



ALcontrol Laboratories



# NORRA SALEN

## Fördjupad undersökning och inledande åtgärdsplanering

Alvesta kommun

Uppdragsgivare: Alvesta kommun  
Kontaktperson: Bertil Sandberg  
Centralplan 1, 342 80 Alvesta  
Tel: 0472 - 152 15  
E-post: bertil.sandberg@alvesta.se

Utförare: ALcontrol AB  
Projektansvarig: Håkan Olofsson (ALcontrol AB)  
Rapportskrivare: Håkan Olofsson (ALcontrol AB)  
Delprojektledare: Jens Morin (Naturcentrum AB)  
Kvalitetsgranskning: Ann-Charlotte Norborg Carlsson (ALcontrol AB)  
Kontaktperson: Håkan Olofsson  
Karins gränd 13, 302 75 Halmstad  
Tel. 073 - 633 83 69  
E-post: hakan.olofsson@alcontrol.se

Omslagsfoto: Norra Salen från gångbro över Lekarydsåns mynning, oktober 2016  
(foto: Håkan Olofsson, ALcontrol AB)

Tryckt: 2016-11-28

# INNEHÅLL

Sid nr

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | SAMMANFATTNING .....   | 1  |
| 2.     | INLEDNING .....  | 5  |
| 2.1.   | Bakgrund .....   | 5  |
| 2.2.   | Uppdraget.....   | 7  |
| 2.2.1. | Avgränsning.....   | 7  |
| 2.3.   | Historik .....   | 8  |
| 2.3.1. | Eutrofieringen .....   | 8  |
| 2.3.2. | Återhämtningen.....  | 9  |
| 3.     | GENOMFÖRANDET.....   | 10 |
| 3.1.   | Deltagande personer .....  | 10 |
| 3.2.   | Insamling och sammanställning av befintliga data.....                                  | 10 |
| 3.3.   | Behovs- och bristanalys.....   | 11 |
| 3.4.   | Kompletterande undersökningar .....  | 12 |
| 3.4.1. | Vattenkemi i Norra Salen och tillrinnande vattendrag .....                             | 12 |
| 3.4.2. | Sediment i Norra Salen .....   | 13 |
| 3.5.   | Historisk källfördelning (externa källor, budget och intern belastning/retention)..... | 15 |
| 3.5.1. | Externa källor .....   | 15 |
| 3.5.2. | Uttransport, budget och intern belastning/retention .....                              | 20 |
| 3.6.   | Kartläggning och planering av vattenvårdsåtgärder.....                                 | 21 |
| 3.6.1. | Avgränsning.....   | 22 |
| 3.6.2. | Underlag och metodik.....  | 23 |
| 3.6.3. | Vattenkemisk provtagning och analys .....  | 23 |
| 4.     | RESULTAT OCH DISKUSSION.....   | 24 |
| 4.1.   | Nuvarande tillstånd och status samt tidsserier och trender.....                        | 24 |
| 4.1.1. | Fosfor .....   | 24 |
| 4.1.2. | Klorofyll och växtplankton .....   | 31 |
| 4.1.3. | Fisk.....  | 34 |
| 4.1.4. | Kväve.....   | 35 |
| 4.1.5. | Grumlighet .....   | 37 |
| 4.1.6. | Vattenfärg och organiskt material.....   | 40 |
| 4.1.7. | Siktdjup.....  | 41 |
| 4.2.   | Sediment i Norra Salen .....   | 45 |
| 4.2.1. | Karakterisering.....   | 45 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 4.2.2.  | Analys.....   | 47  |
| 4.2.3.  | Mobilt fosfor.....  | 49  |
| 4.2.4.  | Bedömning av sedimentationshastighet.....   | 51  |
| 4.2.5.  | Igenväxning och sedimenttransport.....  | 51  |
| 4.3.  | Historisk källfördelning (externa källor, budget och intern belastning/retention).....      | 54  |
| 4.3.1.  | Hydrologisk belastning 2011-2015.....   | 54  |
| 4.3.2.  | Hydrologisk belastning 1999-2015.....   | 55  |
| 4.3.3.  | Extern belastning av fosfor och kväve 2011-2015.....  | 55  |
| 4.3.4.  | Extern belastning 1999-2015.....  | 57  |
| 4.3.5.  | Belastning från olika källtyper.....  | 60  |
| 4.3.6.  | Uttransport av fosfor, budget och intern belastning/retention.....                          | 61  |
| 4.3.7.  | Uttransport av kväve, budget och retention.....   | 68  |
| 4.3.8.  | Budget för suspenderad substans, TOC, fosfatfosfor och ammoniumkväve.....                   | 70  |
| 4.3.9.  | Åtgärdsbehov och scenarier.....   | 71  |
| 4.4.  | Kartläggning och planering av vattenvårdsåtgärder.....                                      | 75  |
| 4.4.1.  | Vattenvårdsåtgärder sammanfattande resultat.....  | 75  |
| 4.4.2.  | Vattenkemisk provtagning och analys.....  | 76  |
| 4.4.3.  | Bedömning av potentiell fosforreduktion.....  | 79  |
| 4.4.4.  | Nästa steg.....   | 79  |
| 5.  | SLUTSATSER.....   | 81  |
| 5.1.1.  | Åtgärder mot extern belastning.....   | 82  |
| 5.1.2.  | Åtgärder mot intern belastning.....   | 86  |
| 5.1.3.  | Ekologisk struktur.....   | 87  |
| 5.1.4.  | Förslag till Etapp 2:.....  | 89  |
| 5.1.5.  | Förslag till förändring av kontrollprogram för Mörrumsåns samordnade recipientkontroll..... | 90  |
| 6.  | REFERENSER.....   | 91  |
| BILAGA 1. VATTENKEMISKA ANALYSRESULTAT 2015-2016.....                     |   | 93  |
| BILAGA 2. SEDIMENTKEMISKA ANALYSRESULTAT 2015-2016.....                   |   | 103 |
| BILAGA 3. ÅTGÄRDSFÖRSLAG, NEDRE DELEN AV SKADDEÅNS AVRINNINGSSOMRÅDE..... |   | 109 |
| BILAGA 4. ÅTGÄRDSFÖRSLAG, VESTMADEN & ENGAHOLM.....                       |   | 133 |

# 1. SAMMANFATTNING

Under våren 2015 togs en projektplan fram med målsättningen att förbättra övergödningssituationen i Norra Salen och på sikt uppnå "god ekologisk status" i sjön. I föreliggande rapport redovisas resultaten från projektets första etapp. Syftet med projektets första etapp, har varit att klargöra förhållandena kring Norra Salen vad gäller nuvarande övergödning- och belastningssituation som underlag för projektets fortsatta inriktning. Uppdraget har omfattat olika delmoment som insamling och sammanställning av befintliga data, behovs- och bristanalys, kompletterande undersökningar, historisk källfördelning samt kartläggning och planering av inledande vattenvårdsåtgärder inom ett mindre område i nedre delen av Skaddeån. Arbetet påbörjades sommaren 2015 med utökad provtagning i Norra Salen och vissa betydande tillflöden.

Vattenvårdsproblemen i Norra Salen är framför allt kopplade till övergödning med förhöjda fosforhalter, hög primärproduktion i form av växtplankton, grumligt vatten och förhöjd fosforbelastning på nedströms liggande vattenområden (Södra Salen och Åsnen) men också igenväxning av grunda vikar, stora vattennivåvariationer och resuspension av sediment.

Norra Salen karakteriseras som en mycket grund sjö med ett medeldjup på endast ca 1,2 meter och periodvis mycket låga vattennivåer, vilket påverkar sjöns vattenkvalitet och funktion som rekreationsområde (Foto 1). Vid normalt till högt vattenstånd utgör dock Norra Salen en mycket fin del av landskapsbilden med en vacker vattenspegel, omgivande vassar och grunda vikar med hög biologisk mångfald (Foto 1). Sjön är näringsrik och näringsstatusen bedöms vara "måttlig" med avseende på fosfor och växtplankton. Vattnet i Norra Salen bedöms vara starkt grumligt p.g.a. tillflöde av starkt grumligt vatten, resuspension av sediment och förekomst av alger. Siktdjupet i sjön är i genomsnitt ca 1,1 meter, vilket också motsvarar "måttlig status".

För att uppnå "god ekologisk status" i Norra Salen behöver bl.a. fosforhalterna minska med i storleksordningen 30 % jämfört med nuvarande situation. Siktdjupet behöver öka och mängden



Foto 1. Norra Salens norra del vid normalvattenstånd (vänster) och extremt lågvatten (till höger). Foto: Håkan Olofsson.

växtplankton behöver minska. Sjön behöver också få en mer naturlig sammansättning av vattenväxter och fisk.

Mot bakgrund av erhållna resultat och fört resonemang i rapporten framgår att det finns förutsättningar att med ett fortsatt åtgärdsarbete förbättra vattenkvaliteten i Norra Salen och uppnå målsättningen "god ekologisk status", men de åtgärder som krävs är mycket omfattande. För att uppnå "god ekologisk status" bör åtgärder i första hand inriktas mot att minska halterna av fosfor i den fria vattenmassan, då fosfor är en faktor som har en avgörande betydelse för en sjös övergödningssituation. Eftersom fosfor till stor del är partikelbunden kommer åtgärder som inriktas mot att minska grumligheten (partikelmängden) i vattnet också reducera fosforhalterna i sjön. Minskade fosforhalter kommer leda till minskad produktion av alger, vilket i sin tur också bidrar till ett klarare vatten. Genom att minska grumligheten och produktionen av alger i vattnet minskar även sedimentationen i sjön och därmed uppgrundning och igenväxning. Ett mindre grumligt vatten ger också bättre förutsättningar för etablering av undervattensväxter som har stor betydelse för sjöns ekologiska struktur med många positiva feedbackmekanismer på sjöns vattenkvalitet.

Den historiska beskrivningen i rapporten visar att övergödningssituationen i Norra Salen har förbättrats sedan 1970-talet, men för den senaste 20-årsperioden syns ingen fortsatt signifikant förbättring i sjön. 0-alternativet, d.v.s. om man inte vidtar några fortsatta förbättringsåtgärder, blir förmodligen att Norra Salens övergödningssituation inte kommer att förbättras nämnvärt inom överskådlig framtid. Detta mot bakgrund av att sjön är mycket grund (innebär resuspension av sediment och dålig självreningsförmåga) och att sjön påverkas betydligt av externa källor som bl.a. dagvatten, erosionskänslig jordbruksmark, enskilda avlopp och reningsverk. Någon direkt försämring av övergödningssituationen är inte heller trolig. Däremot kommer sannolikt uppgrundning och igenväxning av sjöns grundområden att fortsätta och på sikt kommer Norra Salen delvis att förvandlas till en våtmark, även om det kommer ta flera hundra år.

Utförda undersökningar och beräkningar i rapporten visar att den externa belastningen av fosfor har störst betydelse för fosforhalterna i Norra Salen. Skaddeån och Lekarydsån står för den allra största delen av den samlade fosforbelastningen (Figur 1), varför fosforhalterna i dessa vattendrag till stor del styr fosforhalterna i sjön. Den största antropogena delen av den externa belastningen kommer från jordbruksverksamheter och enskilda avlopp. Därefter utsläpp via kommunala reningsverk och dagvatten.

Åtgärder mot den externa fosforbelastningen på sjön bör prioriteras mot bakgrund av att:

- vattenkvaliteten i Norra Salen till största delen styrs av vattenkvaliteten i tillrinnande vatten
- den externa fosforbelastningen är för hög för att Norra Salen långsiktigt skall kunna nå god status vad gäller fosfor
- fosforhalterna i tillrinnande vattendrag behöver minska för att vattendragen i sig skall uppnå god status med avseende på fosfor
- undersökningar har visat att det finns områden/biflöden där fosforhalterna är mycket höga eller extremt höga och där kostnadseffektiva åtgärdsalternativ kan prioriteras
- behovet av att skapa våtmarker i tillrinningsområdet har bedömts vara stort för flödesutjämning, sedimentation och fosforrening men också ur naturvårds- och rekreationssynpunkt
- resuspension av partiklar i dagvattenledningar, diken, åarna och/eller åarnas mynnings-/deltaområden i samband med stor nederbörd och avrinning gör att stora mängder partiklar och därmed fosfor i höga halter återförs till vattenmassan och tillförs Norra Salen under kort tid
- utsläpp från Alvesta reningsverk och bräddvatten kan ha stor betydelse för halterna av lättillgängligt fosfor och därmed algutväxten i sjön
- beräkningar visar att potenta åtgärder mot den externa belastningen kommer ha positiv effekt på sjön.

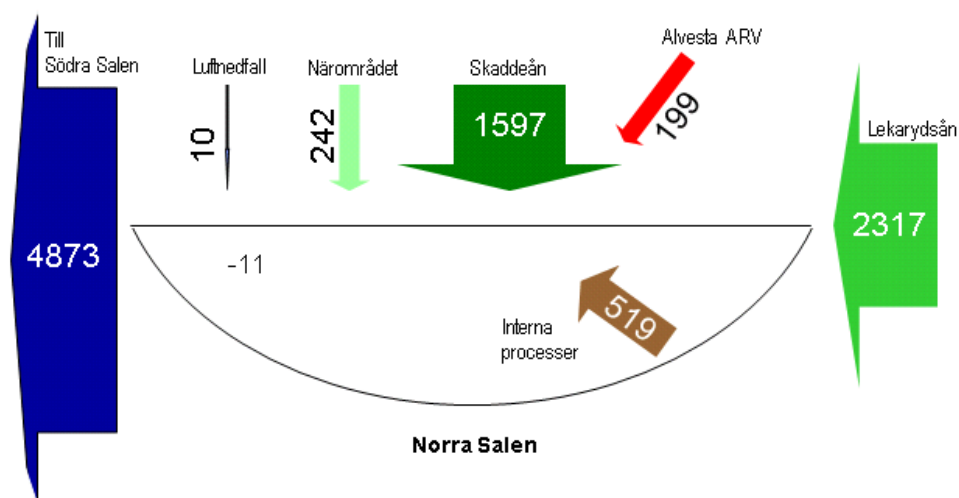
Läckaget av fosfor från Norra Salens sediment bedöms vara av mindre betydelse för sjöns övergödningssituation eftersom halterna av mobilt fosfor i sedimenten är förhållandevis låga. Utförda beräkningar tyder dock på att ca 500 kg fosfor frigörs i Norra Salen per år p.g.a. interna processer i sjön, vilket motsvarar ca 11 % av den totala fosforbelastningen på sjön (Figur I).

En stor del av den beräknade interna fosforbelastningen kan härledas till resuspension av sediment i sjön i samband med kraftig vind- och vågpåverkan. Resuspension och återsedimentation av resuspenderat material kan också ha avgörande betydelse för uppgrundningen och därmed igenväxningen av sjöns grunda vikar. En viss intern fosforbelastning sker i form av läckage av fosfor från sedimenten och då främst i form av mineralisering av organiskt material. Även bioturbation kan ha betydelse för den interna belastningen, men då framför allt i samband med längre perioder med låg tillrinning till sjön och långa uppehållstider, eftersom kortare uppehållstider gör att bioturbationen sannolikt inte hinner få någon betydande effekt i sjön.

Åtgärder mot den interna fosforbelastningen i sjön bör prioriteras mot bakgrund av att:

- det finns en obalans mellan sjöns sediment- och vattenfas, vilket beror på att sjön är sänkt, mycket grund och har för mycket lösa sediment i förhållande till vattendjup och exponeringsgrad. Detta gör att sjön inte fungerar som en fosforfälla.
- en restaurering av sjön genom t.ex. sedimentmuddring kan skapa bättre förutsättningar för sedimentation, minska riskerna för resuspension och sedimenttransport i sjön, minska risken för igenväxning och öka skönhetsupplevelsen kring sjön.

Vid många sjörestaureringar är återetablering av undervattensväxter nyckeln till framgång och till långvarigt positiva effekter på vattenmiljön. Undervattensväxterna stabiliserar sedimenten, vilket minskar resuspension och sedimenttransport, erbjuder substrat för fastsittande mikroalger som konkurrerar med det fria vattnets planktonalger om näringen och erbjuder skydd för andra organismgrupper med centrala roller för närings- och växtplanktonsituationen, t.ex. fisk och djurplankton. I Växjö är man på god väg att återetablera undervattensväxter i Trummen och Växjösjön genom reduktionsfiske och inplantering av vattenväxter. Vår bedömning är dock att detta skulle vara svårare i Norra Salen mot bakgrund av att sjön är förhållandevis stor, vindexponerad och mycket grund samt har stora vattennivåvariationer och lösa grunda sediment. Även om en återkolonisation av undervattensväxter skulle vara möjlig i Norra Salen skulle perioder med kraftiga vindar och låga vattennivåer alternativt höga vattennivåer kunna medföra en utslagning av undervattensväxterna och därmed en återgång till ett grumligt stadie. Flera olika åtgärder måste därför utföras i kombination för en långsiktig positiv effekt.

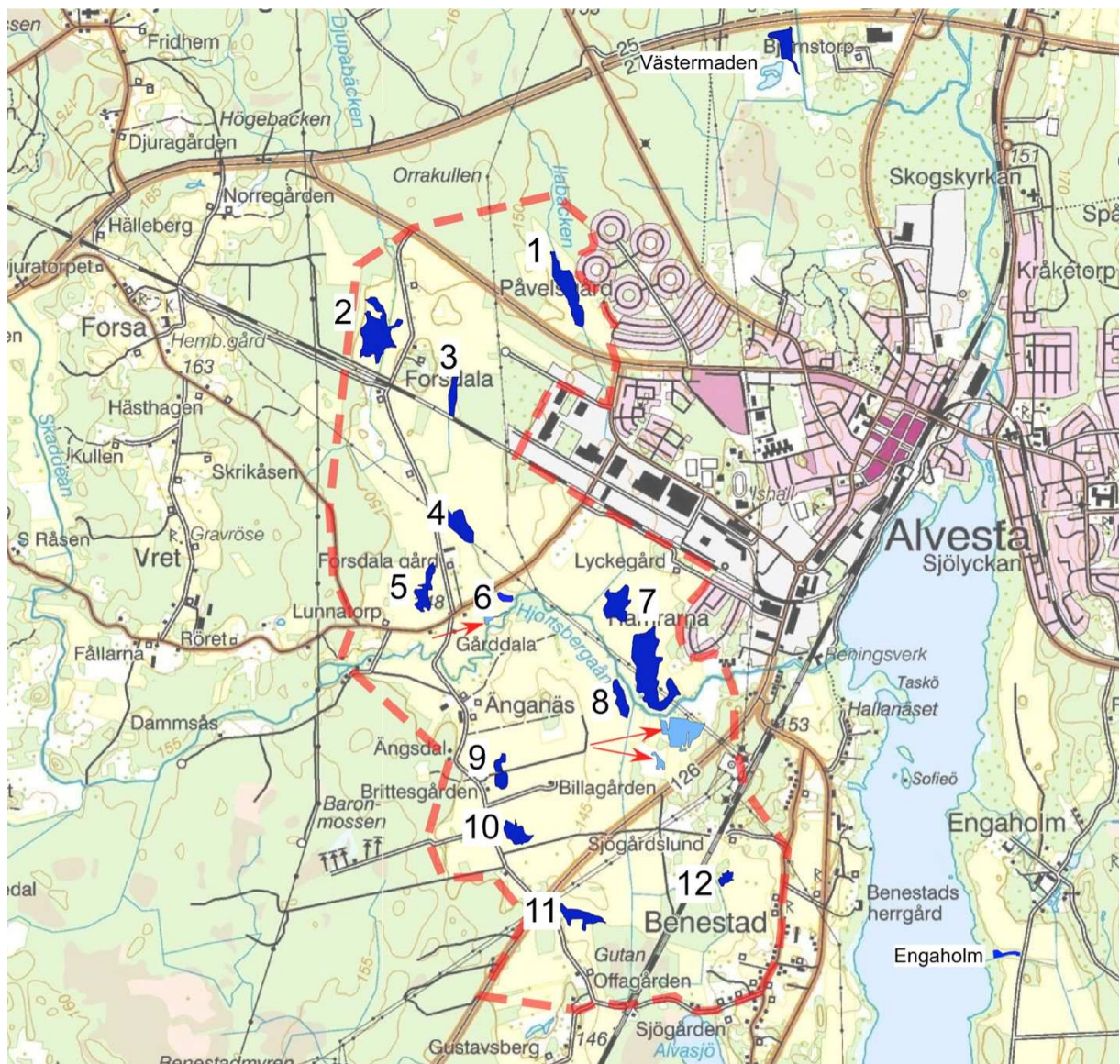


Figur I. Fosforbudget (kg P/år) för Norra Salen vid nuvarande situation (medelsituation för åren 2011-2015). Pilarnas bredd är proportionella mot fosformängden. Siffran i sjöns vänstra del motsvarar förändringen i fosformängd i sjöns vattenvolym från beräkningsperiodens början till slut. Fosforbalansen varierar betydligt under året.

Inom projektet har kartläggning och planering av inledande vattenvårdsåtgärder utförts i ett mindre område i nedre delen av Skaddeån. 12 olika förslag till vattenvårdsåtgärder, i form av våtmarker, har tagits fram (Karta I). Uppströms kan fler tänkbara förslag finnas, men de ligger utanför projektets ram. Åtgärdsförslagen har förutsättningar att återskapa en del av den flödesutjämnande och vattenhushållande funktion som fanns i området historiskt och därmed ge en mycket god reningseffekt avseende fosfor.

Av de förslagna vattenvårdsåtgärderna är endast ett beläget på kommunalt ägd mark, övriga är privat ägda. Ett betydande motstående intresse är i flertal av förslagen att produktiv åkermark tas i anspråk. De vattenvårdsåtgärder som man anser lämpliga att gå vidare med ska därför i första hand förankras hos markägare. Finns intresse och möjlighet att ta åtgärdsförslagen vidare återstår därefter att utreda hur åtgärderna ska finansieras. Vattenvårdsåtgärderna som föreslås kommer också kräva någon form av prövning enligt Miljöbalken.

Med informationen i denna rapport och utifrån de erfarenheter man fått vid den inledande åtgärdsplaneringen bör man diskutera och besluta om vad som ska ingå i projektets Etapp 2. Flera förslag till inriktning redovisas i rapportens sista avsnitt "Slutsatser".



Karta I. Översikt av föreslagna vattenvårdsåtgärder i nedre delen av Skaddeån.



## 2. INLEDNING

### 2.1. Bakgrund

Sjön Salen, i Alvesta kommun, har historiskt sett förmodligen varit en måttligt näringsrik humös sjö. Sjön ligger inom Mörrumsåns avrinningsområde och Mörrumsåns huvudfåra genomströmmar sjöns södra del (Södra Salen). Sjöns norra del (Norra Salen) påverkas inte av Mörrumsåns huvudfåra utan får sitt tillrinnande vatten i huvudsak från Lekarydsån och Skaddeån. Norra Salen är centralt belägen söder om Alvesta och huvuddelen av sjöns tillrinningsområde ligger inom Alvesta kommun. Lekarydsån sträcker sig en bit in i Växjö kommun och Sävsjö kommun, medan Skaddeåns avrinningsområde till viss del även omfattar Värnamo kommun. Norra Salens samlade tillrinningsområde visas på Karta 1.

Med ökande befolkning i Alvesta, från mitten av 1800-talet, fick Norra Salen ta emot ökade mängder näringsämnen från framför allt avloppsvatten. Vattenvårdsproblemen blev dock tydliga först efter att sjön sänktes i mitten av 1930-talet, samtidigt som Kronobergs Läns Slakteriförening startade sin verksamhet i Alvesta med stora utsläpp till Norra Salen. Belastningen av näringsämnen på Norra Salen var mycket hög under många år, men åtgärder har utförts genom åren för att minska utsläppen till sjön.

Under åren 2002-2004 togs en vattenplan fram för Alvesta kommun som en del i arbetet med kommunens översiktsplan (Lettevall 2008). Vattenplanen beskriver och diskuterar ytvattenfrågorna i kommunen, med fokus på hela sjön Salen. I vattenplanen står bl.a. att *"Sjön är överbelastad av näringsämnen och har under längre tid varit starkt påverkad. Den befinner sig i ett kritiskt läge där fortsatt övergödning kan få den biologiska produktionen att accelerera, om inte ansträngningar görs för att begränsa näringstillförseln."*

I översiktsplanen står också att *"Sjöns norra del är en viktig tillgång i Alvesta tätortsmiljö, en tillgång som idag inte har tagits till vara fullt ut. Här finns en utvecklingspotential för en attraktiv stadsmiljö, där närheten till vattnet ger kontrastverkan mot den rena stadsbebyggelsen, samtidigt som promenadstråk i anslutning till stränderna erbjuder rekreations- och skönhetsupplevelser inne i centrum."*

Eftersom Norra Salen sannolikt kommer att spela en allt större roll i Alvestas framtida expansion har sjöns vattenkvalitet kommit allt mer i fokus de senaste åren. Införandet av EU:s ramdirektiv för vatten har också ökat kravet på åtgärder för att förbättra Salens, och andra vattenområdets, vattenkvalitet och uppnå gällande miljö kvalitetsnorm. Miljö kvalitetsnormen för Salen är "god ekologisk status" år 2027 ([www.viss.lansstyrelsen.se](http://www.viss.lansstyrelsen.se)). Norra Salen ingår i vattenförekomsten "Salen", d.v.s. utgör ingen egen vattenförekomst. Att ändå uppnå "god ekologisk status" i Norra Salen har dock bedömts vara ett lämpligt mål mot bakgrund av sjöns centrala läge i Alvesta.



Foto 2. Norra Salens norra del från båtilläggningsplats nära Skaddeåns mynning (Foto: ALcontrol AB).



Karta 1. Karta över Norra Salens samlade tillrinningsområde. Digitala kartskikt har tillhandahållits av Kartenheten, Förvaltningen för samhällsplanering, Alvesta kommun. © Lantmäteriet.

## 2.2. Uppdraget

Under våren 2015 togs en projektplan fram med målsättningen att förbättra övergödningssituationen i Norra Salen och på sikt uppnå "god ekologisk status" i sjön. Projektplanen utarbetades av Håkan Olofsson (ALcontrol) i samarbete med Jens Morin och John Fidler (Naturcentrum AB). Målsättningen med projektet är också att arbetet med att förbättra övergödningssituationen för Norra Salen skall kunna ge positiva effekter i nedströms liggande vattenområden.

Projektplanen delades upp i tre etapper:

- Ettapp 1: Fördjupad undersökning av Norra Salen och inledande åtgärdsplanering
- Ettapp 2: Riktade åtgärdsutredningar och fortsatt åtgärdsplanering
- Ettapp 3: Fortsatt projektering av åtgärder

Ettapp 1 syftar till att klargöra förhållandena kring Norra Salen vad gäller nuvarande övergödningssituation och belastningssituation som underlag för projektets fortsatta inriktning samt inleda arbetet med konkreta åtgärdsförslag i tillrinningsområdet.

I Ettapp 2 tas ställning till fortsatt inriktning på projektet med utgångspunkt från den fördjupade undersökningen av Norra Salen i Ettapp 1 inklusive de erfarenheter som erhålls i samband med den inledande åtgärdsplaneringen. Riktade åtgärdsutredningar kan bli aktuella för att t.ex. identifiera och värdera olika åtgärdsalternativ mot externa och/eller interna belastningskällor. Fortsatt arbete med att identifiera och projektera konkreta åtgärder i tillrinningsområdet.

I Ettapp 3 genomförs planerade åtgärder och åtgärdernas effekt följs upp.

Sommaren 2015 fick ALcontrol, i samarbete med Naturcentrum, uppdraget av Förvaltningen för samhällsplanering i Alvesta att genomföra projektets Ettapp 1 "Fördjupad undersökning av Norra Salen och inledande åtgärdsplanering". Uppdraget har utförts inom ramen för "Vattenkompetensgruppen", som är ett kompetensnätverk för vattendirektivet med fyra medlemsföretag, ALcontrol AB, DHI Sverige AB, Medins Havs och Vattenkonsulter AB och Naturcentrum AB.

Projektet har till 50 % medfinansierats genom statsstöd till lokala vattenvårdsprojekt förmedlade av Länsstyrelsen i Kronobergs län. Även Mörrumsåns Vattenråd har varit med och finansierat utredningen med 50 tkr.

### 2.2.1. Avgränsning

Projektet har i första hand inriktats mot fosforproblematiken eftersom fosfor vanligtvis begränsar den biologiska produktionen i en sjö och har en central roll för en sjös övergödningssituation.

I uppdraget ingick ingen specifik utredning kring resuspensions-, grumlings- eller igenväxningsproblematiken i Norra Salen. En del förslag till utredningar togs fram, vilka kan bli aktuella i ett senare skede. Detta gäller bl.a.:

- Beräkning av sedimentationshastighet genom datering av sediment.
- Kontroll av vassarnas utveckling i sjön och jämförelse med tidigare flygbilder för bedömning av sjöns igenväxningstakt.
- Detaljerad djupscanning av sjön som referens för kontroll av sjöns framtida uppgründning.
- Kontinuerlig mätning av grumligheten (turbiditeten) i sjön i relation till dygns- och säsongsvariation, variation i vattenrörelser och variation i vindpåverkan för ökad kunskap om vilka processer som har störst betydelse för vattnets grumlighet.
- Modellering av resuspensions- och sedimentationsprocesser.

## 2.3. Historik

I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av Norra Salens utveckling och viktiga händelser i sjöns historia. Informationen har framför allt hämtats från följande referenser: Sjögren 1931, Lettevall & Forsberg 1975, Lettevall 2008, Länsstyrelsen i Kronobergs län 2011, Skatelövskrönikan 1982 och Pehrsco 1997 samt Mörrumsåns recipientkontroll (Mörrumsåns Vattenråd) och Alvesta kommun.

### 2.3.1. Eutrofieringen

Före järnvägens ankomst var Alvesta en bondby, men redan då med goda vägförbindelser och centralt läge. Här låg bl.a. häradets tingsställe med tingshus, en gästgivargård och sockenkyrka (Aringsås). I övrigt fanns också en smedja och ett färgeri, startat 1848 (Länsstyrelsen i Kronobergs län 2011).

När järnvägen drogs genom Småland på 1860-talet blev Alvesta en betydande järnvägsknut. Befolkningen växte snabbt och därmed också påverkan på Norra Salen. År 1924 började ett vatten- och avloppsnät byggas i Alvesta (Lettevall & Forsberg 1975). År 1930 hade Alvesta 1 206 invånare (Sjögren 1931).

I början/mitten av 1930-talet sänktes sjön Salen genom att en dammbyggnad nedströms Salens utlopp revs och en drygt 1 200 meter lång sträcka av Mörrumsån nedströms Salen rensades. Även vissa tillflöden till Salen rensades, däribland Skaddeån och Lekarydsån. Medelvattenståndet i Salen sänktes med ca 1,1 meter och sjöns yta minskades från ca 2 060 ha till ca 1 800 ha. Ungefär samtidigt startade Kronobergs Läns Slakteriförening sin verksamhet i Alvesta med stora utsläpp till Norra Salen.

Sjösänkningen gjorde förmodligen att närsaltskoncentrationerna i vattnet ökade eftersom vattenvolymen minskade i förhållande till mängden bottensediment i sjön. Dessutom minskade såväl utspädningseffekten av tillförd näring som självreningsförmågan/retentionen p.g.a. en minskad vattenvolym och minskad tid för vattnets omsättning i sjön. Från de torrlagda våtmarksområdena runt sjön ökade sannolikt också erosionen och läckaget av näringsämnen, vilket i så fall bidrog till en ökad näringstillförsel. Sjön fick också onaturliga bottenförhållanden där lösa sediment, som avsattes i sjön före sänkningen, fick bilda strandzon i den sänkta sjön.

Vattenvårdsproblemen i Norra Salen uppkom efter sjösänkningen och efter att Kronobergs Läns Slakteriförening startade sin verksamhet i mitten av 1930-talet. Sjöns tillstånd försämrades snabbt. Belastningen på Norra Salen, från befolkning och verksamheter i Alvesta, ökade från ca 1,5 ton fosfor/år i början av 1930-talet till i storleksordningen 7 ton fosfor/år kring år 1950 (Lettevall & Forsberg 1975). Ökade mängder avloppsvatten släpptes ut orenat i Norra Salen fram till år 1956, då ett avloppsreningsverk med slamavskiljning, biologisk bädd och eftersedimentering stod klart med Norra Salen som recipient. Fosforutsläppen var dock mycket höga ända fram till år 1971 då reningsverket byggdes om och kompletterades med kemisk fällning. Före ombyggnationen var utsläppen ca 10 ton fosfor/år (Lettevall & Forsberg 1975).

Länsstyrelsens sjöinventering, som utfördes strax före ombyggnationen, visade extremt hög fosforhalt (236 µg/l) i den norra delen av Norra Salen (provpunkt 148) och mycket hög halt (85 µg/l) i den södra delen av Norra Salen (provpunkt 150). I Södra Salen, som får en stor del av sitt tillrinnande vatten från Mörrumsåns huvudfåra, var fosforhalterna vid samma tillfälle betydligt lägre (37 och 42 µg/l). År 1970 hade Alvesta 7 544 invånare.

### 2.3.2. Återhämtningen

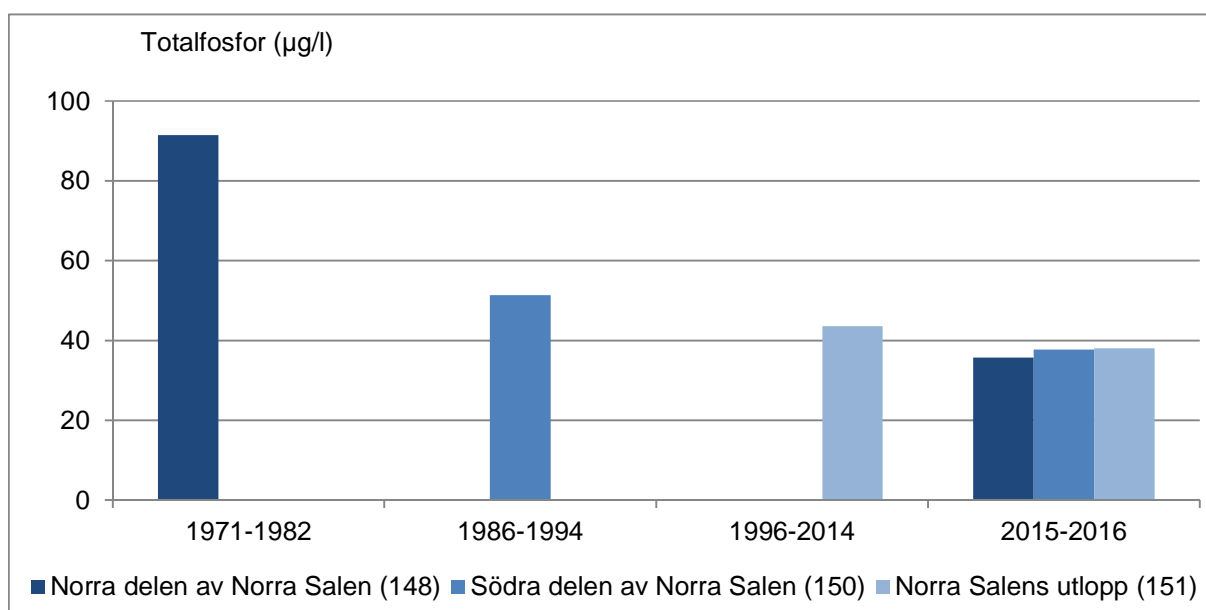
Efter ombyggnationen av Alvesta reningsverk år 1971 var utsläppen i storleksordningen 1 ton fosfor/år, jämfört med ca 10 ton före ombyggnationen (Lettevall & Forsberg 1975). Utsläppen till Norra Salen minskade också under 1970-talet tack vare effektivare rening i det kommunala avloppsreningsverket i Moheda som har sitt utsläpp till Lekarydsån. Vid länsstyrelsens sjöinventering i juli 1977 var fosforhalterna likvärdiga i de två provpunkterna i Norra Salen (97 och 105 µg/l) och en provtagning inom recipientkontrollen visade 150 µg P/l i augusti samma år.

En överföringsledning från Hjortsberga till Alvesta tätort togs i drift år 1978. Alvesta reningsverk fick samtidigt en mer avancerad rening och Hjortsberga reningsverk, med Skadedeån som recipient, lades ned. En ny om- och tillbyggnad av Alvesta reningsverk genomfördes år 1981, då nya silar med mindre spaltvidd installerades och processen kompletterades med filtersteg. Det byggdes även en helt ny slambehandling inomhus. Härigenom skapades bl.a. möjlighet till en betydligt förbättrad nitrifikation. I slutet av 1990-talet dimensionerades verket ner efter nedläggning av Alvesta mejeri 1987 och Kronobergs Läns Slakteri 1988.

En inventering av enskilda avlopp inleddes i Alvesta kommun år 2006. Närmare 1 500 enskilda avlopp har inventerats och ca 70 % uppfyller inte lagens krav på rening. Inventeringen genomförs områdesvis och koncentrerades från början till Salens omland. Därefter har inventeringarna fortsatt i de kommunala vattenskyddsområdena samt tillflödena till Salen.

En överföringsledning från Blädinge till Alvesta reningsverk via Benestad togs i drift år 2002. Sedan dess har bebyggelsen mellan Blädinge och Alvesta (samfälligheter och enskilda) succesivt anslutits med avtal till kommunalt VA. En överföringsledning från Lekaryd till Alvesta byggdes år 2011, varefter befintlig bebyggelse i närheten av Lekarydsvägen anslutits till kommunalt VA.

Analysresultat från Mörrumsåns recipientkontroll och andra provtagningar i Norra Salen under perioden 1971-2016 ger en tydlig bild av att Norra Salen återhämtat sig, d.v.s. fosforhalterna i Norra Salen har minskat, de senaste 45 åren (Figur 1). Fosforhalterna är dock fortfarande för höga för att uppnå "god näringsstatus" enligt Vattenmyndighetens kriterier (HVMFS 2013:19).



Figur 1. Medelvärden av uppmätta totalfosforhalter i Norra Salen (provpunkterna 148, 150 och 151) 1971-2016 fördelade på olika tidsperioder beroende på var provtagning skett. Staplarna för perioderna 1971-1982 och 1986-1994 motsvarar viktade halter utifrån sommar- och vinterförhållanden. Stapeln för perioden 1996-2014 representerar en medelhalt för perioden baserad på sex provtagningstillfällen per år (jan, mar, maj, jul, aug och okt). Staplarna för perioden 2015-2016 är medelvärden för prover tagna under perioden maj 2015 till mars 2016. Resultaten för de olika tidsperioderna är därmed väl jämförbara.

## 3. GENOMFÖRANDET

Arbetet med Etapp 1 "Fördjupad undersökning av Norra Salen och inledande åtgärdsplanering" har omfattat olika delmoment som insamling och sammanställning av befintliga data, behovs- och bristanalys, kompletterande undersökningar, historisk källfördelning samt inledande åtgärdsplanering. Arbetet påbörjades sommaren 2015 med utökad provtagning i Norra Salen och vissa betydande tillflöden.

Löpande kontakt via telefon och e-post har hållits inom projektgruppen och med berörda inom projektet. Projektgruppen har i huvudsak bestått av Håkan Olofsson (ALcontrol), Jens Morin (Naturcentrum), Marita Lorentzon (Alvesta kommun), Anneli Isaksson (Alvesta kommun) och Bertil Sandberg (Alvesta kommun).

### 3.1. Deltagande personer

Följande personer har deltagit i projektet:

- Håkan Olofsson (ALcontrol) projektledning, provtagning vatten samt rapportskrivning
- Jens Morin (Naturcentrum) delprojektledare åtgärdsplanering i tillrinningsområdet
- Marita Lorentzon (Alvesta kommun) beställarens kontaktperson
- Anneli Isaksson (Alvesta kommun) provtagning vatten inom åtgärdsområdet samt leverans av data
- Marcus Bjerkelie (Alvesta kommun), leverans av GIS-information
- Alexander Björkegren (Alvesta kommun), leverans av GIS-information
- Niklas Alm (Alvesta kommun) provtagning vatten
- Sven Thunéll (ALcontrol) uppdragsansvarig, korrekturläsning av rapport
- Magnus Bergström (ALcontrol) provtagning sediment
- Björn Thiberg (ALcontrol) provtagning sediment
- Bertil Sandberg (Alvesta kommun), beställare och leverans av data
- Magnus Wigren (Alvesta kommun) beställare

Utöver ovan nämnda har ett stort antal personer engagerats för bl.a. vattenkemiska analyser, leverans av data och information, diskussioner m.m.

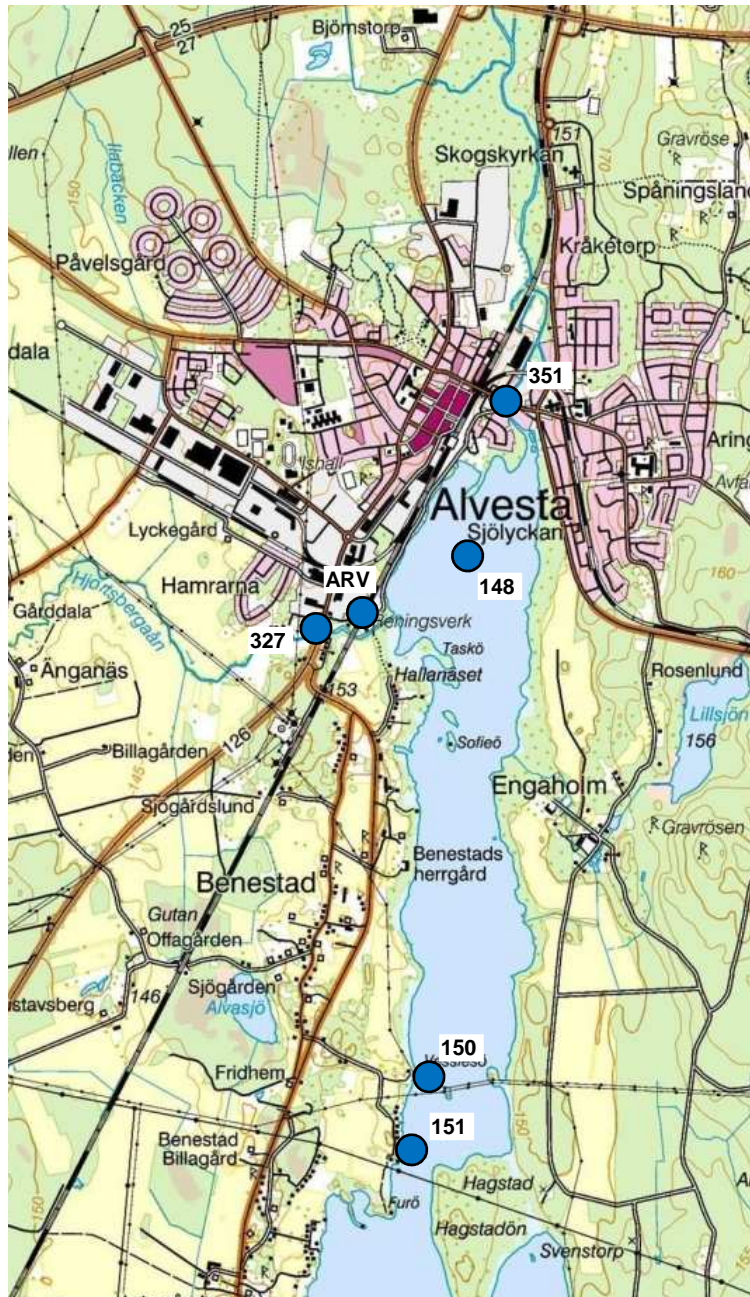
### 3.2. Insamling och sammanställning av befintliga data

Data och information har samlats in och behandlats, i första hand som underlag för beskrivning av sjöns historik samt nuvarande tillstånd och status.

