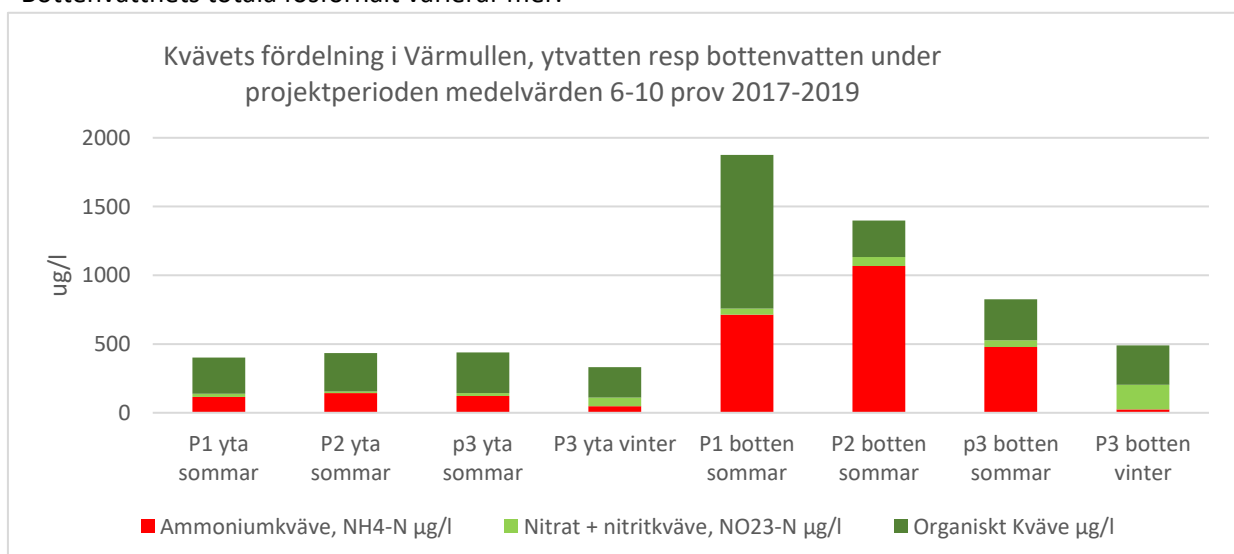
Årsmedelvärden av olika kvävefraktioner

På helårsbasis, beräknat som medelvärden för perioden 2005-2019, skiljer sig de olika kvävefraktionerna kraftigt mellan yt- och bottenvatten. 48 % av den totala kvävehalten i bottenvatten består av ammonium-kväve. Halten av kväve i bottenvattnet är många gånger högre än det i ytvattnet mätt som medel under en 10-årsperiod.

2005-2019: Kvävets fraktioner, µg/l medelvärden under perioden 2005-2019	Totalt kväve	Ammonium-kväve	Nitrat/nitrit-kväve	% ammonium	Antal värden
Ytvatten	397	68	48	17%	50
Bottenvatten	819	392	80	48%	70

Säsongsvariation av kvävefraktioner

Ytvattnets totala halt av kväve varierar inte lika mycket under vintern som under sommaren. Bottenvattnets totala fosforhalt varierar mer.



Kommentar: P1 och P2 ligger i södra delen av Värmullen, P3 i den norra viken. Djupet är vardera 7, 14 resp. 11 m. Uvån har sitt utlopp mellan djuphålorna P2 och P3. Endast provpunkten P3 har analyserats under is.

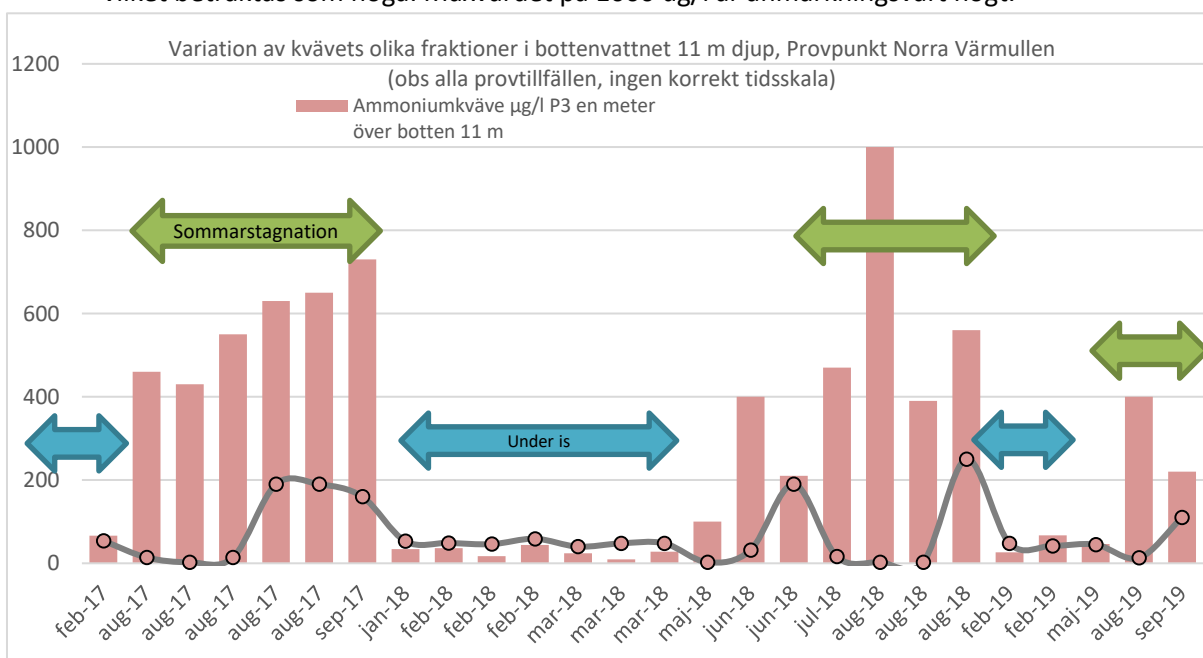
Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Under vintern är genomströmningen i hela vattenmassan stor och i bottenvattnet är syrehalten vanligen över 4 mg/l. Då är **fraktionen** av nitrat-nitrit-kvävet som högst. På sommaren, under syrefria förhållanden, är fraktionen ammoniumkväve i bottenvattnet hög. Ammonium över 1000 ug/l är anmärkningsvärt (normvärde). I Q3 överskrid halten flera gånger i djuphålorna. Under perioder med låga flöden utgörs över hälften av kvävet i bottenvattnet av ammonium-kväve.

2004-2019	Tot-N ug/l	Ammonium-kväve ug/l	Nitrat/nitrit-kväve ug/l	% ammonium	% nitrit/nitrat	Dygnsnedel flöde kbm/s	Antal värden
Q1 under is							
Ytvatten	359	49	81	14%	23%	26	20
Bottenvatten	452	45	150	10%	33%		20
Utlopp i Uvån	349	saknas	68		19%		15
Q2							
Ytvatten	370	51	45	14%	12%	8	8
Bottenvatten	650	310	71	47%	11%		18
Utlopp i Uvån	404	saknas	67		17%		30
Q3							
Ytvatten	437	86	23	20%	5%	12	25
Bottenvatten	1125	625	46	55%	4%		30
Utlopp i Uvån	438	saknas	37		8%		15
Q4							
Ytvatten	saknas	saknas	saknas			24	0
Bottenvatten	saknas	saknas	saknas				0
Utlopp i Uvån	409	saknas	65		16%		30

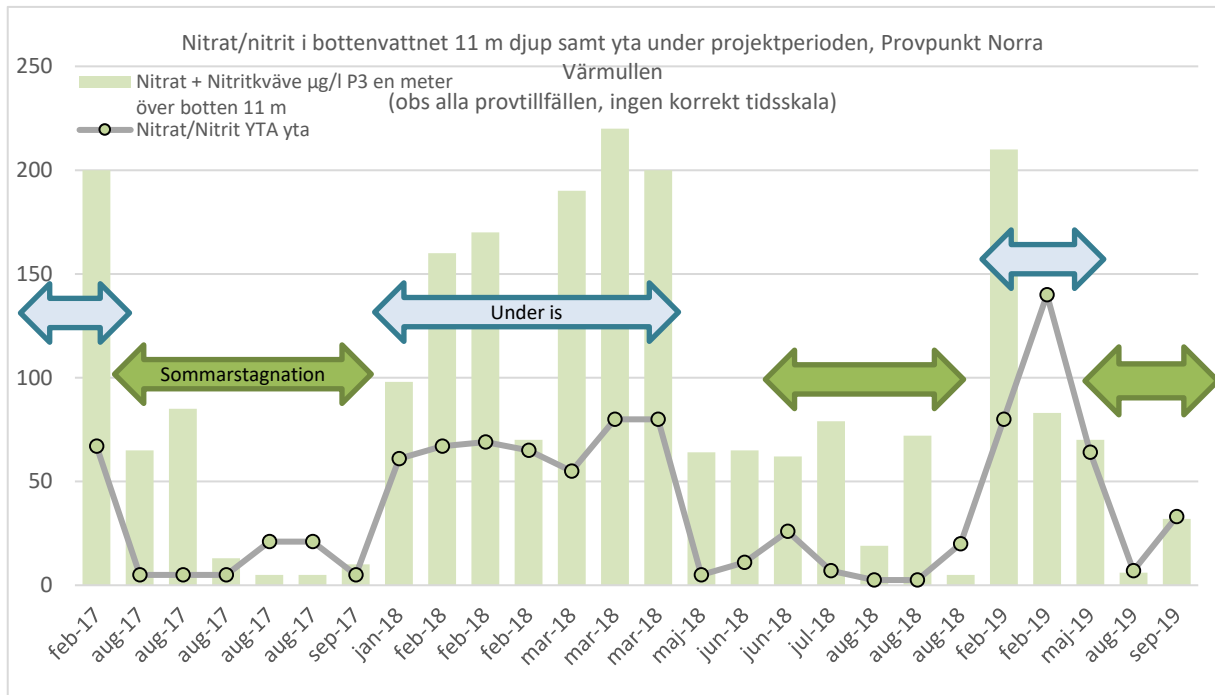
De säsongsvisa variationerna av kvävet olika fraktioner i bottenvattnet i norra Värmullen (Skålvikens) djuphåla illustreras med tre diagram, ett för varje fraktion, på analyser gjorda under projektperioden. OBS – tidsskalan ej korrekt, visar tillfällen för provtagning.