Provpunkter för vattenkemiska och/eller biologiska undersökningar, varifrån data samlats in och behandlats i projektet visas på Karta 2.

Vattenkemiska provtagningar, inom ramen för den samordnade recipientkontrollen, startade år 1977 i norra delen av Norra Salen (provpunkt 148). Enstaka prover togs fram till och med år 1993. Då avslutades den vattenkemiska provtagningen i provpunkt 148, men växtplankton, klorofyll och siktdjup undersöktes vart tredje år fram till och med år 2008. I södra delen av Norra Salen (provpunkt 150) utfördes vattenkemiska provtagningar två gånger per år under perioden 1986-1994, men växtplankton, klorofyll och siktdjup har fortsatt undersökts en gång per år. Sedan år 1996 har vattenkemiska undersökningar utförts med sex provtagningstillfällen per år i Norra Salens utlopp (provpunkt 151, sundet mellan Norra och Södra Salen). I Lekarydsån (prov-

punkt 351) och Skaddeån (provpunkt 327) startade vattenkemiska undersökningar år 1989 respektive år 1978, mestadels med enstaka provtagningstillfällen per år fram till och med år 1994. Sedan år 1995 har provtagningar utförts regelbundet 6 gånger per år i dessa båda provpunkter.



| Nr  | Provpunkt                                       |
|-----|---|
| 148 | Norra delen av Norra Salen                      |
| 150 | Södra delen av Norra Salen                      |
| 151 | Norra Salens utlopp                             |
| 327 | Skaddeån, mynningen i Salen                     |
| 351 | Lekarydsån, mynningen i Salen                   |
| ARV | Utgående vatten från Alvesta avloppsreningsverk |

Karta 2. Provpunkter för vattenkemiska och/eller biologiska undersökningar som samlats in och behandlats i projektet.

### 3.3. Behovs- och bristanalys

Vid framtagandet av projektplanen våren 2015 samt löpande under projektet identifierades behovet av indata. Utifrån behovsanalysen insamlades i första hand befintlig data och information. Indata behandlades, granskades och bedömdes utifrån kvalitet och informationsvärde för projektet och samtidigt bedömdes behovet av kompletterande undersökningar.

### 3.4. Kompletterande undersökningar

Följande kompletterande undersökningar utfördes inom projektets ramar:

#### 3.4.1. Vattenkemi i Norra Salen och tillrinnande vattendrag

Sedan år 1996 har vattenkemiska undersökningar utförts i Norra Salens utlopp (provpunkt 151 sundet mellan Norra och Södra Salen) inom ramen för Mörrumsåns samordnade recipientkontroll. Proverna tas från land en bit ut i sjön. Ute i sjön (provpunkterna 148 norra delen av Norra Salen och 150 södra delen av Norra Salen) har vattenkemiska undersökningar inte utförts sedan år 1994. För att få en bättre kännedom om vattenkvaliteten och dess säsongsvariation i Norra Salen utfördes därför utökade vattenkemiska provtagningar i punkterna 148 och 150 månadsvis under perioderna maj 2015 till oktober 2016. Samtidigt utökades den ordinarie recipientkontrollen i provpunkt 151 från 6 gånger per år till ett prov per månad under samma period. Vissa analysparametrar såsom fraktioner av fosfor och kväve samt suspenderad substans kompletterade kontrollen. Provpunkt 150 provtogs vid koordinaterna 6305234/1423968 (RT90 2.5 g W). Samtliga analysresultat redovisas i Bilaga 1.

För att tillsammans med en hydrologisk modell kvantifiera den externa och interna belastningen av framför allt fosfor utökades frekvensen i den ordinarie recipientkontrollen även i provpunkterna 351 (Lekarydsån) och 327 (Skaddeån) från 6 gånger per år till ett prov per månad under perioden maj 2015 - oktober 2016. Vissa analysparametrar såsom fraktioner av fosfor och kväve samt suspenderad substans kompletterade kontrollen. För en säkrare statusklassning avseende fosfor analyserades också kalcium, magnesium och klorid i dessa båda punkter. Samtliga analysresultat redovisas i Bilaga 1.



Foto 3. Norra Salens norra del från provpunkt 148 (Foto: ALcontrol AB).



Eftersom flödesvariationerna och variationerna i vattenkvalitet bedöms vara förhållandevis snabba i såväl tillrinnande vattendrag som i Norra Salen togs också tätare prover, en gång per vecka, under perioden juli - september 2015 i provpunkterna 351 och 327 samt april - juni 2016 i provpunkterna 351, 327 och 151. Veckoproven slogs samman till flödesproportionella månads-samlingsprov för respektive provpunkt och analyserades med avseende på totalfosfor. Syftet med denna provtagning var att med en högre ambitionsnivå få en bild av den externa och interna belastningen av fosfor. Samtliga analysresultat redovisas i Tabell 7 på sidan 65.

Veckoproverna insamlades av personal på Alvesta kommun och förvarades i frys. Hos ALcontrol AB tinades och blandades proverna till flödesproportionella månadssamlingsprov utifrån flödesuppgifter för Lekarydsån, Skaddeån respektive Lekarydsån + Skaddeån från <http://vattenweb.smhi.se/modelarea/>. All övrig provtagning utfördes av personal från ALcontrol AB i samband med och i likhet med ordinarie recipientkontroll för Mörrumsån (ALcontrol 2016). Samtliga vattenkemiska analyser utfördes av ALcontrol AB.

### 3.4.2. Sediment i Norra Salen

För att bedöma sedimentens betydelse som intern fosforkälla i Norra Salen, utfördes en översiktlig sedimentundersökning hösten 2015. Syftet med undersökningen var att karakterisera Norra Salens sediment och analysera fosforhalterna samt beräkna hur mycket fosfor som med tiden kan frigöras till vattenmassan och bedöma sedimentens betydelse för sjöns övergödningssituation.

#### Provtagning och karakterisering

Sedimentundersökningen i Norra Salen utfördes genom analys av sju olika sedimentnivåer i tio olika provtagningspunkter, d.v.s. totalt 70 prover. Provpunkternas lägen redovisas på Karta 5 på sidan 48 och med koordinater i Bilaga 2.

Provtagningarna utfördes i samtliga provpunkter från båt 2015-10-27 och 2015-10-28. En andra provtagning i provpunkt PF6 utfördes 2016-01-20 från is för en extra kontroll av fraktionerat fosfor. All provtagning utfördes av ALcontrol AB.

Vid varje provtagningspunkt noterades först vattendjupet. Därefter togs prov för karakterisering av sedimenten med en "Peat sampler" (s.k. "Ryssborr"). Sedimentsort (dy, gyttja, grovdetritus, sand, grus och lera), färg (enligt en fastställd färgskala), fasthet (mycket löst, löst, medelfast och fast) och förekomst av olje- och/eller svavelvätelukt noterades på särskilt anpassade fältprotokoll. Karakteriseringen utfördes på sedimentnivån 0 - 90 cm. Uppgifter från fältprotokollen redovisas i Bilaga 2.



Foto 4. Sedimenthämtare som användes för att skiva sedimenten i önskade centimeternivåer, 0-30 cm (Foto: ALcontrol AB).

I samband med karakteriseringen och i samtliga provtagningspunkter togs prov ut för analys av torrsubstans, glöddrest, glödförlust och totalfosfor från sedimentnivåerna 0-2, 2-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-60 och 60-90 cm. Prover för fosforfraktionering togs ut från sedimentnivåerna 0-2, 2-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-60 och 60-90 cm i sex provtagningspunkter.

För provtagning av de övre sedimentnivåerna (0-30 cm) användes en Limnoshämtare med tillhörande utrustning för att skiva sedimentproppen i önskat centimeterintervall (Foto 4). De djupare sedimentnivåerna (>30 cm) provtogs med Ryssborr. Provmaterialet överfördes direkt från respektive provtagare till, från analyserande laboratorium, anvisade burkar. För att erhålla tillräcklig provmängd för analys togs sediment från upp till fem sedimentkärnor till samlingsprov.

### Analys

Samtliga sedimentkemiska analyser utfördes av ALcontrol AB med undantag av fosforfraktionering som utfördes av Erkenlaboratoriet i Uppsala. Använda metoder och samtliga analysresultat redovisas i Bilaga 2.

I en fraktionerad fosforanalys lakas fosfor ur provet i olika steg:  $\text{NH}_4\text{Cl-P}$  (löst bunden fosfor),  $\text{BD-P}$  (järnbunden fosfor),  $\text{NaOH-P}$  (aluminiumbunden fosfor),  $\text{NaOH org-P}$  (organiskt bunden fosfor),  $\text{HCl-P}$  (kalciumbunden fosfor) och  $\text{Res-P}$  (residualfosfor, huvudsakligen svårnedbrytbara organiska fosforformer).  $\text{Res-P}$  beräknas genom att subtrahera extraherad och identifierad fosfor från sedimentets totala fosforinnehåll. Metoden finns ursprungligen beskriven av Psenner m.fl. (1988). Den mobila fosfor i sedimenten finns i huvudsak i de tre fraktionerna löst bunden fosfor, järnbunden fosfor och organiskt bunden fosfor samt till viss del i residualfosforfraktionen (Rydin 2000). Den löst bundna fosfor är direkt tillgänglig för vattenmassan, organiskt bunden fosfor blir lättillgänglig när det organiska materialet mineraliseras medan järnbunden fosfor kan bli lättillgänglig då syrgashalten och nitrathalten närmar sig noll. Aluminium- och kalciumbunden fosfor är mer svårtillgänglig. Aluminiumbunden och järnbunden fosfor kan gå i lösning vid höga pH-värden, men så höga pH-värden har aldrig uppmätts i Norra Salen.

### Bedömning

Tillståndsklassificering för fosfor i sediment saknas i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. För att bedöma totalfosforhalterna i Norra Salens sediment har därför bedömningsgrunder som redovisas i rapporten "Detaljerad sedimentundersökning i Ryssbysjön 2003" (ALcontrol AB 2003) använts. Bedömningsgrunderna för Ryssbysjön togs fram utifrån såväl lokala naturliga ursprungliga halter som ett regionalt jämförelsematerial från Länsstyrelsen i Jönköpings län. Enligt rapporten kan fosforhalter (g/kg TS) i ackumulations sediment indelas i tillståndsklasser enligt följande: mycket låga halter  $\leq 1,5$ , låga halter 1,5-2,1, måttligt höga halter 2,1-3,1, höga halter 3,1-4,1 och mycket höga halter  $>4,1$ .

Den mobila fosformängden, som med tiden kan mobiliseras och läcka ut från sedimenten, beräknades genom att bakgrundskoncentrationen (d.v.s. den koncentration med vilket fosfor begravs i sedimentet) subtraherades från de sedimentskikt där halterna var högre. Överskottet omvandlades till en mängd mobilt fosfor per kvadratmeter genom att koncentrationen omvandlades till mängd per volym i respektive sedimentskikt. Dessa mängder adderades för att erhålla den totala mängden mobilt fosfor per kvadratmeter. Att bedöma vilka sedimentskikt som kan antas motsvara bakgrundskoncentrationer är ofta mycket osäkert, framför allt i sjöar som genomgått en kraftig förändring som .tex. muddring eller sänkning. Sjön Salen sänktes med ca 1,1 meter i början/mitten av 1930-talet, vilket förändrade sedimentationsförhållandena i sjön.

### 3.5. Historisk källfördelning (externa källor, budget och intern belastning/retention)

En viktig del i projektet har varit att få en god beskrivning av den externa belastningssituationen på Norra Salen samt uttransporten från sjön för att kunna beräkna den interna belastningen av i första hand fosfor i sjön. Med det datamaterial som samlats in och bearbetats inom ramen för detta projekt har det varit möjligt att utföra beräkningarna med avseende på totalfosfor och to-talkväve under perioden januari 1999 – augusti 2016 med en något högre ambitionsnivå under perioden maj 2015 – augusti 2016. Under perioden maj 2015 – augusti 2016 har beräkningarna även kunnat genomföras med avseende på suspenderad substans, TOC, ammoniumkväve och fosfatfosfor.

I beräkningsmallen har också vissa tänkbara åtgärder "simulerats" för en grov bedömning av effekter på sjöns totalfosforkoncentration. Resultaten kan framför allt användas som underlag för vidare diskussioner kring val av lämpliga åtgärder och inriktning på projektets fortsättning.

#### 3.5.1. Externa källor

De källor som bidrar till den externa belastningen på Norra Salen är:

- tillrinnande vattendrag (Lekarydsån, Skaddeån och Norra Salens närområde) inklusive dagvatten
- renat avloppsvatten från Alvesta reningsverk och bräddningar
- atmosfärisk deposition på sjöytan (Norra Salen)

Nedan beskrivs hur respektive extern källa hanterats i beräkningarna.

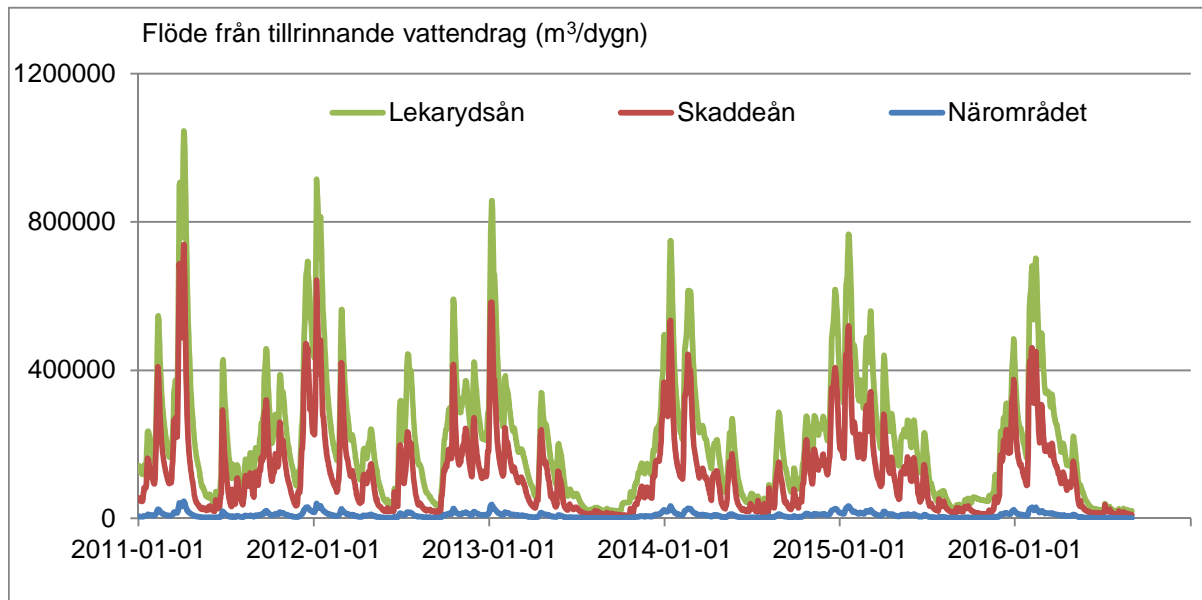
#### Tillrinnande vattendrag

I tillrinningen från Lekarydsån, Skaddeån och Norra Salens närområde ingår belastningen inom delavrinningsområdena från olika källtyper såsom skog & hygge, myr, jordbruk, dagvatten, enskilda avlopp, avloppsreningsverk, industri och direktnedfall på sjöyta. Fördelningen mellan olika källtyper för hela Norra Salens tillrinningsområde inhämtades från SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>) och motsvarar förhållandena under perioden 1999-2011.

Tidsserier med vattenföring (dygnsmedelvärden) för beräkning av transporter från Lekarydsån och Skaddeån inhämtades från SMHI:s S-HYPE modell (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>; total vattenföring nerladdad 2016-09-14). Vattenföringen i Lekarydsåns mynning användes för beräkning av transporten från Lekarydsån till Salen. Vattenföringen i Skaddeåns mynning arealproportionerades (167,34/169,22) för beräkning av transporten vid provpunkt 327 i Skaddeån. Tillrinningen från Norra Salens närområde, inklusive området nedströms provpunkt 327 i Skaddeån, arealproportionerades utifrån den samlade vattenföringen i Skaddeån och Lekarydsån. Vattenföringens variation i Lekarydsån, Skaddeån och Norra Salens närområde redovisas i Figur 2.

Enligt uppgift överskattas lågflöden i SMHI:s S-HYPE modell. I samband med mycket låg vattenföring i åarna den 13:e september 2016 utförde därför Andreas Hedrén, Växjö kommun, och Bertil Sandberg, Alvesta kommun, mätningar av vattenflöden i Skaddeån och Lekarydsån. I Skaddeån uppmättes 80 l/s och i Lekarydsån 190 l/s. Modellerade vattenflöden samma dygn visar 235 l/s i Skaddeån och 358 l/s i Lekarydsån. Samtliga modellerade vattenflöden <1 m<sup>3</sup>/s i

Skaddeån och  $<1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  i Lekarydsån justerades därför för att bättre överensstämma med faktiska förhållanden. Modellerade flöden justerades enligt formlerna  $y = 0,8561x^2 + 0,1439x$  för Skaddeån och  $y = 0,4175x^2 + 0,3737x$  för Lekarydsån.



Figur 2. Modellerat flöde till Norra Salen från Lekarydsån, Skaddeån (vid provpunkt 327) och närområdet, inklusive området nedströms provpunkt 327 i Skaddeån, under perioden januari 2011 - augusti 2015.

Information om totalfosfor- och totalkvävehalter för beräkning av transporter från Lekarydsån och Skaddeån inhämtades från mätningar utförda inom ramen för Mörrumsåns samordnade recipientkontroll (provpunkt 351 i Lekarydsån och 327 i Skaddeån), kompletterat med de utökade undersökningarna maj 2015 – augusti 2016. Halter av suspenderad substans, TOC, fosfatfosfor och ammoniumkväve erhöles från de utökade undersökningarna under perioden maj 2015 - augusti 2016 i samma provpunkter. Uppmätta halter interpolerades på dygnsbasis mellan provtagningstillfällena.

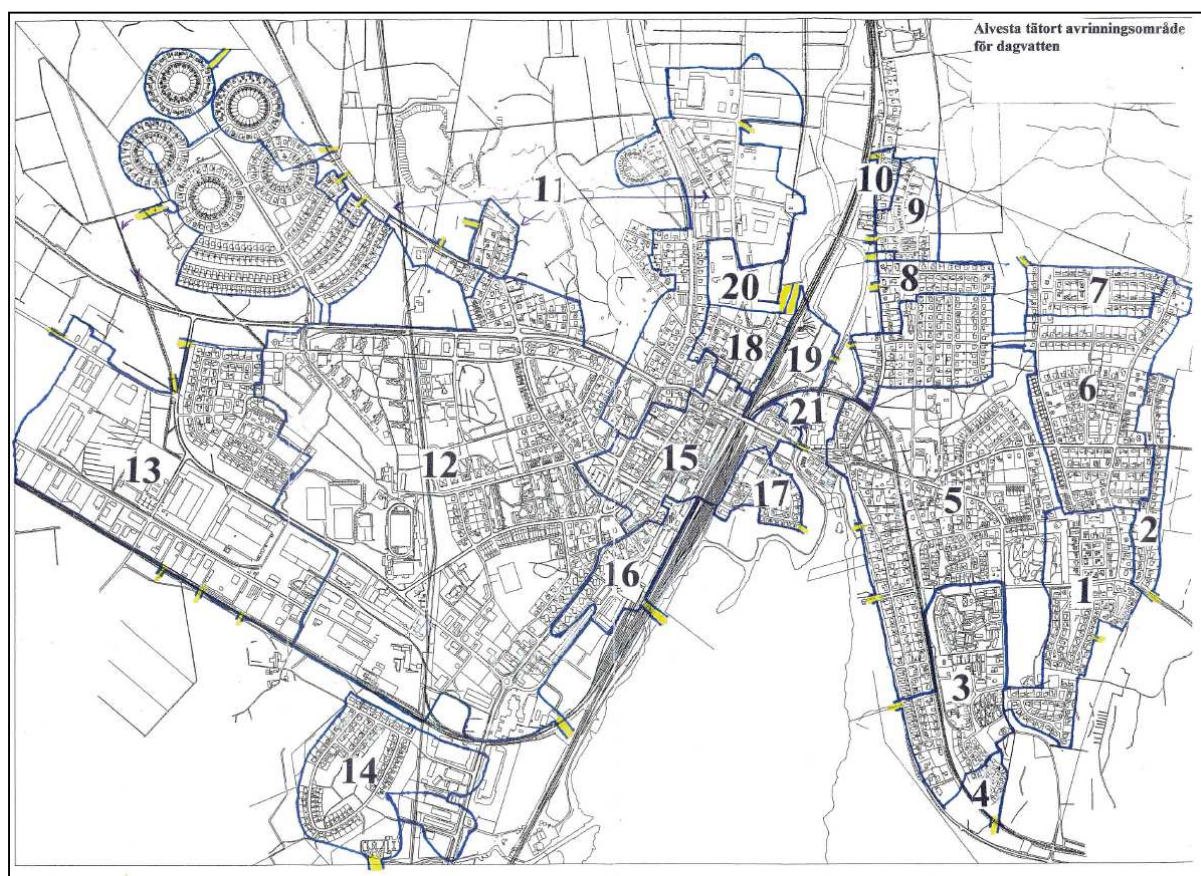
### Närområdet och dagvatten

Dagvatten från Alvesta tätort belastar Norra Salen via Skaddeån ( $0,85 \text{ km}^2$ ) och Lekarydsån ( $1,2 \text{ km}^2$ ), men en stor del mynnar direkt i sjön eller i åarna nedströms respektive provtagningsspunkt ( $2,8 \text{ km}^2$ ) enligt rapporten "Alvesta Tätorts dagvatten" (Vernersson 1998). Dagvattnets olika avrinningsområden redovisas på Karta 3. Belastning via dagvatten har inte undersökts/beräknats specifikt utan ingår i posterna för Skaddeån, Lekarydsån respektive närområdet.

I Vattenplanen (Lettevall 2008) redovisas arealförluster (kg fosfor och kväve per ha och år) för Norra Salens närområde (Sa 2 + N Salenoml + Hj) framtagna utifrån schabloner för olika markslag (Tabell 1). Fördelningen av olika markslag och arealförlusterna för Norra Salens närområde överensstämmer väl med åtgärdsområdena (Benestadbäcken, Ilabäcken och Djupabäcken) inom Skaddeåns avrinningsområde (Sk 4, Sk 3 och Sk 2 i Tabell 1). Därför används de vattenkemiska mätningarna i åtgärdsområdena, utförda under perioden juli 2015 – juli 2016 (Bilaga 1), som indata för beräkning av transporter från Norra Salens närområde, inklusive området nedströms provpunkt 327 i Skaddeån. Detta ger en tydligare variation i halter och transporter kopplat till säsong och vattenflöde än om schabloner används. Resultaten från mätningarna utförda under perioden juli 2015 – juli 2016 har fått representera hela beräkningsperioden januari 1999 – augusti 2016.

Tabell 1. Arealförluster redovisade i Vattenplanen (Tab 5:100 A och 5:51 i Lettevall 2008). Sa 2 = bäck från Engaholm, Hj = Skaddeåns avrinningsområde nedströms provpunkt 327 exkl. tillrinning från Alvesta reningsverk och N Salenoml = tillrinningsområdet närmast Norra Salen som inte ingår i Lekarydsån, Skaddeån, Sa 2 eller Hj. I N Salenoml och Hj ingår en stor del av dagvattnet från Alvesta tätort. Sk 2 = Benestadbäcken (Åtgärdsområde 3), Sk 3 = Ilabäcken (Åtgärdsområde 2) och Sk 4 = Djupabäcken (Åtgärdsområde 1)

| Område                | Areal km <sup>2</sup> | Arealförlust kg P/ha, år | Arealförlust kg N/ha, år |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Sa 2                  | 4,4                   | 0,14                     | 5,3                      |
| N Salenoml            | 5,1                   | 0,28                     | 8,0                      |
| Hj                    | 1,9                   | 0,27                     | 4,5                      |
| <b>Viktad</b>         | <b>11,4</b>           | <b>0,22</b>              | <b>6,4</b>               |
| Sk 2 (Djupabäcken)    | 3,3                   | 0,32                     | 7,4                      |
| Sk 3 (Ilabäcken)      | 4,7                   | 0,17                     | 4,5                      |
| Sk 4 (Benestadbäcken) | 8,1                   | 0,24                     | 5,8                      |
| <b>Viktad</b>         | <b>16,1</b>           | <b>0,23</b>              | <b>5,8</b>               |



Karta 3. Alvesta tätorts avrinningsområden för dagvatten. Kartan är hämtad från rapporten "Alvesta Tätorts dagvatten" (Vernersson 1998)

Beräknad genomsnittlig extern fosforbelastning från närområdet (263 kg/år) överensstämmer mycket väl med den modellerade belastningen i Vattenplanen för samma område (253 kg/år). I rapporten "Alvesta Tätorts dagvatten" (Vernersson 1998) anges dock belastningen från enbart dagvatten inom samma område till 252 kg P/år, vilket betyder att belastningen från närområdet i såväl våra beräkningar som Vattenplanen kan vara betydligt underskattad. I rapporten "Alvesta Tätorts dagvatten" (Vernersson 1998) redovisas en total fosforbelastning från Alvestas dagvatten på 486 kg/år, fördelat på Skaddeån (ca 98 kg/år), Lekarydsån (ca 136 kg/år) och närområdet direkt till sjön (ca 252 kg/år). Enligt SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>) beräknas dagvatten från Alvesta tätort belasta Norra Salen med totalt ca 260 kg fosfor per år via Skaddeån (ca 140 kg/år), Lekarydsån (ca 80 kg/år) och närområdet direkt till sjön (ca 40 kg/år).

### Avloppsreningsverk och bräddning

Alvesta avloppsreningsverk ligger i södra delen av Alvesta strax intill Skaddeån och sjön Salen. Reningsverket började byggas år 1954 och stod klart två år senare med slamavskiljning, biologisk bädd och eftersedimentering. Ombyggnationer skedde åren 1971 och 1981 och i slutet av 1990-talet dimensionerades verket ner efter nedläggning av Alvesta Mejeri 1987 och Kronobergs Läns Slakteri 1988. Numera har reningsverket mekanisk, biologisk, kemisk rening samt slutfiltrering. Verket är utformat för begränsad kväverening (nitrifikation). Recipient är Norra Salen via Skaddeåns nedre del. Utsläppspunkten är belägen strax nedanför recipientkontrollens provpunkt i Skaddeån (327).

Gällande riktvärde (rullande 3-månaders medel) och gränsvärde (rullande 12-månaders medel) för fosfor är 0,3 mg/l. För perioden 2011-2015 har medelhalten i utgående vatten efter rening legat kring 0,13 mg/l (130 µg/l). För kväve gäller 60% nitrifikation som årsmedel.

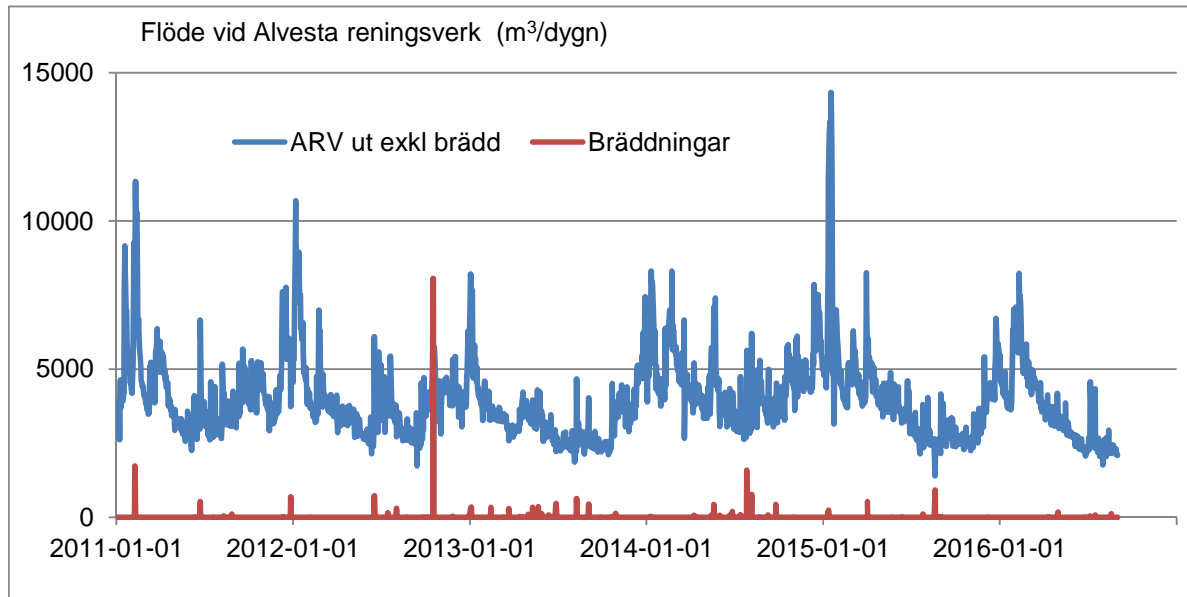
Uppmätta dygnsflöden har använts för att beskriva utsläppen av renat avloppsvatten från Alvesta reningsverk. Total volym som tillfördes Skaddeån och Norra Salen från reningsverket var i genomsnitt ca 1,4 miljoner m<sup>3</sup>/år åren 2011-2015. Dygnsflödenas variation redovisas i Figur 3.

Uppmätta totalfosfor-, totalkväve- och ammoniumkvävehalter i utgående vatten från reningsverket har interpolerats på dygnsbasis mellan provtagningstillfällena. Under år 2016 utfördes enstaka analyser på suspenderad substans och TOC. Medelvärdena vid dessa enstaka mätningar har fått representera hela beräkningsperioden maj 2015 – augusti 2016. Tre analyser på fosfatfosfor visade att fosfatfosforhalten i genomsnitt utgjorde ca 40 % av totalfosforhalten. Denna fördelning har använts under hela beräkningsperioden maj 2015 – augusti 2016.

Vid flera tillfällen har bräddning skett vid Alvesta reningsverk (Figur 3). Detta innebär att bara delvis behandlat vatten släppts ut i recipienten. Bräddvattnets totalfosfor- och totalkvävekoncentrationer har antagits vara lika med uppmätt/interpolerad halt efter försedimentering samma dygn. Uppgifter om halter efter försedimentering har erhållits för åren 2013-2016 och var i genomsnitt 65 % respektive 89 % av inkommande halter. För åren före 2013 har samma förhållande mellan inkommande halter och halter efter försedimentering använts för att uppskatta halterna i bräddvattnet. Budgetberäkningarna för suspenderad substans, TOC, ammoniumkväve och fosfatfosfor under perioden maj 2015 – augusti 2016 har inte tagit hänsyn till belastningen från bräddning.

Enligt uppgift kan även bräddning på avloppsledningsnätet förekomma i samband med större regn. Inga mätningar har gjorts och det är mycket svårt att uppskatta vilka volymer det handlar om. Kommunen har ett projekt i VA-planen där bräddutlopp ska utredas för att möjliggöra mätning av bräddflöden. Bräddvatten har extremt höga fosforhalter jämfört Norra Salen och kan därför ha stor påverkan på sjön. Avsaknad av information kring bräddning på avloppsledningsnätet blir en felkälla i beräkningarna som underskattar den externa belastningen till Norra Salen och överskattar den interna belastningen i sjön. Detta får särskilt stor effekt vid tillfällen med låg

vattenföring i tillrinnande vattendrag, låg vattennivå i Salen och tillfälligt kraftiga regn då eventuellt bräddning kan ske.



Figur 3. Uppmätt flöde från Alvesta avloppsreningsverk som tillfördes Skaddeån och Norra Salen under perioden januari 2011 - augusti 2016. Röd linje avser mängden bräddvatten.

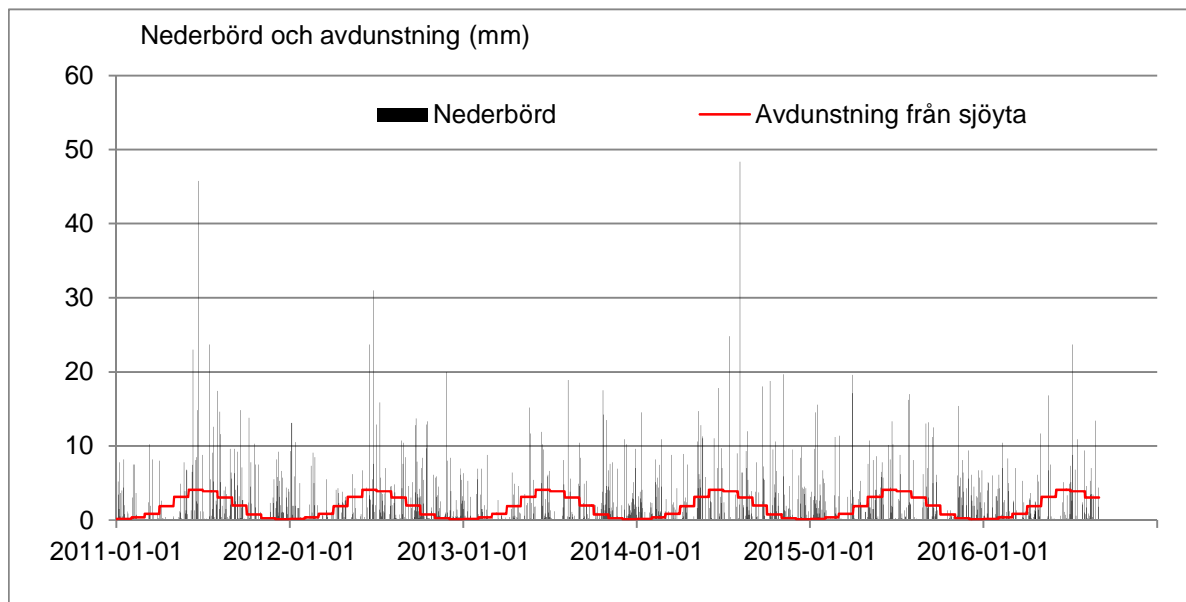
#### Atmosfärisk deposition och avdunstning

Den atmosfäriska depositionen avser deposition direkt på Norra Salens yta. Deposition på annan yta ingår i belastningen från tillrinnande vattendrag.

Nederbördsmängder på dygnsbasis för perioden januari 1999 – augusti 2016 har inhämtats från SMHI:s station i Växjö (<http://opendata-download-metobs.smhi.se>). Årsmedelnederbörden för denna period anges till ca 680 mm. Med en total sjöyta om ca 2,6 km<sup>2</sup> blir volymen nederbörd på Norra Salen i genomsnitt ca 1,8 miljoner m<sup>3</sup>/år. Nederbördens variation under perioden januari 2011 – augusti 2016 redovisas i Figur 4.

Depositionens fosfor- och kvävehalt har inhämtats från PLC5-data och kopplats till den nederbörd som faller på Norra Salens yta. Den specifika belastningen är ca 4 kg fosfor respektive 813 kg kväve per km<sup>2</sup> och år, vilket motsvarar ca 6 µg P/l och ca 1200 µg N/l nederbörd. Budgetberäkningarna för suspenderad substans, TOC, ammoniumkväve och fosfatfosfor under perioden maj 2015 – augusti 2016 har inte tagit hänsyn till belastningen från atmosfärisk deposition.

Avdunstningen från en sjöyta är en komplicerad process, som varierar avsevärt från en vindstilla, mulen dag med hög luftfuktighet till en blåsig, solig dag med torr luft. Enligt SMHI:s hemsida (<http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenstand-2-2-338/normal-avdunstning-fran-medelstora-sjoar-medelvarde-1961-1990-1.4094>) var avdunstningen från sjöyta i genomsnitt mellan 500-600 mm/år i Alvestaregionen under åren 1961-1990. I rapporten "Sveriges Hydrologi - grundläggande hydrologiska förhållanden" (SMHI 1993) redovisas månadsdata för potentiella evapotranspirationen enligt rapporten "Den potentiella evapotranspirationen i Sverige" (Eriksson 1981, Figur 4). Avdunstning från sjöyta kan vara något större än den potentiella evapotranspirationen, men dessa månadsdata har använts i beräkningarna och anses fullt tillräckliga för beräkningarnas ambitionsnivå.



Figur 4. Dygnsnederbörd i Växjö januari 2011 - augusti 2016 samt normal potentiell evapotranspiration för regionen som använts som indata för avdunstning från Norra Salens sjöyta (källa: SMHI).

### 3.5.2. Uttransport, budget och intern belastning/retention

Uttransport från Norra Salen har beräknats och jämförts med den externa belastningssituationen under samma period.

Tidsserier med vattenföring (dygnsmedelvärden) ut från Norra Salen beräknades som total vattenföring för avrinningsområdet vid Norra Salens utlopp d.v.s. summan av vattenmängden från Lekarydsån, Skaddeån, Norra Salens närområde, Alvesta reningsverk, bräddningar och nederbörd minus avdunstning. Hänsyn har också tagits till nivåvariationer i Salen (Figur 5).

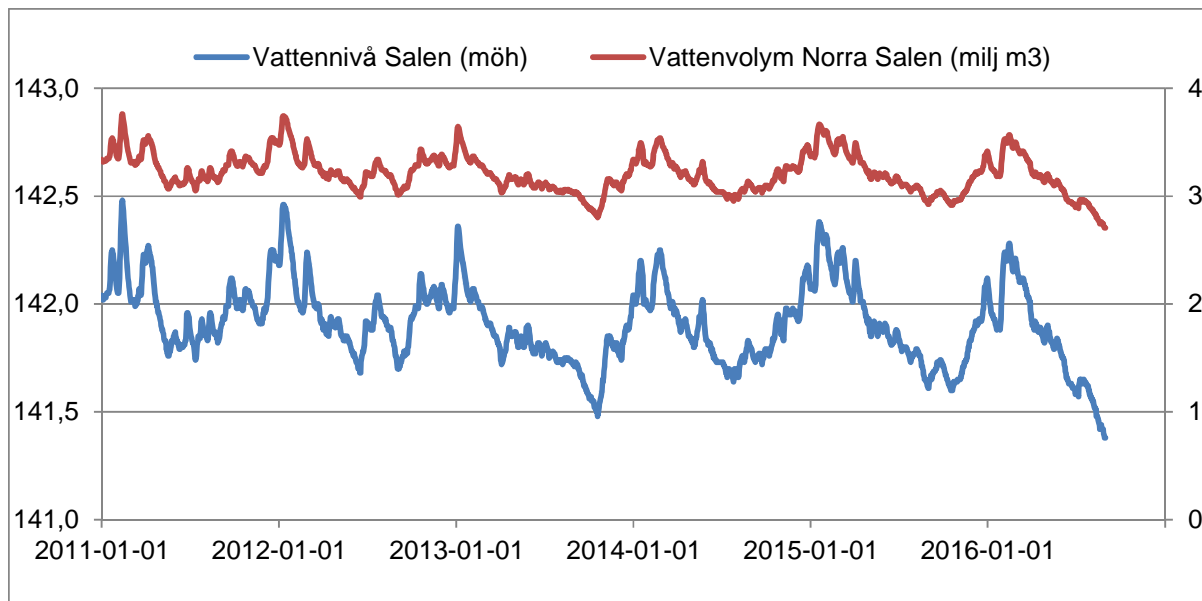
Information om totalfosfor- och totalkvävehalter inhämtades från mätningar utförda inom ramen för Mörrumsåns samordnade recipientkontroll (provpunkt 151 Norra Salens utlopp), kompletterat med de utökade undersökningarna maj 2015 – augusti 2016. Halter av suspenderad substans, TOC, fosfatfosfor och ammoniumkväve erhöles från de utökade undersökningarna under perioden maj 2015 - augusti 2016. Under perioden maj 2015 – augusti 2016 togs även vattenkemiska prover i Norra Salens norra respektive södra del (provtagningsstationerna 148 och 150) som användes för beräkning av uttransport baserad på resultat från respektive provpunkt. Uppmätta halter interpolerades på dygnsbasis mellan provtagningstillfällena.

Ett av syftena med de kompletterande undersökningarna var att säkerställa att uppmätta fosforhalter i provpunkt 151 (Norra Salens utlopp) verkligen representerar fosforhalter ute i sjön. En jämförande studie mellan provpunkterna 148, 150 och 151 visar en viss variation mellan provpunkterna vid enskilda provtagningstillfällen, men överensstämmande resultat på årsbasis. Statistiska beräkningar verifierar att ingen signifikant skillnad i fosforhalt föreligger mellan provpunkterna. En svag tendens till ökande fosforhalter söderut i sjön syns dock sommartid, vilket överensstämmer med att det sker en viss intern belastning av fosfor i sjön. Fosforhalterna vid provpunkterna 150 och 151 var i huvudsak likartade, vilket betyder att tidigare års data från provpunkt 151 kan beskriva förhållandena i Norra Salen vad gäller fosfor. Tidigare års data från provpunkt 151 har därför använts för att långtidsberäkna uttransport av fosfor från Norra Salen till Södra Salen. Man ska dock vara medveten om att provpunkten 151 kan påverkas av vattenströmmar från Södra Salen och att vattendjupet kring provpunkten är litet varför en viss strandpåverkan kan förekomma. I tidigare års data finns tillfällen där man kan misstänka påverkan från



Södra Salen och påverkan från strandzonen. Alla data har dock tagits med i efterföljande beräkningar.

Nettointernbelastning (d.v.s. nettotillskottet som sker internt i sjön p.g.a. fysikaliska, kemiska och biologiska processer) har beräknats som mellanskillnaden mellan extern belastning och uttransport där hänsyn också tagits till haltförändringarna i sjöns vattenvolym.



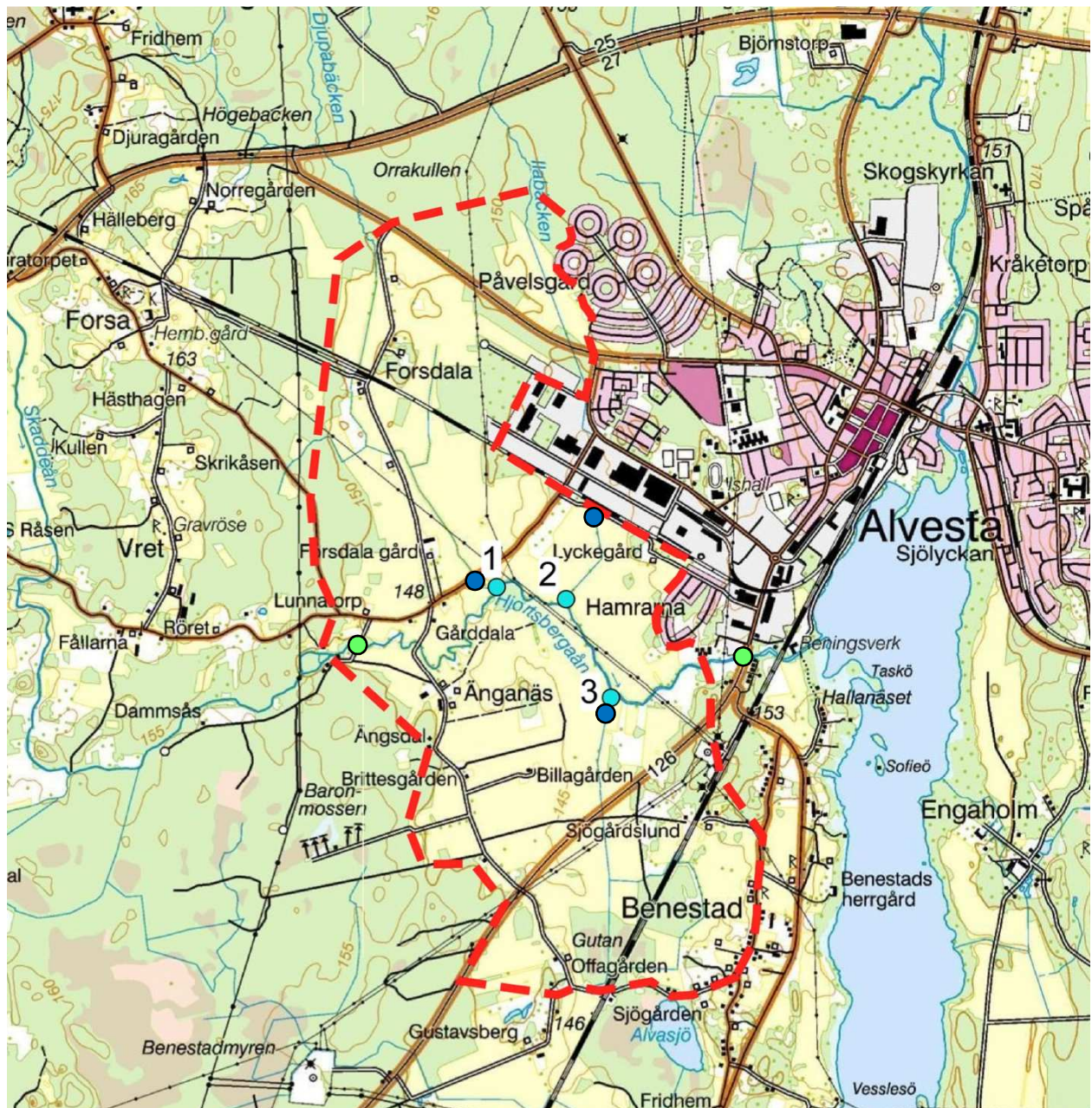
Figur 5. Vattennivå i Salen och beräknad vattenvolym i Norra Salen januari 2011 - augusti 2016.

### 3.6. Kartläggning och planering av vattenvårdsåtgärder

Ett område i nedre delen av Skaddeån valdes ut för kartläggning och planering av inledande vattenvårdsåtgärder. Vattenvårdsåtgärder som prioriterats vid kartläggningsarbetet är i första hand näringsreducerande åtgärder. Kartläggningen syftar till att hitta de topografiskt bästa platserna där det samtidigt finns förutsättningar för näringsrening. I huvudsak handlar det om möjligheter att lokalt förlänga vattnets uppehållstid och därigenom möjliggöra fastläggning av fosfor och reduktion av kväve. I princip handlar det om olika typer av våtmarker, översvämningssytor eller dikesanpassningar. Ytorna som lämpar sig för våtmarksanläggning är låglänta och flacka partier som kan försörjas med så näringsrikt vatten som möjligt för bäst funktion. Där ytorna är mer begränsande föreslås, på strategiska platser, även anpassningar i diken som syftar till att ge vattnet mer utrymme och mer uppehållstid vid stigande flöden (så kallade 2-stegsdiken). Våtmarker, särskilt lite större och där de kan anläggas med god anpassning till landskapsbilden, ger stora mervärden, vilket bör ses som en värdefull bonus jämfört med mer tekniska lösningar som också delvis kan användas för att minska näringstransporter (t ex kalkfilter). Mervärden med våtmarker kan vara t.ex. att gynna biologisk mångfald, flödesutjämning och allmänhetens möjlighet till rekreation.

### 3.6.1. Avgränsning

För att så långt möjligt hitta lämpliga åtgärder som kan bidra med minskade näringstransporter och samtidigt hålla en rimlig tidsåtgång har fokus lagts i de nedre delarna av avrinningsområdet för Skaddeån och i synnerhet de tre biflödena Djupabäcken, Ilabäcken och Benestadsbäcken. För belastningen på Norra Salen är naturligtvis detta område bara en mindre del och arbetet kan ses som en första etapp. Bli utfallet bra kan metodiken användas i andra tillrinningsområden och även uppströms i Skaddeåns avrinningsområde. Aktuellt åtgärdsområde illustreras i Karta 4. Under projektets gång har även två områden utanför åtgärdsområdet utretts (Västermaden och Engaholm) som redovisas separat i Bilaga 4.



Karta 4. Aktuellt åtgärdsområde (röd streckad linje) för utsökning av lämpliga områden för vatten-  
vårdsåtgärder. Mynningspunkterna för de tre prioriterade biflödena Djupabäcken (1), Ilabäcken (2) och  
Benestadsbäckens (3) illustreras av turkosa punkter. Provtagningspunkterna i de tre biflödena illustre-  
ras med mörkblåa punkter. Referenspunkten i Skaddeån uppströms Åtgärdsområdet och ordinarie  
provtagningspunkt i Skaddeån nedströms åtgärdsområdet illustreras med gröna punkter.

### 3.6.2. Underlag och metodik

Med hjälp i första hand flygfoto och höjdinformation (LAS-data från flygscanning © Lantmäteriet, tillhandahållet av Alvesta kommun) har hela åtgärdsområdet granskats och områden med god potential har valts ut och analyserats vidare. Arbetet har utförts med målsättningen att hitta så många bra lägen som möjligt inom området utan att ha en ambition att inga lämpliga ytor får missas. I första hand har stora lägen prioriterats men med begränsningen att alla lägen ska vara genomförbara utan uppenbara nackdelar för t.ex. infrastruktur, allmänna eller enskilda intressen. Viss påverkan på dikningsföretag och åkermark har dock inte tillåtit hindra ett åtgärdsförslag i detta skede. Utgångsläget har varit att ta markägarkontakter i de utpekade lägena, för att bedöma bättre om åtgärden är genomförbar. I samråd med Alvesta kommun så kommer detta dock göras i nästa steg och en prioritering och bedömning av föreslagna åtgärder ska först göras av Alvesta kommun.

Förutom flygfoto och höjdinformation har i synnerhet fastighetsgränser och dikningsföretag används som generella underlag i arbetet.

### 3.6.3. Vattenkemisk provtagning och analys

Vattenkemiska provtagningar har utförts inom åtgärdsområdet i de tre biflödena Djupabäcken, Ilabäcken och Benestadsbäcken (Tabell 2 och Karta 4) för allmän karakterisering av vattenkvaliteten. Provtagning utfördes en gång per månad under perioden juli 2015 till juni/juli 2016. Provtagningen utfördes av personal på Alvesta kommun. Samtliga vattenkemiska analyser utfördes av ALcontrol AB. Analysomfattning och analysmetoder redovisas i Bilaga 1.

I samband med provtagningen i Skaddeån (provpunkt 327) under perioden juli 2015 – juni 2016 togs också prover i Skaddeån uppströms aktuellt åtgärdsområde som referens (Tabell 2 och Karta 4). Denna provtagning utfördes av personal från ALcontrol AB i samband med och i likhet med ordinarie recipientkontroll för Mörrumsån (ALcontrol 2016). Samtliga vattenkemiska analyser utfördes av ALcontrol AB. Analysomfattning och analysmetoder redovisas i Bilaga 1.

Tabell 2. Provpunkter i anslutning till aktuellt åtgärdsområde i nedre delen av Skaddeån

| Provpunkt                                    | Koordinater (RT 90) | Areal (km <sup>2</sup> ) |
|--|---------------------|--------------------------|
| 1 Djupabäcken                                | 6308068/1421578     | 8,1                      |
| 2 Ilabäcken                                  | 6308478/1422277     | 4,6                      |
| 3 Benestadsbäcken                            | 6307175/1422315     | 3,3                      |
| Referens i Skaddeån uppströms åtgärdsområdet | 6307683/1420865     | 148                      |

Tidsserier med vattenföring (dygnsmedelvärden) för beräkning av transporter i respektive delavrinningsområde inhämtades från SMHI:s S-HYPE modell (<http://vattenweb.smhi.se/modelarea/>; total vattenföring nerladdad 2016-09-14). Vattenföringen i Skaddeåns mynning användes och arealproportionerades för respektive delavrinningsområde.

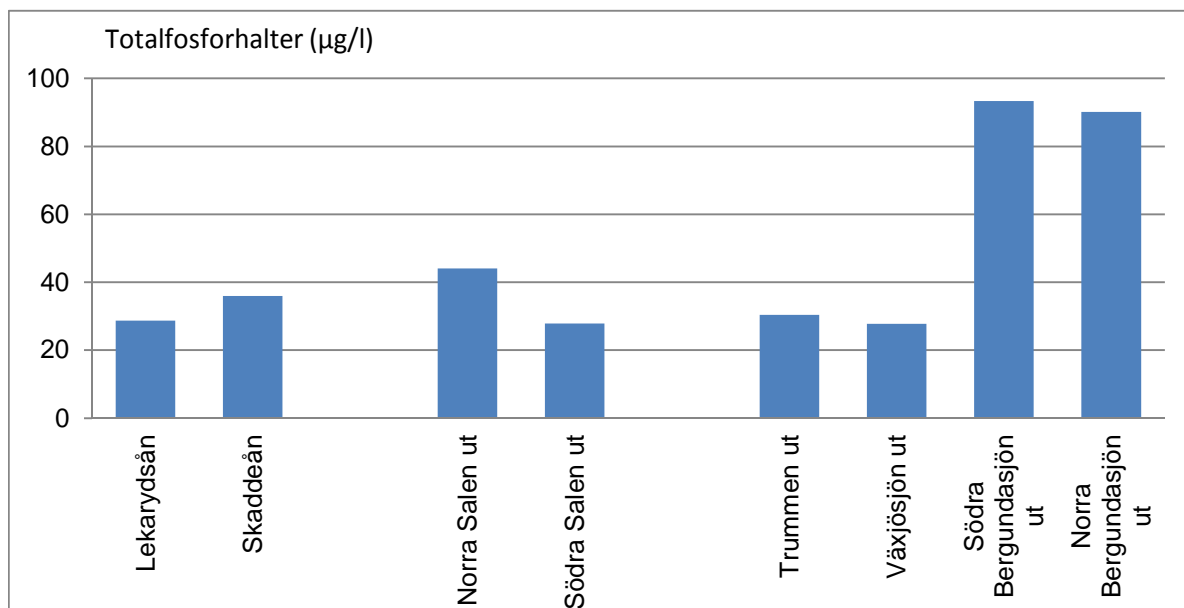
## 4. RESULTAT OCH DISKUSSION

### 4.1. Nuvarande tillstånd och status samt tidsserier och trender

#### 4.1.1. Fosfor

##### Näringsrik sjö

Norra Salen karakteriseras som en näringsrik sjö med höga fosforhalter (ca 44 µg/l som aritmetiskt årsmedelvärde), bedömt utifrån analysresultat från Mörrumsåns samordnade recipientkontroll åren 2013-2015 (Figur 6). Jämfört med Växjösjöarna (Trummen, Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön) är Norra Salen något mer näringsrik än Trummen och Växjösjön, men har betydligt lägre fosforhalter än Södra Bergundasjön (Foto 5) och Norra Bergundasjön (Figur 6). Norra Salen är mer näringsrik än Södra Salen och de två större tillrinnande vattendragen Lekarydsån och Skaddeån. Näringsstillståndet i en sjö kan beskrivas utifrån halten av fosfor och i näringsfattiga sjöar (oligotrofa sjöar) uppmäts i regel fosforhalter under 15 µg/l och i näringsrika sjöar (eutrofa sjöar) uppmäts vanligen halter över 25 µg/l. Däremellan hamnar de måttligt näringsrika sjöarna.



Figur 6. Totalfosforhalter i Norra Salen 2013-2015 jämfört med Lekarydsån, Skaddeån och Södra Salen samt de fyra sk. Växjösjöarna.

##### Högst fosforhalter under sommarhalvåret

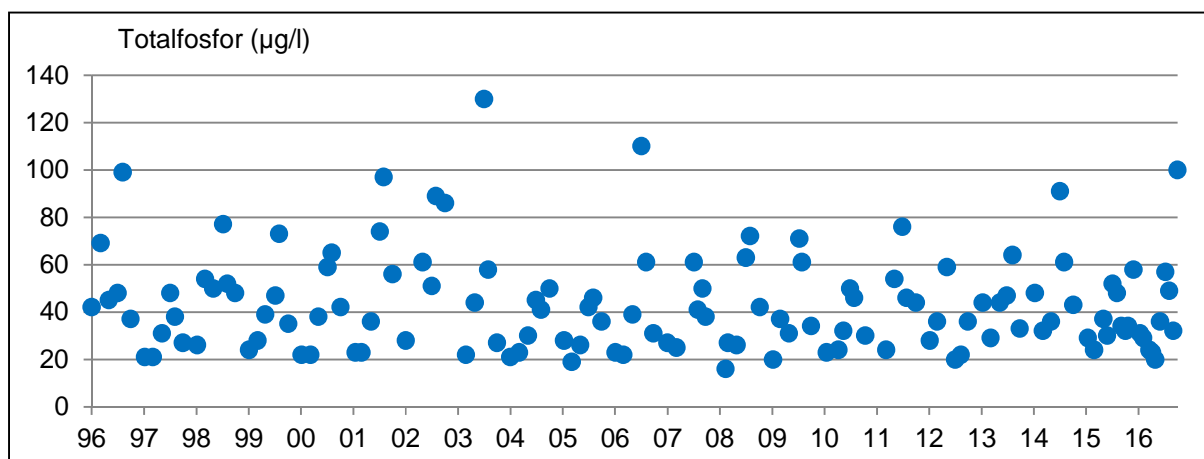
Fosforhalterna i Norra Salen visar en stor variation mellan olika provtagningstillfällen (Figur 7). Eftersom omsättningstiden på vattnet i Norra Salen är kort (i genomsnitt 8 dygn) styrs fosforhalterna i sjön till stor del av tillrinnande vattens kvalitet/fosforhalt.

Generellt följer fosforhalterna i Norra Salen också en tydlig säsongsdynamik (Figur 10 på sidan 31). Efter islossning ökar fosforhalterna i sjön och de högsta fosforhalterna har i regel uppmäts i juli månad. Därefter minskar halterna igen för att vara som lägst i slutet av vintersäsongen. Variationerna i fosforhalt visar därmed på en tydlig koppling till vattentemperatur, vilket betyder att biologiska faktorer kan ha betydelse för fosforhalterna i sjön. Biologiska faktorer kan t.ex. vara mineralisering av organiskt material och/eller bioturbationen, d.v.s. omrörningen av sedimenten som skapas av bottenfauna och bottenlevande fisk.



Foto 5. Norra Salen (vänster) och Södra Bergundasjön (höger) vid provtagning i september 2016. Mycket kraftig algblomning i Södra Bergundasjön ger en bild av extremt höga fosforhalter i sjön p.g.a. intern fosforbelastning från sjöns näringsrika sediment. I Norra Salen har motsvarande situation inte noterats.

De högre fosforhalterna sommartid kan också vara en koncentrationseffekt, d.v.s. utspädningen av fosfor från t.ex. Alvesta reningsverk blir lägre under sommaren p.g.a. lägre vattenföring från tillrinnande vattendrag samt längre omsättningstid i sjön och lägre vattennivå. Halterna kan också öka p.g.a. intern fosforbelastning. I mycket grunda, och särskilt i sänkta, sjöar kan också vind- och vågpåverkan skapa resuspension av bottensediment som kan grumla och öka fosforhalterna i vattnet. I sänkta sjöar, som Norra Salen, kan dessutom obalans förekomma mellan sediment och vattenfas eftersom huvuddelen av sedimenten avsattes då sjön hade ett större vattendjup.



Figur 7. Totalfosforhalter i Norra Salens utlopp, provpunkt 151. Diagrammet visar samtliga analysresultat under perioden januari 1999 – oktober 2016.

Fosforhalterna i tillrinnande vattendrag (Lekarydsån och Skaddeån) visar en liknande säsongsvariation som fosforhalterna i Norra Salen (Figur 8), d.v.s. högre halter under sommarhalvåret än under vinterhalvåret. Variationen i vattendragen styrs, på samma sätt som i sjön, av såväl biologiska faktorer som variationer i vattenföring och utspädning. Fosforhalterna i tillrinnande vatten är också starkt kopplad till grumlighet (turbiditet). D.v.s. de högsta fosforhalterna i Skaddeån och Lekarydsån har uppmätts i samband med starkt grumligt vatten.

#### Högst fosforhalt uppmättes i samband med kraftigt regn

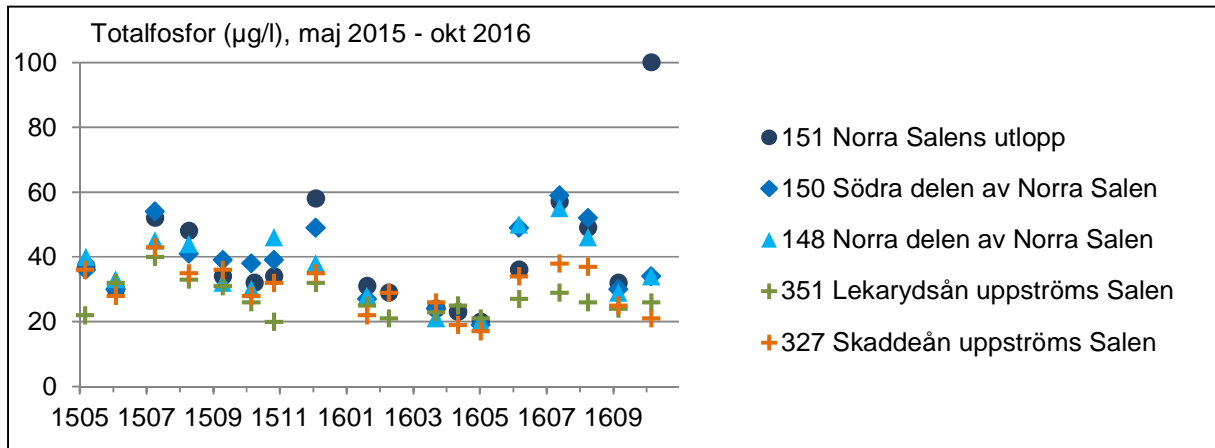
Vid tillfällen med stor nederbörd och avrinning sker snabba variationer i vattenföring och vattenkvalitet i tillrinnande vattendrag. I samband med dessa episoder kan flera hundra kilo fosfor, varav betydande mängder lättillgängligt fosfatfosfor, tillföras sjön. Vid gynnsam väderlek kan detta också ge upphov till ökad algproduktion. Den högsta fosforhalten som uppmätts i Norra Salen under senare år (130 µg/l 2003-07-07) föregicks av mycket kraftiga regn några dagar före provtagning (130 mm på 5 dygn). Vattenföringen ökade snabbt i dagvattensystemen och i tillrinnande vattendrag. I sjöns tillflöden och i dagvattensystemen sker sedimentering av fosforhaltiga partiklar vid normal- och lågflöden, men vid högflöden resuspenderas (återförs) en del av denna fosfor genom att sediment (avlagringar) rensolas och förs ut till Norra Salen, vilket resulterar i ökad fosforbelastning på sjön. I samband med mycket kraftig nederbörd kan också bräddning av orenat eller endast delvis renat avloppsvatten förekomma. Bräddningar vid Alvesta reningsverk registreras, men information om eventuella bräddningar ute på nätet saknas.

Vid två tillfällen, augusti 2002 och augusti 2004, har extremt höga klorofyllhalter uppmätts i Norra Salen under senare år (se Figur 12 på sid 32). Båda dessa tillfällen föregicks av kraftig nederbörd med en stor och snabb extern tillförsel av bl.a. fosfor som följd. Vid tillfället i augusti 2002 bräddade reningsverket och tillsammans med ökad belastning från tillrinnande vattendrag och dagvatten tillfördes ett par hundra kilo fosfor mer än normalt under några få dagar. Liknande situation inträffade i augusti 2004.

#### Utökad provtagning av totalfosfor och fosfatfosfor maj 2015 – oktober 2016

Fosforhalterna under perioden maj 2015 – oktober 2016 redovisas i Figur 8. Resultaten följde i stort den säsongsvariation som redovisas i Figur 10. Säsongsvariationen var också likartad i Lekarydsån, Skaddeån och Norra Salen. De högsta halterna uppmättes sommaren 2015 och sommaren 2016, undantaget provtagningen i december 2015 i provpunkterna 150 och 151 samt oktober 2016 i provpunkt 151 då halterna var anmärkningsvärt höga för säsongen. Vid båda dessa provtagningstillfällen var vind- och vågpåverkan kraftig varför resuspension av sediment hade inverkan på resultaten. Särskilt i oktober 2016 blev detta extra tydligt, då vattennivån i sjön var rekordlåg (Foto 6). Detta visar med stor tydlighet resuspensionens betydelse för fosforhalterna i sjön, åtminstone vid provpunkt 151. Vid tillfället togs provet så långt ut från land som möjligt för att undvika den värsta grumlingen. Trots detta var bl.a. fosforhalten extremt hög.

Även vid provtagningstillfällena i maj, juni och juli 2015 var vind- och vågpåverkan kraftig i samband med provtagning. Jämfört med maj 2016, då vindarna var svaga, var fosforhalterna klart högre i maj 2015, sannolikt p.g.a. resuspension av sediment. I juni och juli 2015 samt under sommaren 2016 förelåg den mesta fosfor bunden i algbiomassa (höga klorofyllhalter), vilket bl.a. gör att inverkan från resuspension blir svår att urskilja.



Figur 8. Totalfosforhalter i Skaddeån (327) och Lekarydsån (351) samt i de tre provpunkterna i Norra Salen (148, 150 och 151) under perioden maj 2015 – oktober 2016.

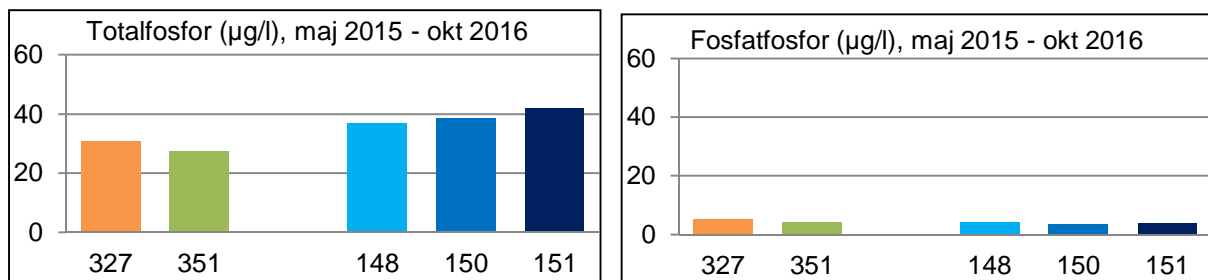
Våren 2016 var fosforhalterna förhållandevis lika i alla fem provpunkterna, men i juni, juli och augusti 2016 var fosforhalterna tydligt högre i sjön än i tillrinnande vattendrag. Detta sammanföll med långa uppehållstider (låga vattenflöden), låga vattennivåer och höga vattentemperaturer i sjön. Vid låga vattenflöden och låga vattennivåer i sjön blir utspädningen av t.ex. utsläpp från Alvesta reningsverk låg. Även utspädning av eventuell internbelastning i sjön minskar vid dessa tillfällen. Eventuell internbelastning (mineralisering av organiskt material) ökar också vid högre temperaturer.

Fosfatfosforhalterna i sjön var i regel lägst under sommarmånaderna, vilket tyder på upptag i algbiomassa. Men mätbara halter vid flera tillfällen sommartid tyder på att algutväxten även är begränsad av andra faktorer.



Foto 6. Grumligt vatten i samband med kraftig vind- och vågpåverkan i oktober 2016. Vattennivån i sjön var vid tillfället rekordlåg.

Fosforhalterna var jämförbara i Norra Salens tre provpunkter sett till medelvärdet för provtagningsperioden maj 2015 till september 2016. Vid några tillfällen var skillnaden tydlig. Detta framför allt i samband med kraftig vind- och vågpåverkan i december 2015 och oktober 2016, då fosforhalterna ökade tydligt söderut i sjön, särskilt i oktober. Det avvikande resultatet från oktober 2016 gjorde att medelhalten vid provpunkt 151 för provtagningsperioden maj 2015 till oktober 2016 blev något högre än vid punkterna 148 och 150 (Figur 9). Fosforhalterna var tydligt högre i sjön än i tillrinnande vattendrag, och i Skaddeån var fosforhalterna signifikant högre än i Lekarydsån. Fosfatfosforhalterna skiljde sig inte signifikant mellan provtagningspunkterna. De högsta halterna uppmättes dock oftast i Skaddeån.



Figur 9. Totalfosfor- och fosfatfosforhalter i Skaddeån (327) och Lekarydsån (351) samt i de tre provpunkterna i Norra Salen (148, 150 och 151) under perioden maj 2015 – oktober 2016. Staplarna representerar medelvärden av samtliga provtagningar, undantaget januari och mars 2016 i provpunkterna 327, 351 och 151 för att staplarna skall bli jämförbara.

#### Koppling till biologiska och hydrologiska förhållanden

Det finns en stark koppling mellan fosforhalter och biologiskt tillstånd i en sjö. Avgörande för fosfors miljöeffekter är hur algtillgänglig fosfor är. Algtillgänglig fosfor är summan av den omedelbart tillgängliga fosfatfosfor och den fosfor som kan överföras till algtillgänglig form genom desorption, kemisk upplösning, enzymatisk nedbrytning eller någon annan process (Ulén 2006).

Norra Salen och tillflödena till sjön har mycket höga halter av organiskt material (TOC) och starkt färgat vatten (mycket höga humushalter), vilket gör att halterna av organiskt bunden fosfor är naturligt höga. Fosfor bundet till stabila organiska föreningar (humus) är endast i mindre omfattning tillgänglig för algproduktion. Fosforfraktioneringen av Norra Salens sediment, som utfördes inom ramen för detta projekt, visar också att en stor andel av fosfor är svårtillgänglig i form av kalcium- och aluminiumbunden fosfor (se Figur 29 på sid 49).

Förutom fosforhalter och fosforfraktioner kan även biologiska förhållanden påverka hur en sjös biologiska tillstånd uppfattas. Vattenvegetation och de alger som är knutna till vegetationen kan konkurrera med växtplankton om tillgång till solljus och befintlig näring. I vegetationsdominerade miljöer kan även filtrerande djurplankton lättare finna skydd från fiskpredation. En större andel fosfor bunden i djurplanktonbiomassa innebär en lägre växtplanktonproduktion och ett klarare vatten vid samma totalfosforhalt. Fisksamhällets sammansättning kan därmed via djurplanktonbetning också vara avgörande för hur en sjö uppfattas vad gäller biologiskt tillstånd. Vid en snedfördelning av fisksamhället med dominans av karpfisk blir betningen på djurplankton stor och förutsättningar för mer växtplankton skapas. Karpfiskens bökande i bottensedimentet kan också bidra till högre växtplanktonproduktion genom att mer fosfor återförs från sediment till vattenfas (bioturbation). Vattenvegetationen i Norra Salen domineras av övervattensväxter (bl.a. vass, kaveldun, flaskstarr och jättegröe) samt flytbladsväxter (vit och gul näckros). Någon närmare inventering av eventuell undervattensvegetation har inte gjorts, men inga betydande bestånd har påträffats. Vid nätprovfisket i Salen år 2014 karakteriserades fisksamhället av hög biomassa men småvuxna bestånd av abborre och mört. Karpfisk utgjorde 43 % av fångsten



viktmässigt och kvoten mellan abborre och karpfisk var förhållandevis låg. Detta tyder sammantaget på förhållandevis näringsrika förhållanden och en obalans i sjöns ekologiska struktur.

De hydrologiska förhållandena kan ha stor betydelse genom att sjöns omsättningstid påverkar utspädning och sedimentation samt biologiska och kemiska processer. Kraftiga algblomningar hinner i regel inte uppkomma i en sjö/vattenmiljö med för kort omsättningstid. Norra Salen har en genomsnittlig omsättningstid på ca 3 dygn i den norra delen och ca 8 dygn för Norra Salen som en helhet, d.v.s. ner till sundet mellan Norra och Södra Salen. Förutsättningarna för kraftiga algblomningar ökar med andra ord söder ut i sjön. Under lågflödesperioder blir omsättningstiden vanligen ca 10-20 dygn i den norra delen och ca 30-60 dygn för Norra Salen som en helhet. I extremfallet har omsättningstiden varit upp mot 90 dygn för Norra Salen som en helhet. Detta inträffade somrarna 2013 och 2016. Vid så långa omsättningstider blir tillflödet av nya näringsämnen till sjön vanligtvis lågt, varför fosforhalterna i sjön succesivt minskar i samband med långa torrperioder. Kraftiga regn under eller direkt efter en torrperiod kan däremot göra att stora mängder näringsämnen spolats ut i sjön på kort tid.

#### Måttlig näringsstatus med avseende på fosfor

Havs- och Vattenmyndighetens bedömningsgrunder för totalfosforhalter i sjöar (HVMFS 2013:19) tar hänsyn till att sjöar har olika naturliga tillstånd, p.g.a. skillnader i omgivningsfaktorer och vattenkemiska parametrar, och därför tål olika fosforhalter innan biologin störs. Detta görs genom att uppmätta fosforhalter jämförs med beräknade objektspecifika referensvärden (ursprungliga fosforhalter för respektive sjö). Referensvärdet beräknas utifrån absorbans (filtrerat, 420 nm, abs/5 cm), höjd över havet (m) och medeldjup (m). Utifrån referensvärdet och uppmätt totalfosforhalt beräknas den ekologiska kvoten (EK-värde = beräknat referensvärde/uppmätt halt). Den ekologiska kvoten används sedan för att bedöma sjöns näringsstatus enligt en femgradig skala:



Foto 7. Vattenvegetation i Norra Salen. I förgrunden gul näckros. I bakgrunden vit näckros och vass.  
Foto: ALcontrol AB.

|          |   |                            |
|----------|---|----------------------------|
| EK-värde |   |                            |
| ≥0,7     | = | hög status                 |
| 0,5-0,7  | = | god status                 |
| 0,3-0,5  | = | måttlig status             |
| 0,2-0,3  | = | otillfredsställande status |
| <0,2     | = | dålig status.              |

Referensvärde och ekologisk kvot har beräknats för Norra Salen med utgångspunkt från vattenkvaliteten vid sundet mellan Norra och Södra Salen (station 151 i januari, mars, maj, juli, augusti och oktober åren 2013-2015). Referensvärde, uppmätt totalfosforhalt, ekologisk kvot och klassning med avseende på näringsstatus för sjöarna redovisas i Tabell 3. För jämförelse redovisas även motsvarande statusklassning för Södra Salen samt Skaddeån och Lekarydsån. Referensvärdena för Skaddeån och Lekarydsån har inte kompenserats för andel jordbruksmark. Dock har kompletterande mätningar av Ca, Mg och Cl använts för beräkning av referensvärden.

Norra Salen bedömdes ha "måttlig" näringsstatus (klass 3 av 5) med avseende på fosfor. Gränsen mellan "god" och "måttlig" näringsstatus för Norra Salen beräknades till 31 µg P/l, vilket skall jämföras med uppmätt medelhalt på 44 µg/l. Referensvärdet för Norra Salen är högre än för Södra Salen p.g.a. att vattnet i Norra Salen är mer färgat (d.v.s. större mängd fosfor är bundet till löst organiskt material) och att medeldjupet i Norra Salen är mindre (innebär naturligt lägre självreningsförmåga och förhållandevis större utbyte mellan sediment- och vattenfas). Beräknat referensvärde utgår från nuvarande djupförhållanden som är ett resultat av tidigare genomförd sjösänkning. Skulle man beräkna referensvärdet utgående från ursprungliga djupförhållanden skulle detta bli ca 14 µg P/l för Norra Salen, d.v.s. något lägre än redovisat värden. Rådande djup är dock styrande för vilka fosforhalter som kan uppnås och är därför av större relevans.

Beräknat utifrån resultaten de senaste tre åren är åtgärdsbehovet för Norra Salen att minska fosforhalterna i sjön med i storleksordningen 13 µg P/l för att uppnå "god" näringsstatus med avseende på fosfor.

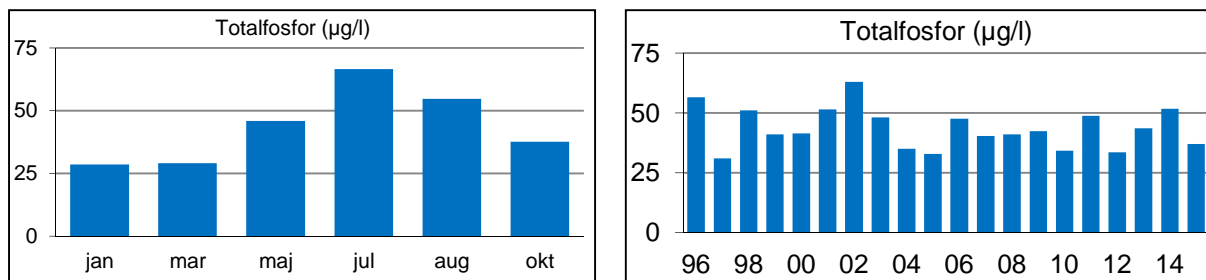
Även Södra Salen, Skaddeån och Lekarydsån bedömdes ha "måttlig" näringsstatus (klass 3 av 5) med avseende på fosfor. EK-värdena för dessa vatten är dock bättre (högre) än EK-värdet för Norra Salen, d.v.s. Södra Salen, Skaddeån och Lekarydsån har fosforhalter som ligger närmare gränsen till "god" status. Åtgärdsbehovet för Skaddeån och Lekarydsån kan beräknas till ca 5 respektive 2 µg/l för att "god" status med avseende på fosfor skall kunna uppnås i dessa vattendrag. Detta skulle i sin tur kunna få en positiv effekt på Norra Salen.

Tabell 3. Bedömning av näringsstatus (enligt HVMFS 2013:19) med avseende på fosforhalter. Gränsen mellan god och måttlig status går vid EK-värde 0,5

| Sjö  | Höjd över havet | Medeldjup | Absorbans filtrerat | Referensvärde | Uppmätt halt | EK-värde | Näringsstatus fosfor |
|--|-----------------|-----------|---------------------|---------------|--------------|----------|----------------------|
|  | m               | m         | abs/5 cm            | µg P/l        | µg P/l       |          |                      |
| Bedömningsperiod jan, mar, maj, jul, aug och okt 2013-2015 |                 |           |                     |               |              |          |                      |
| Norra Salen (station 151)                                  | 142             | 1,2       | 0,33                | 16            | 44           | 0,35     | Måttlig              |
| Södra Salen (station 154)                                  | 142             | 2,6       | 0,20                | 12            | 28           | 0,43     | Måttlig              |
| Bedömningsperiod jan, mar, maj, jul, aug och okt 2013-2015 |                 |           |                     |               |              |          |                      |
| Skaddeån (station 327)                                     | 142             |           | 0,45                | 15            | 36           | 0,43     | Måttlig              |
| Lekarydsån (station 351)                                   | 142             |           | 0,32                | 14            | 29           | 0,47     | Måttlig              |

### Tendens till minskande fosforhalter de senaste 20 åren

Den historiska beskrivningen i avsnitt 2.3 visar att övergödningssituationen i Norra Salen har förbättrats sedan 1970-talet. Den tydligaste minskningen i fosforhalt skedde under 1970- och 1980-talet framför allt tack vare minskade utsläpp från Alvesta reningsverk. För den senaste 20-årsperioden syns ingen signifikant minskning av fosforhalterna i sjön (Figur 10), men den långsiktiga tendensen är att fosforhalterna minskat svagt (ca 17 % motsvarande 8 µg P/l).

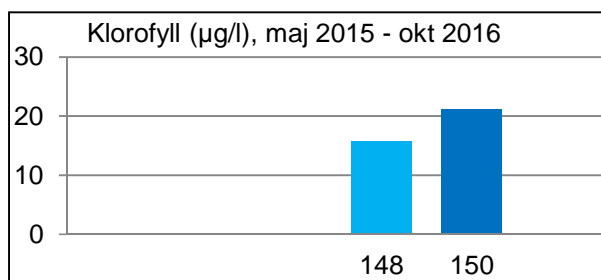


Figur 10. Totalfosforhalter i Norra Salens utlopp, provpunkt 151. Diagrammet visar samtliga analysresultat. Staplarna representerar månadsmedelvärden under åren 2011-2015 respektive årsmedelvärdet av sex provtagningstillfällen (jan, mar, maj, jul, aug och okt) per år.

#### 4.1.2. Klorofyll och växtplankton

##### Höga klorofyllhalter som ökar söder ut i sjön

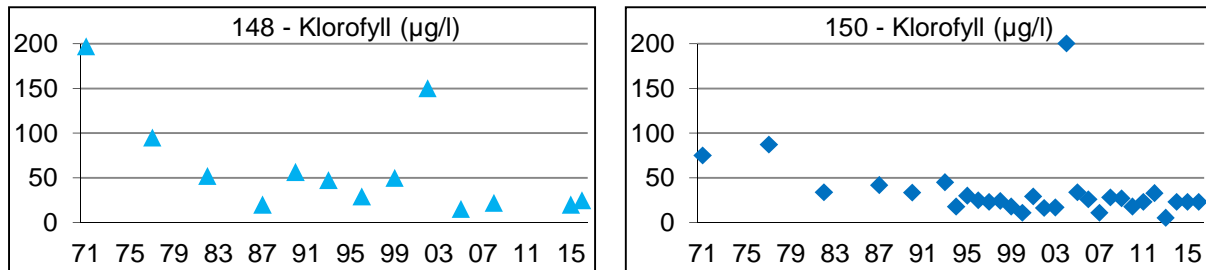
Fosforhalterna reglerar oftast primärproduktionen i en sjö och en första respons på ökande fosforhalter är ofta ökande växtplanktonbiomassa och ökande halter av klorofyll. Klorofyll är ett av nyckelämnena i algernas fotosyntes och ger därmed en indikation på den totala växtplanktonbiomassan. Som medelvärden för perioden maj-oktober 2015-2016 var klorofyllhalterna i Norra Salen höga (16 µg/l vid provpunkt 148 respektive 21 µg/l vid provpunkt 150; Figur 11). Högst halt uppmättes i juli 2015 (44 µg/l) i Norra Salens södra del vid provpunkt 150. Provtagningen i juli 2015 föregicks av en period med högsommarbetonat väder, vilket skapade goda förutsättningar för algproduktion. Klorofyllhalterna var signifikant högre i Norra Salens södra del jämfört med den norra delen (Figur 11), varför resultaten överensstämmer med att förutsättningarna för algblomningar ökar söder ut i sjön, d.v.s. tiden för att algerna skall hinna tillväxa ökar söderut i sjön.



Figur 11. Klorofyllhalter i Norra Salen (148 och 150) under perioden maj-oktober 2015 och maj-oktober 2016. Staplarna representerar medelvärden av samtliga provtagningar.

### Minskande klorofyllhalter sedan 1970-talet och tendens till fortsatt minskning under senare år

I Norra Salen uppmättes generellt högre klorofyllhalter under 1970- och 1980-talet jämfört med nuvarande situation, undantaget åren 2002 och 2004 då avvikande höga halter noterades (Figur 12). I båda provpunkterna (148 och 150) har klorofyllhalterna minskat signifikant sedan år 1971. Under perioden 1993-2016 har klorofyllhalterna inte förändrats signifikant, men tendensen är att halterna fortsatt att minska. I den södra delen av Norra Salen, där årliga mätningar utförts, är minskningen i storleksordningen 10 % de senaste 20 åren.



Figur 12. Klorofyllhalter i Norra Salen 1971-2016. Provpunkt 148 = norra delen och provpunkt 150 = södra delen av Norra Salen. Staplarna representerar uppmätta värden i augusti respektive år.

### God status med avseende på växtplankton i norra delen av Norra Salen, men måttlig status i Norra Salens södra del

Referensvärdet för klorofyll i humösa (>30 mg Pt/l) sjöar i södra Sverige är 3 µg/l enligt bedömningsgrunderna i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2013:19). Referensvärdet delat med observerad klorofyllhalt ger EK-värden på 0,13 vid båda provpunkterna 148 och 150 (bedömt utifrån augustivärden 2015-2016). Detta betyder att "god" status inte uppnås med avseende på klorofyll. Om EK-värdet för klorofyll understiger 0,3 bör en fullständig planktonanalys genomföras för att verifiera statusen.