1. Ammoniumkväve: Halterna stiger både i bottenvattnet och i ytan under sommarstagnationen. Halterna i ytvattnet under sommaren översteg det gränsvärde som finns för fiskevattnet på 200 ug/l. I bottenvattnet finns perioder med halter över 500 ug/l, vilket betraktas som höga. Maxvärdet på 1000 ug/l är anmärkningsvärt högt.

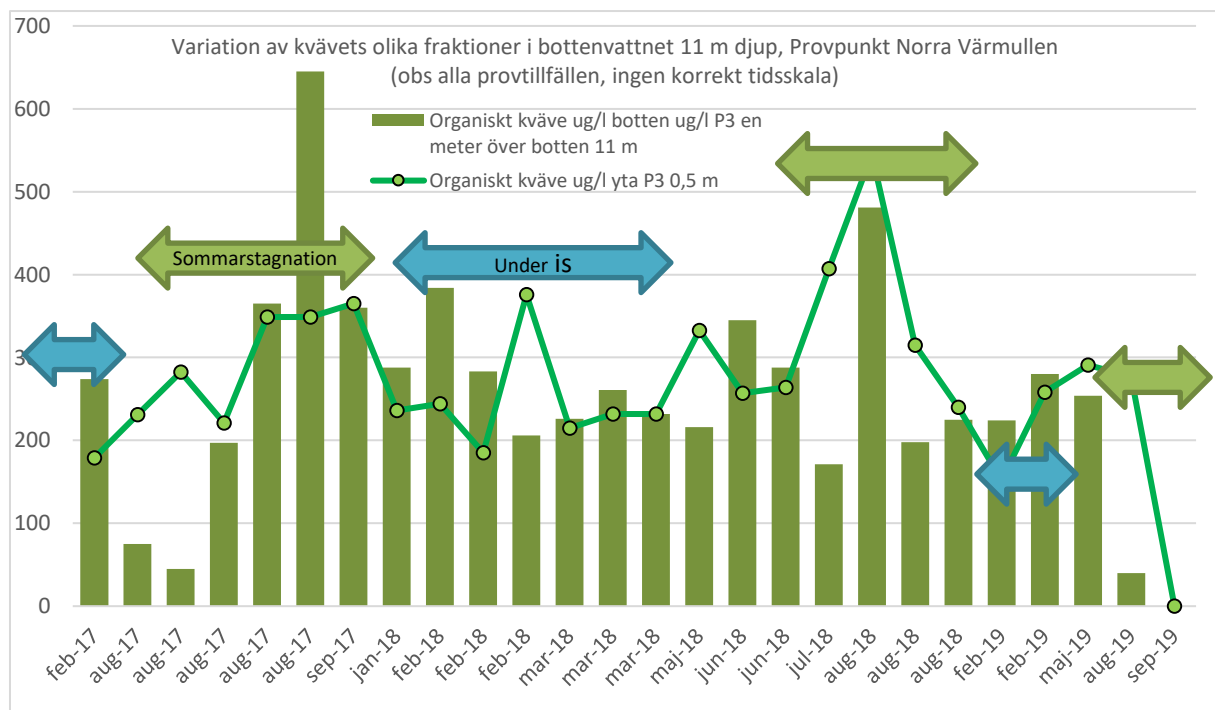


Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

2. **Nitrat-nitrithalter:** Nitrifikation, dvs då ammonium övergår till nitrit och sen till nitrat, sker under vinterperioden då bottenvattnet syresätts. Nitrat/nitrithalten sjunker sällan till noll under sommarstagnationen med dåliga syreförhållanden. För att intern gödning av fosfor ska kunna ske, så ska nitrat-nitrithalten vara låg, annars släpper inte det till järn bundna fosforet.



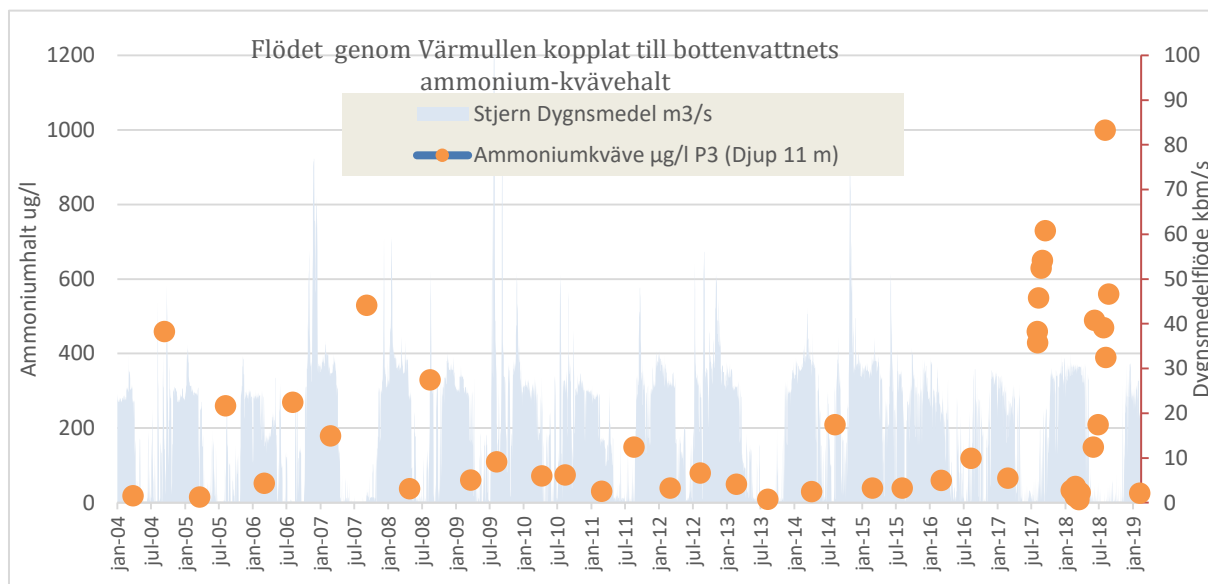
Organiskt bundet kväve (beräknat från Tot-N minus ammonium och nitrat/nitrit) . Mängden organiskt kväve toppar vid sommarstagnationens slut. Det är ingen stor skillnad mellan halterna vid ytan och i botten under vintern. Differensen mellan yta och botten är som störst i augusti, då de organismer som bildats under sommaren dör och sjunker till botten. Det sker ett utflöde att detta material nedströms, vilket syns i tidigare diagram (sid 28)



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

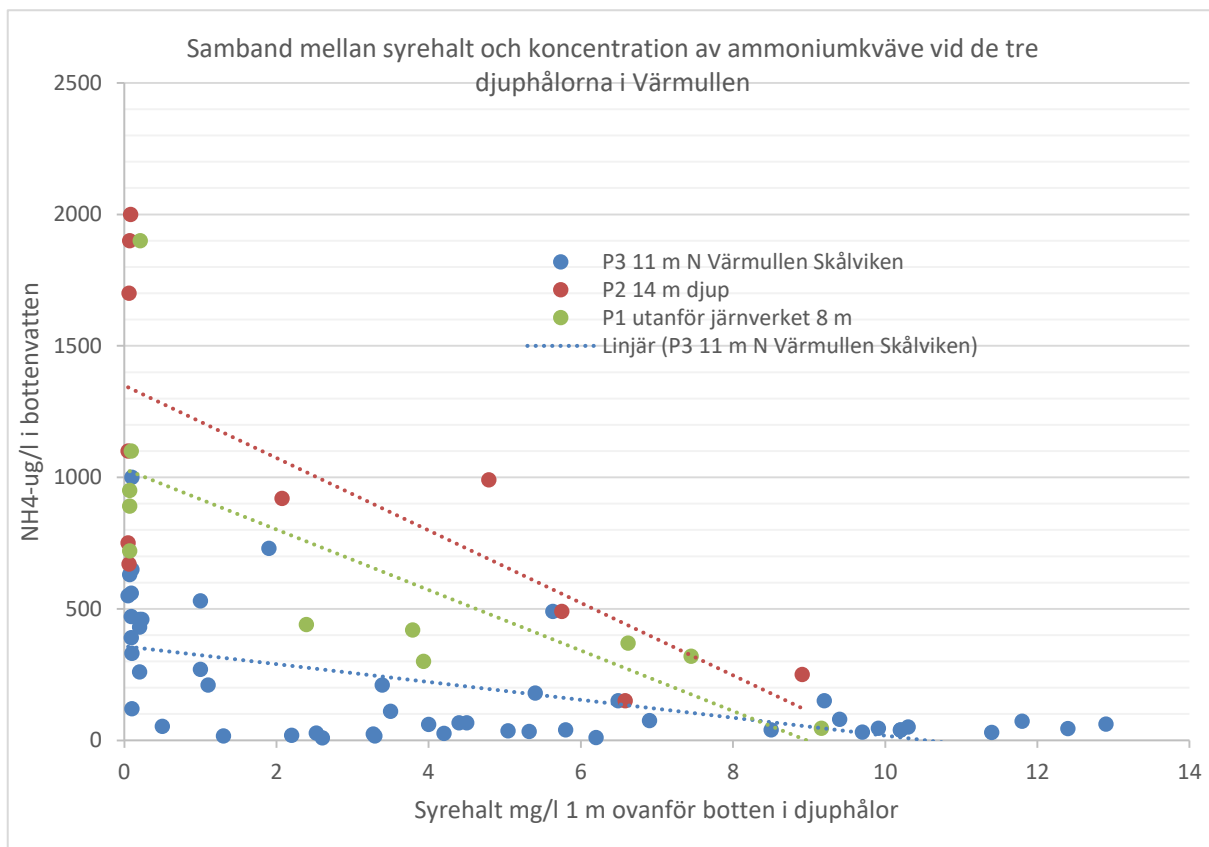
Samband mellan flöde och ammoniumkväve i bottenvattnet