Den senaste växtplanktonundersökningen i den norra delen av Norra Salen utfördes i augusti 2008 (Figur 13) och gav "god" status enligt Havs- och vattenmyndighetens kriterier. Vid tillfället i augusti 2008 var växtplanktonbiomassan måttligt stor, mängden blågrönalger var mycket liten och trofiskt planktonindex var måttligt högt beroende på relativt frekvent förekomst av näringsindikatorer. Algbiomassan dominerades av kiselalger (Figur 13). I ett längre perspektiv (1995-2008) har växtplanktonsamhället varierat påtagligt (Figur 13). Framför allt har mängden *Gonyostomum semen* vid några tillfällen varit stor eller mycket stor. Blågrönalger har inte utgjort någon betydande andel av biomassan.

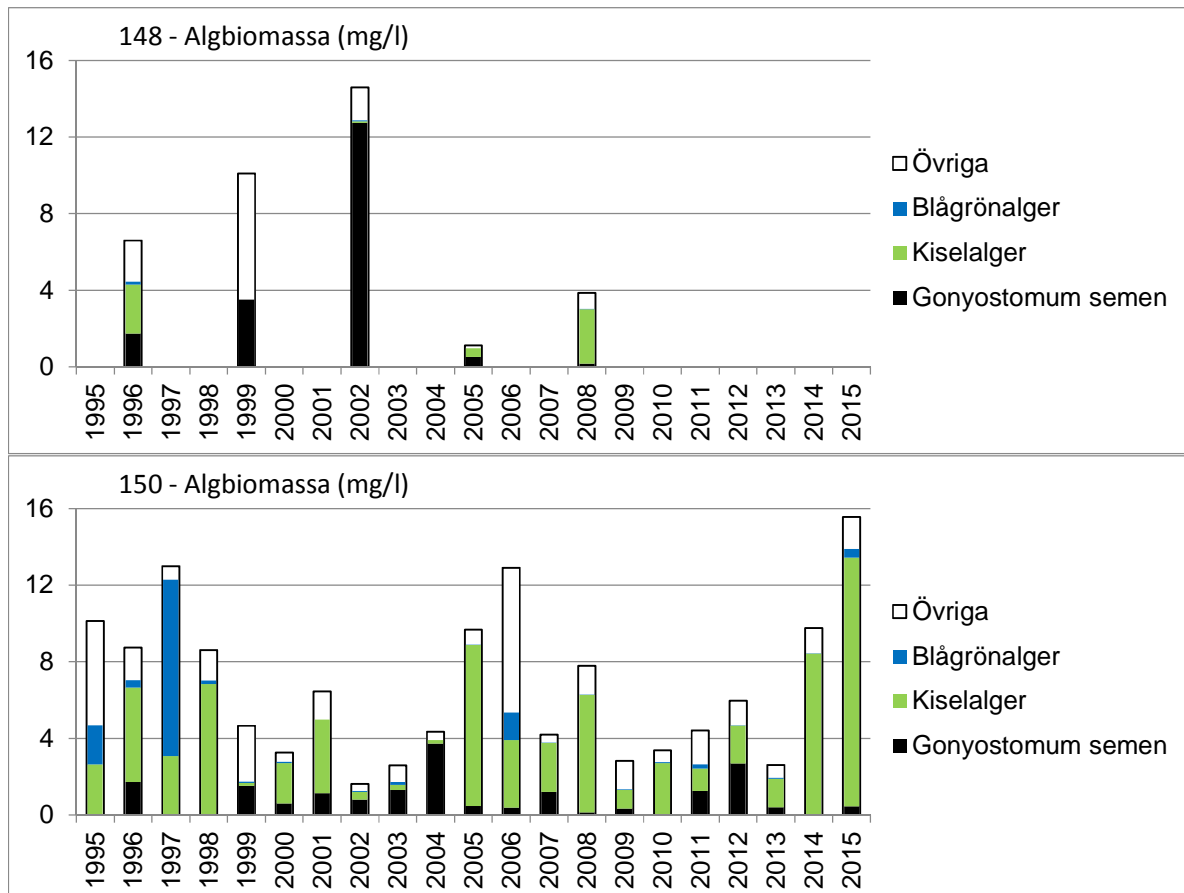
I södra delen av Norra Salen har växtplanktonundersökningar utförts en gång per år sedan år 1995 (Figur 13). För de senaste tre åren (2013-2015) har växtplanktonresultaten i genomsnitt visat "måttlig" status, men nära gränsen till "god" status, i denna del av sjön enligt bedömningsgrunderna i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2013:19). Algbiomassan har varierat kraftigt mellan åren men överlag varit stor och vanligen dominerats av kiselalger (Figur 13). Blågrönalger har sällan utgjort ett betydande inslag.

### Stor variation i algbiomassa mellan olika år och ingen tydlig långsiktig trend

Växtplanktonundersökningarna i Norra Salen under perioden 1995-2015 visar inga långsiktiga signifikanta förändringar. Den långsiktiga tendensen är dock att algbiomassan minskat något (i storleksordningen 10 %), även om 2015 uppvisade den högsta biomassan. Variationen i algbiomassa korrelerar framför allt med omsättningstid och vattennivå i sjön. Algbiomassan ökar generellt när omsättningstiden ökar och vattennivån minskar. Resultaten tyder också på att algbi-

omassan ökar med ökande fosforhalter, ökad inblandning av renat avloppsvatten från Alvesta reningsverk och ökande temperaturer.

På samma sätt som att fosforhalterna i Norra Salen är beroende av fosforhalterna i tillrinnande vatten är rimligen också algbiomassan och algsammansättningen beroende av hur mycket och vilka alger som tillförs sjön via framför allt Skaddeån och Lekarydsån från uppströms liggande sjöar. Inga växtplankton- eller klorofyllprover har tagits i syfte att bedöma algernas nettotillväxt i sjön.



Figur 13. Biomassa av växtplankton 1995-2015 fördelad på några olika taxonomiska grupper i Norra Salen. Provpunkt 148 = norra delen och provpunkt 150 = södra delen av Norra Salen. Staplarna motsvarar augustivärden. I provpunkt 148 har endast fem prover tagits under perioden.

### Hög primärproduktion under hela sommarsäsongen

En djup sjö med låg extern belastning av fosfor kan hamna i en klarvattenfas när fosforkoncentrationen blir en begränsande faktor när sjön är skiktad. När sjön är skiktad förlorar ytvattnet näringsämnen genom sedimentation. Vid botten sker mineralisering av organiskt material så att fosfor frigörs till bottenvattnet. När sjön cirkulerar på hösten fördelar sig den frigjorda fosfor i hela vattenmassan och blir tillgänglig för algproduktion.

I Norra Salen tillförs lättillgänglig näring i form av fosfatfosfor och ammoniumkväve från bl.a. Alvesta avloppsreningsverk, jordbruksmark, enskilda avlopp, dagvatten och mineraliseringsprocesser i sjön. Detta i kombination med att sjön inte är skiktad och omsättningstiden är kort gör att Norra Salen inte genomgår någon klarvattenfas. Primärproduktionen är därför oftast hög under hela sommarsäsongen.

Under perioder med extra lågt flöde och lång omsättningstid blir tillförseln av ny, alg tillgänglig näring ifrån tillrinnande vatten förhållandevis liten, vilket kan begränsa alg tillväxten. Det är också möjligt att ett mer stabilt ekosystem hinner utvecklas i sjön vid extra lång omsättningstid, med t.ex. filtrerande större djurplankton som kan beta ner växtplankton och på så sätt bidra till lägre halter av klorofyll och växtplankton. Detta kan liknas vid en klarvattenfas.

På motsatt sätt kan algbloomingarna öka i omfattning i samband med stor nederbörd och avrinning då stora mängder lättillgängliga näringsämnen tillförs sjön.

#### ”Gubbslemsalgen” förekommer i sjön

Nålflagellaten *Gonyostomum semen* (Foto 8) förekommer i Norra Salen. Vanligen i liten mängd, men vid några tillfällen har den helt dominerat algsamhället (Figur 13). *Gonyostomum semen* är en alg som kan orsaka klåda hos badande. Den innehåller stora mängder slemtrådar och kallas ibland för ”Gubbslem”. Arten gynnas bl.a. av höga halter organiskt material i vattnet (humus), vilket förekommer naturligt i Norra Salen. Den största mängden *Gonyostomum semen* uppmättes vid provtagningarna i augusti 2002 i den norra delen och i augusti 2004 i den södra delen av Norra Salen. Båda dessa tillfällen föregicks av kraftig nederbörd, vilket ökade den externa tillförseln av bl.a. fosfor och organiskt material till sjön på kort tid.

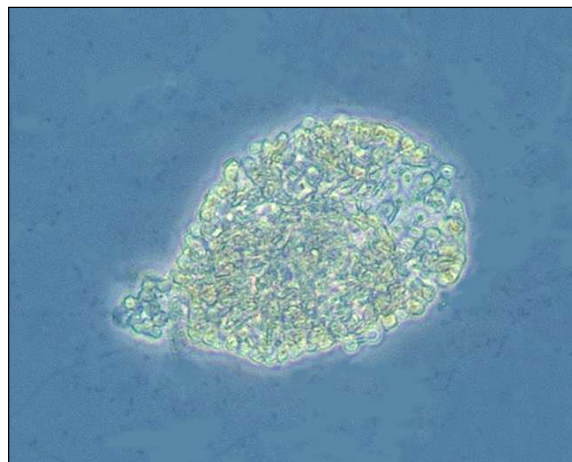


Foto 8. Nålflagellaten *Gonyostomum semen* som finns i Norra Salen (Foto: Medins Biologi AB).

#### **4.1.3. Fisk**

##### Fiskens betydelse för vattenkvaliteten

Fiskens roll som sekundärkonsument innebär att den vanligen har ett stort inflytande på övriga organismer i det akvatiska ekosystemet. Planktivorer (djurplanktonätare) som mört, småabborre och löja utövar alltid ett predationstryck på djurplanktonsamhället. När de betar ner mängden större djurplankton skapas förutsättningar för kraftigare blomningar av växtplankton.

I en måttligt näringsrik sjö med en ”balanserad” fisksammanställning finns ofta en dominans av rovfisk (t.ex. gädda, gös och/eller abborre) som har karpfisk som bytesdjur (t.ex. mört, småbrax). Vid ökade näringsförhållanden ökar till en början all fisk i omfattning. I sjöar med höga halter av näringsämnen och omfattande algbloomingar blir vattnet grumligt och fisksammanställningen kan bli ”obalanserad” med dominans av karpfisk och en liten andel rovfisk. Vid dessa förhållanden råder också hård konkurrens mellan rovfiskyngel och annan fisk om yngelmaten.

Bentivora (bottenlevande) fiskar, som braxen och björkna, finner merparten av sin föda genom att rota runt och gräva i bottensedimenten. Denna bioturbation (omblandning) kan leda till att näringsämnen som legat låsta i botten blir tillgängliga och förutsättningar för kraftigare algbloomingar skapas.

### Måttlig status med avseende på fisk i Salen

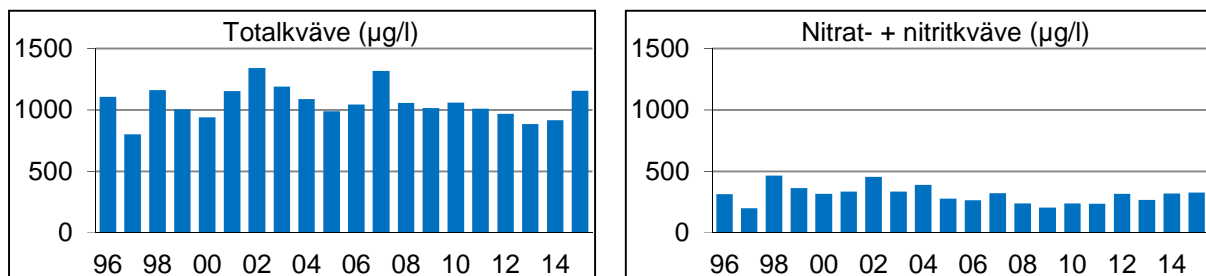
Vid nätprovfisket i Salen år 2014 påträffades 7 fiskarter (abborre, gös, gers, mört, braxen, björkna och benlöja). Fångsten dominerades till antalet av abborre och gers medan gös och karpfiskar, såsom mört och braxen, dominerade viktmässigt. Gösen har haft en positiv utveckling med lyckad reproduktion och god tillväxt de senaste åren. De individrika men småvuxna bestånden av abborre och mört visar att näringskonkurrensen i sjön är hård. Endast enstaka stora abborrar påträffades.

Enligt bedömningsgrunderna i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2013:19) har Salen "måttlig" status med avseende på fisk. Biomassan och antalet fångade fiskar per nät var högre än beräknade referensvärden men medelvikten per individ och kvoten mellan abborre och karpfisk var lägre än beräknade referensvärden. Detta indikerar relativt näringsrika förhållanden.

#### 4.1.4. Kväve

##### Höga kvävehalter

Som medelvärden under perioden 2013-2015 var totalkvävehalterna i Norra Salen höga (ca 1000 µg/l). Recipientkontrollundersökningar i Norra Salen under perioden 1977-2015 i kombination med sjöinventeringarna 1971-1993 ger en bild av att totalkvävehalterna tydligt har minskat i samma storleksordning som totalfosfor. För den senaste 20-årsperioden syns dock ingen signifikant minskning, men den långsiktiga tendensen är att totalkvävehalterna minskat svagt (ca 11 %, Figur 14). För nitrat- + nitritkväve är minskningen något tydligare (ca 22 %, Figur 14).



Figur 14. Kvävehalter i Norra Salens utlopp, provpunkt 151. Staplarna representerar årsmedelvärden av sex provtagningsstillfällen (jan, mar, maj, jul, aug och okt) per år.

##### Kvävets betydelse för sjöns näringsstatus

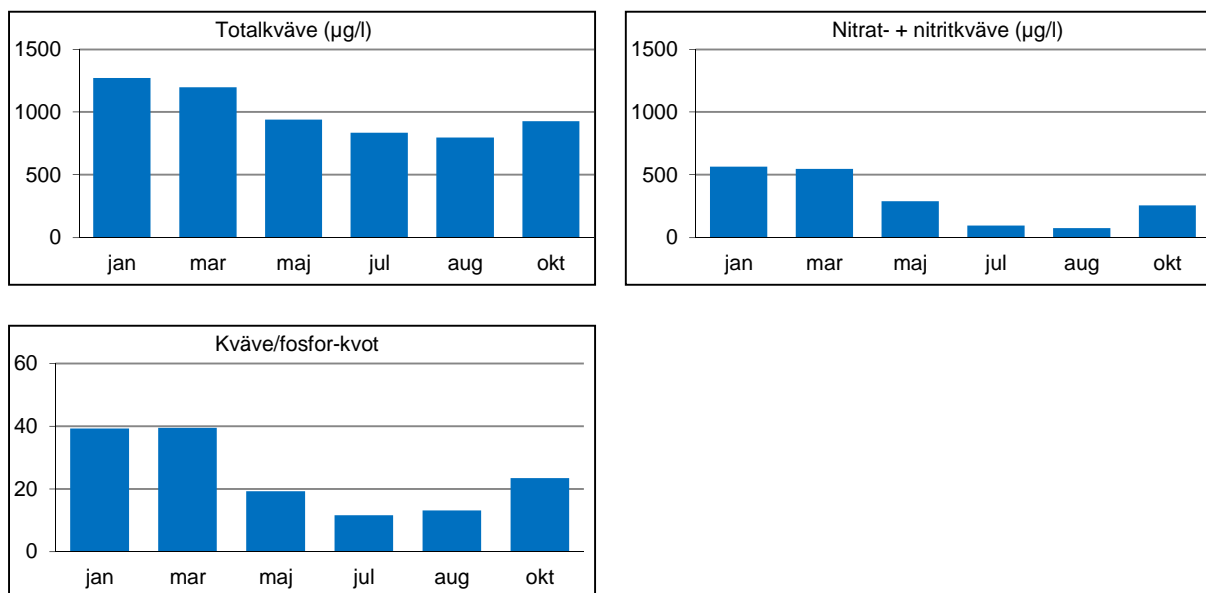
Kvävehalten (N) har betydelse för primärproduktionen i en sjö främst genom dess relation till fosfor (P), genom att en låg N/P-kvot kan gynna kvävefixerande blågrönalger. Vid kväveöverskott ( $\geq 30$ ) är risken för blågrönalgbloomningar liten och vid kväveunderskott ( $< 15$ ) är risken för blågrönalgbloomning sannolik (Naturvårdsverket 1999). Med högre fosfor- och lägre kvävehalter på sommaren och det omvända på vintern (Figur 10 och Figur 15) varierar N/P-kvoten (totalkväve/totalfosfor) väsentligt under året (Figur 15). Med något högre fosforhalter och lägre kvävehalter i Norra Salens södra del jämfört med den norra delen ökar risken för blågrönalgbloomning söderut i sjön. För de fem åren som växtplanktonundersökning har utförts samtidigt i Norra Salens norra och södra del har biomassan av blågrönalger generellt varit något större i den södra delen, vilket delvis kan ha med N/P-kvoten att göra. Skillnaden är dock inte signifikant.

De största mängderna blågrönalger uppmättes i södra delen av Norra Salen i augusti 1995, 1997 och 2006 (Figur 13). Från år 1995 saknas vattenkemidata, men i augusti 1997 och 2006 var halterna av lättillgängligt kväve lägre än rapporteringsgränsen för analysen (d.v.s. kväveun-

derskott). Så låga kvävehalter noterades även i augusti 1996 och 1998, men då var mängderna blågrönalger mycket små. Många olika faktorer styr förekomsten av blågrönalger, varav tillgången på lättillgängligt kväve är en. Utan tillförsel av kväve från Alvesta reningsverk skulle kväveunderskott kunna uppkomma oftare och tidigare på säsongen än vid nuvarande situation, vilket skulle öka risken för blågrönalgbloomning.

I en utredning för Sundets reningsverk i Växjö (ALcontrol AB & DHI AB 2016) framkom dock bl.a. att lättillgängligt kväve i form av ammoniumkväve bidrar till att öka algiomassan i Norra Bergundasjön, detta bl.a. för att algerna föredrar ammoniumkväve som kvävekälla framför nitratkväve eller  $N_2$  (Tandeau de Marsac & Houmard 1993). Att minimera utsläppen av ammoniumkväve till Norra Salen kan därför vara av betydelse.

Vissa resultat tyder på att algblomningar förekommit i Norra Salen efter mycket kraftiga regn. Vid dessa tillfällen har reningsverket bräddat, vilket kraftigt ökat utsläppen av både lättillgängligt kväve i form av ammoniumkväve och lättillgängligt fosfor i form av fosfatfosfor på kort tid.



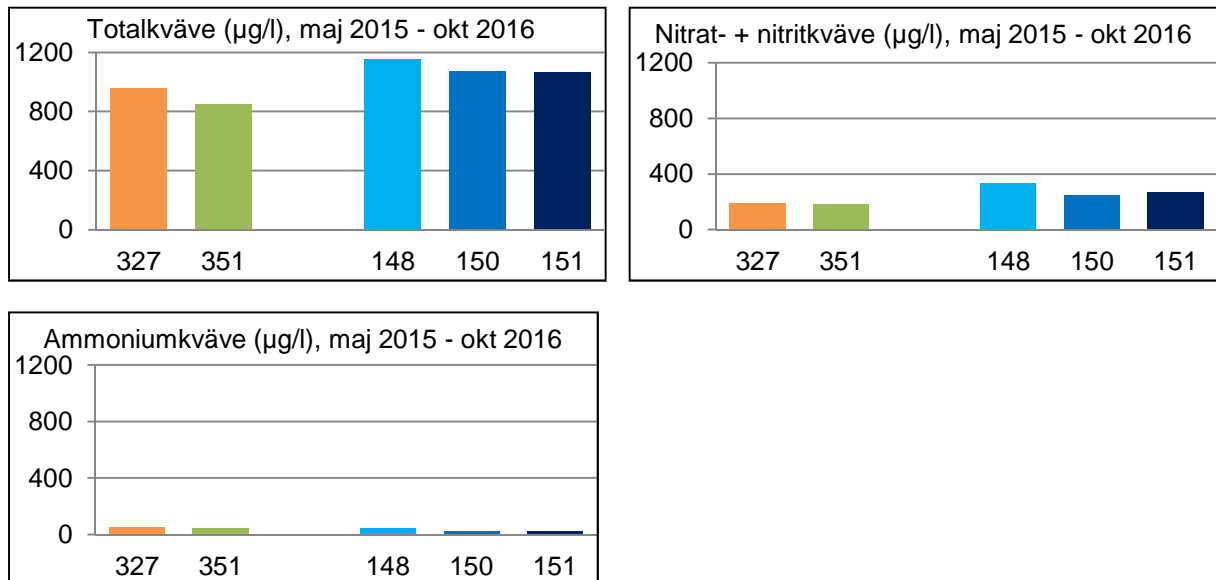
Figur 15. Totalkvävehalter och nitrat- + nitritkvävehalter samt kväve/fosforkvoter i Norra Salens utlopp, provpunkt 151. Staplarna representerar månadsmedelvärden under åren 2011-2015.

### Utökad provtagning totalkväve, nitrat- + nitritkväve och ammoniumkväve maj 2015 – oktober 2016

I resultaten från de utökade provtagningarna syns en tydlig säsongsvariation med högre totalkvävehalter samt högre halter av nitrat- + nitritkväve och ammoniumkväve under vinterhalvåret än under sommarhalvåret. Totalkvävehalterna minskade från maj 2015, var som lägst i september och ökade sedan under hösten. Den låga vattenföringen (långa omsättningstiden) höll i sig fram till början av november, varför en förhållandevis låg utspädning av utsläppsvattnet från Alvesta reningsverk skapade höga nitrathalter, särskilt i den norra delen av sjön. I december var totalkvävehalterna anmärkningsvärt höga i sjön jämfört med tillrinnande vattendrag trots höga flöden och stor utspädning av utsläppsvattnet från Alvesta reningsverk. De förhöjda kvävehalterna i december berodde troligtvis delvis på resuspension av sediment (organiskt kväve). Under vintern minskade halterna, och blev ännu lägre under sommaren 2016 p.g.a. nitrifikations- och denitrifikationsprocesser i sjön.



Kvävehalterna var signifikant högre i sjön än i tillrinnande vattendrag p.g.a. påverkan från Alvesta reningsverk. Kvävehalterna var också vanligen lägre i den södra delen än i den norra delen av Norra Salen p.g.a. att nitrifikation och denitrifikation sker i sjön (Figur 16).



Figur 16. Totalkväve, nitrat- + nitritkväve och ammoniumkväve i Skaddeån (327) och Lekarydsån (351) samt i de tre provpunkterna i Norra Salen (148, 150 och 151). Staplarna representerar medelvärden av samtliga provtagningar under perioden maj 2015 – oktober 2016, undantaget januari och mars 2016 i provpunkterna 327, 351 och 151 för att staplarna skall bli jämförbara.

#### 4.1.5. Grumlighet

##### Starkt grumligt vatten från Skaddeån

Som medelvärden för åren 2013-2015 var vattnet i Norra Salen betydligt grumligt (turbiditet 5,8 FNU). Starkt grumligt vatten tillfördes sjön via Skaddeån (turbiditet 9,9 FNU) och i Lekarydsån var vattnet betydligt grumligt (turbiditet 3,6 FNU). Skillnaden i grumlighet mellan Skaddeån och Lekarydsån beror bl.a. på att andelen sjöar i avrinningsområdet är större för Lekarydsån (6 %) än för Skaddeån (2 %). Sjöar fungerar normalt som klarningsbassänger där suspenderat material kan sedimentera. Skillnaderna mellan vattendragen beror också på förekommande jordart. Nedre delen av Skaddeån domineras av postglacial silt men även grovsilt och sand. I Lekarydsån finns också postglacial silt framför allt kring södra delen av Dansjön och inom Tväråns avrinningsområde. Jordbruksmarken i dessa områden är erosionskänslig och utgör en betydande potentiell fosforkälla.

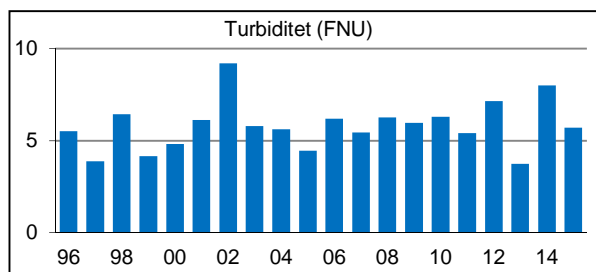
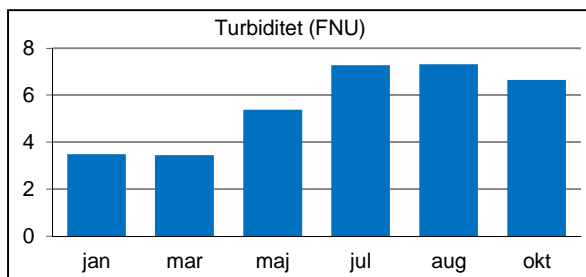
Vattnet i tillrinnande vattendrag grumlats särskilt vid kraftiga regn i samband med låg vattenförling i åarna och beror då ofta på eroderat finmaterial (lera och silt). Det starkast grumliga vattnet i Lekarydsån och Skaddeån uppmättes i augusti 2008 efter mycket kraftigt regn. I Lekarydsån var vattnet mycket grumligare än normalt vid detta tillfälle, medan vattnet i Skaddeån blir så starkt grumligt varje sommar (Foto 9).

Grumligheten i Norra Salen följer, på samma sätt som i tillrinnande vattendrag, en tydlig säsongsvariation där de högsta värdena normalt förekommer sommartid. Grumligheten i Norra Salen följer till viss del grumligheten i tillrinnande vattendrag, men även andra faktorer har betydelse.

För den senaste 20-årsperioden syns ingen signifikant förändring av grumligheten i sjön (Figur 17).



Foto 9. Starkt grumligt vatten i Skaddeån vid provtagningsstillfället i september 2015 i samband med låg vattenföring (vänster). Lekarydsåns deltaområde vid lågvatten i september 2016 (höger).



Figur 17. Turbiditet (grumlighet) i Norra Salens utlopp, provpunkt 151. Staplarna representerar månadsmedelvärden under åren 2011-2015 respektive årsmedelvärden av sex provtagningsstillfällen (jan, mar, maj, jul, aug och okt) per år.

### Sedimentation och resuspension sker om vart annat beroende på vind- och vågförhållanden

Partiklar som transporteras till Norra Salen via tillrinnande vattendrag kommer förmodligen endast i mindre omfattning att sedimentera permanent ute i sjön.

Under perioder med lugnt väder eller när sjön är isbelagd kan finmaterial sedimentera, men under perioder med kraftig vind- och vågpåverkan kommer materialet sannolikt till stor del att resuspendera. Detta beror på att vågornas rörelser når ner till stora delar av Norra Salens grunda botten där nysedimenterat material kan virvlas upp. Norra Salen fungerar därmed rimligen inte som något betydande sedimentationsområde i dagsläget, med undantag från tyngre bottentransporterat material som oftast sedimenterar i åmynningarna. I samband med höga flöden kan bottentransporterat material även förflyttas ut i sjön. Bottentransporterat material fångas oftast inte in i de vattenprover som tas i åarna. Den vattenkemiska provtagningen kan därför underskatta den externa belastningen av t.ex. suspenderad substans och därmed också framför allt fosfor.

Analysresultaten från de utökade vattenkemiska undersökningarna i detta projekt tyder på att vattnets grumlighet (turbiditet och suspenderad substans) och fosforhalt ökar vid kraftig vind- och vågpåverkan. Vid provtagningen i maj 2015, då vind- och vågpåverkan var kraftig i samband med provtagning, ökade slamhalten i sjön jämfört med tillrinnande vatten med i genomsnitt ca 2 mg/l. I maj 2016 då vind- och vågpåverkan var minimal och klorofyllhalten var likvärdig med maj 2015, minskade istället slamhalten i sjön med ca 1 mg/l jämfört med tillrinnande vatten. Utifrån detta skulle i så fall vind- och vågpåverkan i maj 2015 stå för en ökning i slamhalt med i storleksordningen 3 mg/l, vilket motsvarar ca 10 ton suspenderad substans i sjöns vattenvolym ( $3 \text{ mg susp/l} \times \text{volymen } 3,16 \text{ milj m}^3$ ). Med utgångspunkt från ytsedimentets (0-2 cm) TS-halt på ca 15 % motsvarar detta ca 60 ton sediment i våtvikt som fördelat över Norra Salens yta dock endast motsvarar ca 0,02 mm av sedimentets översta skikt ( $60 \text{ ton (m}^3\text{) sediment} / \text{sjöyta } 2,6 \text{ milj m}^2$ ). Motsvarande beräkning för tillfället i oktober 2016 blir en ökning i slamhalt med i storleksordningen 9 mg/l, vilket under rådande förhållanden motsvarar ca 0,06 mm av sedimentets översta skikt.

Observationer och extra provtagning visar att resuspensionen framför allt sker från vindexponerade grunda lösa bottenar och att resuspenderade partiklar dels transporteras vidare nedströms i vattensystemet dels återsedimenteras i lugnvattnet på läsidan eller i sjöns skyddade vikar. I den norra delen av Norra Salen togs ett extra prov i oktober från den vindexponerade sidan av sjön på grunt vatten (ca 20 cm) nära land. Vattenprovet visade extremt hög slamhalt på 450 mg/l och en extrem fosforhalt på 520 µg/l.

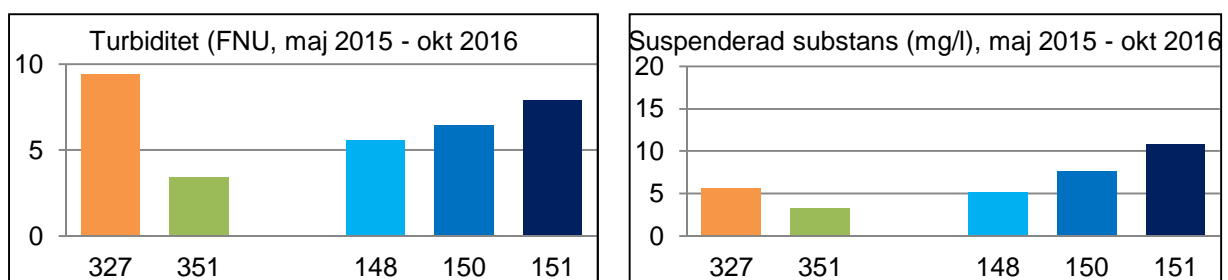
#### Även förekomst av plankton har betydelse för vattnets grumlighet

Grumligheten i Norra Salen beror till stor del på förhållandena i tillrinnande vatten och till viss del på resuspension av sediment i sjön, men en betydande orsak till grumligt vatten i Norra Salen är också förekomst av plankton. Planktonmängderna har överlag varit stora, men betydande variationer förekommer (se avsnitt 4.1.2 på sid 31).

Även annat verkar påverka grumligheten i sjön. Särskilt sommaren 2016 var vattnet onormalt grumligt i förhållande till inkommande vatten, klorofyllhalter och resuspension. Annat som kan påverka grumligheten i sjön kan t.ex. vara bakterier, djurplankton och/eller bioturbation.

#### Grumligheten ökar söderut i sjön

Vid de utökade provtagningarna maj 2015 – oktober 2016 var vattnet i Norra Salen signifikant svagare grumligt än i Skaddeån men signifikant starkare grumligt än i Lekarydsån (Figur 17). Även halterna av suspenderad substans visade samma förhållande mellan provpunkterna. Grumligheten ökade söderut i sjön, vilket bl.a. beror på en ökad planktonbiomassa i samma riktning, samt större effekt av resuspension av sediment i södra delen av sjön vid vissa vindriktningar.



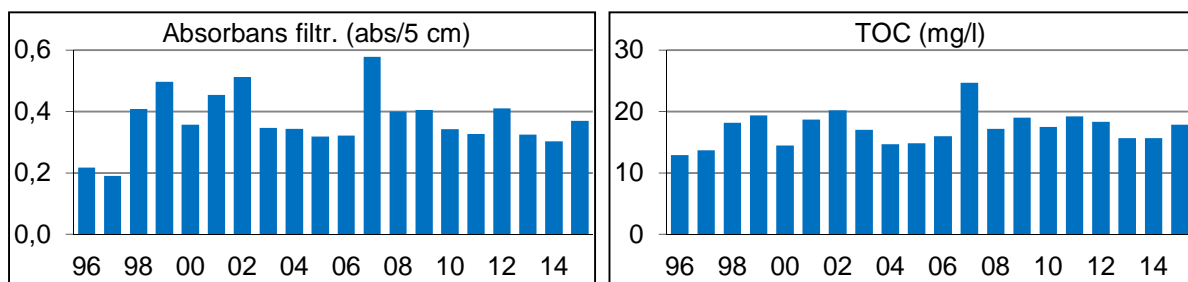
Figur 18. Vattenfärg och organiskt material i Skaddeån (327) och Lekarydsån (351) samt i de tre provpunkterna i Norra Salen (148, 150 och 151). Staplarna representerar medelvärden av samtliga provtagningar under perioden maj 2015 – oktober 2016, undantaget januari och mars 2016 i provpunkterna 327, 351 och 151 för att staplarna skall bli jämförbara.

#### 4.1.6. Vattenfärg och organiskt material

##### Starkt färgat vatten i Norra Salen p.g.a. omfattande moss- och myrmarker samt stora skogsområden med få sjöar i tillrinningsområdet

Som medelvärden för åren 2013-2015 var vattnet i Norra Salen starkt färgat (0,33 abs/5cm) och innehöll mycket höga halter av organiskt material (16 mg/l). Starkt färgat vatten tillfördes sjön via Skaddeån (0,45 abs/5cm) och Lekarydsån (0,32 abs/5cm). Även i Skaddeån var halterna av organiskt material mycket höga (19 mg/l), men i Lekarydsån var halterna av organiskt material just under gränsen till mycket höga (16 mg/l).

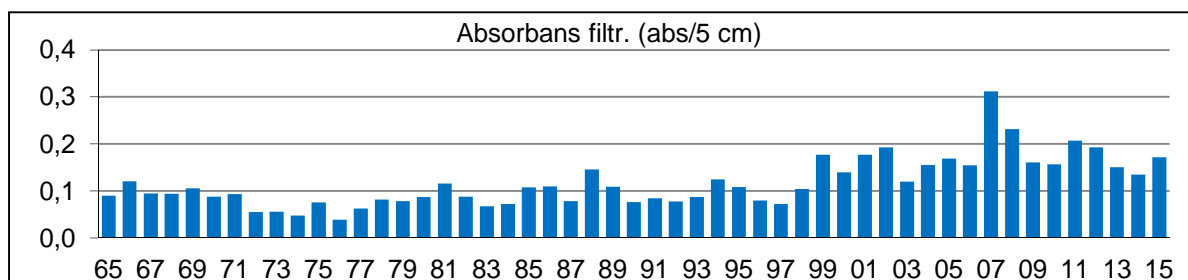
Den bruna färgen är en naturlig företeelse som beror på urlakning av brunfärgade humusämnen från marken. Humusämnena bildas vid nedbrytning av döda växt- och djurdelar och består till större delen av komplicerade organiska kolföreningar. Höga humushalter förekommer i avrinningsområden som domineras av myr- eller skogområden med få sjöar, medan låga humushalter ofta förekommer i regioner med sparsam vegetation, svagt utvecklade organiska jordar och stora sjöar.



Figur 19. Vattenfärg (absorbans) och halter av organiskt kol (TOC) i Norra Salens utlopp, provpunkt 151. Staplarna representerar årsmedelvärden av sex provtagningstillfällen (jan, mar, maj, jul, aug och okt) per år.

##### Brunifiering eller återgång till mer naturliga nivåer

Vattenfärgen och halterna av organiskt material har signifikant ökat i regionens vattenområden och samma utveckling har noterats i andra områden, bl.a. i Norge och Finland, på de Brittiska öarna och i Nordamerika (Monteith m.fl. 2007). I Mörrumsån vid Mörrum finns en lång serie av data som tydligt visar vattenfärgens utveckling (Figur 20). Den s.k. "brunifieringen" har under senare år varit föremål för omfattande forskningsinsatser men orsakerna är inte helt klarlagda. Processerna bakom färgökningen är komplicerade och flera mekanismer kopplade till markanvändning, klimat och försurningshistorik har betydelse (Temnerud m.fl. 2014). En del studier tyder på att den ökande vattenfärgen är en återgång till mer normala förhållanden efter en försurningsperiod med lägre värden och att vattenfärgen kommer att stabiliseras på en hög, men mer naturlig nivå (Bragée m.fl. 2015). Sedan slutet av 1990-talet syns ingen ytterligare ökning av vattenfärgen i Norra Salen (Figur 7). Vattenfärgen har snarare minskat under senare år.



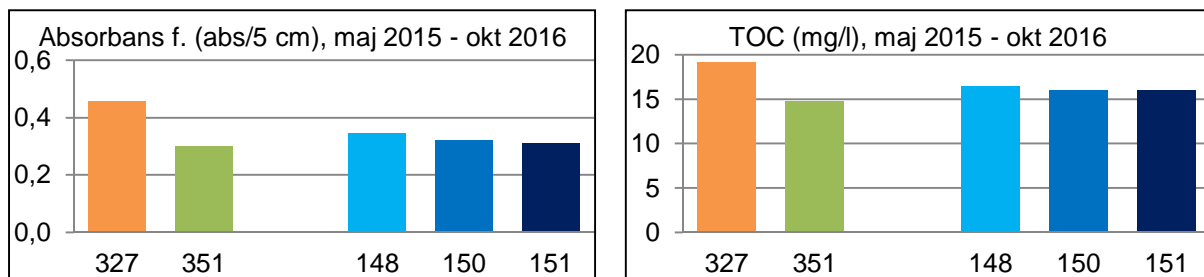
Figur 20. Vattenfärg (absorbans) i Mörrumsån vid Mörrum. Data SLU.

### Vattenfärgen har betydelse för Norra Salens akvatiska ekosystem

När vattnet blir brunare kan livsbetingelserna för vissa vattenlevande organismer förändras. Ökande färgtal har t.ex. negativ inverkan på siktdjupet och därmed också ljustillgången för vattenväxter och påväxtalger. Ett försämrat ljusklimat gynnar också vissa fiskarter som t.ex. gös i förhållande till t.ex. abborre och gädda. Vissa alger som t.ex. den s.k. gubbslemsalgen (*Gonyostomum semen*), som kan förekomma rikligt i Norra Salen, verkar gynnas av mer organiskt material. Ökande färgtal kan dessutom påverka näringsförhållandena genom att det organiska materialet till viss del innehåller näringsämnen som via bakteriell nedbrytning kan bli tillgängliga för organismer högre upp i näringskedjan.

### Utökad provtagning vattenfärg och organiskt material maj 2015 – oktober 2016

Resultaten för vattenfärg (absorbans) överensstämde mycket väl med variationen i TOC vid de utökade provtagningarna maj 2015 – oktober 2016. Skaddeån var generellt mer färgat än Lekarydsån och i förhållande till mängden tillfört vatten från Skaddeån och Lekarydsån får man en bild av att Norra Salen fungerar som en viss klarningsbassäng för vattnets färg. Vattenfärgen minskade också söderut i sjön (Figur 21). Naturliga fysikaliska, fotokemiska och biologiska processer i sjön gör vattnet mindre färgat. För TOC syns inte samma tydliga tendens, sannolikt p.g.a. att en viss mängd organiskt material också skapas i sjön vid algernas fotosyntes.



Figur 21. Vattenfärg och organiskt material i Skaddeån (327) och Lekarydsån (351) samt i de tre provpunkterna i Norra Salen (148, 150 och 151). Staplarna representerar medelvärden av samtliga provtagningar under perioden maj 2015 – oktober 2016, undantaget januari och mars 2016 i provpunkterna 327, 351 och 151 för att staplarna skall bli jämförbara.

#### 4.1.7. Siktdjup

##### Måttlig status med avseende på siktdjup

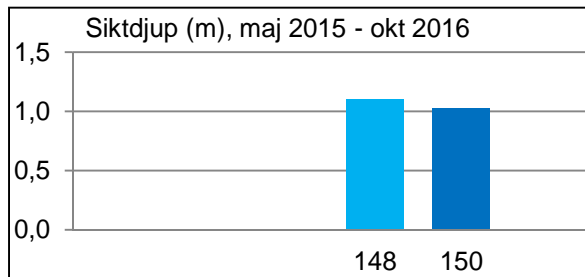
Mätning av siktdjup ger ett mått på vattnets optiska egenskaper och dess innehåll av framför allt suspenderat material, men även lösta humusämnen. Som medelvärden för perioden maj-oktober 2015-2016 var siktdjupet i Norra Salen litet (1,1 meter) vid provpunkt 150. Vid flera tillfällen översteg siktdjupet vattendjupet i den norra delen vid provpunkt 148, men siktdjupet var överlag något bättre vid provpunkt 148 jämfört med 150 (Figur 22). Det bästa siktdjupet uppmättes i oktober 2015. I den södra delen var siktdjupet vid det tillfället 1,5 meter. I den norra delen var siktdjupet >1,3 meter, men uppskattningsvis 1,5-1,6 meter om vattendjupet skulle tillåta det. I oktober 2015 var klorofyllhalterna samt halterna av suspenderad substans och organiskt material förhållandevis låga. Som sämst var siktdjupet 0,8 meter, detta i samband med höga klorofyllhalter och grumligt vatten. Ett siktdjup på 0,8 meter är dock tillräckligt för en vegetationszon ner till ca 1,6 meters djup, d.v.s. en stor del av Norra Salens bottenyta.

Undersökningarna åren 2015 och 2016 indikerar att siktdjupet minskar något söderut i sjön, vilket beror på att algproduktionen och effekten av resuspension av sediment ökar något i samma

riktning. Vattenfärgen har dock ofta varit något lägre vid provpunkt 150 jämfört med 148, vilket till viss del utjämnat skillnaderna i siktdjup mellan provpunkterna.

För undersökningsperioden maj-oktober 2015-2016 beräknades referensvärdet för siktdjup i Norra Salen till 3,2 m enligt bedömningsgrunderna i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2013:19). Observerat siktdjup delat med referensvärdet ger EK-värden på 0,34 vid båda provpunkterna. Detta motsvarar "måttlig status" med avseende på kvalitetsfaktorn "siktdjup i sjöar". För att uppnå "god" status behöver siktdjupet vara minst 1,6 meter. I oktober 2015 var siktdjupet nära den nivån.

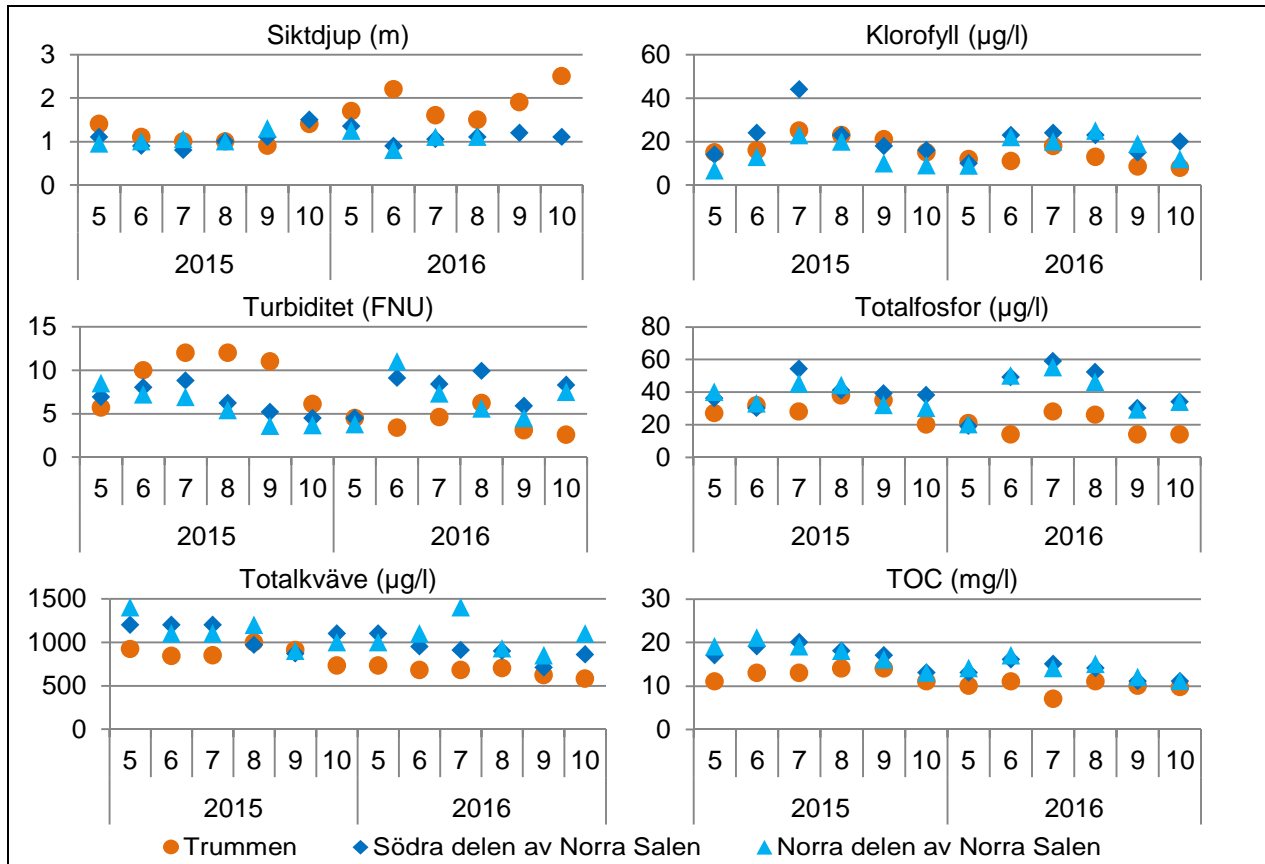
Statusklassningen tar hänsyn till vattnets färg, så orsaken till de måttliga siktdjupen i Norra Salen är i första hand förekomst av plankton och ett grumligt vatten. Med åtgärder som minskar vattnets grumlighet (t.ex. minskad extern tillförsel av slampartiklar, minskad bioturbation från t.ex. fisk och minskad resuspension av sediment) och halter av lättillgängliga närsalter (t.ex. minskad extern belastning av fosfatfosfor och ammoniumkväve som ger ökad algproduktion) kan siktdjupet mycket väl förbättras och uppnå "god" status, trots höga humushalter.



Figur 22. Siktdjup i Norra Salen (148 och 150) under perioden maj-oktober 2015 och maj-oktober 2016. Staplarna representerar medelvärden av samtliga provtagningar undantaget de tillfällen då siktdjupet översteg vattendjupet vid provpunkt 148.

### Reduktionsfiske gav ett bättre vatten i Trummen

I Trummen i Växjö, som har liknande karaktär som Norra Salen (bl.a. grund, humusrik och har lösa sediment), genomfördes omfattande reduktionsfisken våren 2016. Vid en jämförelse mellan Trummen och Norra Salen åren 2015 och 2016, d.v.s. före och efter reduktionsfiskerna i Trummen (reduktionsfisket startade efter provtagningen i maj 2016) syns tydligt ett förbättrat siktdjup i Trummen efter åtgärd (Figur 23). Även andra parametrar som klorofyll, turbiditet (grumlighet) och fosforhalter visade samma tydliga förbättring efter reduktionsfisket. Som förväntat syns ingen effekt med avseende på organiskt material eller kväve (Figur 23). Ett reduktionsfiske i Norra Salen skulle sannolikt också ge en positiv effekt, förutsatt att betydande mängder braxen finns i sjön. Effekten förväntas dock inte bli lika stor i Norra Salen eftersom omsättningstiden är avsevärt kortare i Norra Salen (i genomsnitt ca 8 dygn) jämfört med Trummen (i genomsnitt drygt 200 dygn). Den största effekten i Norra Salen skulle sannolikt erhållas sommartid i samband med låga vattenflöden och lågt vattenstånd.



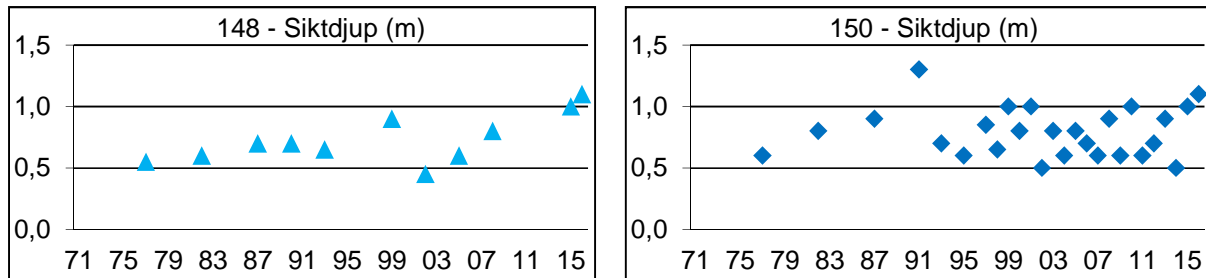
Figur 23. Jämförelse mellan Trummen i Växjö och Norra Salen med avseende på vissa parametrar före och efter reduktionsfiske i Trummen. Reduktionsfisket i Trummen startade efter provtagningstillfället i maj 2016.



Foto 10. Reduktionsfiske i Växjösjön sommaren 2016 av Klara Vatten AB. Foto: Andreas Hedrén.

Siktdjupet har ökat i Norra Salens norra del

Under de senaste 40-45 åren har siktdjupet ökat signifikant i den norra delen av Norra Salen, men mätningarna är få. I den södra delen av Norra Salen, där i princip årliga mätningar utförts sedan år 1995, har det inte skett någon signifikant förändring av siktdjupet, men mätningarna är få i början av perioden. Svagt minskande fosforhalter och därmed sannolikt svagt minskande algbiomassor har kompenserats av ökande vattenfärg.



Figur 24. Siktdjup i Norra Salen. Provpunkt 148 = norra delen och provpunkt 150 = södra delen. Punkterna representerar uppmätta värden i juli och/eller augusti respektive år.



## 4.2. Sediment i Norra Salen

Samtliga analysresultat från sedimentundersökningen i Norra Salen redovisas i Bilaga 2 i form av fältprotokoll och resultattabeller. Resultaten presenteras översiktligt nedan.

### 4.2.1. Karakterisering

Norra Salen hade ett övre brunt medelfast sediment (något lösare struktur i de allra översta centimetrarna). Mäktigheten på detta skikt var mestadels ca 10 cm. Under det översta bruna skiktet förekom en medelfast gråbrun gyttja med svarta inslag vanligen ner till sedimentnivå ca 30 cm (Foto 11 vänster). Därunder var sedimenten bruna med svagt ökad fasthet med ökat sedimentdjup.

Samtliga provtagningspunkter hade ett mycket likartat sediment, undantaget provpunkt PF6 som provtogs inne i den mest skyddade viken i sjöns allra nordligaste del. Den skyddade viken hade ett övre brunt medelfast sediment, som i nivån 10-21 cm var mer mörkbrunt och som på ca 25 cm sedimentdjup distinkt övergick i en grå lergyttja (Foto 11 höger).



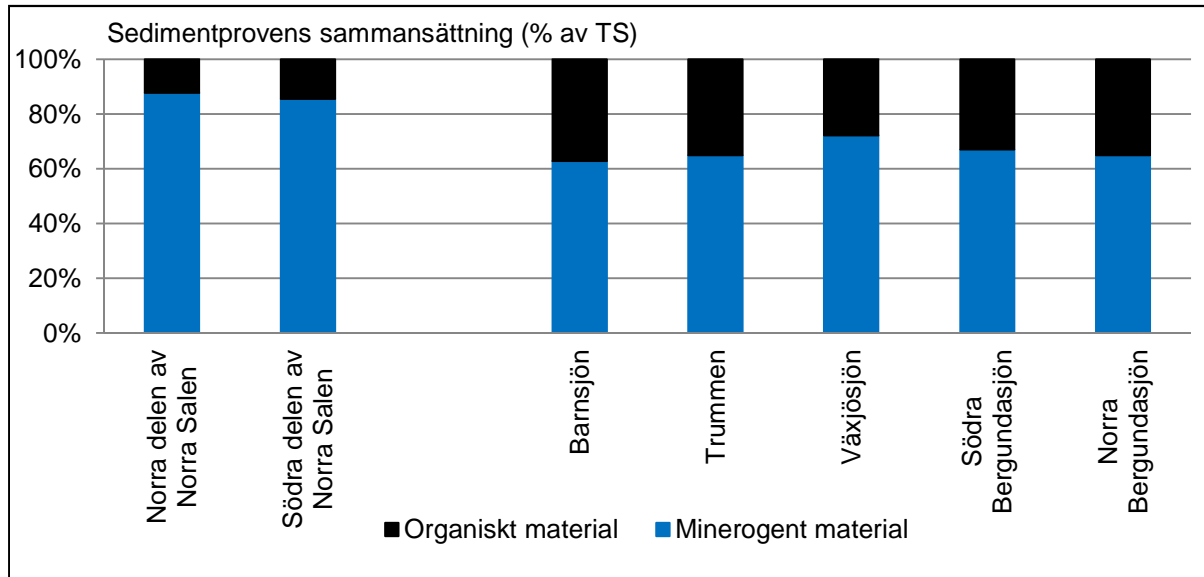
Foto 11. Sedimentpropp från Norra Salen hösten 2015 (provpunkt PF3 till vänster och provpunkt PF6 till höger).

I den stora Värendeforsjön avsattes lergyttjor som underlagrar sjöns senare mer organiska sediment. I den mest skyddade viken i sjöns allra nordligaste del (PF6) ligger lergyttjan i vissa områden grunt (Foto 11 höger).

De svarta inslagen i sedimentet (vanligen nivå 10-30 cm) tyder på att låga redoxförhållanden förekommit i sjön/sedimenten. Vid låg redox omvandlas nämligen oxiderat järn (III) till reducerat järn (II) och samtidigt bildas små mängder svavelväte. Tillsammans bildar det reducerade järnet och svavelvätet järnsulfid, som är en svart stabil förening.

Sedimentets torrsubstanshalt varierade mellan 12 och 34 % av provets vikt (P1-PF5) med signifikant lägre TS-halter i Norra Salens södra del (P3-PF5) jämfört med den norra delen (P1-PF2). Detta visar att södra delen av Norra Salen har något mer utpräglade ackumulationsbottnar, vilket beror på att södra delen av Norra Salen är något djupare och mer vindskyddad. I den norra delen av Norra Salen karakteriseras sedimenten som ett mellanting mellan ackumulations- och transportsediment. Ett transportsediment kännetecknas av periodvis sedimentering och periodvis resuspension av sediment. De högsta torrsubstanshalterna noterades i utloppsområdena för Lekarydsån och Skaddeån.

Den organiska andelen (glödförlusthalten) varierade mellan 9,3 och 17 % av TS (P1-PF5). Glödförlusten var signifikant högre i Norra Salens södra del (P3-PF5) jämfört med den norra delen (P1-PF2). Jämfört med t.ex. Växjösjöarna bestod sedimenten i Norra Salen av en förhållandevis stor andel minerogent material (glödrest ca 86 % av TS, Figur 25).



Figur 25. Ytsedimentets (0-10 cm) sammansättning. Torrsubstanshalten är uppdelad i minerogent material (glödrest) och organiskt material (glödförlust). Provpunkt PF6 undantagen i Norra Salen.



Figur 26. Den skyddade viken i Norra Salens norra del intill Alvesta sjöpark. Område för provpunkt PF6.

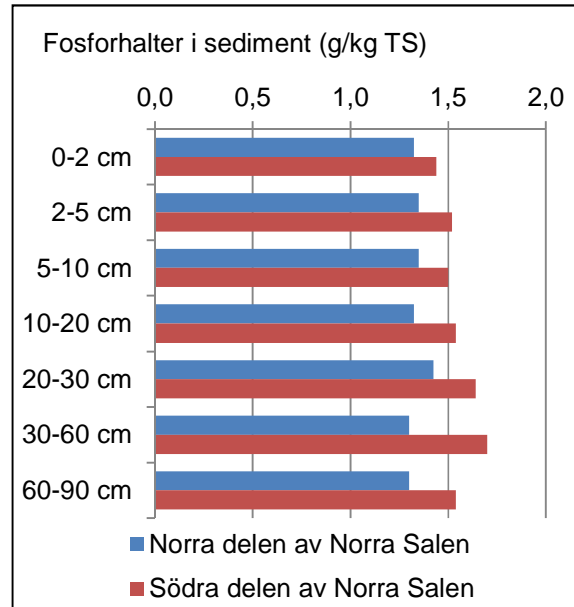
#### 4.2.2. Analys

Samtliga analysresultat avseende totalfosforhalter redovisas i Tabell 4 och Karta 5.

Fosforhalterna i ytsedimenten (0-10 cm), liksom i djupare sedimentskikt (10-90 cm), var mycket låga eller låga i samtliga provpunkter, undantaget sedimenten 5-30 cm vid provpunkt PF6 inne i den mest skyddade viken i sjöns allra nordligaste del (Tabell 4).

Resultaten visar en signifikant ökning av fosforhalterna i Norra Salen söder ut i sjön. Skillnaden sammanfaller dock med en motsvarande skillnad i organisk halt.

Som ett genomsnitt var fosforhalterna överlag likvärdiga i hela sedimentprofilen ner till 90 cm (Figur 27). De högsta halterna noterades dock i sedimentnivåerna 20-30 och 30-60 cm i Norra Salens södra del. Men även detta kopplat till variationer i organisk halt.



Figur 27. Totalfosforhalter (g/kg TS) i Norra Salens sediment i oktober år 2015. Staplarna representerar medelvärden av samtliga provpunkter i norra delen (P1-PF2) respektive södra delen (PF3-PF5).

Jämfört med Växjösjöarna var sedimentfosforhalterna lägre i Norra Salen (Figur 28). Eftersom sedimentets innehåll av fosfor är beroende av andelen organisk substans i sedimentet är resultaten från Norra Salen och Växjösjöarna dock inte helt jämförbara. Samma gäller jämförelser mellan Norra Salens norra och södra del.

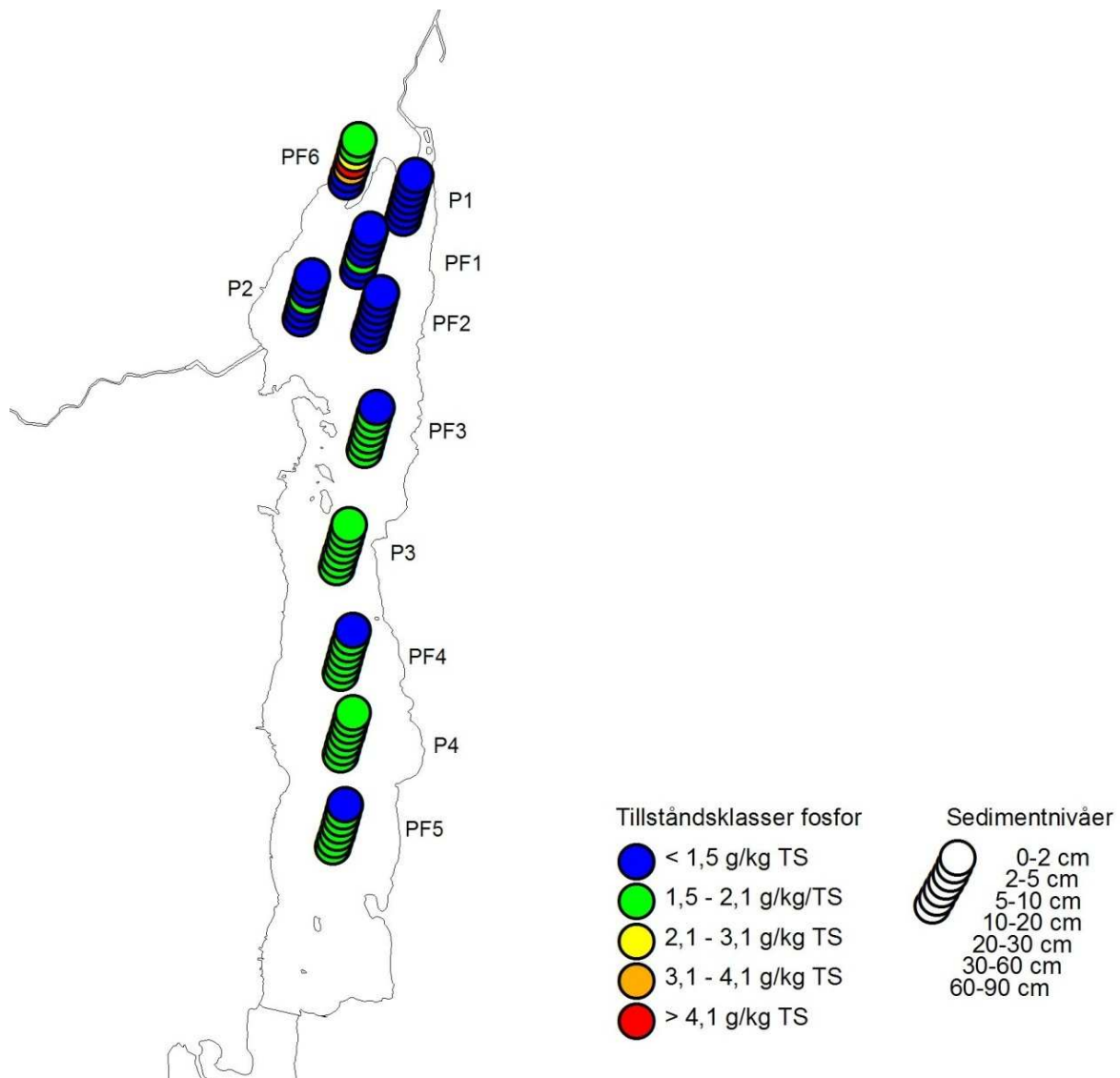
Det är mycket tydligt att skillnaden i fosforhalt mellan ytsediment och djupare sediment är större i Växjösjöarna än i Norra Salen (Figur 28). Orsaken till detta är att fosfor från extern och intern belastning i Norra Salen i huvudsak transporteras vidare nedströms i vattensystemet p.g.a. den korta omsättningstiden i sjön. I Växjösjöarna sedimenterar/återsedimenterar istället huvuddelen av fosfor som tillförs sjön via extern och intern belastning varför fosforhalterna koncentreras i ytskiktet.

Tabell 4. Totalfosforhalter (g/kg TS) i Norra Salens sediment i oktober år 2015

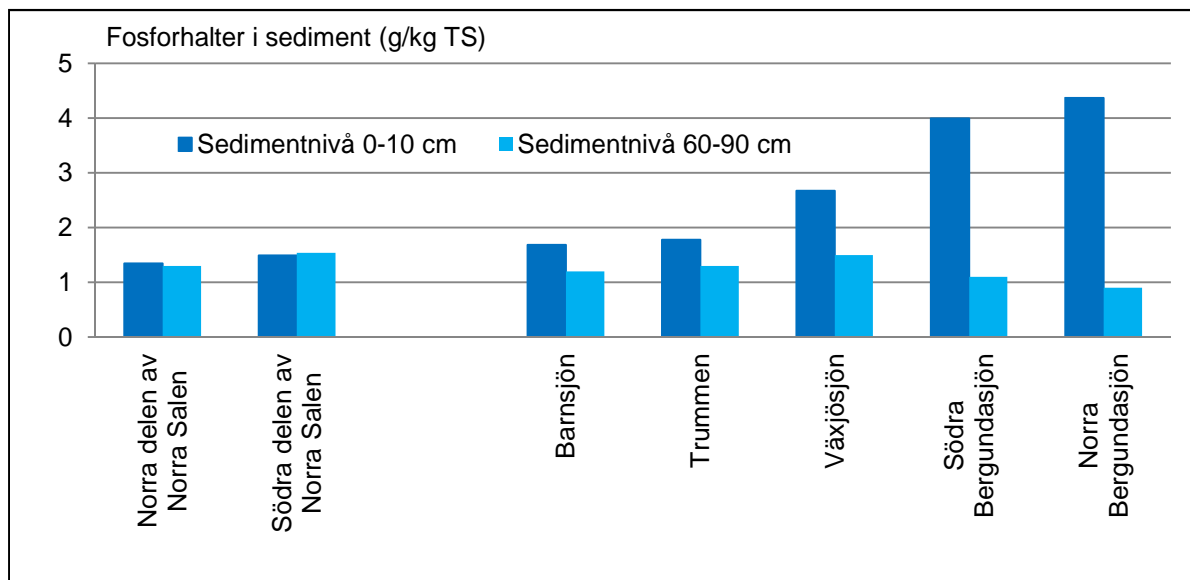
| Nivå<br>cm | P1  | P2  | PF1 | PF2 | PF3 | P3  | PF4 | P4  | PF5 | PF6  |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| g P/kg TS  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
| 0-2        | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,6  |
| 2-5        | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,6  |
| 5-10       | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,8  |
| 10-20      | 1,1 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 6,1  |
| 20-30      | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 3,8  |
| 30-60      | 1,0 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,8 | 0,98 |
| 60-90      | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 0,97 |

|                    |          |                      |          |                    |
|--------------------|----------|----------------------|----------|--------------------|
| <1,5               | 1,5-2,1  | 2,1-3,1              | 3,1-4,1  | ≥4,1               |
| mycket<br>låg halt | låg halt | måttligt<br>hög halt | hög halt | mycket<br>hög halt |



Karta 5. Totalfosforhalter i Norra Salens sediment i oktober år 2015.



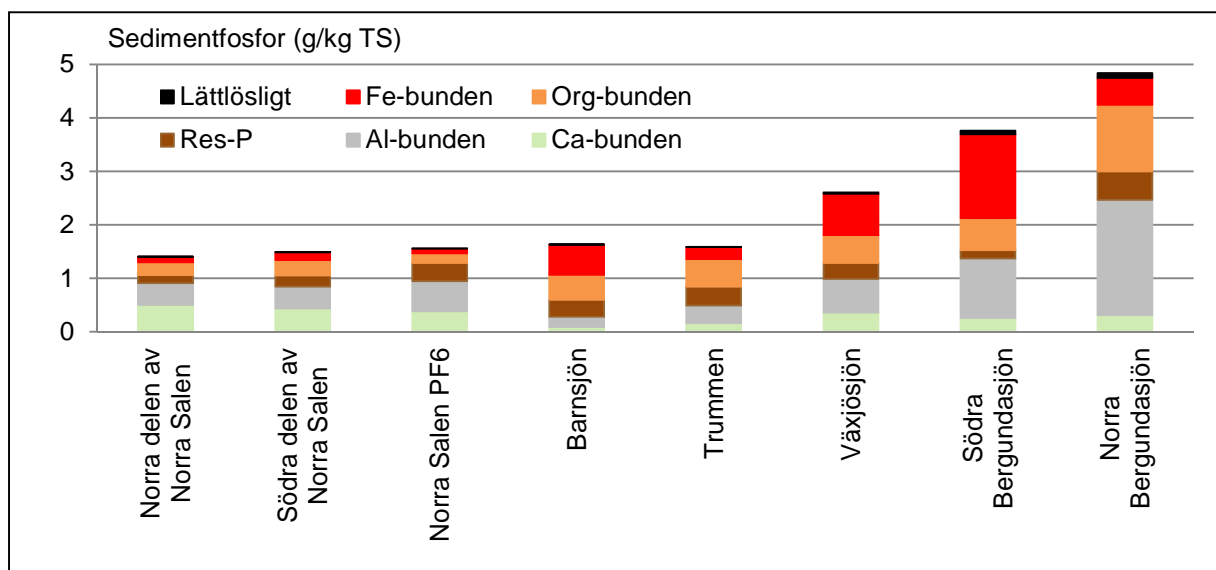
Figur 28. Totalfosforhalter (g/kg TS) i Norra Salens sediment i oktober år 2015 jämfört med förhållandena i Växjösjöarna (enligt ALcontrol AB & DHI AB 2014). Provpunkt PF6 undantagen i Norra Salen.

I provpunkt PF6, inne i den mest skyddade viken i sjöns allra nordligaste del, var fosforhalterna kraftigt förhöjda i sedimentskikten 10-30 cm (Tabell 4). Den högsta halten uppmättes i skikt 10-20 cm. Dessa kraftigt påverkade sediment överlagrades dock av ett ca 5-10 cm tjockt ytskikt med låga fosforhalter. Sedimenten med kraftigt förhöjda fosforhalter avsattes sannolikt under en period med mycket hög extern näringsbelastning på sjön (under perioden 1930-1970-talen). Sannolikt har det skyddade läget gjort att de näringsrika sedimenten inte resuspenderat och transporterats iväg nedströms i vattensystemet.

#### 4.2.3. Mobilt fosfor

Medelvärden av olika fosforfraktioner i Norra Salens sediment (0-10 cm) redovisas i Figur 29. En stor andel av fosfor i Norra Salens sediment var svårtillgänglig i form av aluminiumbunden fosfor (ca 0,3-0,4 g/kg TS) och kalciumbunden fosfor (0,4-0,5 g/kg TS). Den största andelen mobilt fosfor (löst bunden fosfor, järnbunden fosfor och organiskt bunden fosfor samt till viss del residualfosforfraktionen) förelåg som organiskt bunden fosfor (0,2-0,3 g/kg TS) som via mineraliseringsprocesser kan frigöras till vattenmassan. Halterna av löst bunden fosfor (0,001-0,008 g/kg TS) och järnbunden fosfor (ca 0,1 g/kg TS) var mycket låga.

Totala halterna av mobilt fosfor (i genomsnitt ca 0,5 g/kg TS) var lägre i Norra Salens sediment jämfört med sedimenten i Växjösjöarna (Figur 29).



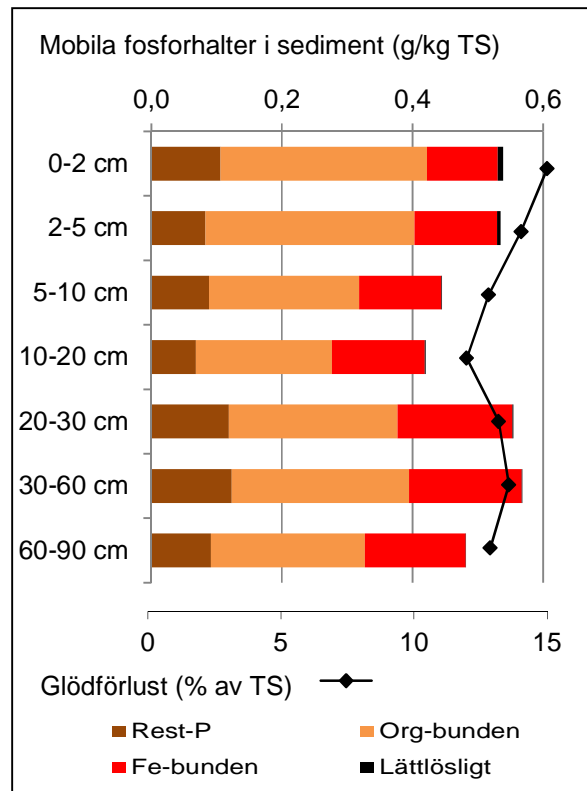
Figur 29. Medelhalter av sedimentfosfor fördelat på olika fraktioner i sedimentnivå 0-10 cm i Norra Salen i oktober år 2015 jämfört med förhållandena i Växjösjöarna (enligt ALcontrol AB & DHI AB 2014).

Resultaten från provpunkt PF6, inne i den mest skyddade viken i sjöns allra nordligaste del, visade motsvarande låga halter av löst bunden fosfor, järnbunden fosfor och organiskt bunden fosfor som övriga provpunkter i Norra Salen i det övre sedimentskiktet (0-10 cm). I PF6 var residualfosforfraktionen, som huvudsakligen består av svårnedbrytbara organiska fosforformer, kraftigt förhöjd i sedimentnivåerna 10-20 cm och 20-30 cm. Hur stora ytor i sjön som innehåller dessa fosforförorenade sediment och hur stora mängder mobilt fosfor som kan frigöras från denna fraktion på dessa sedimentdjup är dock oklart.

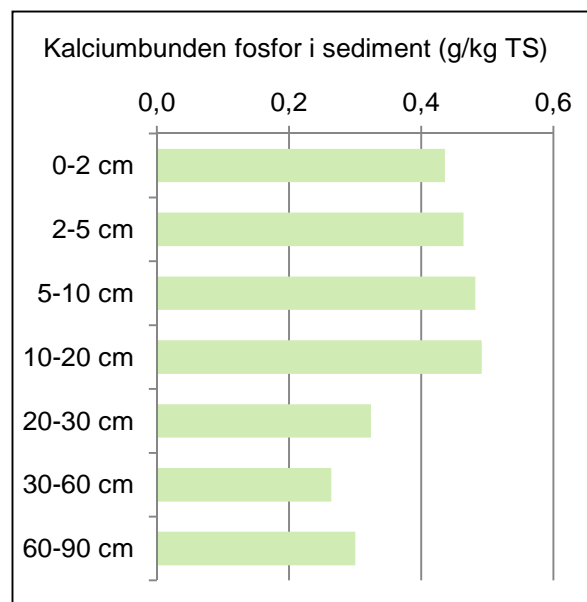
Den mobila fosformängden i sedimenten som med tiden kan mobiliseras och läcka ut från sedimenten kvantifierades i relation till naturliga bakgrundshalter. Naturliga bakgrundshalter antogs motsvara halterna i sedimentskikt 10-20 cm, där halterna var som lägst. Medelvärdet för de fem provpunkterna (PF1-PF5) blev ca 2 g mobiliserbart P/m<sup>2</sup>, vilket är en låg siffra. Jämförelsevis kan nämnas att motsvarande siffra för Barnsjön, Skirviken i Trummen och Trummens huvudbassäng har beräknats till i storleksordningen 4-5 g/m<sup>2</sup>. I Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön är den mobila fosformängden upp mot 15 g/m<sup>2</sup>.

Den beräknade mobila fosformängden som med tiden kan mobiliseras och läcka ut från sedimenten i Norra Salen blir liten med denna beräkningsmetod eftersom fosforhalterna är likartade och låga i hela sedimentprofilen (Figur 30). Skillnaden mellan fosforhalterna i ytliga sedimentnivåer och antagna naturliga bakgrundshalter blir därmed liten.

Den totala mängden mobilt fosfor som med tiden kan mobiliseras och läcka ut från sedimenten har beräknats till ca 5 ton fosfor (2 g P/m<sup>2</sup> \* 2,6 milj m<sup>2</sup>) i hela Norra Salen. Därav var mängden lättlösligt fosfor, som är direkt tillgänglig för transportprocesser till vattenmassan, drygt 100 kg. Järnbunden fosfor bedöms inte mobiliseras i någon nämnvärd omfattning. Den organiskt bundna fosfor omsätts långsamt, men utgör huvudkällan till löst bunden och järnbunden fosfor.



Figur 30. Halter av mobilt fosfor samt glödförlust i olika sedimentnivåer i Norra Salen i oktober år 2015. Staplarna representerar medelvärden av provpunkterna PF1-PF5.



Figur 31. Halter av kalciumbunden fosfor i olika sedimentnivåer i Norra Salen i oktober år 2015. Staplarna representerar medelvärden av provpunkterna PF1-PF5.

#### 4.2.4. Bedömning av sedimentationshastighet

Mellan nivåerna 10-20 cm och 20-30 cm ökade mängden minerogent material, vilket skulle kunna indikera sjösänkningen i början/mitten av 1930-talet. Mellan dessa skikt skedde också en tydlig ökning av halten kalciumbunden fosfor (Figur 31). Eftersom den underliggande leryggtjan innehåller förhållandevis mycket kalciumbunden fosfor och eftersom sjösänkningen sannolikt orsakade en ökad exponering av leryggtjan i de strandnära områdena och en ökad erosion av ler/siltjordarna på de frilagda markytorna är det rimligt att anta att ökningen i mängden kalciumbunden fosfor indikerar perioden kring 1930-talet. Även halten järnbunden fosfor förändrades mellan skikten 10-20 cm och 20-30 cm (Figur 30). En minskning av halten järnbunden fosfor kan sannolikt förklaras av ändrade sedimentationsförhållanden och ändrad redoxpotential som en följd av en vattennivåförändring.

Utifrån informationen i Lettevall & Forsberg (1975) kan man grovt anta att i storleksordningen 800-1200 ton fosfor belastat Norra Salen sedan sjösänkningen i mitten av 1930-talet (inräknat belastning från befolkning och verksamheter i Alvesta samt tillrinnande vattendrag). Detta motsvarar i genomsnitt 10-15 ton P/år. När Norra Salen var så kraftigt belastad skedde troligen en betydande sedimentation av material i sjön. Med utgångspunkt från dåtidens belastning och normala vattenflöden i området kan retentionen (sedimentationen) i sjön beräknas enligt Vollenweiders belastningsmodell till ca 1,3-2 ton P/år. Antaget en TS-halt på ca 20 % och en fosforhalt på ca 1,5 g/kg TS motsvarar detta ca 4-7 kton sediment i våtvikt som fördelat över Norra Salens yta (2,6 milj m<sup>2</sup>) innebär en årlig genomsnittlig sedimentation på ca 1,7-2,6 mm, vilket är rimligt. Sedan mitten av 1930-talet blir detta en total sedimentation på ca 13-21 cm, vilket överensstämmer med resonemanget ovan om att sedimentskikt 10-20 cm sannolikt avsattes efter sjösänkningen i mitten av 1930-talet. De högre halterna av mobil fosfor i sedimentskikten 20-30 och 30-60 cm härrör i så fall från en tid före sjösänkningen då andra sedimentationsförhållanden rådde och då sjön hade mer utpräglade ackumulationsbottnar.

Vidare kan man då komma fram till att huvuddelen (i storleksordningen 70 %) av tillförd fosfor från befolkning och verksamheter i Alvesta sedan 1930-talet har transporterats vidare nedströms i vattensystemet.

#### 4.2.5. Igenväxning och sedimenttransport

Under perioder med resuspension av sediment i Norra Salen ökar fosforhalterna i vattenmassan och uttransporten av fosfor från Norra Salen ökar. Resuspenderat material transporteras också med vattenströmmarna och återsedimenterar på läsidan och i skyddade områden. Modellering av bottenströmmar i Norra och Södra Bergundasjön i Växjö kommun visar tydligt att vattenhastigheten är lägst i sjöarnas skyddade vikar och i djuphålorna (Figur 32). Eftersom Norra Salen är mycket grund och saknar djuphåla skulle en motsvarande modellering sannolikt ge höga bottenströmmar i större delen av sjön, med undantag av de skyddade vikarna. Skillnaderna i exponeringsgrad och vattenhastighet gör rimligen att material flyttas från sjöns centrala och vindexponerade delar till sjöns mer skyddade områden där materialet kan sedimentera. Med tiden gör dessa processer att de skyddade områdena successivt grundas upp.

I vikarna är produktiviteten stor av bl.a. vattenväxter och bentiska påväxtalger, som bygger upp biomassan med hjälp av fotosyntes och tar sin näring i huvudsak från sedimenten. Vattenväxternas rötter binder och lyfter sedimenten och när växterna vissnar ner för säsongen hamnar merparten av växtresterna i vikarnas gyttjiga sediment. Vattenväxterna skapar också i sig skyddade miljöer för sedimentering. Detta gör sammantaget att vikarna grundas upp och växer igen. Uppgrundningen och igenväxningen är delvis en naturlig process, ett naturligt "åldrande", som alla sjöar genomgår. I Norra Salen påskyndades dock processerna när sjön sänktes och när stora mängder näringsämnen belastade sjön, framför allt fram till början av 1970-talet. Ur ett geologiskt perspektiv är sjöar kortlivade och på sikt kommer Norra Salen delvis att förvandlas till en våtmark, även om det kommer ta flera hundra år.

Vid provtagningen i Norra Salen hösten 2016 var vattennivån i sjön extremt låg, vilket torrlade de grundaste partierna i sjön (Foto 12). Anmärkningsvärt är att förhållandevis lösa gyttjiga bottnar förekommer i sjön även längs till synes exponerade strandområden. Detta är sannolikt en rest från tiden före sjösänkningen då djupet och sedimentationsförhållandena var annorlunda i sjön. lakttagelser vid provtagning i samband med kraftiga vindar visar tydligt att vattnet grumlas i synnerhet i de grundaste områdena med gyttjiga bottnar närmast land, beroende på vindriktning. Detta indikerar obalans i Norra Salens sedimentförhållanden, vilket beror på att sjön har för mycket och för lösa sediment i förhållande till vattendjup och exponeringsgrad.

En viktig faktor när det gäller igenväxning är vattennivåvariationer. Generellt gäller att stora nivåvariationer skapar erosion och utslagning av vattenväxter vilket motverkar igenväxning. Högt vattenstånd håller vegetationen (t.ex. vassen) tillbaka, men vid lågvatten kan vassen etableras längre ut i sjön. Viktigt i sammanhanget är också under hur lång tid och när under året de olika vattennivåerna inträffar.

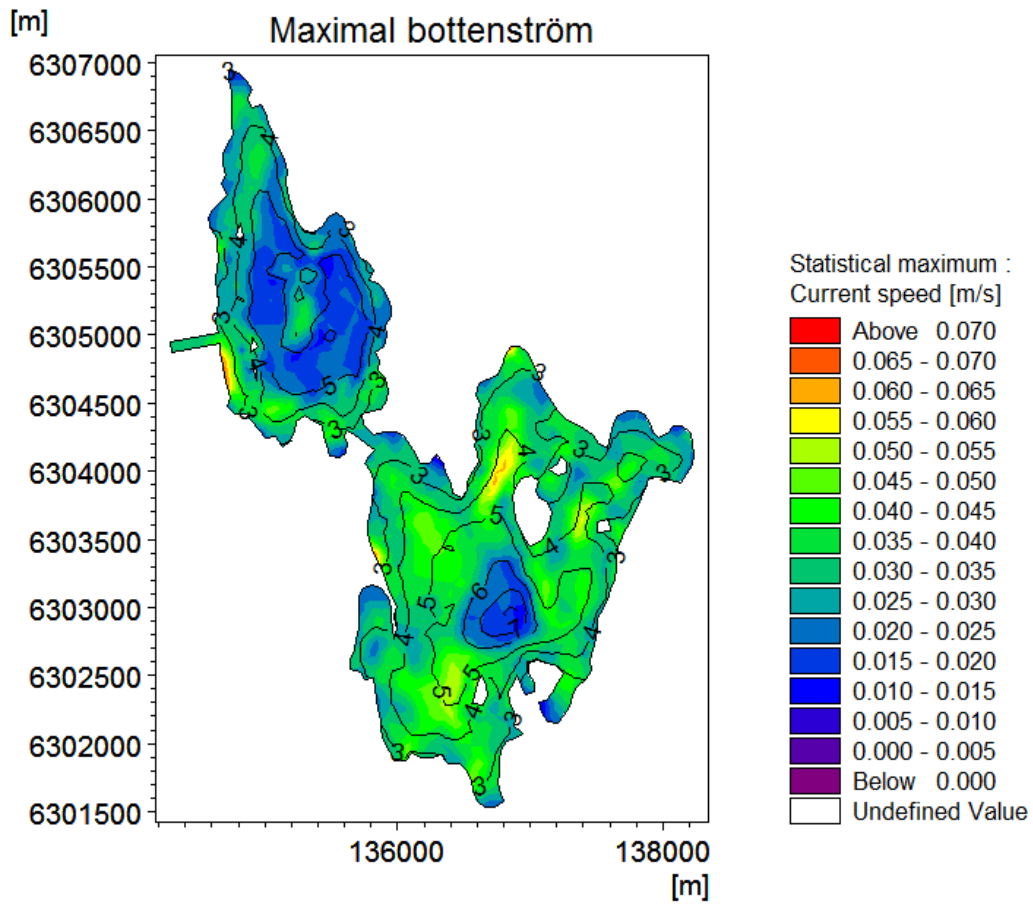
Att skapa strandzoner med mindre erosionsbenägna bottnar närmast land kan vara av stor betydelse för såväl vattenkvaliteten ute i Norra Salen som skönhetsupplevelsen av sjön. För att åter skapa mer balans mellan sediment och vatten samt förhindra igenväxning bör antingen vattenytan höjas eller vattendjupet ökas genom bortmuddring av sediment.

För att utreda sjöns sedimentationsförhållanden närmare behövs en större förståelse för sedimenttransporten i tillflödena och de fysiska processerna i sjön, d.v.s. hur sedimenten distribueras och förflyttas i sjön. Eventuellt kan en sedimentmodell sättas upp för att beskriva erosion och sedimentation både i vattendragen och i sjön. I samråd med DHI AB föreslås att man i ett första skede undersöker och beskriver de hydromorfologiska processerna i vattendragen och i sjön och att man parallellt beskriver problembilden med igenväxningen av de grunda vattenområdena. Det kan också behövas mer regelbunden mätning av sedimenttransporten i vattendragen. Därefter, om det behövs, kan man i ett andra skede sätta upp modell/modeller, då man också har viss indata.