Mellan år 2009-2017 tog augustiproverna vid P3, Norra Värmullen, på dagar då vattenflöden oftast översteg 0 kbm/s och ammoniumhalten var då låg. Under projektperioden har analyser gjorts under tre säsonger, se diagram nästa sida. Detta har tyvärr orsakat olika bedömningar av situationen i Värmullen. Åren 2009-2017 avviker ammoniumhalten från både tidigare och senare säsonger.



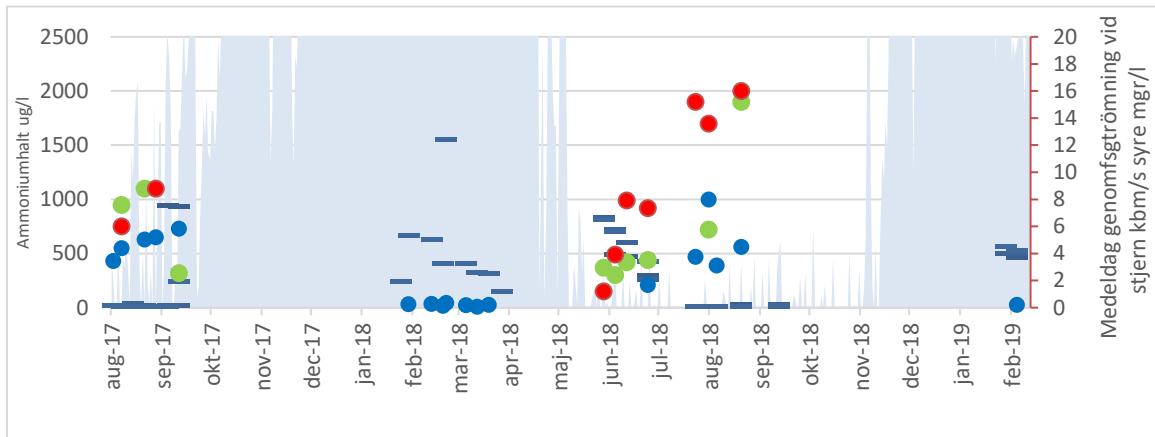
Samband mellan vattenflöde, syrehalt och ammoniumhalt.

Samband mellan syrehalt och ammoniumhalt i bottenvattnet är naturligt och syns tydligast i den djupaste hålan p2 vid Sund. Flest värden finns från Skålviken, som är recipienkontrollen provpunkt.



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

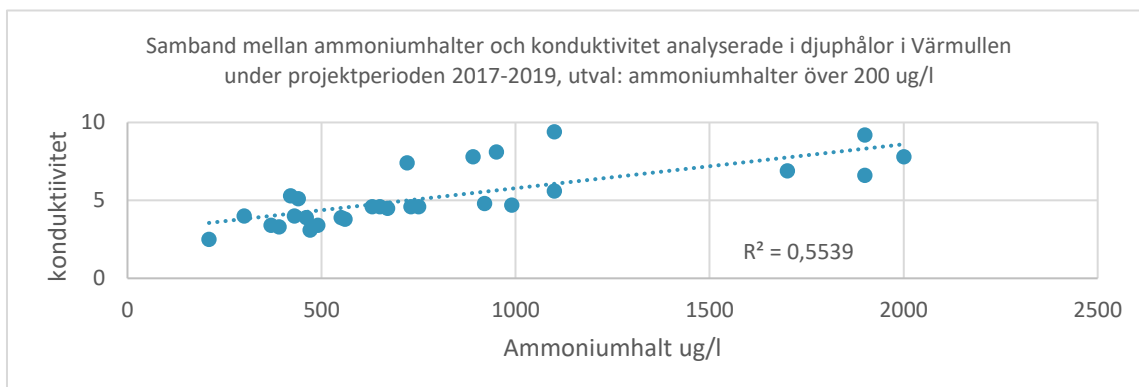
Ammoniumhalterna i bottenvattnet (provet tas 1 m över botten) steg under sommarsäsongen samt 2018. Motsvarande sjunker syrehalterna ner till noll i bottenvattnet.



Det är mycket viktigt att man vid bedömning av ammonium-kväve tar hänsyn till vattenflödet genom sjön. Sambandet mellan ett lågt flöde genom Värmullen – vilket medför syrebrist -och ammoniumkvävehalten är mycket tydlig. Det vore väldigt intressant att se hur snabbt syresättning sker i bottenvattnet även efter en kortare period av högre flöde genom sjön sommartid.

Ammonium-kontra konduktivitet

Kväve i form av ammonium kommer även ut i Värmullen med avloppsvatten från Lappkärr. Halten i avloppsvattnet är ofta hög. Ett sätt att se om det är ammonium-kvävet härrör från avloppsvatten är att se om det finns ett samband mellan ammoniumhalter och konduktivitet i bottenvattnet. Men om det var ammonium från Lappkärr som var den största källan till höga ammoniumhalter skulle dessa inte variera över året så mycket, då ammoniumhalten i avloppsvattnet vara relativt konstant. En annan orsak till förhöjd konduktivitet i bottenvattnet kan vara järnjoner som lösts ut vid en ev. interngödning av fosfor. Detta samband verkar inte finnas.



Orsaker till de höga ammoniumhalterna i bottenvattnet

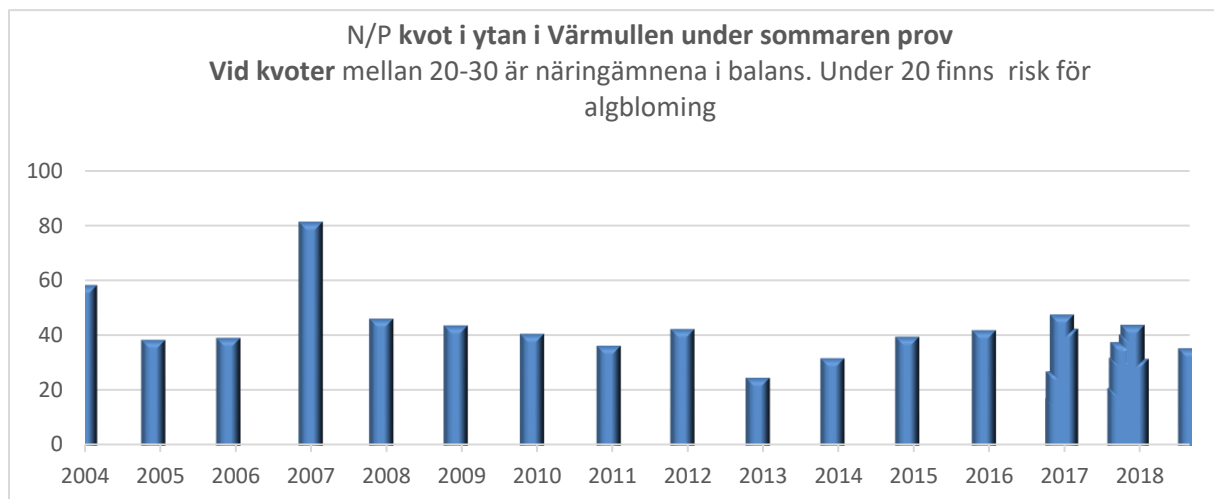
De tidvis höga ammoniumhalter som finns i sjöns bottenvatten kan antingen bero på att det organiska kvävet som lagras under säsongen bryts ner ofullständigt då syretillgången är dålig. Nedbrytningen avstannar vid ammoniumfraktionen och går ej vidare till nitrit/nitrat. Eller så är det de gamla synderna som visar sig: Under syrefattiga förhållanden reduceras ammonium ut från det organiska material som finns lagrat på botten i sjön. En viss bekräftelse på det senare är att ammoniumhalterna är högre i södra delen av Värmullen där de stora utsläppen av orenat avloppsvatten lagrades under minst 50 år (1930-1970) Detta går inte att avgöra genom sedimentanalyser på samma sätt som för fosfor.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