Foto 12. Lågvatten i samband med provtagning i Norra Salen oktober 2016. Foto: ALcontrol AB.





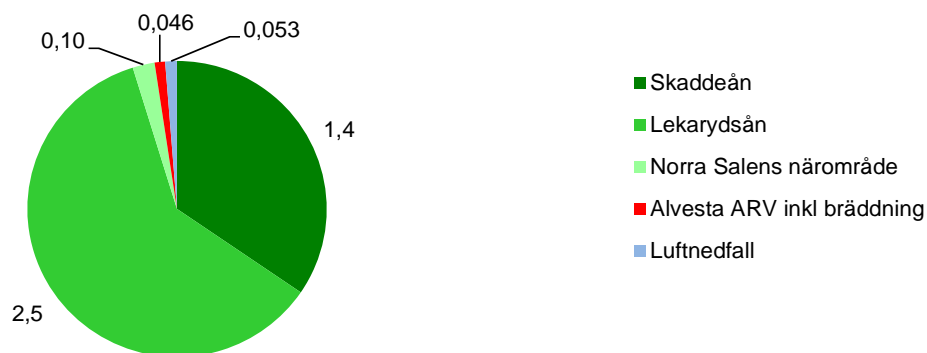
Figur 32. Bottenströmmar i Norra och Södra Bergundasjön (DHI 2016).

### 4.3. Historisk källfördelning (externa källor, budget och intern belastning/retention)

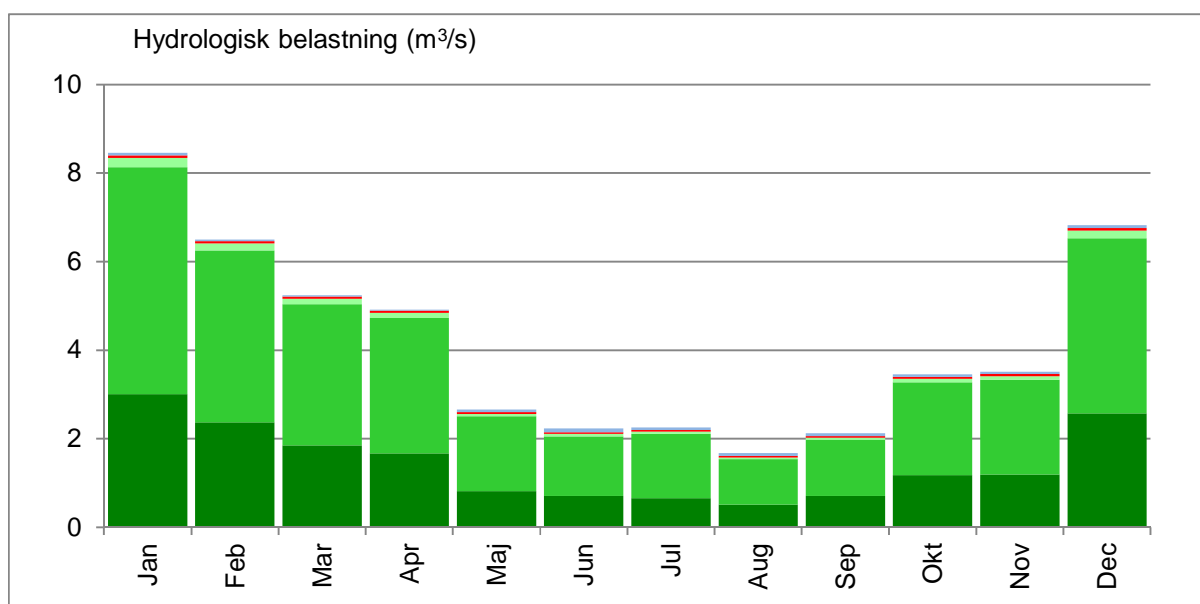
#### 4.3.1. Hydrologisk belastning 2011-2015

Den hydrologiska belastningen på Norra Salen har delats upp i tillrinnande vattendrag från tre delavrinningsområden (Skaddeån, Lekarydsån och Norra Salens närområde inklusive dagvatten) samt nederbörd direkt på sjöytan och tillrinning från Alvesta reningsverk inklusive bräddningar. I Figur 33 redovisas den hydrologiska belastningen i m<sup>3</sup>/s som ett genomsnitt för åren 2011-2015. Den genomsnittliga hydrologiska belastningen på Norra Salen var ca 4,1 m<sup>3</sup>/s (motsvarar ca 130 miljoner m<sup>3</sup>/år) åren 2011-2015. Den största hydrologiska belastningen sker via tillrinning från Lekarydsån (61 %), därefter Skaddeån (35 %, beräknat vid provpunkt 327). Alvesta reningsverk bidrog med endast ca 1 % av vattenmängden. Säsongsvariationen för den hydrologiska belastningen på Norra Salen redovisas i (Figur 34).

Hydrologisk belastning (m<sup>3</sup>/s)



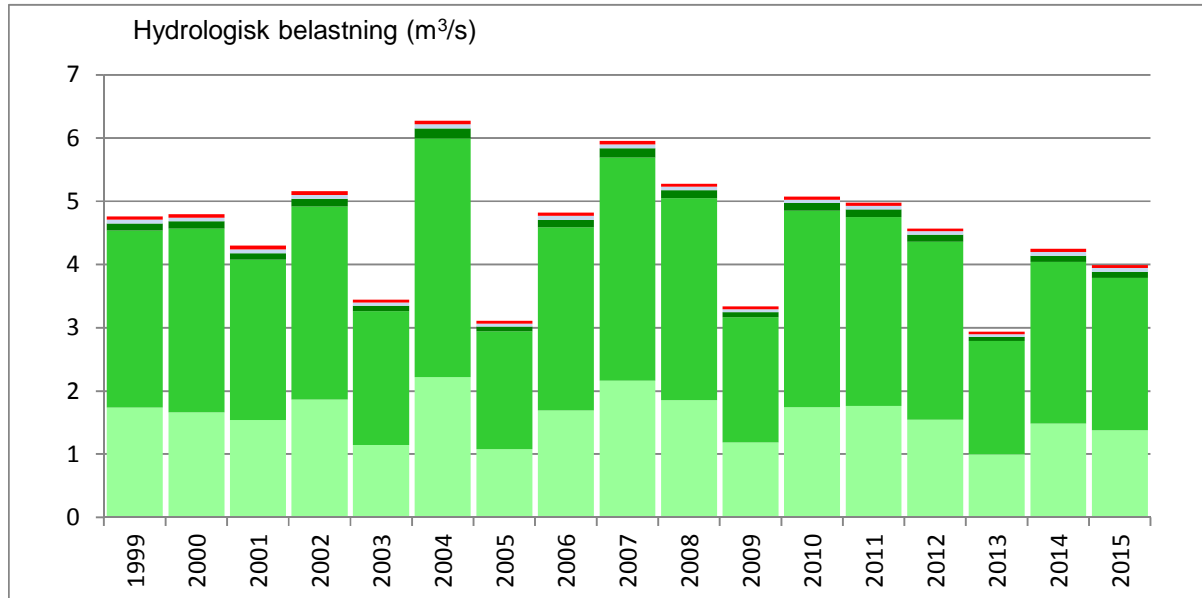
Figur 33. Hydrologisk belastning på Norra Salen, fördelad på olika delflöden, som ett genomsnitt för åren 2011-2015.



Figur 34. Tillförsel av vatten till Norra Salen, fördelad på olika delflöden. Mängderna motsvarar medelvärden för åren 2011-2015. Legend: se Figur 33.

### 4.3.2. Hydrologisk belastning 1999-2015

Den hydrologiska belastningen för perioden 1999-2015 redovisas i Figur 35. Vattenföringen har generellt minskat under perioden.

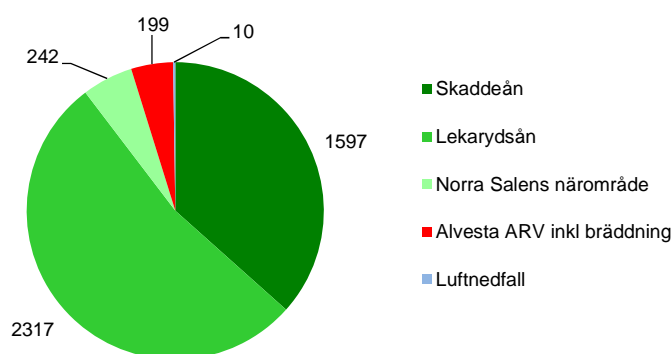


Figur 35. Tillförsel av vatten till Norra Salen, fördelat på olika delflöden. Mängderna motsvarar årsmedelvärden under perioden 1999-2015. Legend: se Figur 33.

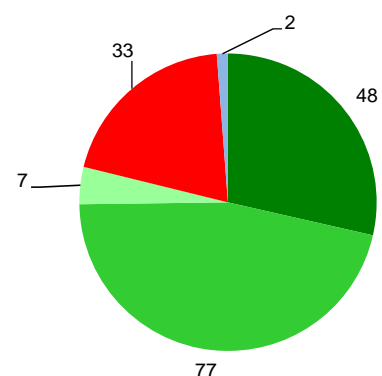
### 4.3.3. Extern belastning av fosfor och kväve 2011-2015

Den externa belastningen av fosfor (kg/år) och kväve (ton/år) på Norra Salen redovisas i Figur 36 fördelat på olika delflöden (Skaddeån, Lekarydsån och Norra Salens närområde samt luftnedfall direkt på sjöytan och tillrinning från Alvesta reningsverk inklusive bräddningar). Som ett genomsnitt för den senaste femårsperioden har den totala externa fosforbelastningen på Norra Salen beräknats till ca 4,4 ton/år och huvuddelen av tillskottet kom från Lekarydsån (53 %) och Skaddeån (37 %). Andelarna från Norra Salens närområde och avloppsreningsverket var 6 respektive 5 %, medan bidraget via direktnedfall på sjöytan var marginellt i sammanhanget (ca 0,2 %).

Extern fosforbelastning (kg/år)



Extern kvävebelastning (ton/år)

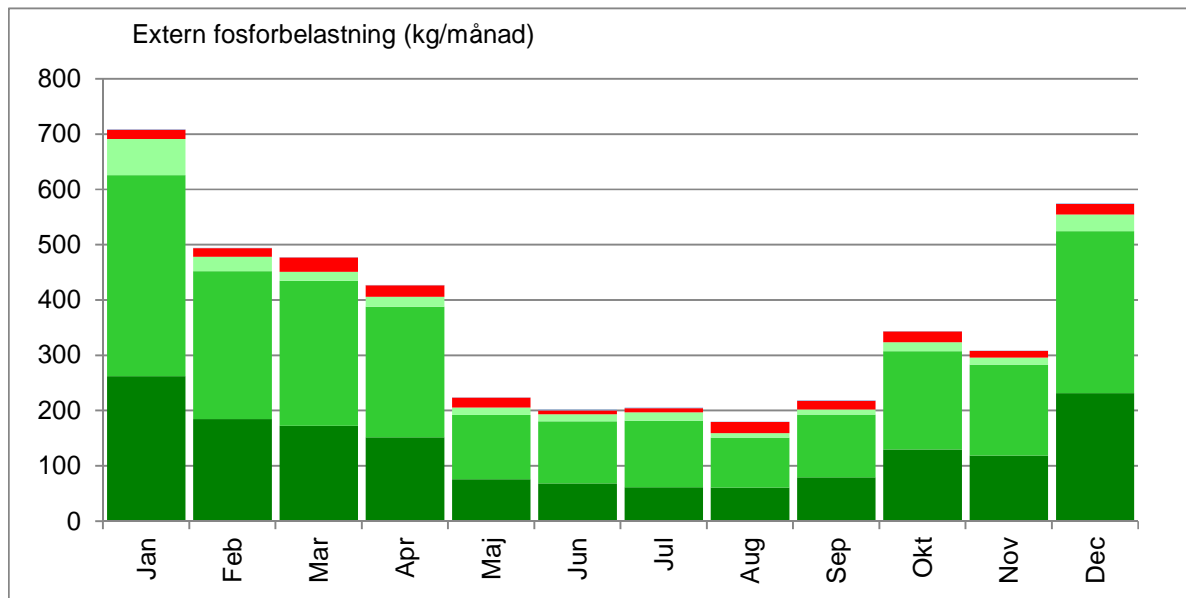


Figur 36. Extern fosfor- och kvävebelastning på Norra Salen, fördelat på olika delflöden, som ett genomsnitt för åren 2011-2015.

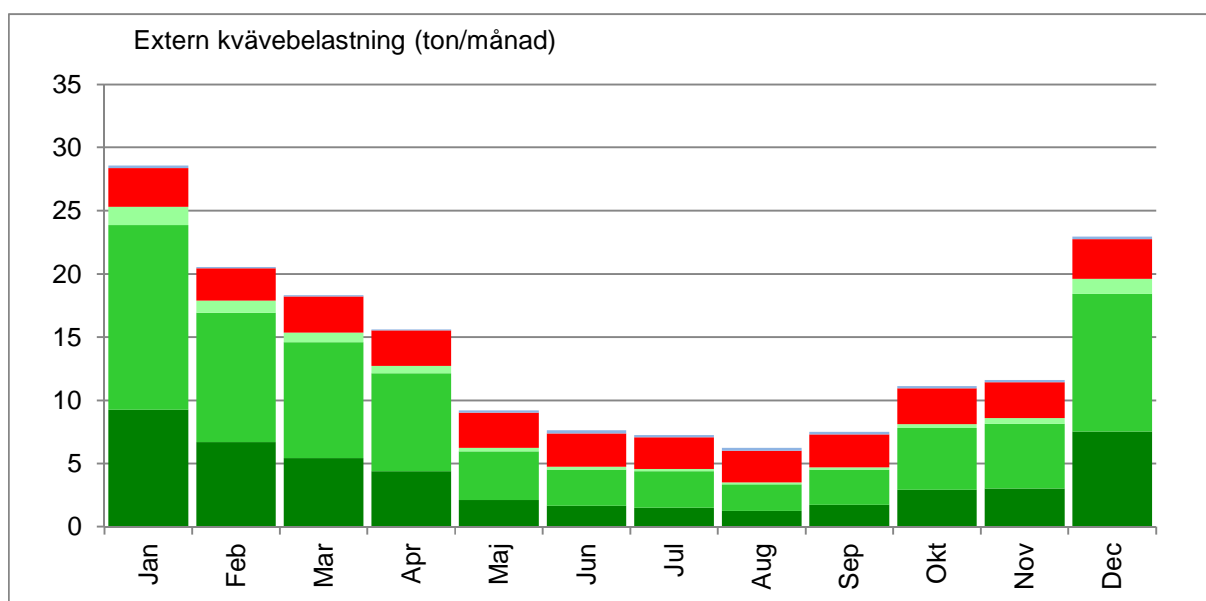
Dagvatten från Alvesta tätort beräknas belasta Norra Salen med i storleksordningen 260 kg P per år enligt SMHI:s beräkningar i Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>) via Skaddeån (ca 140 kg/år), Lekarydsån (ca 80 kg/år) och närområdet direkt till sjön (ca 40 kg/år). I rapporten "Alvesta Tätorts dagvatten" (Vernersson 1998) redovisas en fosforbelastning på 486 kg P/år, fördelat på Skaddeån (ca 98 kg/år), Lekarydsån (ca 136 kg/år) och närområdet direkt till sjön (ca 252 kg/år). Jämfört med beräknad total fosforbelastningen från närområdet (242 kg/år) framgår att denna kan vara underskattad med i storleksordningen 200 kg/år.

För kväve har den totala belastningen beräknats till ca 170 ton, som ett genomsnitt för åren 2011-2015. Reningsverket står för en förhållandevis stor del (20 %), medan direktnedfall på sjöytan är marginellt i sammanhanget (ca 1 %).

Säsongvariationen för extern belastning av fosfor och kväve på Norra Salen, fördelad på olika källor, redovisas i Figur 37 och Figur 38.



Figur 37. Extern belastning av fosfor på Norra Salen, fördelad på olika delflöden, som ett genomsnitt för åren 2011-2015. Legend: se figur Figur 36 ovan.



Figur 38. Extern belastning av kväve på Norra Salen, fördelad på olika delflöden, som ett genomsnitt för åren 2011-2015. Legend: se figur Figur 36 ovan.

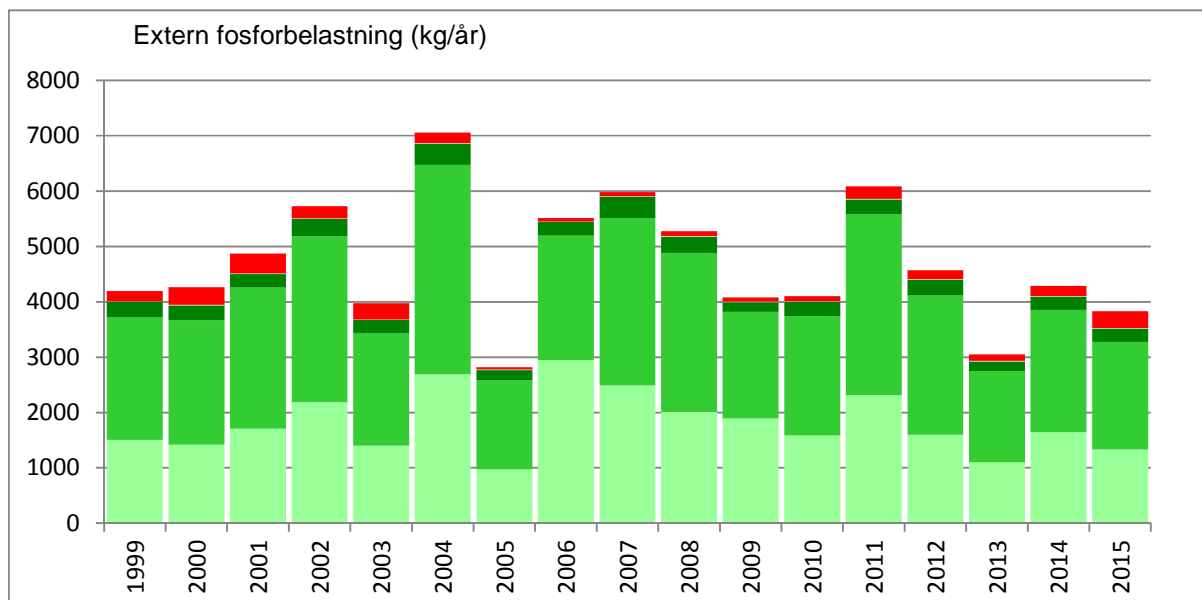
#### 4.3.4. Extern belastning 1999-2015

I Figur 39 och Figur 40 redovisas årlig extern belastning av fosfor och kväve på Norra Salen under perioden 1999-2015.

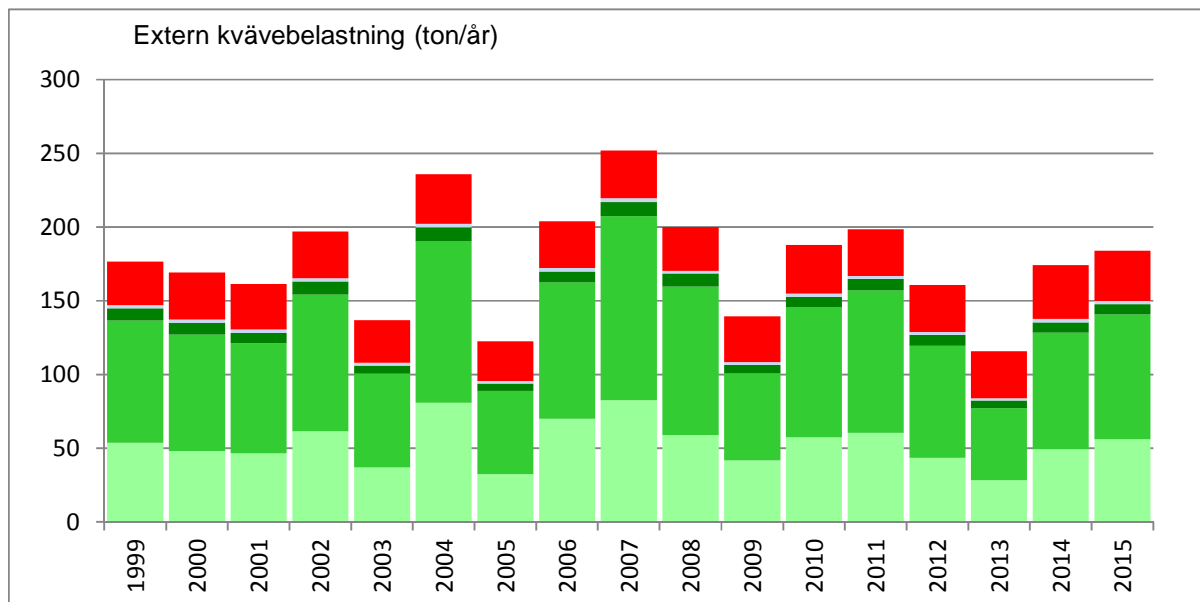
Sett till hela perioden 1999-2015 och till hela Norra Salens tillrinning har den externa fosforbelastningen varierat mellan ca 2800 och 7100 kg/år. Från slutet av 1990-talet är den långsiktiga tendensen att den externa belastningen på Norra Salen minskat. Tendensen sammanfaller med minskande vattenflöden i motsvarande omfattning varför de flödesviktade fosforhalterna i vattnet som rinner till sjön inte förändrats nämnvärt under samma period (Figur 41). Fosforutsläppen från Alvesta reningsverk har ökat signifikant sedan år 2005, men bräddningarna förbi verket har minskat i omfattning.

Den externa belastningen av kväve har varierat mellan ca 120 och 250 ton/år under perioden 1999-2015 (Figur 40). Den långsiktiga tendensen är, på samma sätt som för fosfor, att den externa belastningen på Norra Salen minskat. Tendensen sammanfaller med minskande vattenflöden i motsvarande omfattning varför de flödesviktade kvävehalterna i vattnet som rinner till sjön inte förändrats nämnvärt under samma period (Figur 41). De tre senaste åren har dock kvävehalterna ökat. Kväveutsläppen från Alvesta reningsverk har ökat signifikant, särskilt under senare år. Bräddningarna förbi verket har däremot minskat i omfattning.

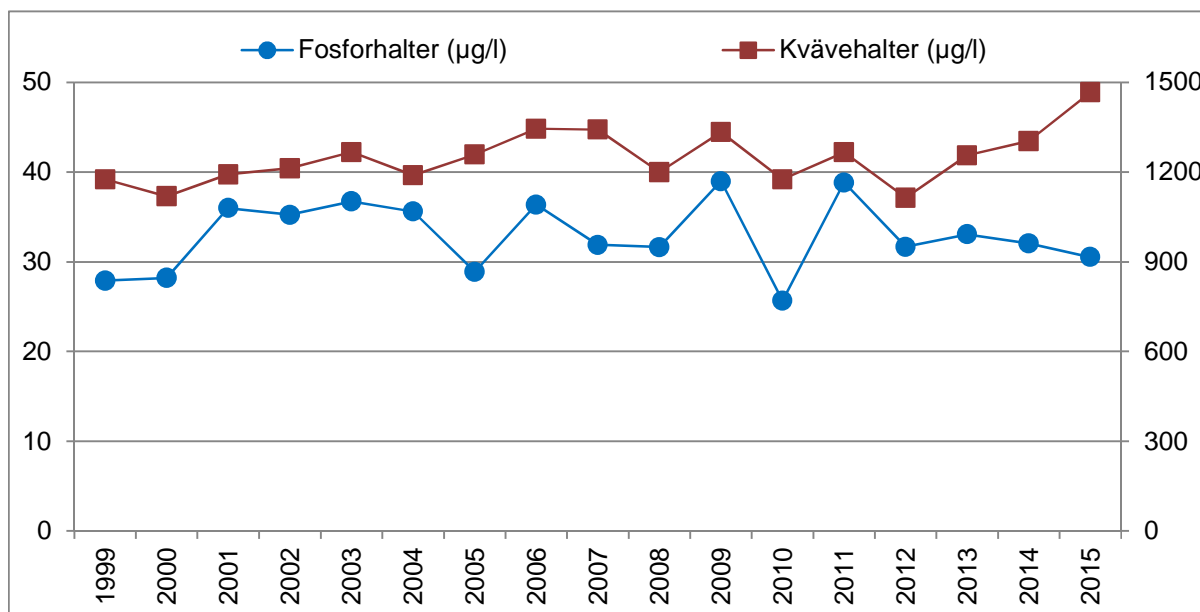
I Tabell 5 och Tabell 6 redovisas mängden fosfor i kg/år respektive kväve i ton/år som tillförts Norra Salen totalt och från respektive delflöde under perioden 1999-2015. I tabellerna redovisas också de flödesviktade årsmedelhalterna.



Figur 39. Årlig extern fosforbelastning på Norra Salen under perioden 1999-2015, fördelad på olika delflöden. Legend: se figur Figur 36 ovan.



Figur 40. Årlig extern kvävebelastning på Norra Salen under perioden 1998-2015, fördelad på olika delflöden. Legend: se figur Figur 36 ovan.



Figur 41. Flödesviktade fosfor- och kvävehalter in i Norra Salen från tillrinnande vatten (Lekarydsån, Skaddeån, Norra Salens närområde, Alvesta reningsverk, bräddningar och nederbörd) 1999-2015.

Tabell 5. Årlig extern fosforbelastning (kg/år) på Norra Salen under perioden 1999-2015, totalt och fördelad på olika delflöden samt beräknad flödesviktad fosforhalt ( $\mu\text{g/l}$ ) i vattnet som rinner till sjön

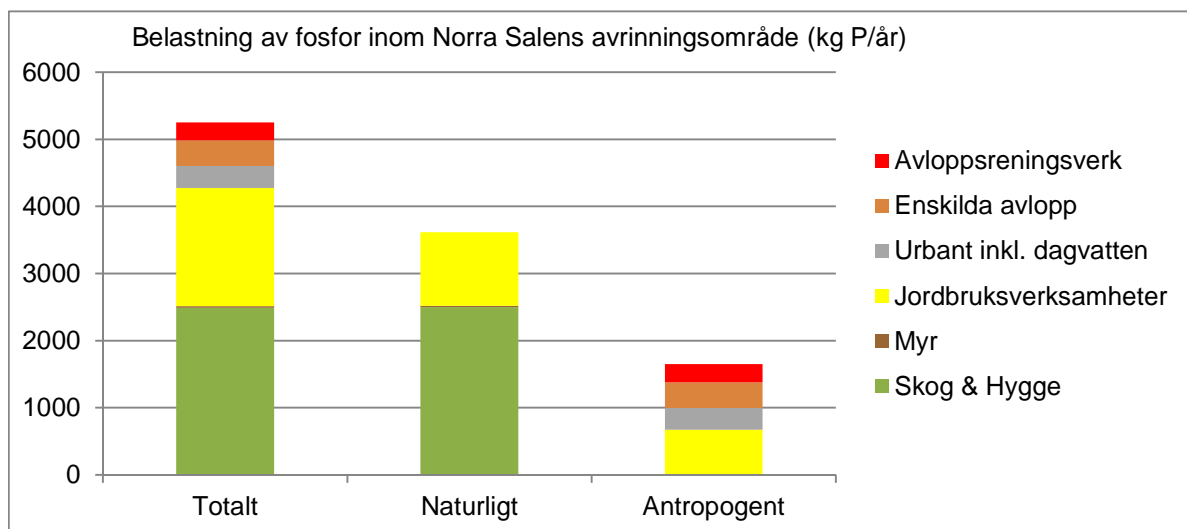
| År   | Skaddeån | Lekarydsån | Närområdet | ARV | Bräddning | Deposition | Transport in | Fosforhalter |
|------|----------|------------|------------|-----|-----------|------------|--------------|--------------|
| 1999 | 1505     | 2219       | 278        | 150 | 31        | 11         | 4194         | 28           |
| 2000 | 1418     | 2249       | 270        | 251 | 66        | 11         | 4264         | 28           |
| 2001 | 1703     | 2553       | 245        | 85  | 273       | 12         | 4871         | 36           |
| 2002 | 2186     | 2998       | 314        | 125 | 92        | 11         | 5726         | 35           |
| 2003 | 1403     | 2038       | 230        | 70  | 224       | 10         | 3976         | 37           |
| 2004 | 2692     | 3779       | 382        | 96  | 98        | 12         | 7059         | 36           |
| 2005 | 976      | 1604       | 184        | 44  | 0,32      | 8,8        | 2818         | 29           |
| 2006 | 2946     | 2249       | 245        | 60  | 1,8       | 12         | 5514         | 36           |
| 2007 | 2489     | 3025       | 380        | 49  | 30        | 13         | 5985         | 32           |
| 2008 | 2009     | 2872       | 296        | 86  | 0,72      | 10         | 5274         | 32           |
| 2009 | 1892     | 1923       | 180        | 73  | 5,5       | 10         | 4082         | 39           |
| 2010 | 1588     | 2156       | 256        | 67  | 26        | 11         | 4103         | 26           |
| 2011 | 2310     | 3271       | 267        | 223 | 4,5       | 10         | 6086         | 39           |
| 2012 | 1599     | 2518       | 279        | 141 | 23        | 10         | 4571         | 32           |
| 2013 | 1100     | 1645       | 180        | 107 | 12        | 8          | 3052         | 33           |
| 2014 | 1643     | 2209       | 241        | 173 | 10        | 11         | 4287         | 32           |
| 2015 | 1332     | 1941       | 241        | 298 | 5,4       | 11         | 3827         | 31           |

 Tabell 6. Årlig extern kvävebelastning (ton/år) på Norra Salen under perioden 1999-2015, totalt och fördelad på olika delflöden samt beräknad flödesviktad kvävehalt ( $\mu\text{g/l}$ ) i vattnet som rinner till sjön

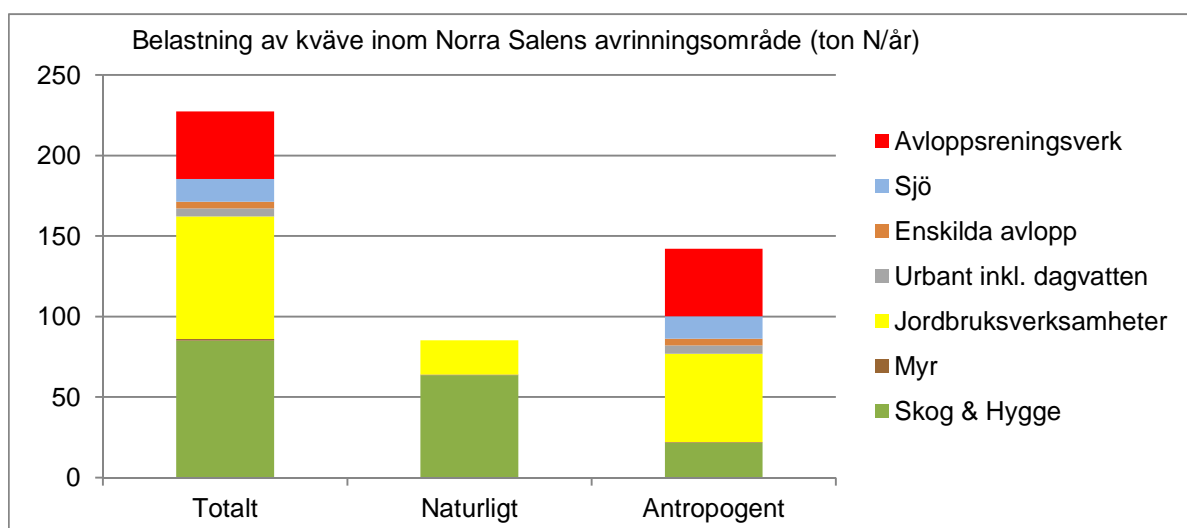
| År   | Skaddeån | Lekarydsån | Närområdet | ARV | Bräddning | Deposition | Transport in | Kvävehalter |
|------|----------|------------|------------|-----|-----------|------------|--------------|-------------|
| 1999 | 54       | 83         | 8,1        | 29  | 0,34      | 2,2        | 177          | 1176        |
| 2000 | 48       | 79         | 8,0        | 31  | 0,59      | 2,2        | 169          | 1119        |
| 2001 | 47       | 75         | 6,7        | 29  | 2,3       | 2,4        | 161          | 1193        |
| 2002 | 62       | 93         | 8,8        | 31  | 0,59      | 2,2        | 197          | 1213        |
| 2003 | 37       | 64         | 5,2        | 28  | 1,5       | 2,0        | 137          | 1267        |
| 2004 | 81       | 109        | 9,4        | 33  | 0,86      | 2,5        | 236          | 1189        |
| 2005 | 32       | 56         | 5,1        | 27  | 0,00      | 1,8        | 123          | 1259        |
| 2006 | 70       | 93         | 7,4        | 31  | 0,02      | 2,4        | 204          | 1345        |
| 2007 | 83       | 125        | 9,4        | 32  | 0,27      | 2,6        | 252          | 1342        |
| 2008 | 59       | 101        | 8,7        | 30  | 0,01      | 2,1        | 200          | 1200        |
| 2009 | 42       | 59         | 5,5        | 31  | 0,09      | 1,9        | 140          | 1334        |
| 2010 | 57       | 88         | 7,4        | 33  | 0,17      | 2,1        | 188          | 1176        |
| 2011 | 61       | 97         | 7,7        | 31  | 0,06      | 2,1        | 198          | 1266        |
| 2012 | 44       | 76         | 7,2        | 32  | 0,26      | 2,1        | 161          | 1114        |
| 2013 | 28       | 49         | 5,0        | 32  | 0,14      | 1,6        | 116          | 1256        |
| 2014 | 49       | 79         | 7,0        | 37  | 0,12      | 2,3        | 174          | 1304        |
| 2015 | 56       | 85         | 6,8        | 34  | 0,05      | 2,1        | 184          | 1467        |

#### 4.3.5. Belastning från olika källtyper

I den externa belastningen från Skaddeån, Lekarydsån och Norra Salens närområde ingår belastning från olika källtyper, såsom sjö, skog & hygge, myr, jordbruk, urbant inklusive dagvatten, enskilda avlopp och avloppsreningsverk, inom respektive avrinningsområde. Fördelningen mellan olika källtyper för hela Norra Salens tillrinningsområde redovisas i Figur 42 (fosfor) och Figur 43 (kväve). Hur fördelningen mellan de olika källtyperna varierat med åren har inte studerats i denna undersökning. Figurerna visar att den antropogena delen av belastningen (d.v.s. den delen som orsakas av mänsklig verksamhet) står för i storleksordningen ca 1 600 kg fosfor per år (motsvarar drygt 30 % av totala fosforbelastningen inom hela Norra Salens avrinningsområde). Huvuddelen av den antropogena fosforbelastningen sker via jordbruksverksamheter och enskilda avlopp, därefter utsläpp via dagvatten och kommunala reningsverk. Den antropogena delen av kvävebelastningen är i storleksordningen 140 ton/år. Huvuddelen av den antropogena kvävebelastningen kommer från jordbruksverksamhet och kommunala reningsverk, därefter skogsmark och direktnedfall på sjöar.



Figur 42. Belastning av fosfor inom hela Norra Salens avrinningsområde fördelat på olika källtyper. Informationen för Skaddeån och Lekarydsån har hämtats från SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>) och motsvarar förhållandena under perioden 1999-2011. För närområdet har informationen hämtats från Vattenplanen (Lettevall 2008).



Figur 43. Belastning av kväve inom hela Norra Salens avrinningsområde fördelat på olika källtyper. Informationen har hämtats från SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>) och motsvarar förhållandena under perioden 1999-2011. För närområdet har informationen hämtats från Vattenplanen (Lettevall 2008).



#### 4.3.6. Uttransport av fosfor, budget och intern belastning/retention

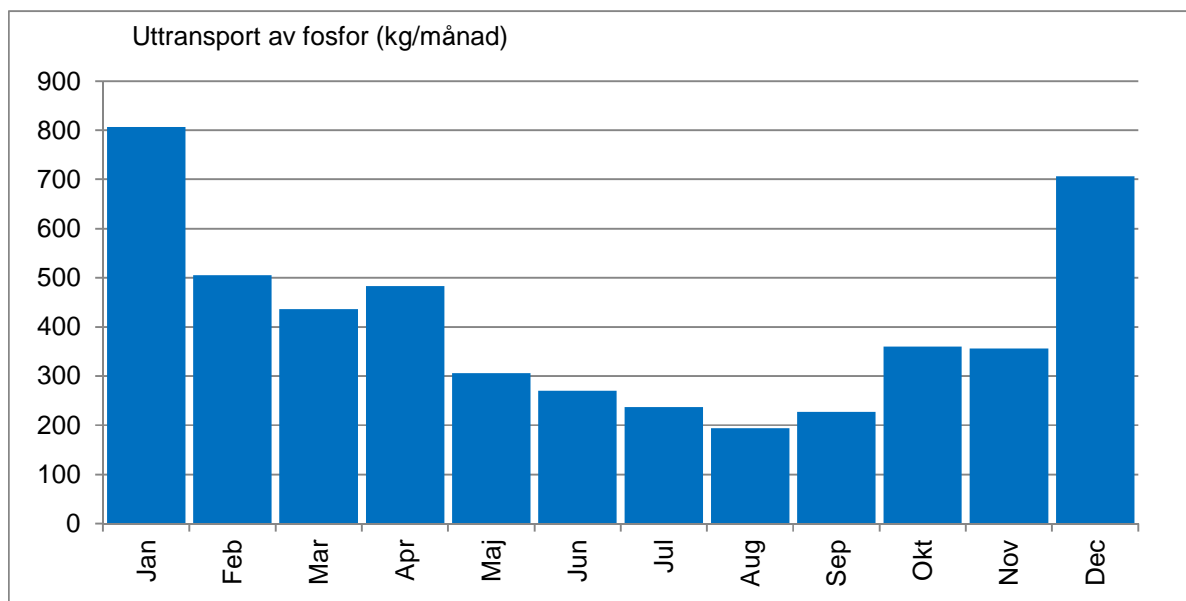
Interna processer i Norra Salen bidrar med i storleksordningen 500 kg fosfor per år

I en sjö sker mycket förenklat två interna processer som har betydelse för sjöns fosforbudget. Retentionsprocesser (bl.a. sedimentation och upptag/konsumtion) bidrar till att reducera halterna i sjön medan internbelastning (bl.a. läckage av fosfor från sedimenten, mineraliseringsprocesser och resuspension av sediment) bidrar till att öka halterna i sjön. I en opåverkad sjö är i regel retentionsprocesserna större än den interna belastningen varför sjöar oftast fungerar som renings-/sedimentationsbassänger med en viss nettoretention. I en övergödd sjö kan den interna fosforbelastningen vara betydande och helt radera ut den naturliga reningen i sjön.

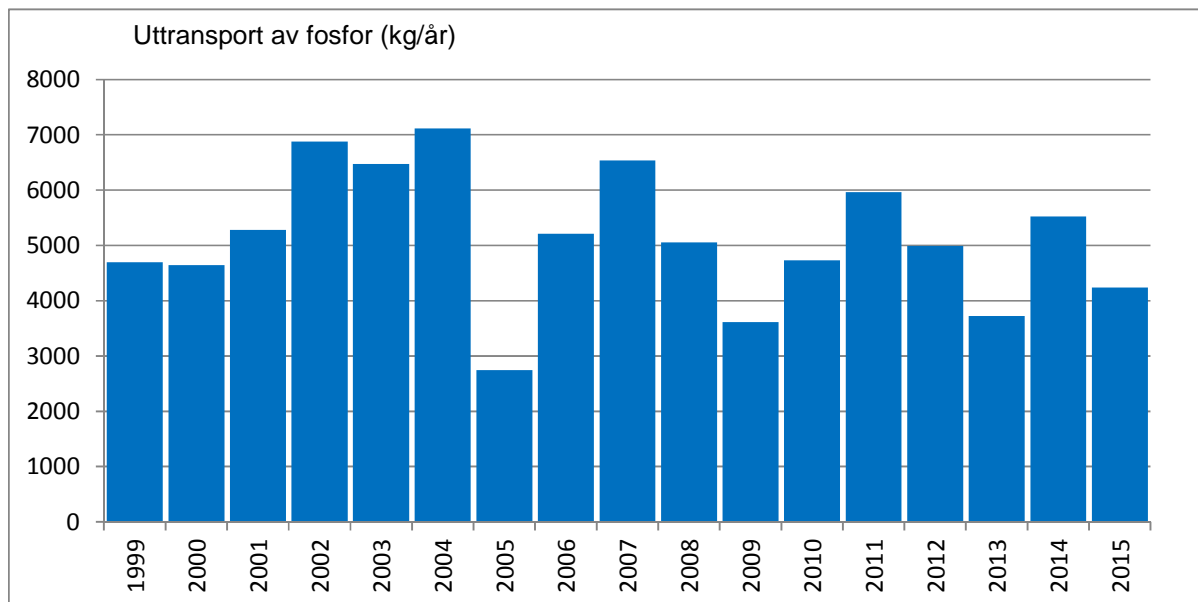
Uttransporten av fosfor från Norra Salen till Södra Salen har beräknats till i genomsnitt ca 4,9 ton/år under perioden 2011-2015, vilket skall jämföras med den externa belastningen under samma period som var 4,4 ton/år. Under perioden 1999-2015 har uttransporten varierat mellan 2,7 och 7,1 ton/år (Figur 45) och Norra Salen har mestadels fungerat som en källa för fosfor (d.v.s. mer fosfor har lämnat sjön än vad som tillförts via extern belastning). I Figur 46 redovisas den externa fosforbelastningen samt mängden fosfor som transporterats ut från Norra Salen under perioden 1999-2015. I samma figurer framgår också nettointernbelastningen som är en funktion av den externa belastningen, uttransporten via sundet mellan Norra och Södra Salen och förändringen i mängden fosfor i Norra Salens vattenmassa under året.

De fem senaste åren (2011-2015) har nettointernbelastningen varit i genomsnitt ca 500 kg P/år (Figur 48), vilket motsvarar ca 11 % av den totala fosforbelastningen på Norra Salen (Figur 47).