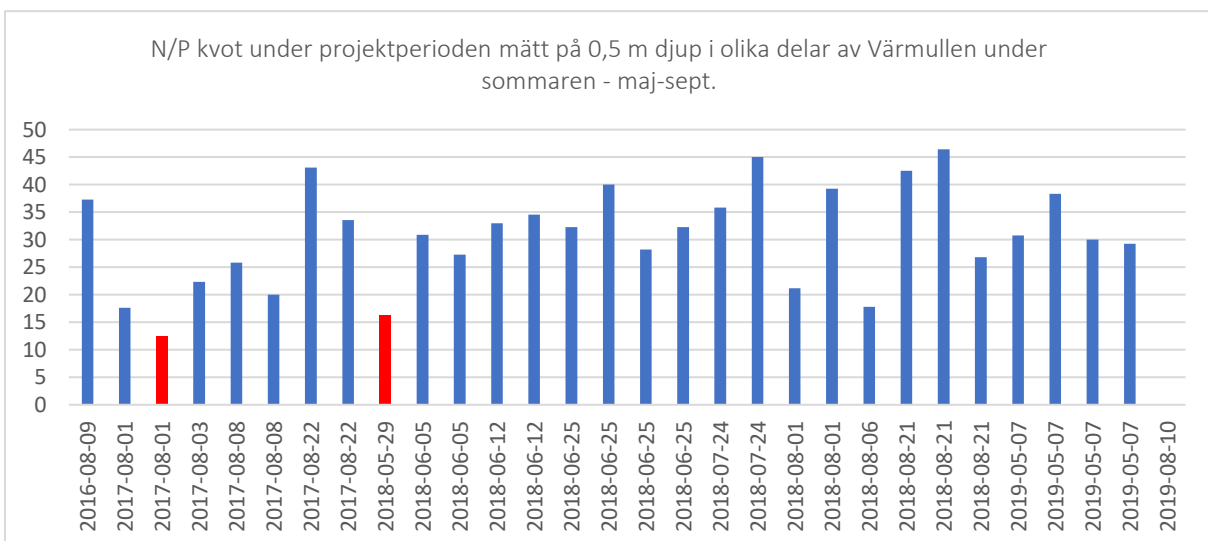
Kväve/Fosforkvot

Det är två näringsämnen som anses vara avgörande för en sjös biomassa och näringsstatus – kväve och fosfor. Normalt är det tillgången på fosfor som är avgörande för en sjös produktion. Kväve finns oftast i överskott. Därför är kväve/fosforkvoten ett mått på sjöns tillstånd – näringsfattig eller inte. Vid kvoter lägre än 10 är kväve reglerande och vid kvoter högre än 17 fosfor. Förekomsten av kvävefixering och kvävefixerande cyanobakterier blir sannolik vid kvoter mellan 15-30. Vid kvot kring 10 (underskott på kväve) blir kvävefixering mycket sannolik – bakterier tillför då vattnet kväve. Vid kvoter mellan 20-30 är näringsämnena i balans. Kväve/fosfor-kvoten i Värmullens ytvatten ger vägledning till om sjön kommer att blomma – dvs om kvävet blir begränsande får blågröna alger ett övertag då de kan kompensera för kväveunderskottet genom fixering. Sjön kan då blomma. Värmullen har ett tydligt kväveöverskott i förhållandet kväve/fosfor.

Tidsserie kväve/fosfor kvot



Kväve/fosforkvot i ytvattnet under projektperioden.



Under perioden mellan 2004 och 2019 har kväve/fosforkvot varierat mellan 22 upp till 45 och risken för algblooming är liten. Vid några få tillfällen under projektperioden 2017-2019 har kvoten legat under 15, då risk för algblooming kan sägas föreligga.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Kol bundet i organiskt material

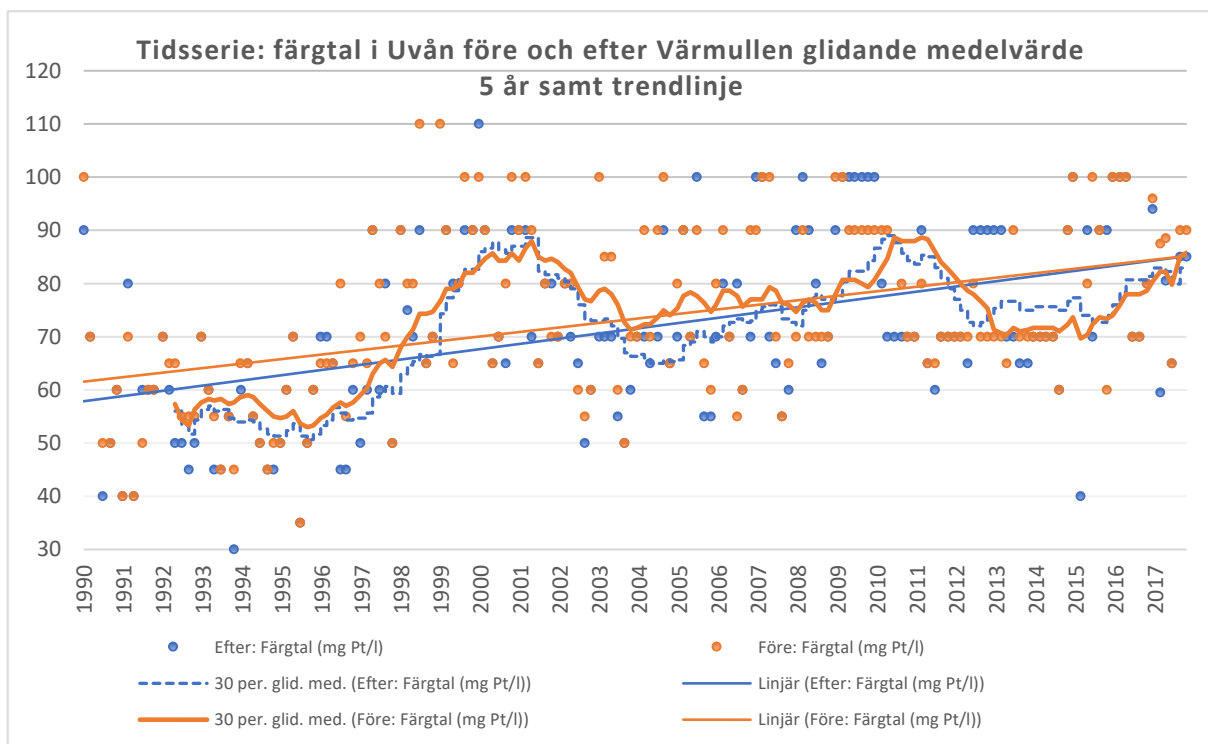
Organiskt material som kommer från skog och mark uppströms Värmullen har ökat under en lång tidsperiod. Man ser det i vattnets färg. Den bruna färgen beror på mängden organiskt material och järn från omgivande marker. Den bruna färgen orsakas främst av löst humusmaterial som läcker från marken och transporteras ut till vattendrag och vidare till sjöar.

Bakom det brunare vattnet står en kombination av olika faktorer som varmare klimat med längre växtsäsong och mindre marktjäle, minskad försurning, kraftiga regn, förändrad markanvändning och ökad andel barrskog i avrinningsområdena. Tidigare band den förhållandevis surare marken mer av själva "brunfärgen" från förmultnande träd och växter. Granskog producerar och läcker stora mängder humusämnen till avrinnande vatten. Orsaken till "brunifieringen" är ännu inte helt klarlagd.

Färgen påverkar vattnets siktdjup som minskar då solljuset inte når ner lika långt i vattnet som tidigare. Produktiva bottenar i sjön minskar då mindre ljus når ned. Det kan innebära att fiskbeståndens sammansättning förändras. Bottenfauna och rovfisk som jagar med hjälp av synen som röding, öring, abborre och gädda torde missgynnas medan exempelvis gösen med sitt välutvecklade mörkerseende kan komma att gynnas. Brunare vatten kan ge ett skifte mot att det blir mer karpfisk och mindre med rovfisk i sjöarna. Generellt behövs mer forskning inom detta område då effekterna av brunare vatten på vattnets ekosystem sannolikt är mycket komplexa.