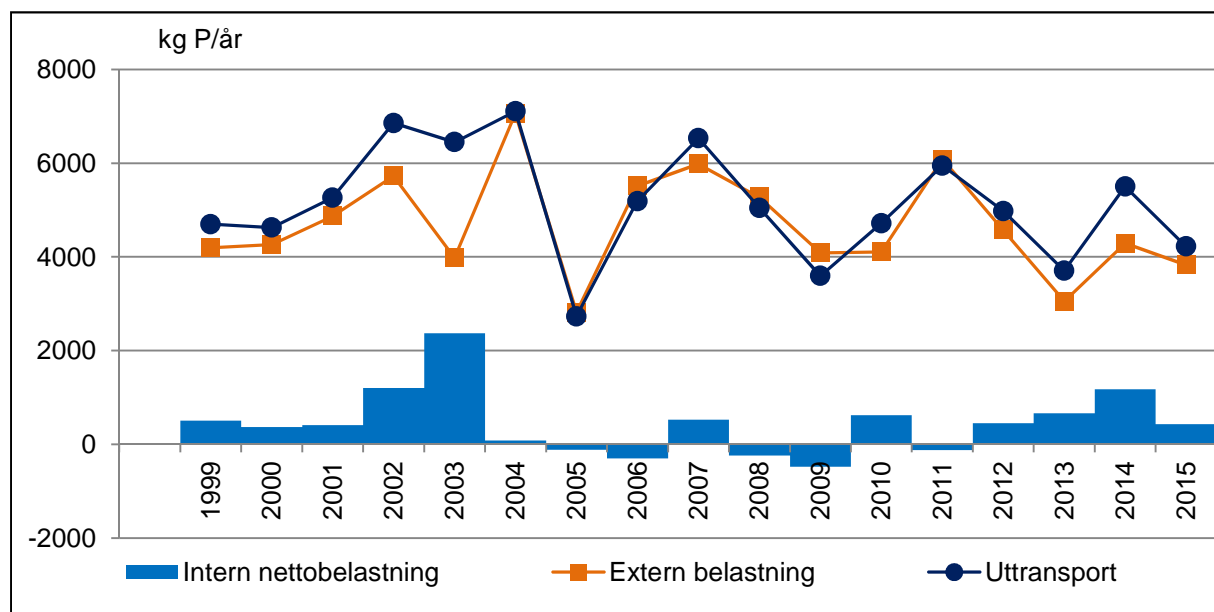
Sammantaget under hela beräkningsperioden 1999-2015 (17 år) har nettoeffekten av internbelastning kontra retention gjort att ca 7,5 ton fosfor, d.v.s. drygt 400 kg/år, frigjorts internt i sjön. För hela perioden 1999-2015 syns ingen tendens till varken ökande eller minskande nettointernbelastning i sjön.



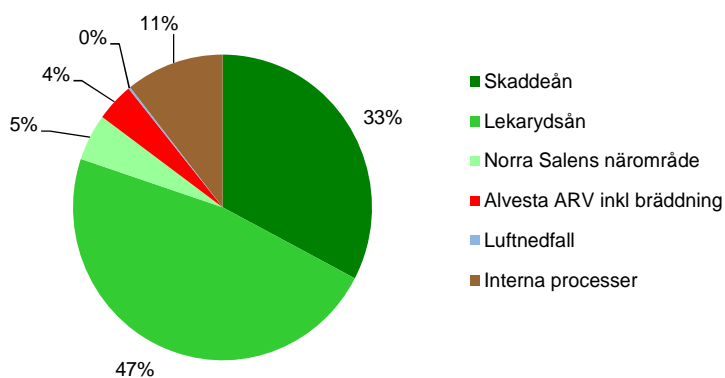
Figur 44. Uttransport av fosfor från Norra Salen, som ett genomsnitt för åren 2011-2015.



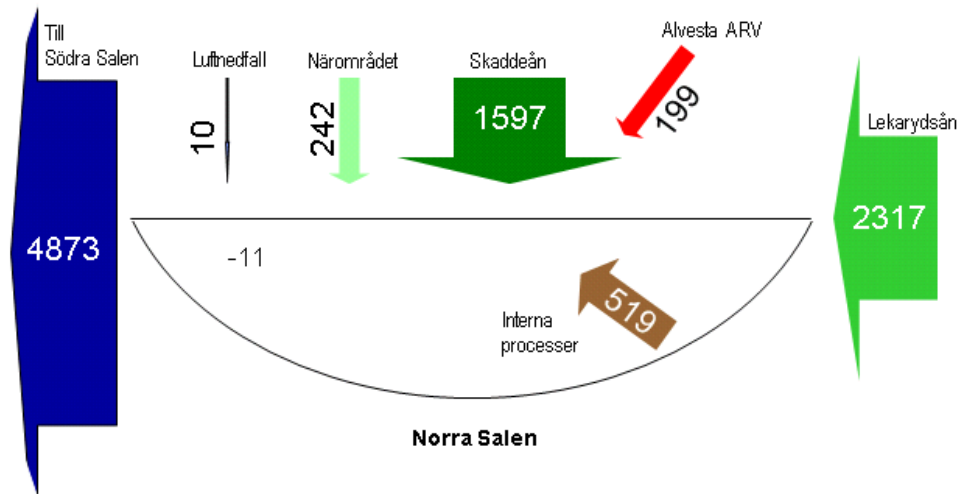
Figur 45. Uttransport av fosfor från Norra Salen under perioden 1999-2015.



Figur 46. Fosforbalans för Norra Salen på årsbasis, d.v.s. årlig extern fosforbelastning samt uttransport och nettointernbelastning under perioden 1999-2015.



Figur 47. Fosforbudget (%) för Norra Salen vid nuvarande situation (medelsituation för åren 2011-2015).



Figur 48. Fosforbudget (kg P/år) för Norra Salen vid nuvarande situation (medelsituation för åren 2011-2015). Pilarnas bredd är proportionella mot fosformängden. Siffran i sjöns vänstra del motsvarar förändringen i fosformängd i sjöns vattenvolym från beräkningsperiodens början till slut. Fosforbalansen varierar betydligt under året.

### Orsaker till intern belastning

Den interna belastningen av fosfor i Norra Salen kan bero på flera olika faktorer som kortfattat beskrivs nedan:

- Dåliga förutsättningar för sedimentation: Norra Salen har dåliga förutsättningar för retention (sedimentation) av fosfor eftersom sjön är mycket grund och omsättningstiden är kort. Efter sjösänkningen i början/mitten av 1930-talet försämrades förutsättningarna för sedimentation i sjön då sjöns djup och omsättningstid minskade.
- Resuspension: Vid sjösänkningen skapades "obalans" mellan sjöns sediment och vattenfas. Vattenkemiska analyser och iakttagelser vid provtagning i samband med kraftiga vindar ger en tydlig bild av att vattnet grumlades i synnerhet i de grundaste områdena med gytjiga bottenar närmast land, beroende på vindriktning. Obalansen i Norra Salens sedimentförhållanden beror på att sjön har för mycket och för lösa sediment i förhållande till vattendjup och exponeringsgrad. Särskilt tydligt blev detta i oktober 2016 då vattennivån i sjön var rekordlåg och sjön grumlades i den kraftiga vinden. Grumlingen var som stort närmast land. Eftersom resuspenderade partiklar innehåller mycket fosfor ökar fosforhalten i sjön i samband med resuspension av sediment.
- Mineralisering av organiskt material: I Norra Salen kommer uppvärmt vatten i kontakt med sedimentytan under sommaren, vilket ger en snabb nedbrytning/mineralisering av organiskt material i sedimenten. Därmed frigörs näringsämnen, bl.a. fosfor, som varit bundet i organiskt sedimenterat material. De sedimentkemiska undersökningarna visar att mineraliseringsprocessen är den huvudsakliga orsaken till läckage av fosfor från sediment till vattenfas. Den fosfor som frigörs från en sjös sediment kan antingen isoleras i sjöns bottenvatten eller fördelas i den cirkulerande vattenmassan, och därmed bli tillgänglig för algproduktion, beroende på sjöns cirkulations- och skiktningförhållanden. Eftersom Norra Salen är en mycket grund sjö sker ingen skiktning av vattenmassan varför frigjord fosfor direkt blir tillgänglig för algproduktion.
- Bioturbation: Fosfor kan mobiliseras från sedimenten av bl.a. karpfisk och andra djur som gräver, äter och rör runt i sedimenten. I Trummen i Växjö minskade fosforhalten

betydligt i sjön efter omfattande reduktionsfiske våren 2016. Huvuddelen av fiskens bioturbation och exkretion sker under den varma årstiden.

- Växtplankton tar med sig fosfor från sedimenten: Vissa växtplanktonarter med vilstadiet i sedimenten kan bidra till ökningen av fosforhalter i vattenmassan när de aktiveras på våren och sommaren. Detta gäller bl.a. *Gonyostomum semen*, som vid vissa tillfällen har dominerat algsamhället i Norra Salen.
- Näringsrika grunda vikar: Sedimenten i den mest skyddade viken i sjöns allra nordligaste del har kraftigt förhöjda fosforhalter i sedimentskiktet 10-30 cm. Hur stora ytor i sjön som innehåller dessa fosforförorenade sediment och hur det kan påverka den interna belastningen av fosfor i sjön är dock oklart.

### Osäkerheter och felkällor

Osäkerheter i utförda budgetberäkningar finns framför allt i bakgrundsmaterialet beroende på vald provtagningsmetodik. Man kan inte utesluta att det sker episoder med större extern belastning av fosfor från tillrinnande vattendrag och dagvatten än vad utförda mätningar visar. De allra största bidragande källorna för fosfor till Norra Salen är belastning via Lekarydsån och Skaddeån, men Lekarydsån och Skaddeån provtas endast med stickprov i regel sex gånger per år. Flödesvariationerna i båda åarna är förhållandevis snabba, särskilt i de nedre delarna av avrinningsområdena, då vattenföringen reagerar snabbt på regnepisoder. I sjöns tillflöden och i dagvattensystemen sker sedimentering av fosforhaltiga partiklar vid normal- och lågflöden. I början av en högflödesperiod resuspenderas (återförs) en del av denna fosfor genom att sediment (avlagringar) rensas och förs ut till Norra Salen, vilket resulterar i ökad fosforbelastning på sjön. Med stickprov för vattenkemisk analys var annan månad riskerar man att missa situationer med kortvariga flödestopp, vilket gör att den externa belastningen förmodligen underskattats och den interna belastningen överskattats i våra beräkningar.

En större intransport av material kan också ske i form av bottentransport som till stor del inte fångas av de vattenprov som tas 0,5 meter under ytan. Hur stor denna bottentransport är är väldigt svårt att bedöma. Ofta lägger sig bottentransporterat material vid åmynningarna, i form av deltan, som i samband med större nederbörd och snabbt stigande flöden kan förflyttas ut i sjön.

Den interna belastningen blev avvikande stor år 2003 (Figur 46) p.g.a. att en anmärkningsvärt hög fosforhalt uppmättes i sundet mellan Norra och Södra Salen vid provtagningen i juli (130 µg/l). Provtagningen föregicks av flera dagars mycket kraftiga regn (130 mm på 5 dygn), varför stora mängder slam och fosfor sannolikt spolats ut i sjön några dagar före provtagning. Eftersom denna episod inte fångades vid provtagningen i Skaddeån och Lekarydsån blev den beräknade externa belastningen förmodligen felaktigt låg och därmed den interna fosforbelastningen felaktigt hög. Det samma gäller för flera andra liknande tillfällen genom åren. Osäkerheten kring budgetberäkningarna är därför stor kring enskilda provtagningstillfällen och för enskilda år.

Eftersom fosforhalterna i Lekarydsån och Skaddeån, som används i beräkningarna, har stor betydelse för den samlade bilden av den externa belastningen på sjön togs tätare stickprov (veckoprov) i Skaddeån och Lekarydsån (provpunkterna 327 och 351) parallellt med ordinarie provtagning under perioden juli 2015 till september 2015 samt april 2016 till juni 2016. Veckoproven slogs samman flödesproportionellt till månadssamlingsprov. Halterna i månadssamlingsproven jämförs med stickproven samma månader i Tabell 7. Resultaten visar överlag något högre halter i månadssamlingsproven jämfört med stickproven, men detta gäller såväl tillrinnande vatten från åarna som utgående vatten från Norra Salen. Veckoprovtagningen utfördes under en period då den interna belastningen i sjön normalt är som störst, men vattenflödena var generellt låga.

Tabell 7. Uppmätta halter och beräknade transporter av totalfosfor. Jämförelse mellan stickprov tagna en gång per månad och en gång per vecka. Veckoproven slogs samman flödesproportionellt till månads-samlingsprov. Halter i modellen motsvarar interpolerade halter på dygnsbasis mellan provtagningstillfällena för månadsstickproven

|                            | Halter    |           | månads-<br>samlingsprov | Transporter      |                         |
|----------------------------|-----------|-----------|-------------------------|------------------|-------------------------|
|                            | stickprov | i modell  |                         | i modell         | månads-<br>samlingsprov |
|                            |           | µg P/l    |                         | kg P             |                         |
| <b>Skaddeån</b>            |           |           |                         |                  |                         |
| 2015 jul                   | 43        | 41        | 44                      | 43               | 47                      |
| aug                        | 35        | 36        | 46                      | 26               | 34                      |
| sep                        | 36        | 34        | 45                      | 25               | 33                      |
| 2016 apr                   | 19        | 19        | 20                      | 59               | 62                      |
| maj                        | 17        | 23        | 26                      | 33               | 41                      |
| jun                        | 34        | 35        | 41                      | 15               | 17                      |
| <b>medel</b>               | <b>31</b> | <b>31</b> | <b>37</b>               | <b>summa 201</b> | <b>233</b>              |
| <b>Lekarydsån</b>          |           |           |                         |                  |                         |
| 2015 jul                   | 40        | 38        | 35                      | 95               | 87                      |
| aug                        | 33        | 33        | 37                      | 47               | 52                      |
| sep                        | 31        | 30        | 38                      | 37               | 48                      |
| 2016 apr                   | 25        | 24        | 25                      | 123              | 129                     |
| maj                        | 21        | 23        | 23                      | 70               | 71                      |
| jun                        | 27        | 27        | 26                      | 22               | 21                      |
| <b>medel</b>               | <b>30</b> | <b>29</b> | <b>31</b>               | <b>summa 393</b> | <b>408</b>              |
| <b>Norra Salens utlopp</b> |           |           |                         |                  |                         |
| 2016 apr                   | 23        | 22        | 26                      | 192              | 223                     |
| maj                        | 20        | 26        | 39                      | 116              | 189                     |
| jun                        | 36        | 41        | 39                      | 50               | 49                      |
| <b>medel</b>               | <b>26</b> | <b>30</b> | <b>35</b>               | <b>summa 358</b> | <b>461</b>              |

Flera undersökningar i andra vattenområden har genom åren visat att stora skillnader, framför allt med avseende på fosfor, kan förekomma mellan transportberäkningar som baseras på traditionella stickprov (även veckovis provtagning) jämfört med automatisk flödesproportionell provtagning. Även mellan automatisk tidstyrd provtagning och automatisk flödesproportionell provtagning finns stora skillnader i halter och transporter rapporterade. I Norra Salen sker en viss utjämning av vattenkvaliteten, varför provtagningen i Lekarydsån och framför allt Skaddeån är mest känslig för val av provtagningsmetodik.

Enligt uppgift kan bräddning på avloppsledningsnätet förekomma i samband med större regn. Avsaknad av information kring bräddning på avloppsledningsnätet blir en osäkerhet i budgetberäkningarna som underskattar den externa belastningen på Norra Salen och överskattar den interna belastningen i sjön. Inga mätningar har gjorts och det är mycket svårt att uppskatta vilka volymer det handlar om.

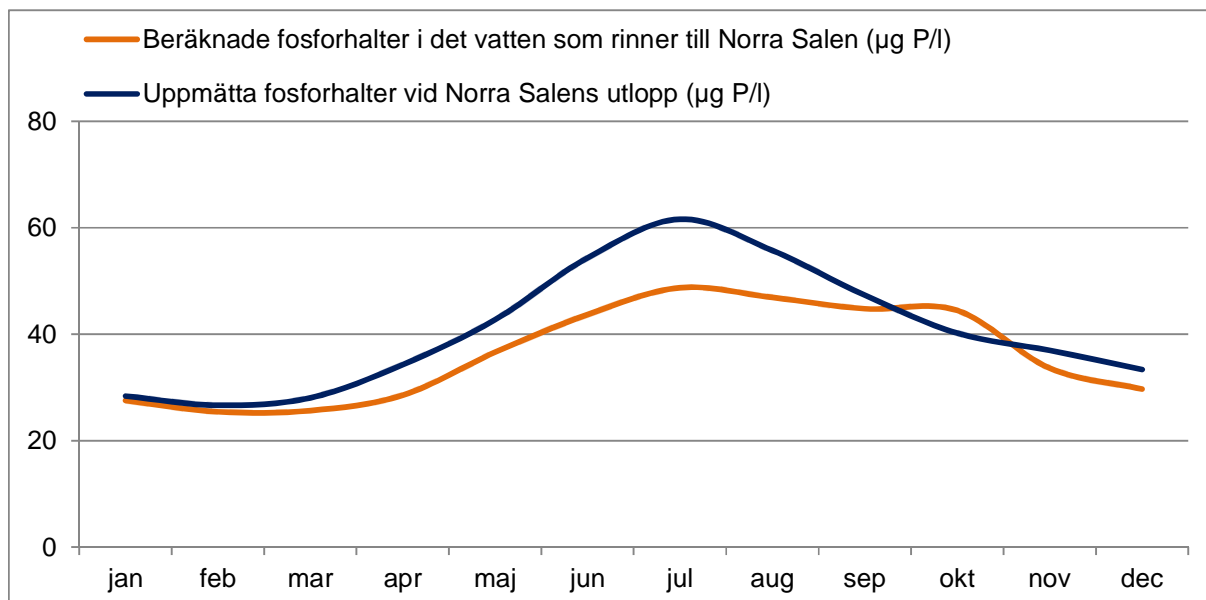
Det finns också osäkerheter kring provpunkternas representativitet. Provpunkten 150 i Norra Salens utlopp ligger i sundet mellan Norra och Södra Salen och provtas från land en bit ut i sjön. Vid provpunkten är vattnet mycket grunt (0,5 – 1 meter) och botten består delvis av lösa sediment, varför det finns en risk att provpunkten påverkas av bottensediment och/eller eroderat material från strandzonen. Särskilt i samband med provtagningarna i december 2015 och oktober 2016, då vind- och vågpåverkan var kraftig, var skillnaden mellan provpunkterna 151 och

150, som ligger längre norrut och mer skyddad från stradzonspåverkan, tydlig. Det finns också en risk att provpunkt 150 påverkas av vatten från Södra Salen, då med lägre halter än i t.ex. provpunkt 151. Under perioden maj 2015 till augusti 2016 beräknades uttransporten från Norra Salen utifrån både provpunkt 151 och provpunkt 150. Resultaten visar på väl överensstämmande resultat, men något större intern belastning vid provpunkt 151 (ca 380 kg fosfor) jämfört med provpunkt 150 (ca 120 kg fosfor). Vår bedömning är att provpunkten 150 bäst representerar förhållandena i Norra Salen, varför den beräknade interna belastningen genom åren kan vara något överskattad.

#### Haltökning på grund av intern belastning, detaljerad korrelationsbedömning

Den interna belastningen gör att fosforhalterna i Norra Salen blir högre jämfört med halterna i det vatten som rinner till sjön. Beräknade viktade halter i det vatten som rinner till sjön från Skaddeån, Lekarydsån, närområdet och Alvesta reningsverk inklusive bräddning vid verket jämförs med uppmätta halter i Norra Salen vid provpunkt 151 i Figur 49. Figuren visar att interna processer i Norra Salen gör att fosforhalterna blir högre i sjön mestadels under vår och sommar jämfört med fosforhalterna i inkommande vatten. Variationen mellan olika år och olika provtagningstillfällen är stor, men haltökningen är statistiskt signifikant. Haltökningen har beräknats till i genomsnitt 4,5 µg/l för perioden 1999-2015.

Perioden maj 2015 till augusti 2016, då provtagningarna utfördes med en något högre ambitionsnivå, ger en bild av att halterna ökade i sjön under vissa perioder (juli-augusti 2015 och 2016 samt i november-december 2015), men att halterna också minskade i sjön jämfört med halterna i det vatten som rinner till sjön under andra perioder (september och oktober 2015). Nettoeffekten för hela perioden blev en intern belastning på ca 400 kg vid Norra Salens utlopp, vilket gav en haltökning på i genomsnitt ca 2,5 µg/l.



Figur 49. Totalfosforhalter vid Norra Salens utlopp jämfört med beräknade halter i det vatten som rinner till sjön. Linjerna representerar genomsnittliga halter under perioden 1999-2015. Skillnaden mellan linjerna motsvarar halförändringen i sjön p.g.a. interna processer.

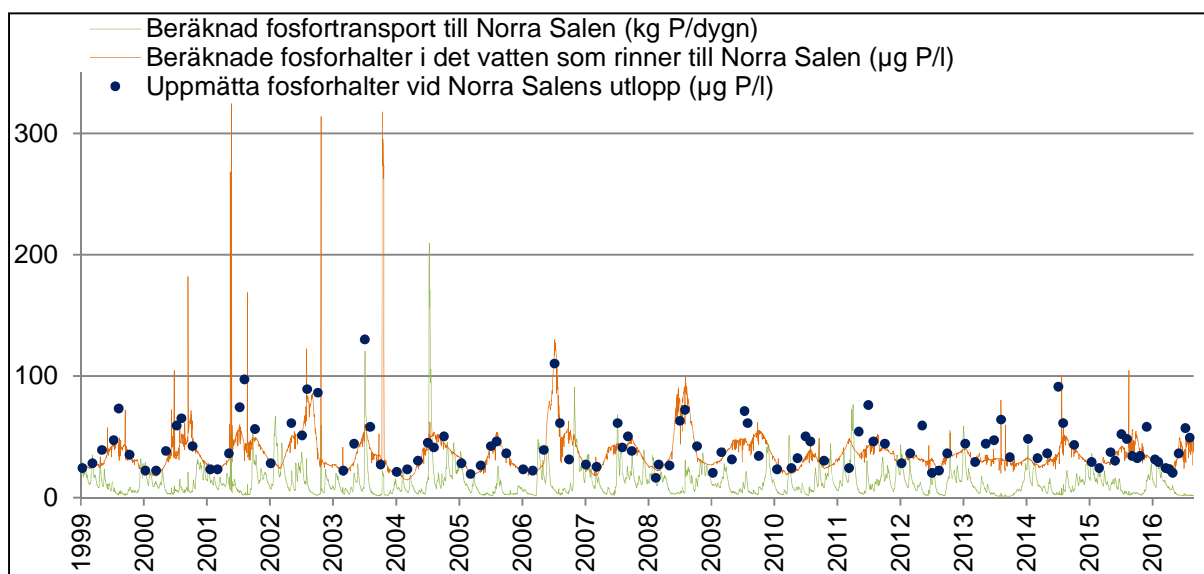
I en detaljerad jämförelse mellan beräknade viktade halter i det vatten som rinner till sjön och de halter som uppmätts i sjön (Figur 50) har orsaken till haltskillnaden vid respektive provtagningstillfälle bedömts utifrån aktuella vattenkemiska förhållanden och förhållanden avseende vatten-

föring, extern fosforbelastning, vinddata, vattennivå, omsättningstid m.m. Vid jämförelsen framkom följande:

- Korrelationen mellan halterna in i sjön och ut ur sjön är mycket tydlig, d.v.s. fosforhalterna i Norra Salen styrs till största delen av halterna i inkommande vatten, i första hand Skaddeån och Lekarydsån.
- I några fall har fosforhalterna varit lägre i sjön än i inkommande vatten, vilket framför allt inträffat vintertid i samband med att sjön varit isbelagd. Detta inträffade t.ex. vintrarna 2008, 2009 och 2011. Lägre halter i sjön än i inkommande vatten har också inträffat vissa höstar i samband med långa perioder med låga vattenflöden och lång omsättningstid. Detta inträffade höstarna 2006, 2009 och 2015. Sannolikt fungerar sjön som en betydande sedimentationsbassäng under dessa förhållanden då materialet har möjlighet att sedimentera.
- Vid några tillfällen har mer eller mindre förhöjda halter i sjön uppmätts i samband med mer eller mindre kraftiga flödestoppar eller snabbt stigande flöden. Detta inträffade t.ex. i juli 2003 (mycket stor haltökning mycket stor flödestopp), juli 2007 (tydlig haltökning tydlig flödestopp), maj 2011 (liten haltökning några dagar efter kraftig snösmältning) och januari 2014 (tydlig haltökning tydlig flödestopp). Vid dessa tillfällen har stora mängder fosfor transporterats in i sjön under kort tid utan att någon direkt haltökning registrerats i Skaddeån och/eller Lekarydsån. Orsaken till detta kan vara att de snabba haltförändringarna i samband med en flödesförändring inte fångats i den glesa provtagningen, eller att flödesökningen orsakat en transport av slam/sediment via dagvatten och/eller åarnas deltan vidare ut i sjön. I mitten av juli 2004 inträffade den i särklass högsta flödestoppen under beräkningsperioden efter 150 mm regn på fyra dygn. Eftersom provtagningarna utfördes just före och flera veckor efter denna situation registrerades inga avvikande värden under denna period.
- Vid några tillfällen har fosforhalterna varit anmärkningsvärt höga i tillrinnande vattendrag, vilket gav mycket överensstämmande höga halter i sjön. Detta gäller framför allt augusti 2002 (högst halt i Lekarydsån), juli 2006 (extremt hög halt i Skaddeån) och juli och augusti 2008 (mycket höga halter i såväl Lekarydsån som Skaddeån).
- Vid några tillfällen uppmättes förhöjda fosforhalter i Norra Salen som skulle kunna sättas i samband med onormalt stora utsläpp från Alvesta reningsverk/brädd i förhållande till vattenföring och utspädning. Detta gäller juli 2000, juli 2001, augusti 2002, juli och augusti 2008, augusti 2014, oktober 2015 (gäller endast provpunkt 148) samt augusti 2016. Hösten 2002 och 2003 skedde omfattande bräddningar. Bräddningarna skedde just efter oktoberprovtagningarna i sjön respektive år, men skulle teoretiskt ha gett haltökningar i sjön med ca 15 respektive 60 µg/l.
- Övriga tillfällen, då förhöjda fosforhalter uppmätts i sjön jämfört med inkommande vatten, är bl.a. augusti 1999, augusti 2000, augusti 2001, maj och oktober 2002, juli och augusti 2009, juli och augusti 2010, augusti 2011, maj 2012, maj och juli 2013, juli 2014, maj, juli, augusti och december 2015, juni och juli 2016 samt oktober 2016. Dessa tillfällen inträffade i huvudsak i samband med låga flöden och förhållandevis lågt vattenstånd. Vid flera av dessa tillfällen var vind- och vågpåverkan kraftig (> 6 m/s). Detta gäller bl.a. augusti 2000, maj och oktober 2002, maj 2012, maj 2013, juli 2014, maj, juli och december 2015 samt oktober 2016. Vid övriga tillfällen kan ett visst läckage av fosfor från sedimenten, framför allt via mineralisering av organiskt material, och/eller fiskars bioturbation ha haft övervägande betydelse för resultaten.

Den detaljerade studien ger en bild av att fosforhalterna i Norra Salen till allra största delen beror på halterna i det vatten som rinner till sjön. I samband med större nederbörd och snabba flödesökningar finns en effekt som oftast inte fångas i de vattenprover som tas i Skaddeån och/eller Lekarydsån. Det kan vara en effekt av ökat bidrag från dagvatten, erosion och transport av sediment från åarnas mynningsområden eller erosion/resuspension av sediment i sjön. Det finns

också en tydlig komponent av intern belastning som inte kan förklaras av höga flöden, utsläpp från reningsverket eller liknande. Flera av dessa tillfällen sammanfaller med kraftiga vindar, vilket tyder på att vind- och vågpåverkan också har betydelse för fosforhalterna i sjön. Detta var särskilt tydligt i oktober 2016 då vattennivån i sjön var rekordlåg. Därutöver sker också en viss intern fosforbelastning i form av läckage av fosfor från sedimenten och då främst i form av mineralisering av organiskt material. Dock bedöms detta vara av mindre betydelse då sedimentens innehåll av mobiliserbart fosfor inte är tydligt förhöjt jämfört med djupare mer ursprungliga sediment. Läckage av fosfor från sjöns näringsrika sediment som påträffats i sjöns nordligaste vik kan dock inte helt uteslutas. Även bioturbation kan ha betydelse, men då framför allt i samband med längre perioder med låg tillrinning till sjön och långa uppehållstider, eftersom kortare uppehållstider gör att bioturbationen sannolikt inte hinner få någon betydande effekt i sjön.



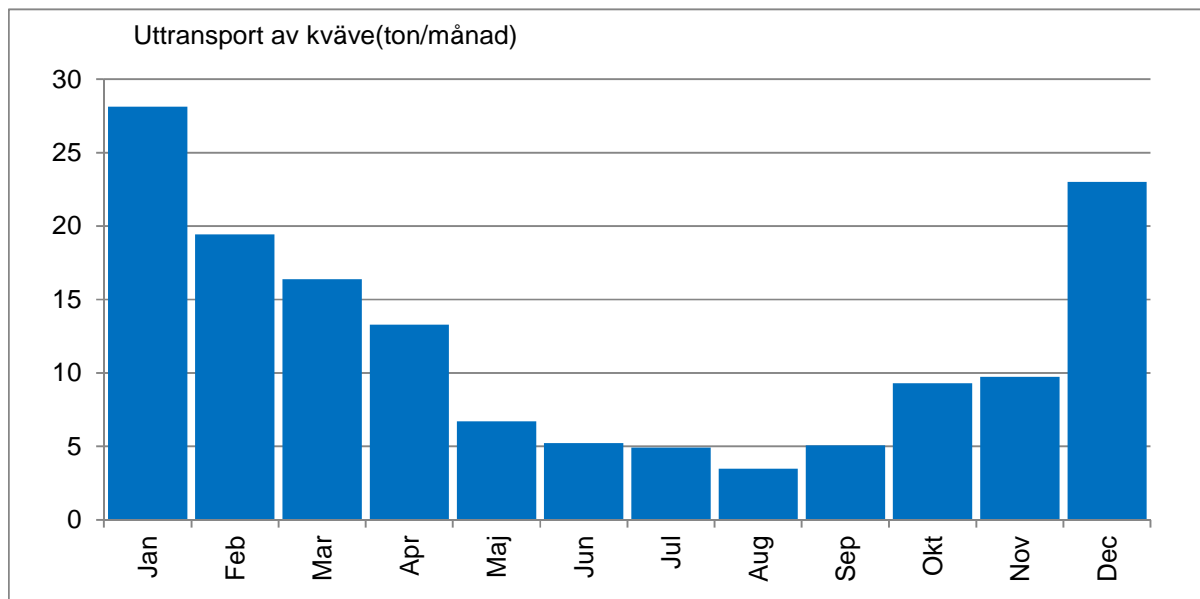
Figur 50. Totalfosforhalter vid Norra Salens utlopp jämfört med beräknade halter i det vatten som rinner till sjön och beräknad extern belastning under perioden januari 1999 – augusti 2016.

Utifrån den detaljerade korrelationsbedömningen har den beräknade interna fosforbelastningen i stora drag kunnat delas upp på olika processer. Vår bedömning är att en stor del av den beräknade interna nettobelastningen kan härledas till resuspension av sediment i sjön i samband med kraftig vind- och vågpåverkan. En betydande del kan också härledas till transport av slam/sediment via dagvatten, sedimenttransport i åarna och/eller erosion/resuspension av material från åarnas mynningsområden i samband med större nederbörd och snabbt stigande flöden. En mindre del av den beräknade interna nettobelastningen kan antas bero på övriga faktorer som mineralisering av organiskt material i sedimenten, bioturbation m.m., men bedöms ha underordnad betydelse i sammanhanget.

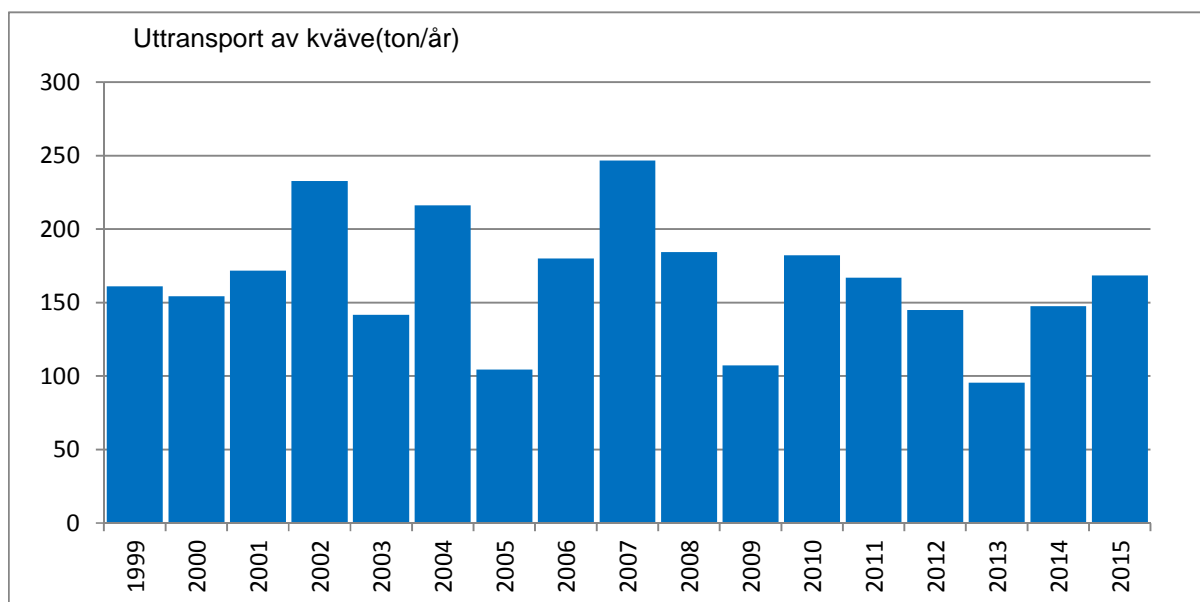
#### 4.3.7. Uttransport av kväve, budget och retention

Uttransporten av kväve från Norra Salen till Södra Salen har beräknats till i genomsnitt ca 144 ton/år under perioden 2011-2015 (Figur 51 och Figur 52), vilket skall jämföras med den externa belastningen under samma period som var ca 167 ton/år (Figur 38 och Figur 40). Norra Salen har i princip alla år fungerat som en reningsbassäng för kväve. De fem senaste åren (2011-2015) har drygt 20 ton kväve per år renats i sjön, vilket motsvarar en retention på ca 13 %.



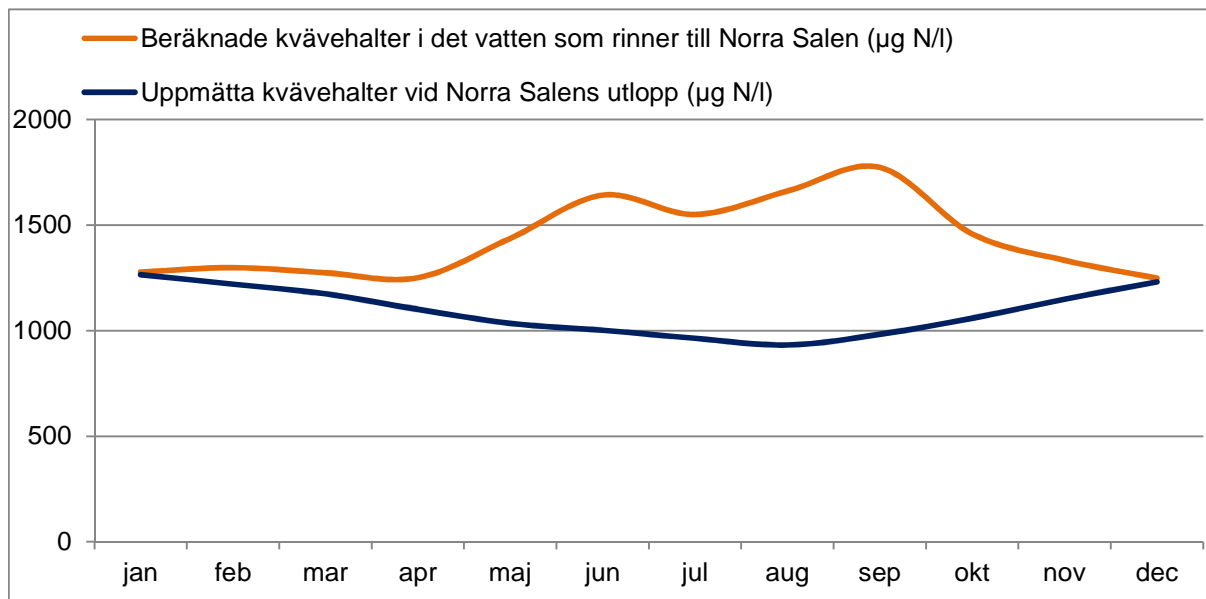


Figur 51. Uttransport av kväve från Norra Salen, som ett genomsnitt för åren 2011-2015.



Figur 52. Uttransport av kväve från Norra Salen under perioden 1999-2015.

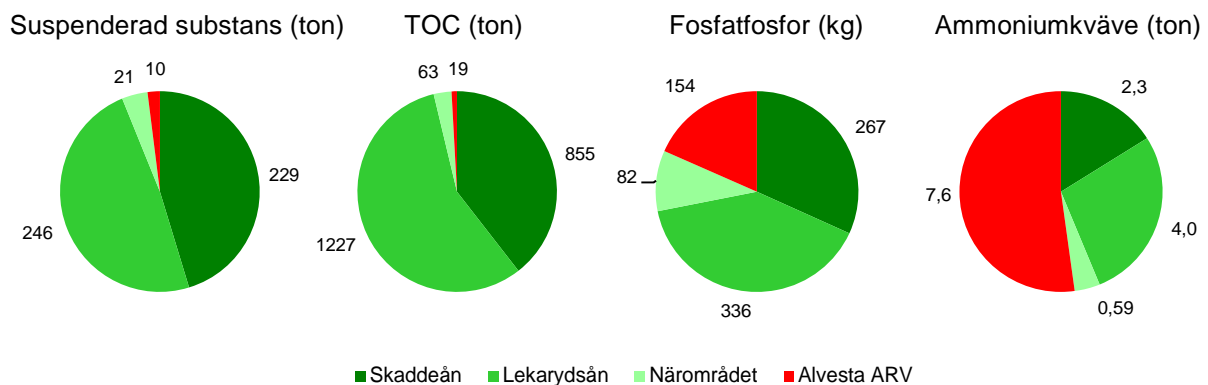
Kvävereningen i Norra Salen gör att kvävehalterna i sjön blir lägre jämfört med halterna i det vatten som rinner till sjön. Beräknade viktade halter i det vatten som rinner till sjön från Skaddeån, Lekarydsån, närområdet och Alvesta reningsverk inklusive bräddningar jämförs med uppmätta halter i Norra Salen vid provpunkt 151 i Figur 49. Figuren visar att kväveretentionen är störst under sommarhalvåret eftersom denitrifikationen fungerar bäst när temperaturen är hög. Perioden maj 2015 till augusti 2016, då provtagningarna utfördes med en något högre ambitionsnivå, ger motsvarande bild.



Figur 53. Totalkvävehalter vid Norra Salens utlopp jämfört med beräknade halter i det vatten som rinner till sjön. Linjerna representerar genomsnittliga halter under perioden 1999-2015. Skillnaden mellan linjerna motsvarar halförändringen i sjön p.g.a. interna processer.

#### 4.3.8. Budget för suspenderad substans, TOC, fosfatfosfor och ammoniumkväve

Extern belastning av suspenderad substans, TOC (totalt organiskt kol), fosfatfosfor och ammoniumkväve under perioden maj 2015 – augusti 2016 (d.v.s. 16 månader) redovisas i Figur 54. Skaddeån och Lekarydsån står för huvuddelen av tillförseln av suspenderad substans (slam) i ungefär lika stora delar. Belastning av slam via dagvatten ingår som del i bidragen från såväl Skaddeån, Lekarydsån och närområdet. Hur stor totalmängd som dagvattnet står för är oklart. Organiskt material tillförs mestadels från Lekarydsån, därefter Skaddeån. Lättillgängligt fosfor i form av fosfatfosfor tillförs i huvudsak från Lekarydsån och Skaddeån, men även från närområdet och Alvesta reningsverk i betydande mängder. Under hösten 2015 och sensommaren 2016 var reningsverkets andel större än 50 %. Utsläppen av ammoniumkväve från Alvesta reningsverk står för ungefär hälften av den totala externa belastningen och under sensommar och höst 2015 samt sommar 2016 stod reningsverket för nära 100 %.



Figur 54. Extern belastning av suspenderad substans, TOC (totalt organiskt kol), fosfatfosfor och ammoniumkväve fördelat på olika delflöden. Mängderna motsvarar extern belastning under perioden maj 2015 – augusti 2016.

Extern belastning samt uttransport och nettointernbelastning av suspenderad substans, TOC (totalt organiskt kol), fosfatfosfor och ammoniumkväve under perioden maj 2015 – augusti 2016 (d.v.s. 16 månader) redovisas i Tabell 8.

I den norra delen av Norra Salen ökade mängderna av suspenderad substans jämfört med inkommande vatten i maj och juni 2015 i samband med starka vindar. Under isperioden jan-mars 2016 skedde däremot en betydande sedimentation av slam i sjön. Halterna av suspenderad substans ökade i sjön under sommaren p.g.a. alg tillväxt. I södra delen av Norra Salen var halterna tydligt förhöjda i december 2015, vilket kan vara en effekt av en tillfällig kiselalgbloom alternativt resuspension av sediment. Vid tillfället rådde kraftiga vindar. Även under våren och sommaren 2016 skapades något mer suspenderad substans i den södra delen av sjön jämfört med den norra.

Transporterna av TOC överensstämmer mycket väl in och ut ur sjön. En viss intern belastning noterades i december 2015, men motsvarande mängd renades i sjön under isperioden. Halterna är normalt mycket höga i sjön p.g.a. höga humushalter, vilket gör att det är svårt att urskilja såväl resuspension av sediment som primärproduktion i sjön.

För fosfatfosfor syns en liten nettoretention i sjön. Halterna i sjön följer i stort halterna i inkommande vatten, men under sommarhalvåret är halterna lägre i sjön p.g.a. att lättillgängligt fosfor utnyttjas för algproduktion. Vid lokal 151 blev transporten högre än vid 148 och 150 p.g.a. marginellt högre halter januari-maj 2016.