Tidserie färgtal uppströms och nedströms Värmullen

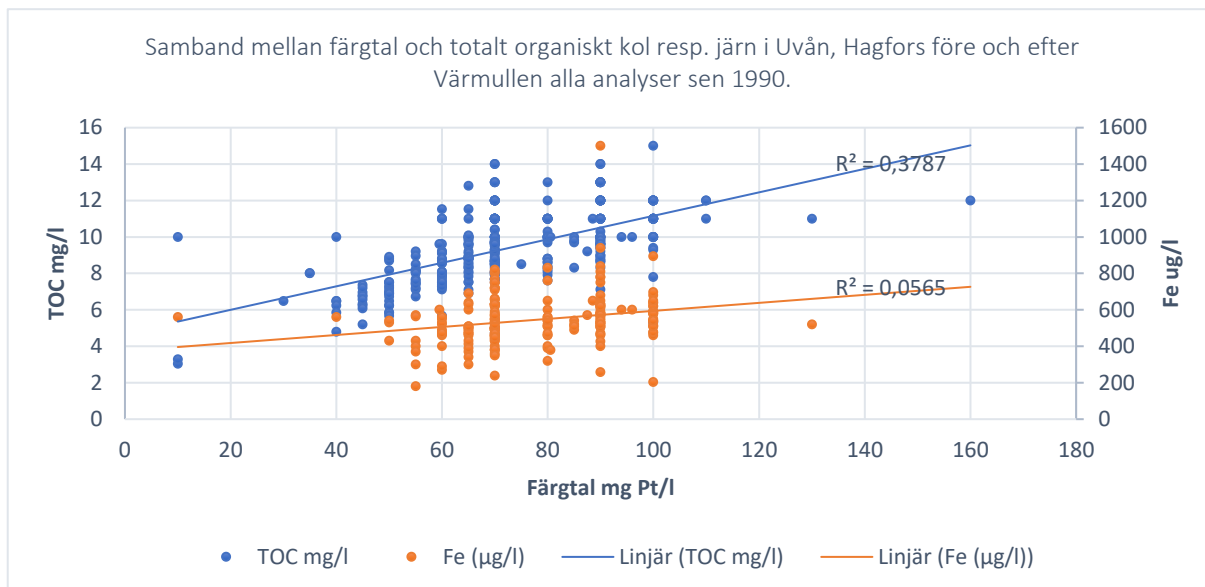
Färgtalet har ökat från ett medelvärde kring 60 år 1990 till c:a 85 år 2017, en ökning på 42 %. Det syns ingen skillnad i vattnets färg före och efter Värmullen.



Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Färgtalets koppling till humussyror eller järn?

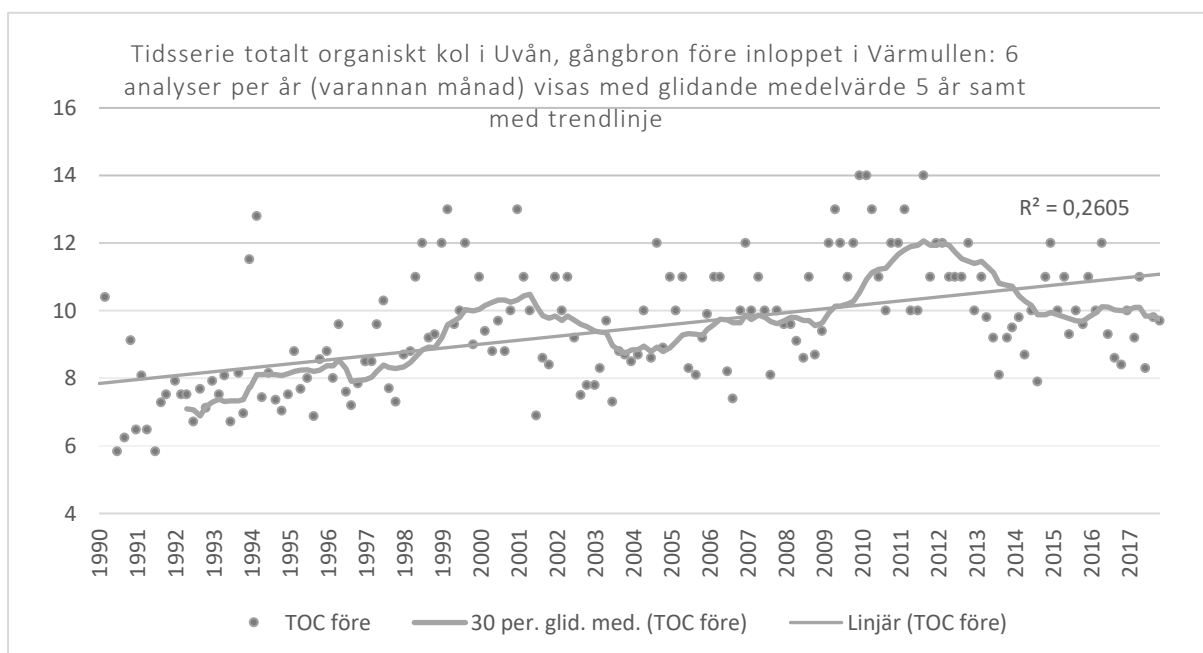
Färgtalets variation är kopplat till järnjoner och till den totala mängden kol – dvs främst humussyror



Färgtalet i Värmullen har ökat med en faktor av 1,4 sedan 1990. Sambandet mellan färgtal och totalt organiskt kol (TOC) är starkare än mellan färgtal och järn. Ökningen av färgtalet beror på ökning av TOC.

Tidsserier totalt organiskt kol i Uvåns tillflöde till Värmullen.

Totala halten av organiskt kol har ökat från ett medelvärde kring 7 mg/l år 1990 till den senaste femårsperiodens värde kring 10 mg/l, en haltökning på 1,4 ggr. Totala mängden organiskt kol i utgående vatten har varierat på liknande sätt.



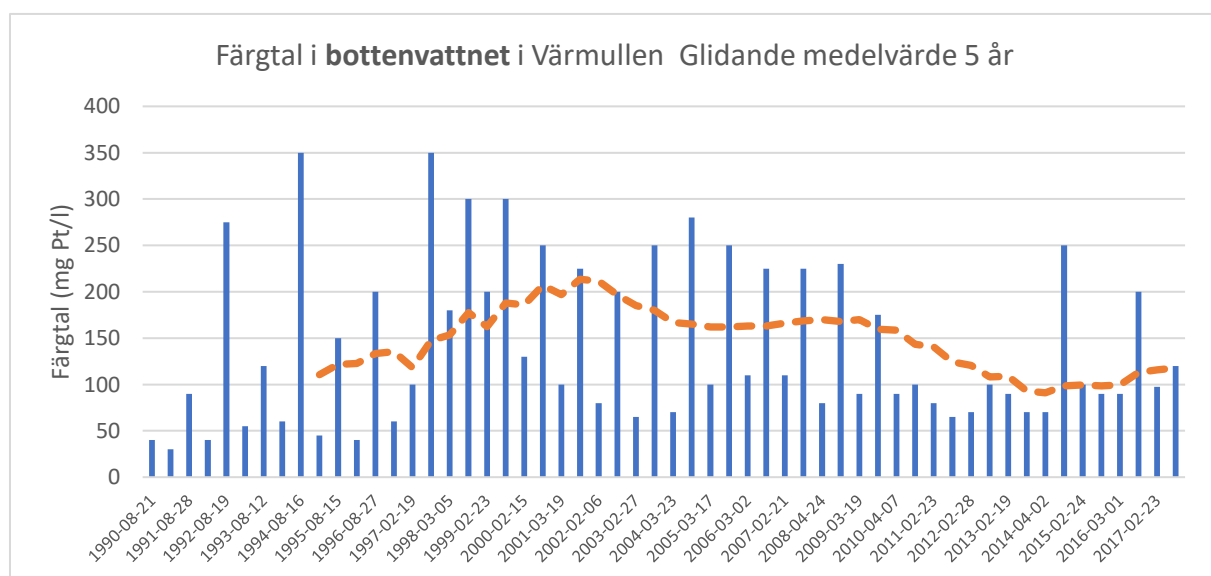
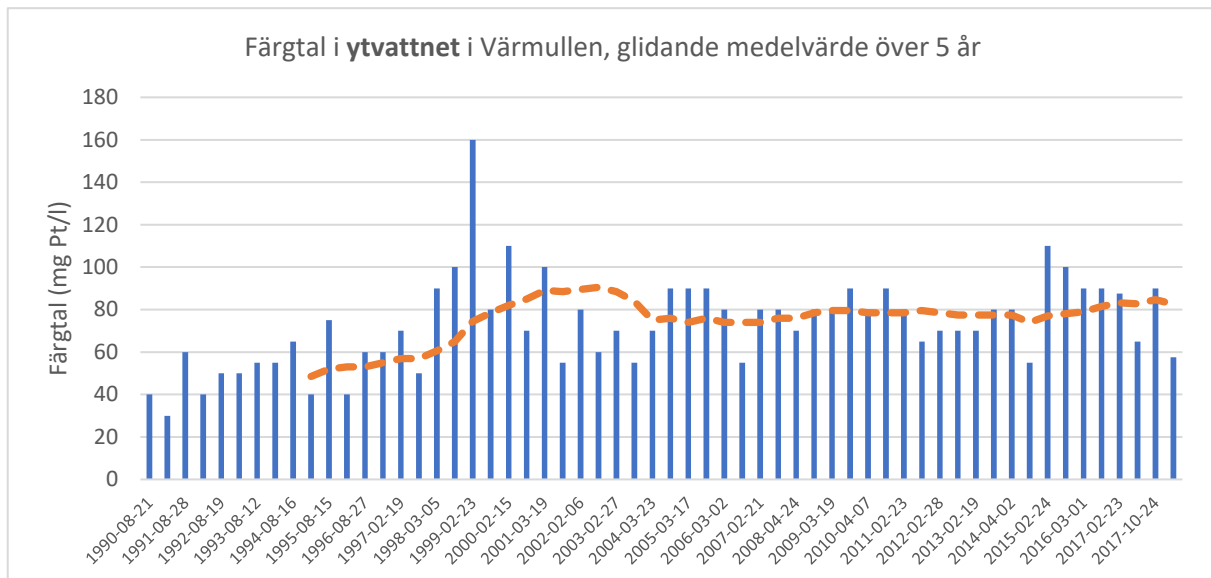
Kommentar till diagrammet: Före 1997 mättes totala mängden kol med tekniken COD-Cr och en omräkning har skett med faktorn 0,8.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Tidsserie: Färgtal i Värmullen

Serien av färgtalet i Värmullens ytvatten visar att medeltalet har stigit från 50 till 80 mg Pt/l sedan år 1990. Under perioden 1995 till år 2000 blev vattnet mörkare för att därefter stabiliseras kring ett färgtal på 80. Färgtalet kan huvudsakligen kopplas till halten totalt organiskt kol.

Färgtalet i bottenvattnet varierar mellan sommarprov (högt) och vinterprov (lägre). Särskilt under perioden 1990 - 2010 är skillnaden markant, med ett minst dubbelt så högt färgtal på sommaren (augusti) mot vinter. Förklaringen kan vara dagen då provet togs (kopplingen till flödet, högre flöde genom sjön 2011-2013 samt 2017, se diagram sid), en högre mängd organiska material och/eller en effekt av frikoppling järn vid interngödning fosfor. Även år 2014 och 2016 var skillnaden stor. Detta styrks av SYNLABs rapportering denna period.

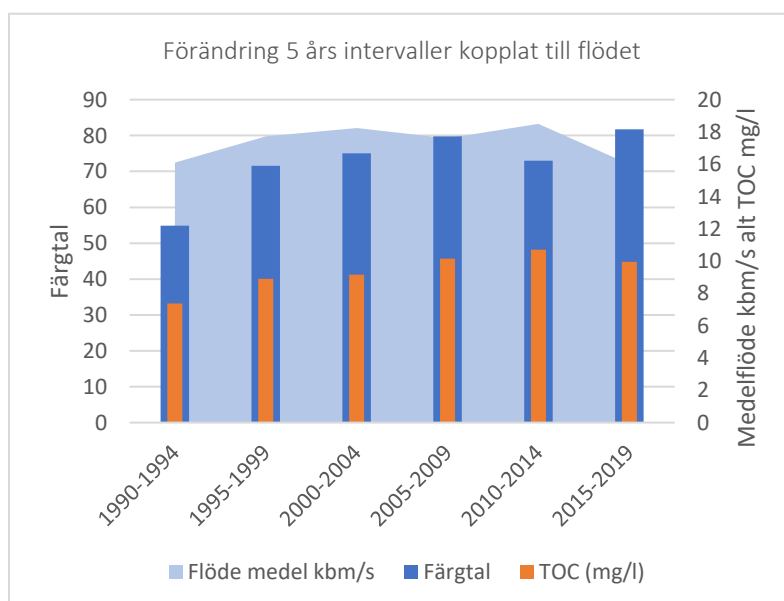
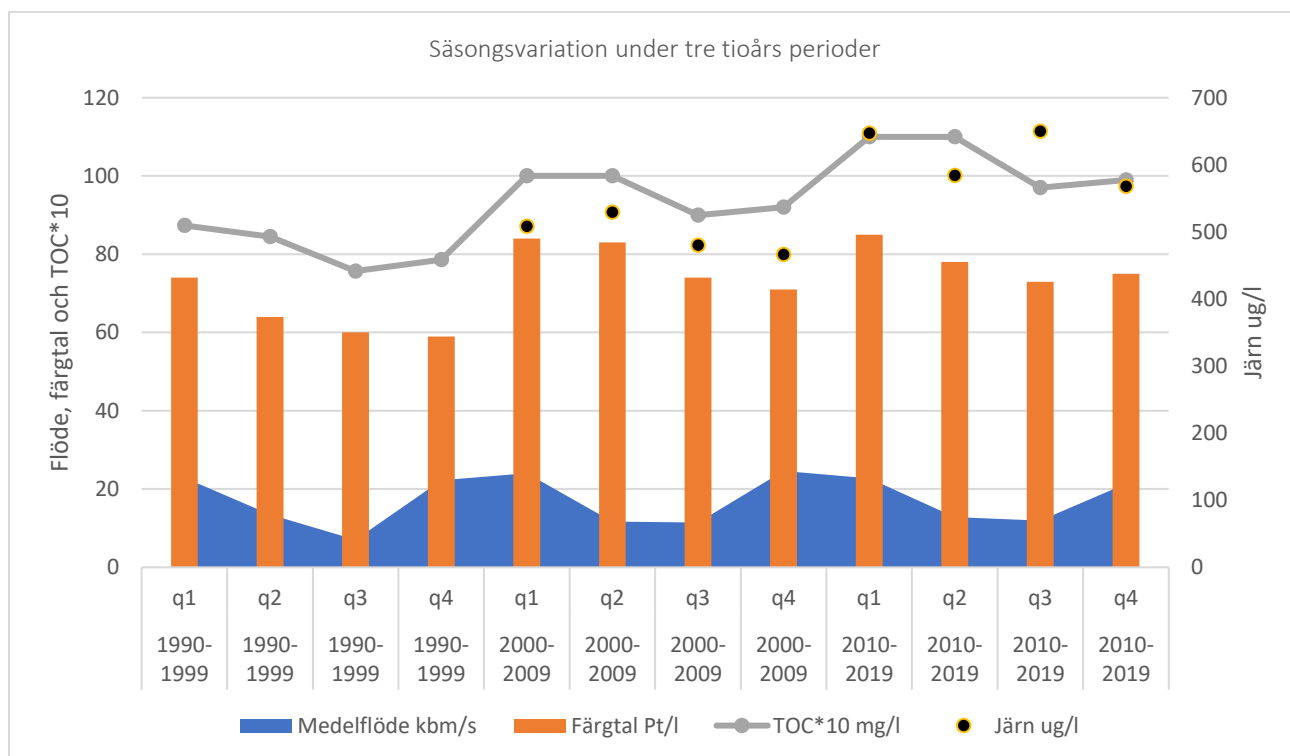


Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Säsongsvariation av färgtalet

Medelvärden under tre tioårsperioder visar att färgtalet – liksom flödet – är högt under q1, för att sedan sjunka. Trots högt flöde på senhösten – Q4 – följer inte färgtalet med. Samma säsongsvariation syns för TOC och kan ev. skönjas för järn. Tyvärr mätte man inte järn före 2005.

Diagram från SMHI bara Uvån Annas fix. Värderna från mätning i Uvån efter Värmullen.



Slutsats

Den brunifiering som skett verkar ha avstannat. Kopplingen mellan färgtal och organiskt material mätt som TOC är tydlig. Tillförseln TOC till Värmullen är högst under kvartal 1. Det verkar vara en koppling till höga flöden som sannolikt för med sig mycket humus från skogsmarken uppströms. Denna ökning TOC påverkar syrebehovet i Värmullen.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Sammanfattning näringsämnen

Kvartalsvisa skillnader mellan uppmätta halter av näringsämnen Uvån uppströms och nedströms Värmullen

Kvartalsvisa medelvärden visar att den största skillnaden mellan inkommande och utgående halter av Tot-kväve och fosfor är i tredje kvartalet: juli, aug, sept. Det är månaderna då sjöns produktion är som högst och genomströmningen i sjön är låg. Det tillskott som sker i sjön nyttjas inte fullt ut, utan släpps nedströms. Nitrat/Nitrit-andelen i total-kvävet är högst på vintern under is (Q1) då syresättningen är som högst och upptaget av växtligheten är som lägst. Tabellen nedan visar på ett ev. "släpp" av totalkväve och nitrat/nitrit kväve under juli-sept (haltökning 1,3 ggr resp. 2,1 ggr), men inte under perioder sjön är isbelagd. Då verkar istället ett visst upptag av fosfor ske som stannar i sjön. Diff. =haltförändring

Period	Antal	Stjern dygn- medel flöde	Tot-P			Tot-N			Nitrat/nitrit-Kväve			Nitar/Nitrit kvävet's - andel i utgående kväve %	
			ug/l	Före	Efter	Diff.	ug/l	Före	Efter	Diff.	ug/l		Före
2004- 2018	värden	m3/s											
Q1	16	26	8,4	6,0	-0,7	347,3	349,3	1,0	66,9	68,0	1,1	19%	
Q2	30	8	10,6	11,6	1,1	357,5	411,8	1,1	48,5	67,4	1,5	16%	
Q3	15	12	9,3	11,2	1,2	337,9	435,7	1,3	18,2	37,5	2,1	9%	
Q4	29	24	7,9	8,7	1,1	353,6	411,4	1,2	56,3	65,2	1,1	16%	

Alla medelvärden ligger inom intervallen naturligt för en tämligen näringsfattig sjö på gränsen till näringsrik. Fosforhalten visar på låga värden, medelvärden under projektperioden var 15 ug/l (9 ug/l är referensvärde för tot-P).

Inflödet av kväve till Värmullen från Uvån varierar inte mycket. I Värmullen sker tillskott av kväve från bl.a. Lappkärrs reningsverk. Ett visst överskott av denna näring flödar vidare ut i Rådasjön, vilket syns främst i haltökningen nedströms Värmullen av kväve.

Variation av näringsämnen i bottenvattnet

Provpunkter Värmullen/ medelvärden	Antal värden	Alk. mekv/l	Kond. mS/m	pH vid 20°C	Syre O2 mg/l	Färg mg/l Pt	Fosfor tot, P µg/l	NH4-N µg/l	Kväve tot, N µg/l	Nitrat + nitritkväve, NO23-N µg/l		TOC mg/l
P1 yta sommar	9	0,20	3,90	7,1		81	14	116	401	22	11	
P2 yta sommar	7	0,19	3,69	7,1		76	13	142	434	13	10	
p3 yta sommar	9	0,19	3,68	7,1		99	15	122	440	21	10	
P3 yta vinter	6	0,11	2,28	6,7		103	7	47	332	63	11	
P1 botten sommar	10	0,45	6,38	7,2	0,30	134	14	713	1874	46	10	
P2 botten sommar	10	0,29	5,12	6,7	0,40	223	17	1067	1399	65	12	
p3 botten sommar	9	0,23	3,68	6,6	0,18	278	16	478	825	49	12	
P3 botten vinter	8	0,10	2,84	6,3	4,50	103	13	25	491	178	12	

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Bottenvattnets karaktär under olika syreförhållanden

Under perioden 2009-2013 togs inget prov under augusti där syrehalten understeg 3 mg/l, utan alla analyser genomfördes vid en relativt god syresättning pga. hög vattengenomströmning. Under perioden 2004-2008 togs däremot de flesta analyser då sjön fortfarande hade dåliga syrevärden. Under projektperioden, då prover har tagits under två sommarsäsonger syns tydligt att ammoniumhalten i bottenvattnet är beroende av syrehalten. De flesta analyser under is är tagna då bottenvattnet har en syrehalt som överstiger 3 mg/l. Genomströmningen i sjön är då god pga. vinterkraftproduktionen i Uvå-systemet.

Vår genomgång av data visar att det är väldigt viktigt att ha med vattenflödet som en förklaring i bedömningen av de analyser som görs genom recipienkontrollen i Värmullen. Gör man inte det, kan man missa väldigt väsentlig information.

	Maj- sept: Perioder med låg syre (under 3 mg/l i bottenvattnet)			Maj- sept: syre över eller lika med 3 mg/syre i bottenvattnet			Under Is		
	Yta	Botten	Antal värden	Yta	Botten	Antal värden	Yta	Botten	Antal värden
Tot-P ug/l									
2004-2008	12	20	5			0	8	13	5
2009-2013			0	13	18	5	12	12	5
2014-2018	15	16	24	15	13	10	7	13	11
Ammonium ug/l									
2004-2008	167	370	5			0	45	61	5
2009-2013			0	44	85	5	53	51	5
2014-2018	64	950	24	64	371	10	48	35	11
Nitrat-Nitrit ug/l									
2004-2008	42	38	5			0	113	168	5
2009-2013			0	34	93	5	92	104	5
2014-2018	8	40	24	25	67	10	72	144	11
Tot-N									
2004-2008	564	824	5			0	348	456	5
2009-2013			0	408	512	5	392	416	5
2014-2018	406	1727	21	377	682	10	347	432	11
Färg									
2004-2008	79	242	5			0	78	94	5
2009-2013			0	79	102	5	76	84	5
2014-2018	90	269	10	113	120	4	98	103	9
Kond									
2004-2008	6,18	4,8	5			0	5,3	3,8	5
2009-2013			0	3,3	3,6	5	2,6	3,0	5
2014-2018	5,9	3,3	24	2,9	3,4	10	2,4	2,7	11
pH									
2004-2008	6,8	6,6	5			0	6,6	6,3	5
2009-2013			0	6,9	6,7	5	6,4	6,4	5
2014-2018	7,1	6,56	11	6,9	6,5	4	6,6	6,4	9

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Bedömningsgrunder

Fosfor bedöms i sjöar efter sin produktionsstimulerande effekt, medan kväve klassificeras efter hur vanliga olika kvävenivåer är i landet.

Tillståndsbedömning kväve och fosfor

Tillstånd (=halt, fosfor/kväve-kvot) och avvikelser (nutida tillstånd i relation till ett referenstillstånd eller "jämförvärde") bedöms separat. Nya regler gäller för mätintervallen, det har ännu inte tillämpats på Värmullen.

Tillståndsklasserna för fosfor- och kvävehalter i sjöar (HVMFS 2018:17):

Krav på underlagsdata.(HVMFS 2018:17)

Bedömningen ska göras på ytvattenprover motsvarande höstcirkulationen, helårsmedelvärde eller augustiprov. Med höstcirkulationen avses en ytvattentemperaturen på eller under 8 °C och med helårsmedelvärdet avses medelvärdet av minst fyra prover varav minst ett från varje årstid. Vid beräkningen ska användas ett medelvärde på vattnets absorbans och turbiditet för samma tidsperiod som tot-P har uppmätts

Klass	Benämning	Färg	Säsongsmedelvärde ett år för fosfor maj-okt (µg tot-P/l)	3-års medelhalt för fosfor under augusti (µg tot-P/l)	Säsongsmedelvärde ett år för kväve maj-okt (µg Tot-N/l)
1 (1a,1b)	Låga halter	Blå	0–12,5	0-12,5	0–300
2	Måttligt höga halter	Grön	12,5-25	12,5-23	300-625
3	Höga halter	Gul	25–50	23-45	625-1250
4	Mycket höga halter	Orange	50–100	45-96	1250-5000
5	Extremt höga halter	Röd	>100	Ej def.	>5000

Bedömningen för Värmullen gjord enligt denna standard blir måttligt höga halter av näringsämnen både för fosfor och kväve. Medelhalt för augusti i Uvån nedströms Värmullen samt i Värmullens yta under projektperioden 2017-2019 ger samma tillståndsklass för Värmullen, oberoende av analysurval. Fosforhalten pendlar mellan låga och måttligt låga halter. Kvävehalten pendlar mer, mellan låga och i vissa lägen går kvävehalten i ytan över till höga halter.

2017-2019 Augustivärden, medel tre år	Fosfor- tot-P ug/l		Kväve Tot-N ug/l	
	Uvån nedströms	Värmullen yta	Uvån nedströms	Värmullens yta
Antal analyser, aug	3	14	3	14
Medel	14	15,5	397	414
Max	16	20	470	680
Min	12	12	350	240
STD	2,8	2,7	148,3	151

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Ekologisk kvot för fosfor

Den ekologiska kvoten för fosfor räknas genom att dela referensvärdet med uppmätt fosforhalt. Referensvärdet för Värmullen är 9,86 ug To-P/l. Kvoten blir lite olika utifrån de två olika sätten att bedöma, medelvärden under en säsong resp. uppmätta halter i augusti i ytan under tre år. Den ekologiska kvoten för fosfor blir god, på gränsen till hög oberoende hur man räknar.

3-års Medelvärden av augustianalyser	Tot-P ug/l i Uvån nedströms	Ekologisk kvot Uvån	Tot-P ug/l i Ytan N viken i Värmullen	Ekologisk kvot N Viken
2004-2006	13,2	0,75	11,0	0,90
2007-2009	13,9	0,71	12,3	0,80
2010-2012	8,9	1,11	12,3	0,80
2013-2015	10,4	0,94	13,7	0,72
2016-2018	11,8	0,84	13,8	0,72
Projektperioden 2017-2019	14,0	0,70	15,9 (8 värden 0,5 m under ytan i augusti)	0,62

Ekologisk kvot Värmullen epilimnion (ytan) : (referensvärde 9,86 ug tot-P

Maj-Sept	Antal analyser	Tot-P	Ekologisk kvot, fosfor	Tot-N
2017	5	14,4	0,68	405
2018	8	15,3	0,65	408
2019	3	15,3	0,64	360

Tillståndsbedömning kväve – fosforkvot

Genom att bedöma kvävehalter i samspel med fosforhalter får kvävehalterna i sjöar en ekologisk betydelse. Skalan visar tillgång på kväve i relation till fosfor på sommaren och indikerar uppträdande av cyanobakterier ("blågröna alger") och kvävefixerande blågröna alger. Alla kvoter avser tidsperioden juni -- september.

Klass	Benämning	Färg	Totalkväve / totalfosforkvot
1	Kväveöverskott	Blå	>30
2	Kväve -- fosforbalans	Grön	15-30
3	Måttligt kväveunderskott	Gul	10-15
4	Stort kväveunderskott	Orange	5-10
5	Extremt kväveunderskott	Röd	<5

N/P kvot Värmullen Juni-Aug under projektperioden, Analyser i ytan (0,5 m ner).

Maj-Sept under projektperioden	Antal analyser	Tot-P	Tot-N	N/P-kvot
2017	5	14,4	405	27
2018	8	15,3	408	28
2019	3	15,3	360	31

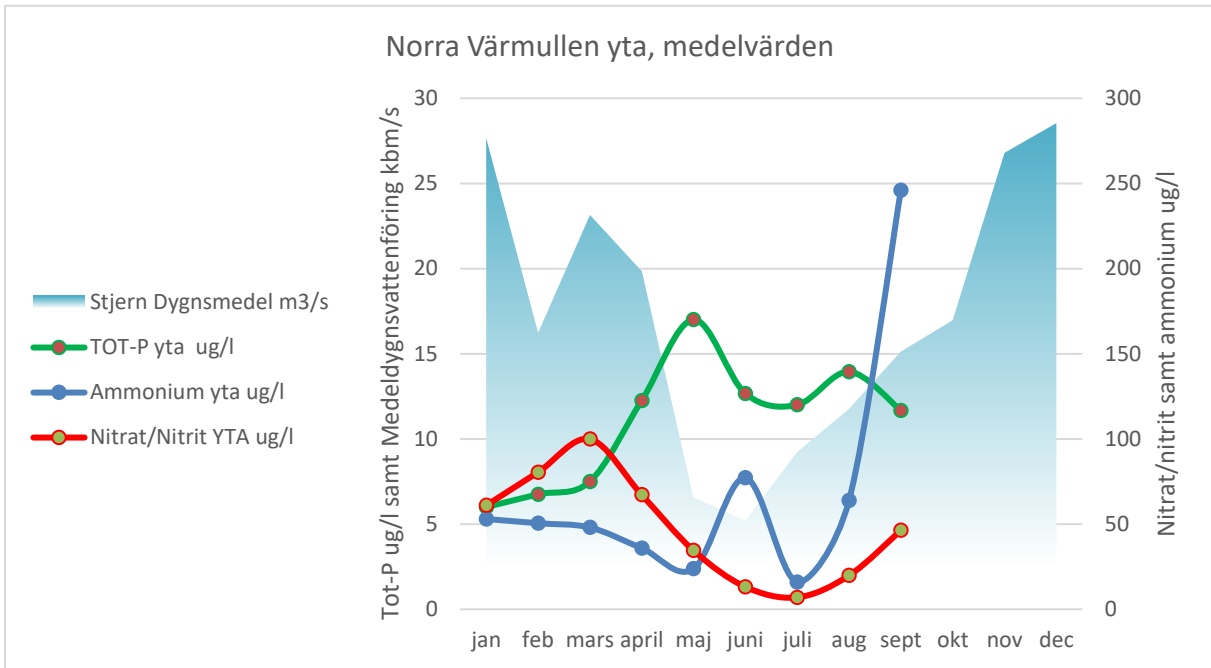
Enligt de bedömningsgrunder som hittills tillämpats på näringsstatus får Värmullen godkänt: Bedömningen blir god, på gränsen till hög. Då har metoden med 3-års medelvärden för fosforhalt på augustivärden använts vid bedömningen. Vid den typen av bedömning fångas inte de variationer som följer av vattenflödet in. Det vore bättre med en expertbedömning utifrån täta mätningar i sjön och med hänsyn taget till att sjön är kraftigt regleringspåverkad.

Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

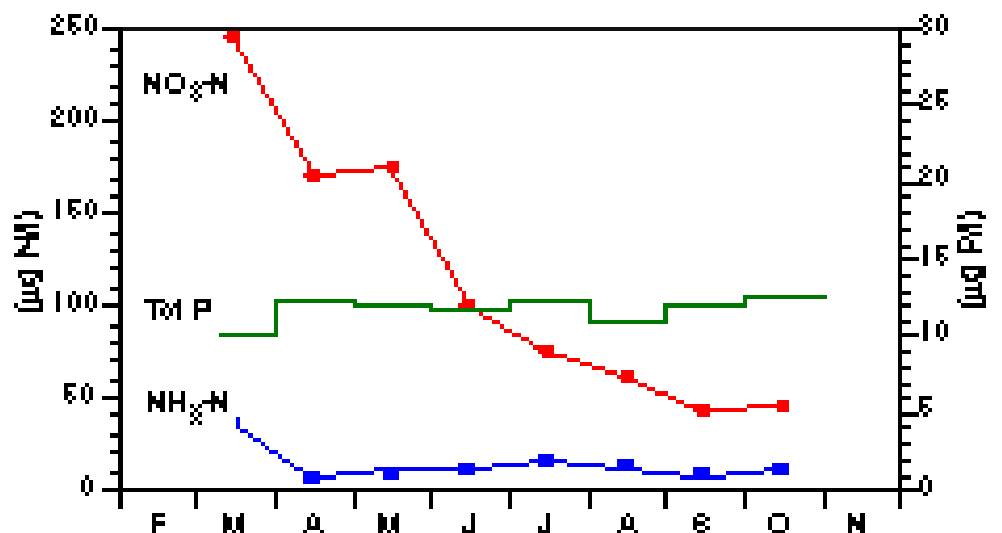
Karakterisering, sammanfattning

Ytvattnet:

Efter islossningen, då vegetationsperioden börjar nyttjas det tillgängliga kvävet och nitrat/nitrithalten sjunker. Under stagnationen och syrebristen höjs ammoniumhalten kraftigt. Fosforhalten varierar mindre men är lägst i början och slutet av säsongen.

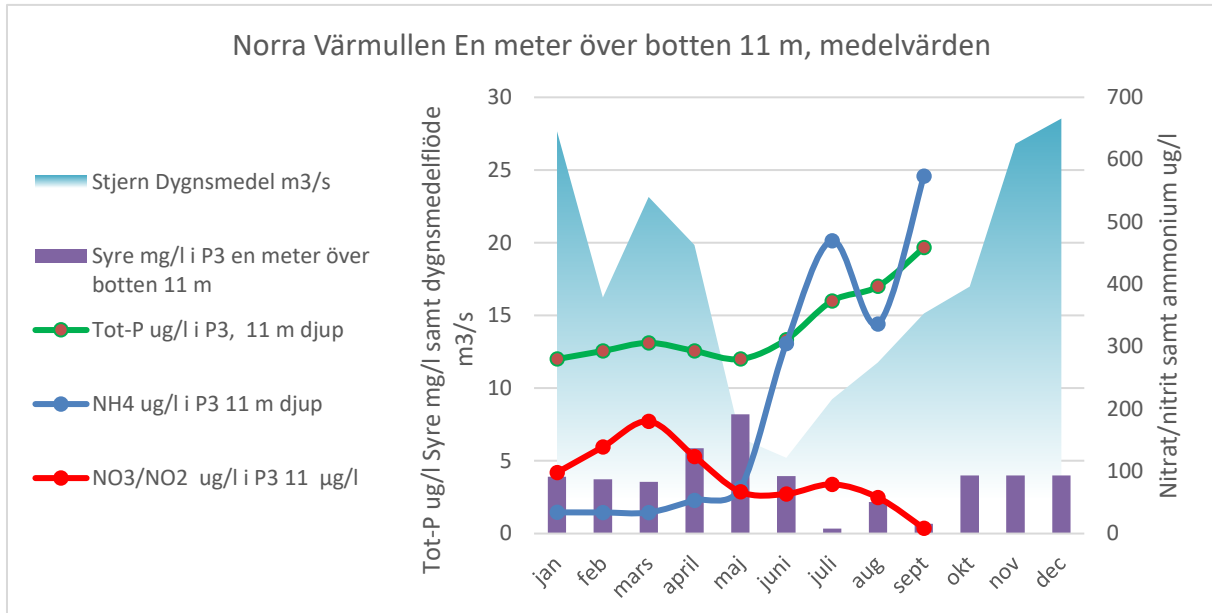


Jämför referenssjön Fiolen i Småland. Säsongsvärden avviker i Värmullen trots att halterna inte är särskilt avvikande från referenssjön.

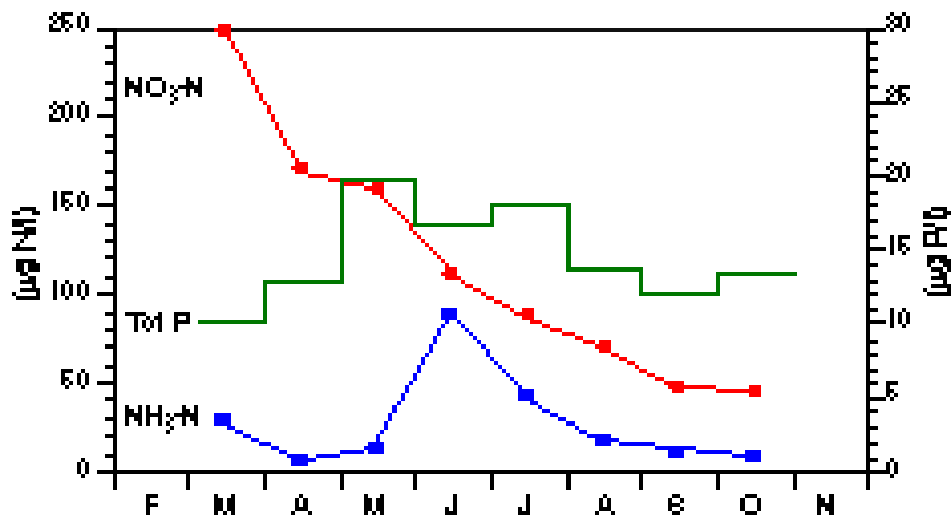


Lokal åtgärdsplan för Värmullen KAP 4

Bottenvatten



Variation av näringsämnen under året avviker även i bottenvattnet jämfört med referenssjön Fiolen, även om avvikelserna inte är så stora som i ytvattnet. Ammoniumkväve toppar under den syrefria perioden i båda sjöarna men det är en mycket högre halt i Värmullen. Tillgängligt kväve (nitrat-nitrit) sjunker givetvis under den syrefria perioden. Skillnaden är att ammoniumhalterna är väldigt mycket högre i Värmullen. Fosfor ökar i bottenvattnet under hela vegetationsperioden.



Näringsämnenas halter och kvävet fraktioner under en årscykel i Värmullen avviker från en liknade ej regleringspåverkad sjö främst när det gäller ammonium-kvävet som stiger både i ytvatten och bottenvatten under slutet av sommaren. Detta kan härledas till de långa perioder under sommaren då flödet genom sjön är litet och syrehalten då blir låg.