Retentionen av ammoniumkväve var över 50 % i sjön. I december-februari var retentionen nära 0, men under sommaren var den nära 100 %. Under sommaren nitrifieras ammoniumkvävet effektivt i sjöns syrerika vatten.

Tabell 8. Extern belastning samt uttransport och nettointernbelastning av suspenderad substans, TOC (totalt organiskt kol), fosfatfosfor och ammoniumkväve fördelat på olika delflöden. Mängderna motsvarar extern belastning under perioden maj 2015 – augusti 2016

|                      |     | Extern belastning | Uttransport |           |           | Nettointernbelastning |      |
|----------------------|-----|-------------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------|------|
|                      |     |                   | Lokal 148   | Lokal 150 | Lokal 151 |                       | %    |
| Suspenderad substans | ton | 505               | 490         | 666       | 839       | 333                   | 66%  |
| TOC                  | ton | 2165              | 2143        | 2117      | 2195      | 30                    | 1%   |
| Fosfatfosfor         | kg  | 838               | 488         | 505       | 652       | -186                  | -22% |
| Ammoniumkväve        | ton | 15                | 6,9         | 5,6       | 7,0       | -7,6                  | -52% |

#### 4.3.9. Åtgärdsbehov och scenarier

Effekten av vissa övergripande åtgärder har beräknats i budgetberäkningsmallen och redovisas i Tabell 9 och Figur 56. Beräkningarna har utgått ifrån flödesviktade halter, vilka skiljer sig en del från de aritmetiskt beräknade. Med den säsongvariation som normalt förekommer i sjön motsvarar 31 µg P/l (gränsen mellan "god näringsstatus" och "måttlig näringsstatus") ca 28 µg/l som flödesviktad halt, detta eftersom halterna normalt är lägre vintertid när flödena är som högst. Scenarierna har beräknats utifrån nuvarande situation åren 2011-2015.

##### Scenario 1: Minskad extern belastning med 1,2 ton fosfor per år

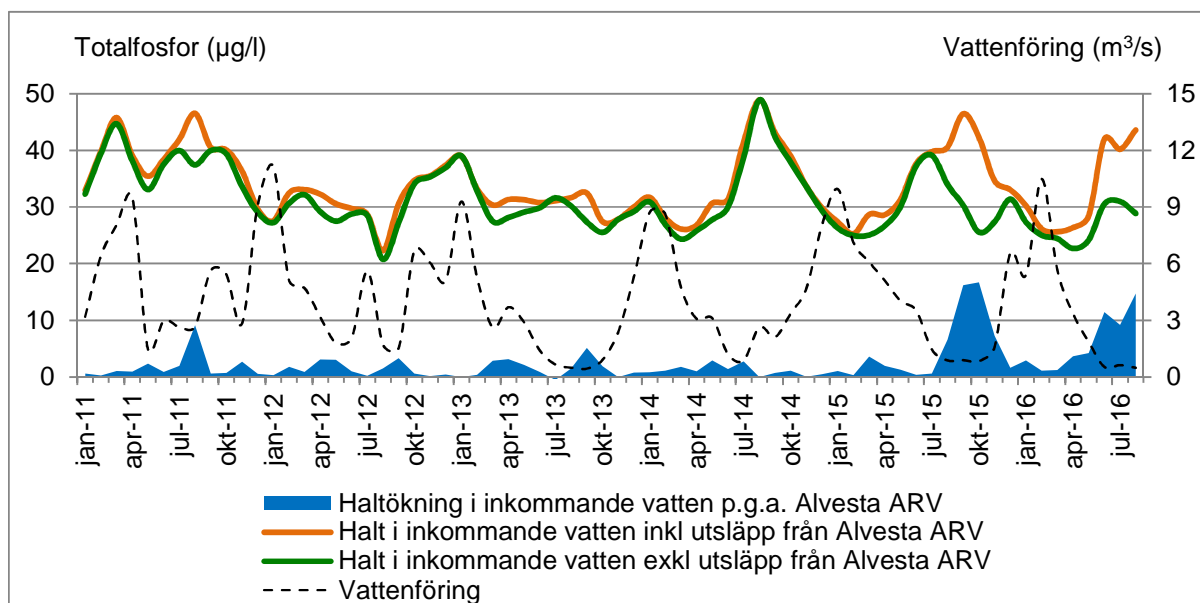
För att nå ner till 28 µg P/l i Norra Salen genom att enbart minska den externa fosforbelastningen måste halterna i det vatten som rinner till sjön minska med i storleksordningen 9 µg/l (motsvarande ca 30 %). Detta motsvarar en minskning med i storleksordningen 1,2 ton P/år. En så

stor reduktion av den totala årliga externa belastningen är en stor utmaning. Det skulle i princip innebära att ca 70 % av all antropogen belastning i tillrinningsområdet behöver åtgärdas (jämför Figur 42 på sid 60). Huvuddelen av den antropogena fosforbelastningen sker via enskilda avlopp och jordbruksverksamheter. Därefter utsläpp via kommunala reningsverk och dagvatten.

Beräknat åtgärdsbehov för Norra Salen överensstämmer med Vattenmyndighetens beräknade åtgärdsbehov för hela sjön Salen (<http://viss.lansstyrelsen.se>). Detta scenario skulle därmed också kunna innebära att "god" näringsstatus skulle uppnås i sjön Salen som helhet.

### Scenario 2: Avlastning från Alvesta reningsverk

Om Norra Salen avlastas från Alvesta reningsverk minskar fosforhalterna i det vatten som rinner till sjön med i storleksordningen drygt 1 µg/l flödesviktat (motsvarar ca 200 kg P/år) och drygt 2 µg/l som aritmetiskt medelvärde. Minskningen kan dock bli betydligt större under vissa perioder, särskilt i samband med låg vattenföring, d.v.s. låg utspädning (Figur 55). Under hösten 2015 och sommaren 2016 var inverkan från Alvesta reningsverk onormalt stor. Diverse driftproblem i verket orsakade onormalt stora utsläpp (Anneli Isaksson, Alvesta kommun). Halten i Norra Salen ökade då med mer än 10 µg/l p.g.a. inverkan från Alvesta ARV.



Figur 55. Haltökning i Norra Salen p.g.a. inverkan från Alvesta reningsverk under perioden januari 2011 till augusti 2016. I september 2015 gick centrifugen sönder i Vislanda reningsverk. Detta bidrog till att man tvingades köra ett enbart föravvattnat slam in i slamsteget i Alvesta reningsverk, vilket ledde till störningar i reningsprocessen under hösten 2015. Under våren 2016 var det problem med kammarfilterpressen i Alvesta reningsverk, vilket påverkade slamprocessen och därmed även utgående fosforhalter (Annelie Isaksson, Alvesta kommun).

### Scenario 3: Föreslagna åtgärder i nedre delen av Skaddeån

Under perioden juli 2015 till juni 2016 togs vattenkemiska prover i nedre delen av Skaddeån uppströms det område som valdes ut för kartläggning och planering av inledande vattenvårdsåtgärder (se avsnitt 4.4 på sidan 75). Medelhalten för perioden i denna referenspunkt blev 26 µg P/l jämfört med 30 µg/l i den ordinarie provpunkten i Skaddeån under samma period. Detta betyder att påverkan från området mellan referenspunkten och den ordinarie provpunkten i Skaddeån ökade halterna i ån med ca 4 µg/l. Detta överensstämmer med de provtagningar som utförts inom ramen för projektet i de tre bäckarna Djupabäcken, Ilabäcken och Benestad-

bäcken inom åtgärdsområdet. Antaget att åtgärder vidtas i det valda åtgärdsområdet som gör att fosforhalten i Skaddeån minskar till referenspunktens nivå kommer den externa belastningen på Norra Salen att minska med i storleksordningen 170 kg P/år. De åtgärder som föreslås i aktuellt åtgärdsområde i nedre delen av Skaddeån bedöms kunna ge en minskad belastning på Skaddeån och Norra Salen med i storleksordningen 60-80 kg P/år.

För att få betydande effekt i Norra Salen behövs med andra ord ett stort antal liknande åtgärder inom Norra Salens tillrinningsområde, kombinerat med andra specifika åtgärder för att minska belastningen från andra källor.

#### Scenario 4: Halverad dagvattenpåverkan

Dagvatten från Alvesta beräknas belasta Norra Salen med i storleksordningen 260 kg P per år enligt SMHI:s beräkningar i Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>). I rapporten "Alvesta Tätorts dagvatten" (Verneresson 1998) redovisas en fosforbelastning på 486 kg P/år. Om man antar en belastning mellan 260 kg och 486 kg och åtgärdar dagvattenpåverkan med 50 % skulle det innebära en minskad belastning med ca 130 - 240kg P/år, vilket skulle minska fosforhalten i Norra Salen med ca 1-2 µg/l.

#### Scenario 5: "Restaurering" av sjön

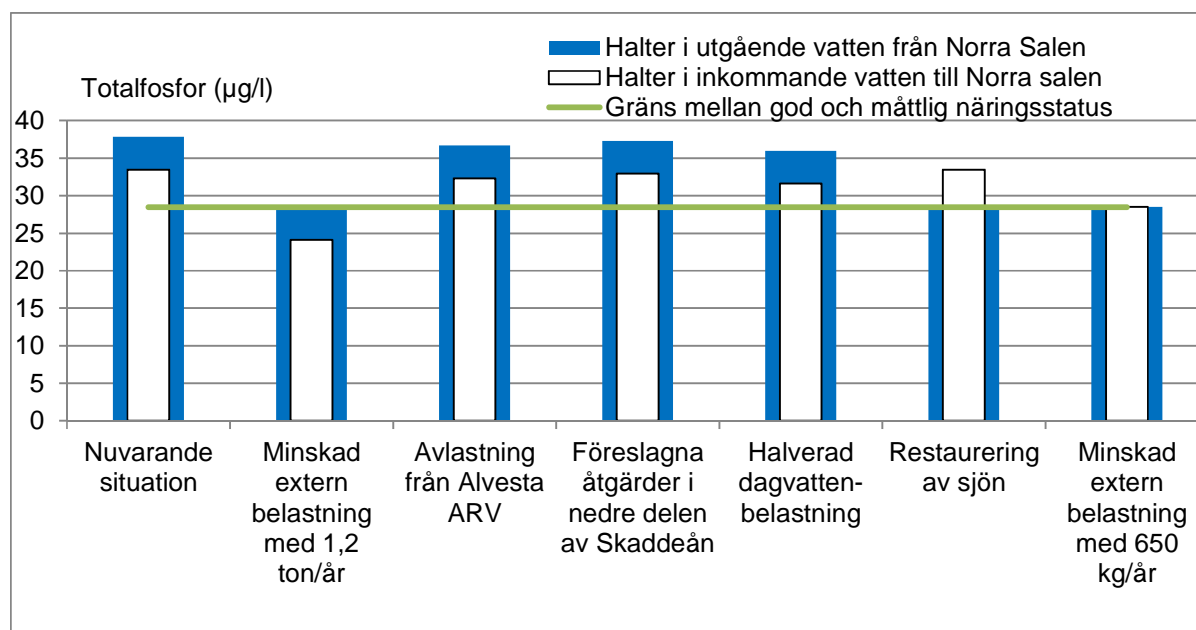
Enligt Vollenweiders klassiska massbalansmodell (<http://info1.ma.slu.se/miljotillst/eutrofiering/Massbalansmod.ssi>) bör den långsiktiga fosforhalten i Norra Salen kunna vara ca 29 µg/l med befintlig hydrologisk belastning och extern fosforbelastning förutsatt en naturlig sedimentation/retention i sjön, som enligt modellen beräknas till drygt 600 kg P/år. Om Norra Salen hade kunnat "restaureras" genom t.ex. sedimentmuddring så att nuvarande interna fosforbelastning på ca 500 kg/år istället blev en retention i sjön på drygt 700 kg/år (antaget en fördjupning av sjön med i genomsnitt 0,5 meter) skulle sjön uppnå god näringsstatus avseende fosfor. En "restaurering" skulle i första hand innebära att skapa förutsättningar för en naturlig sedimentation i sjön för att därmed också minimera resuspensionen av sediment i samband med vind- och vågpåverkan. Samtidigt skulle man behöva minska transporten av slam/sediment i åarna och/eller erosion/resuspension från åarnas mynnings-/deltaområden i samband med stor nederbörd och snabbt stigande flöden.

#### Scenario 6: Minskad extern belastning med 650 kg fosfor per år och 0 kg/år i nettointernbelastning

Om man med åtgärder i sjön skulle kunna åstadkomma en 0-nivå för den interna nettobelastningen behöver den externa fosforbelastningen minska med ca 650 kg/år för att god näringsstatus skall uppnås i sjön.

Tabell 9. Beräknade flödesviktade fosforhalter i Norra Salen och i det vatten som rinner till sjön vid nuvarande hydrologisk belastning och extern fosforbelastning samt vid fyra alternativa åtgärdsscenarioer

|  | Hydrologisk belastning   | Extern belastning | Vattenomsättningstid | Halter i inkommande vatten till Norra Salen | Halter i utgående vatten från Norra Salen |
|--|--------------------------|-------------------|----------------------|---|---|
|  | milj. m <sup>3</sup> /år | kg P/år           | dygn                 | µg P/l                                      | µg P/l                                    |
| Nuvarande situation  | 130                      | 4365              | 8,8                  | 33,4  | 37,8                                      |
| 1) Minskad extern belastning med 1,2 ton/år                                    | 130                      | 3165              | 8,8                  | 24,1  | 28,4                                      |
| 2) Avlastning från Alvesta ARV   | 129                      | 4175              | 8,9                  | 32,3  | 36,7                                      |
| 3) Föreslagna åtgärder i nedre delen av Skaddeån                               | 130                      | 4295              | 8,8                  | 32,9  | 37,3                                      |
| 4) Halverad dagvattenpåverkan  | 130                      | 4125-4235         | 8,8                  | 31,6-32,5                                   | 36,0-36,8                                 |
| 5) "Restaurering" av sjön (700 kg/år i retention)                              | 130                      | 4365              | 12                   | 33,4  | 28,2                                      |
| 6) Minskad extern belastning med 650 kg/år och 0 kg/år i nettointernbelastning | 130                      | 3715              | 8,8                  | 28,5  | 28,5                                      |



Figur 56. Beräknade fosforhalter i Norra Salen och i det vatten som rinner till sjön vid nuvarande hydrologisk belastning och extern fosforbelastning 2011-2015 (Nuvarande situation) samt vid sex alternativa åtgärdsscenarioer. Den gröna heldragna linjen motsvarar gränsen mellan "god" och "måttlig" näringsstatus med avseende på fosfor som flödesviktad halt under året.

## 4.4. Kartläggning och planering av vattenvårdsåtgärder

### 4.4.1. Vattenvårdsåtgärder sammanfattande resultat

Utfallet av kartläggningen inom aktuellt åtgärdsområde i nedre delen av Skaddeån redovisas dels som en översikt (Karta 6) och dels detaljerat per åtgärdsförslag i Bilaga 3. Uppströms kan fler tänkbara förslag finnas, men de ligger utanför projektets ram. Åtgärdsförslagen har förutsättningar att återskapa en del av den flödesutjämnande och vattenhushållande funktion som fanns i området historiskt och därmed ge en mycket god reningseffekt avseende fosfor. Samtliga objekt finns även digitaliserade och koordinatsatta.

Av de 12 förslagen är endast ett beläget på kommunalt ägd mark, övriga är privat ägda. Ett betydande mostående intresse är i flertal av förslagen att produktiv åkermark tas i anspråk. De vattenvårdsåtgärder som man anser lämpliga att gå vidare med ska därför i första hand förankras hos markägare.

I översikten illustreras även några ytterligare förslag men som inte bedömts bidra med påtaglig nytta för näringsrening utan snarare kan ses som lämpliga platser för våtmarksanläggning för t.ex. biologisk mångfald. Dessa redovisas inte mer utförligt.

Aktuella åtgärder redovisas i Bilaga 3 med uppgifter om föreslagen yta, tillrinningsområde, bedömning av potential för rening och övriga nyttor samt noterade hänsynsbehov och en bedömning av provningsbehov och kostnad. Förslag till översiktlig utformning och bedömning av schaktbehov och kostnad ingår också. Kostnadsbedömning är självfallet preliminär och är bedömd erfarenhetsmässigt utifrån i första hand schaktbehov, förutsebara anpassningsbehov, utloppskonstruktion och i viss mån provningsbehov. Kostnadsbedömning, som är en avgörande uppgift för bedömning och prioritering av åtgärder, avser genomförande som totalentreprenad och inkluderar projektering, byggledning och entreprenad med erfarna entreprenörer med ändamålsenliga maskiner. Eventuella tillkommande kostnader ingår inte. Som exempelvis särskilda krav på upphandlingsunderlag (om kommunen är verksamhetsutövare) eller om särskilda anpassningar ska göras för olika enskilda eller allmänna intressen som inte är omnämnda.

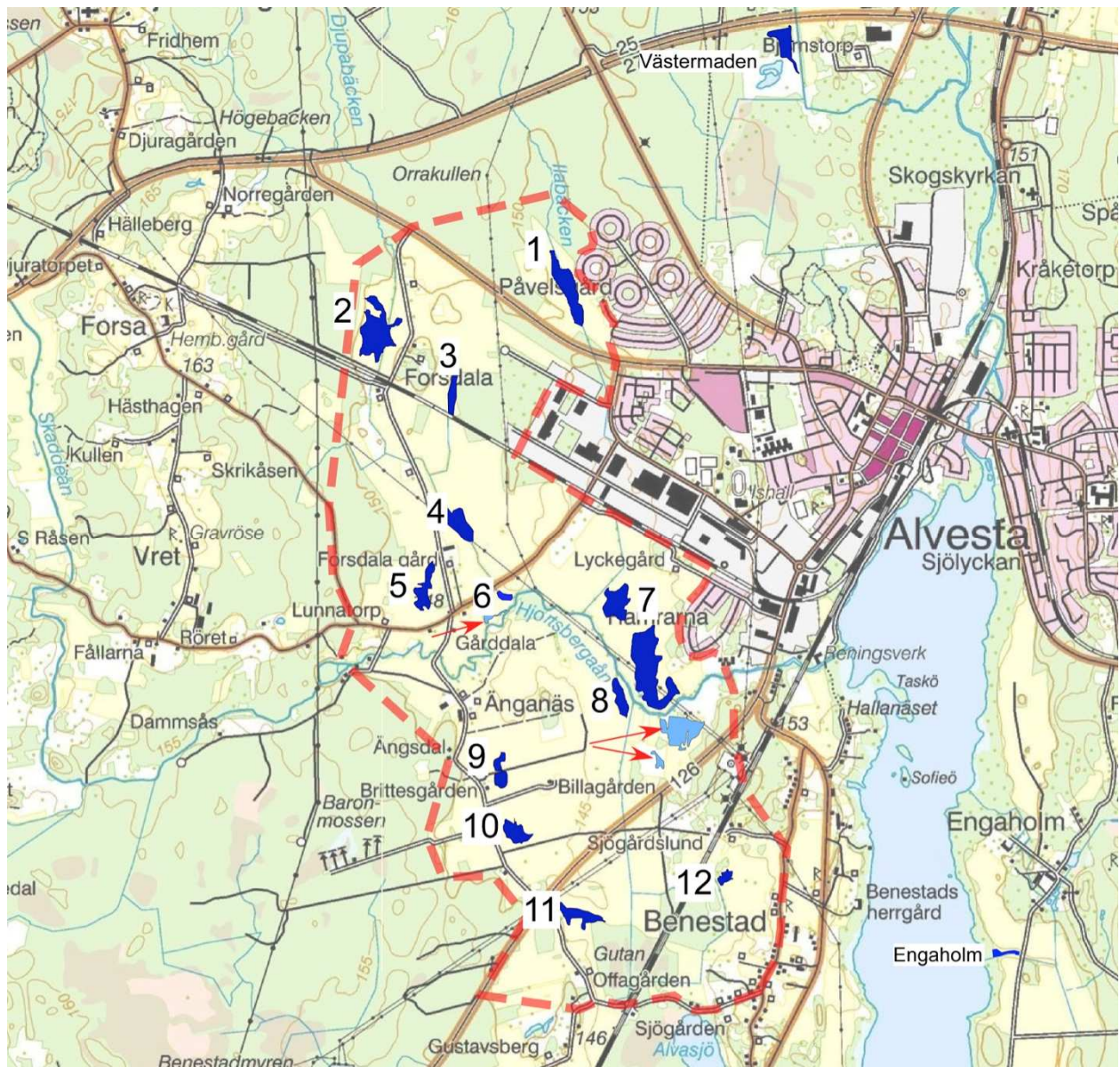
I Djupabäckens tillrinningsområde föreslås fem åtgärder om totalt 7,81 ha. Två av dessa, nr 2 och 5 är relativt kostnadseffektiva sett till vattenytan som kan skapas medan tre är relativt schaktkrävande men med hög näringsrenande potential.

I Ilabäcken föreslås två åtgärder om totalt 11,77 ha. Båda är våtmarksområden som kan göras mycket kostnadseffektivt sett till skapad vattenyta. Nr 7 omfattar området närmast ån som idag avvattnas via pumpning till Skaddeån och ytan har mycket stor potential för både rening, biologisk mångfald och rekreation.

Benstadsbäcken är i princip helt dominerad av dikning och stora delar av området är mycket låglänt och idag delvis svårbrukat. Främst åtgärd nr 8 öster om Billagården är mycket strategiskt placerad för näringsrening längst ned i systemet. Totalt föreslås fem olika åtgärder om totalt 4,83 ha. Sett till ytan är förslag nr 11 vid Offagården klart mest kostnadseffektivt.

Västermaden vid Björnstorpsområdet har utretts separat (Bilaga 4) och initiativ till projektet har tagits av Lennart Svahn som också varit initiativtagare till den befintliga våtmarken på platsen. Alvesta kommun har sett positivt på initiativet och gett Naturcentrum uppdraget att utreda möjligheterna vidare.

Förslaget vid Engaholm är också ett externt initiativ från Anders Koskull (representant för markägaren) där kommunen gett Naturcentrum i uppdrag att kika på förutsättningarna. På Engaholm finns topografiskt fina förutsättningar att göra en mycket stor och kostnadseffektiv våtmark som har övervägts av markägaren. Dock har slutsatsen blivit att den inte är förenlig med jordbruksdriften och förslaget som är mest relevant är istället en kombination av en mindre dämning och dikesvidgning längst ned mot Salen. Förslagen redovisas i Bilaga 4.



Karta 6. Översikt av föreslagna vattenvårdåtgärder. Ytorna är generellt skalenliga och numererade som de redovisas i Bilaga 3. Ytterligare några våtmarksytor är inkluderade (röda pilar, ljusblå ytor) som dock sorterats bort för de har för låg potential för rening, men kan vara intressanta för t ex biologisk mångfald. Västermaden samt Engaholm är de lägen som utretts separat och redovisas i Bilaga 4.

#### 4.4.2. Vattenkemisk provtagning och analys

Analysdata från de vattenkemiska undersökningarna i biflödena inom det aktuella åtgärdsområdet (Djupabäcken, Ilabäcken och Benestadbäcken) finns redovisade i Bilaga 1. I Bilaga 1 redovisas även resultaten från provtagningarna i bäcken från Engaholm södra. Resultaten från Engaholm



holm södra behandlas dock inte närmare i denna rapport. Beräknade årsmedelhalter för perioden juli 2015 – juni/juli 2016 med avseende på olika fosfor- och kvävefraktioner finns redovisade i Figur 57 och Figur 58. Av Figur 57 framgår att fosforhalten i Skaddeån ökade från 26 till 30 µg/l mellan referenspunkten uppströms åtgärdsområdet och provpunkt 327, d.v.s. med 16 %. På motsvarande sätt ökade kvävehalten från 898 till 1013 µg/l, en ökning med 13 %. Även alkalinitet, suspenderad substans, fosfatfosfor och nitratkväve ökade signifikant mellan punkterna. Beräknade transporter av totalfosfor, fosfatfosfor, totalkväve, nitrat- + nitritkväve, ammoniumkväve, TOC och suspenderad substans redovisas i Tabell 10. Av tabellen framgår att skillnaden i transporterade mängder väl överensstämmer med beräknade transporter i de olika biflödena.

### Djupabäcken och Ilabäcken

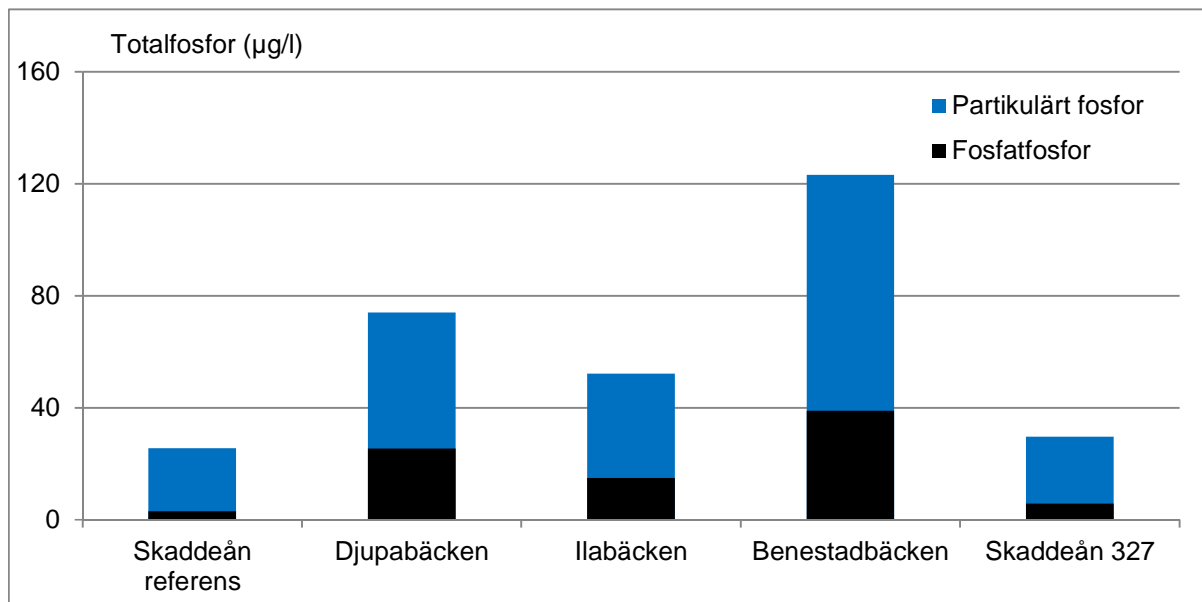
Analysresultaten från Djupabäcken och Ilabäcken visar på liknande vattenkemisk karaktär. Markanvändningen i Djupabäcken består i huvudsak av skogsmark (59 %), åkermark (26 %) och övrig öppen mark (11 %), medan markanvändningen i Ilabäcken i huvudsak består av skogsmark (60 %), åkermark (17 %) och bebyggd mark (13 %). Resultaten från Ilabäcken ger en bild av ett något mindre näringsrikt vatten än i Djupabäcken, men en större variation i alkalinitet, konduktivitet och ammoniumkväve, kan tyda på en något större påverkan från gödsel alternativt avlopp. Provpunkten i Ilabäcken ligger uppströms den invallade åkermarken i nedre delen av biflödet varför man kan förvänta sig en högre belastning avseende fosfor än vad provtagningen antyder.

Fosforhalterna i Djupabäcken bedömdes vara mycket höga ur ett recipientperspektiv. Högst fosforhalter uppmättes vid provtagningarna i juli och september 2015 och i juli 2016, i samtliga fall i samband med kraftig nederbörd, samt i januari 2016 i samband med snösmältning. I Ilabäcken var fosforhalterna på gränsen mellan höga och mycket höga. I båda bäckarna var fosfatfosforhalterna tydligt förhöjda vid flera tillfällen. Kvävehalterna var mestadels mycket höga och följde en tydlig säsongsvariation med högst halter vintertid, men även i samband med nederbörd ökade kväveläckaget. Starkt färgat vatten och mycket höga halter av organiskt material visar på en tydlig skogspåverkan. För övrigt hade vattnet nära neutrala pH-värden och motståndskraften mot försurning var mycket god. Vattnet var mestadels starkt grumligt och slamhalten var måttligt hög. I samband med snösmältningen i slutet av januari var vattnet anmärkningsvärt grumligt i Ilabäcken, sannolikt orsakat av minerogent material, i kombination med ett visst saltpåslag (eventuell dagvattenpåverkan).

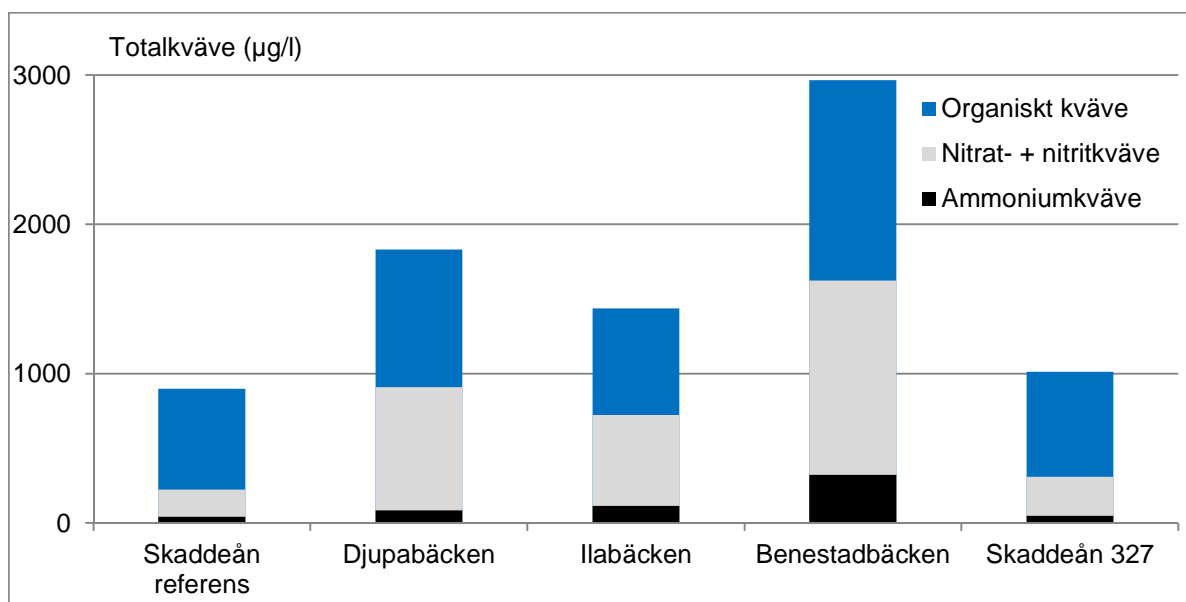
### Benestadbäcken

Markanvändningen i Benestadbäcken består i huvudsak av åkermark (48 %), skog (37 %) och övrig öppen mark (12 %). Bäckens rinner ifrån och igenom utdikad och oppodlad torvmark, varför halterna av organiskt material är betydligt högre än i övriga undersökta bäckar. Området är mycket låglänt och vattnet var vid flera provtagningstillfällen nästan stillastående.

Fosforhalterna bedömdes vara extremt höga och kvävehalterna mycket höga. Fosfatfosforhalterna var tydligt förhöjda vid nästan samtliga provtagningstillfällen och ammoniumkvävehalterna var förhöjda vid flera tillfällen. Variationen i konduktivitet var mycket liten jämfört med övriga bäckar, varför påverkan från t.ex. gödsel eller avlopp är mindre sannolik. Vattnet var starkt grumligt av organiskt material och slamhalten var hög.



Figur 57. Fosforhalter i Skaddeån med biflöden inom åtgärdsområdet juli 2015 – juni 2016.



Figur 58. Kvävehalter i Skaddeån med biflöden inom åtgärdsområdet juli 2015 – juni 2016.

Tabell 10. Beräknade transporter i Skaddeån med biflöden inom åtgärdsområdet juli 2015 – juni 2016.

|                   | Total fosfor | Fosfat fosfor | Total kväve | Nitrat- + nitrit kväve | Ammonium kväve | TOC    | Susp. substans |
|-------------------|--------------|---------------|-------------|------------------------|----------------|--------|----------------|
|                   | kg/år        | kg/år         | kg/år       | kg/år                  | kg/år          | ton/år | ton/år         |
| Skaddeån referens | 764          | 107           | 31956       | 9282                   | 1439           | 609    | 103            |
| Djupabäcken       | 129          | 53            | 3992        | 2232                   | 295            | 35     | 10             |
| Ilabäcken         | 47           | 12            | 1583        | 776                    | 131            | 18     | 10             |
| Benestadbäcken    | 90           | 26            | 2604        | 1478                   | 343            | 17     | 5              |
| Skaddeån 327      | 1014         | 218           | 42768       | 15782                  | 2006           | 682    | 169            |

#### 4.4.3. Bedömning av potentiell fosforreduktion

Näringsrening, i synnerhet avseende fosfor, har hög prioritet och en bedömning av potential för rening av fosfor bör göras vid bedömning av varje åtgärd. Tyvärr är bedömningarna svåra och kräver många antaganden om utformning, omsättningstid, flödesspridning, vegetationsetablering, belastning (som för fosfor kan komma till mycket stor del punktvis vid höga flöden) och fördelning mellan löst och partikulärt fosfor t ex. Högbelastade våtmarker med rimlig uppehållstid är dokumenterat effektiva för avskiljning av fosfor (genom fastläggning i sediment framför allt) men säkra siffror är ändå svårt att få fram och varierar både mellan olika anläggningar, år med olika flödesförhållanden, olika skötsel, vegetationsetablering samt t.ex. eventuell förekomst av fisk/kräftor/änder som kan påverka både vegetationsetablering negativt och kan direkt röra upp lättsuspenderat sediment. En rimlig bedömning mot bakgrund av de vattenkemiska undersökningarna och med antagandet att samtliga åtgärdsförslag genomförs, kan ändå göras per tillrinnande bäck med utgångspunkt från omfattningen av föreslagna åtgärder och deras belastning.

Tabell 11. Bedömd potential för fosforreduktion av föreslagna åtgärder i de olika biflödena inom aktuellt åtgärdsområde

| Tillrinningsområde | Bedömd potential för fosforreduktion (% av totalfosfor) | Bedömd potential för fosforreduktion (kg P/år) |
|--------------------|---|--|
| Djupabäcken        | 40%   | 50 kg/år                                       |
| Ilabäcken          | 70%   | 30 kg/år                                       |
| Benestadsbäcken    | 50%   | 45 kg/år                                       |

Djupabäcken har mycket hög belastning, men här finns ingen god potential för större våtmarker långt ned i systemet och även totalt sett ligger den föreslagna arealen av vattenvårdsåtgärder på under 1 % av avrinningsområdet. Åtgärderna bedöms dock kunna få mycket god effekt i förhållande till sin yta och en reningsgrad på 40 % avseende fosfor bedöms vara möjlig.

Ilabäcken bidrar sannolikt med något högre transporter av fosfor än vad provtagningsresultaten visar eftersom mätpunkten är belägen uppströms åkermarken i den nedersta delen. Framför allt möjligheten att göra mycket stora våtmarker i just ytan närmast Skaddeån gör att potentialen för rening här blir extremt stor. Ytan på vattenvårdsförslagen motsvarar ca 2 % av avrinningsområdets yta.

Benestadsbäcken har ett relativt begränsat tillrinningsområde och i synnerhet våtmarksförslag nr 8 öster om Billagården kan bidra mycket starkt till en hög reningsgrad trots att ytan av vattenvårdsförslagen ligger på endast ca 1,5% av avrinningsområdet.

#### 4.4.4. Nästa steg

Samtliga vattenvårdsåtgärder som man anser lämpliga att gå vidare med ska i första hand förankras med markägare. Finns intresse och möjligheter att ta projektet vidare därefter återstår att utreda hur åtgärden ska finansieras. Kommunen har möjlighet att söka LOVA-medel för att genomföra eller bidra till genomförande av vattenvårdsåtgärder. Kommunen eller privata markägare kan även söka miljöinvesteringstöd för att genomföra våtmarker eller andra åtgärder för att gynna förbättrad vattenkvalitet. Man har även möjlighet att söka årlig skötselersättning som uppgår till 4000 kr/ha. För åkermark som omställs till våtmark får man 1000 kr extra per hektar och år i markersättning. Alla stöd/bidrag administreras av Länsstyrelsen i Kronobergs län. Finansiering är inte direkt bedömd i de beskrivna åtgärdsförslagen men Länsstyrelsens prioriteringsordning är i huvudsak inriktad på näringsrening och i viss mån biologisk mångfald så för merpar-

---

ten av åtgärdsförslagen bör det finnas ett starkt intresse av medfinansiering. Tillgängliga medel inom miljöinvesteringsstödet är dock tämligen begränsade så beroende på hur snabbt man vill komma vidare till genomförande av åtgärder och hur många åtgärder som man vill prioritera så kommer olika typer av finansiering krävas.

Vattenvårdsåtgärderna som föreslås kommer samtliga kräva någon form av prövning enligt Miljöbalken. Merparten kan anmälas som vattenverksamhet till Länsstyrelsen men de största projekten kommer kräva tillståndsprövning i Mark & Miljödomstolen. Prövningsbehov finns kommenterat i de detaljerade beskrivningarna i Bilaga 3 och har vägts in i kostnadsbedömningen. Tidsmässigt innebär prövningen allt mellan ett par tre månader och flera år (främst tillståndsärenden) vilket är bra att känna till.

## 5. SLUTSATSER

Vattenvårdsproblemen i Norra Salen är framför allt kopplade till övergödning med förhöjda fosforhalter, hög primärproduktion i form av växtplankton, grumligt vatten och förhöjd fosforbelastning på nedströms liggande vattenområden (Södra Salen och Åsnen) men också igenväxning av grunda vikar, periodvis låga vattennivåer och resuspension av sediment.

Norra Salen karakteriseras som en "mycket grund sjö" med ett medeldjup på endast ca 1,2 meter men med stora vattennivåvariationer under året. Det som är speciellt med "mycket grunda sjöar", jämfört med "djupa sjöar", är bl.a. att resuspension av sediment förekommer i samband med vind- och vågpåverkan, vilket ökar vattnets grumlighet och den interna belastningen av fosfor, och att områden som är tillräckligt djupa för att sediment skall kunna ackumuleras permanent saknas.

I doktorsavhandlingen "Hydrodynamics of very shallow lakes" (Lövstedt 2008) behandlas bl.a. vindens påverkan på resuspension och omfördelning av sediment i en mycket grund sjö (Kranke-sjön). I avhandlingen visas att resuspension av sediment kan vara en av de mest betydelsefulla processerna som kontrollerar ekosystemet och vattenkvaliteten i en mycket grund sjö, som Norra Salen. Resuspenderade partiklar påverkar direkt siktdjupet och därmed också tillväxten av undervattensväxter som i sin tur har stor betydelse för sjöns ekologiska struktur. Resuspenderade partiklar kan också frigöra fosfor till vattenmassan, vilket kan öka algproduktionen i sjön, som i sin tur också påverkar siktdjupet.

Vid normalt till högt vattenstånd utgör Norra Salen en mycket fin del av landskapsbilden (Foto 13) med en vacker vattenspegel med omgivande vassar och grunda vikar med hög biologisk mångfald. Inga direkt påtagliga alblomningar och ett förhållandevis klart, men brunt, vatten med siktdjup upp mot 1,5 meter. Men i samband med låga vattennivåer i Norra Salen förstärks situationen med resuspension av sediment samtidigt som utspädningen av tillförd näring från extern och intern belastning minskar och stora bottenområden med lösa sediment torrläggs. Vattenståndsvariationerna i Salen har därför också stor betydelse för sjöns vattenkvalitet och funktion som rekreationsområde.

Mot bakgrund av erhållna resultat och fört resonemang i rapporten framgår att det finns förutsättningar att med ett fortsatt åtgärdsarbete förbättra vattenkvaliteten i Norra Salen och uppnå målsättningen "god ekologisk status", men de åtgärder som krävs är mycket omfattande. För att uppnå "god ekologisk status" bör åtgärder i första hand inriktas mot att minska halterna av fosfor i den fria vattenmassan, då fosfor är en faktor som har en avgörande betydelse för en sjös övergödningssituation. Eftersom fosfor till stor del är partikelbunden kommer åtgärder som inriktas mot att minska grumligheten (partikelmängden) i vattnet också reducera fosforhalterna i sjön. Minskade fosforhalter kommer leda till minskad produktion av alger, vilket i sin tur också bidrar till ett klarare vatten. Genom att minska grumligheten och produktionen av alger i vattnet minskar även sedimentationen i sjön och därmed uppgrundning och igenväxning. Ett mindre grumligt vatten ger också bättre förutsättningar för etablering av undervattensväxter som har stor betydelse för sjöns ekologiska struktur med många positiva feedbackmekanismer på sjöns vattenkvalitet.

För att uppnå "god ekologisk status" i Norra Salen behöver bl.a. fosforhalterna minska med i storleksordningen ca 30 % jämfört med nuvarande situation. Siktdjupet behöver öka och mängden växtplankton behöver minska. Sjön behöver också få en mer naturlig sammansättning av vattenväxter och fisk, framför allt öka andelen rovfisk i förhållande till karpfisk.



Foto 13. Norra Salens norra del vid normalvattenstånd (vänster) och extremt lågvatten (till höger). Foto: Håkan Olofsson.

Den historiska beskrivningen i rapporten visar att övergödningssituationen i Norra Salen har förbättrats sedan 1970-talet, men för den senaste 20-årsperioden syns ingen fortsatt signifikant förbättring i sjön. Vår bedömning är att Norra Salens övergödningssituation inte kommer att förändras nämnvärt inom överskådlig framtid utan vidare åtgärder. Detta mot bakgrund av att sjön är mycket grund (innebär resuspension av sediment och dålig självreningsförmåga) och att sjön påverkas betydligt av externa källor som bl.a. dagvatten, erosionskänslig jordbruksmark, enskilda avlopp och reningsverk.

### 5.1.1. Åtgärder mot extern belastning

Utförda undersökningar och beräkningar i rapporten visar att den externa belastningen av fosfor har störst betydelse för fosforhalterna i Norra Salen. Skaddeån och Lekarydsån står för den allra största delen av den samlade fosforbelastningen på Norra Salen, varför fosforhalterna i dessa vattendrag till stor del styr fosforhalterna i sjön. Den största antropogena delen av den externa belastningen kommer från jordbruksverksamheter och enskilda avlopp. Därefter utsläpp via kommunala reningsverk och dagvatten.

Bräddningar av otillräckligt renat avloppsvatten har tidigare varit av stor betydelse, men har under senare år minskat i omfattning. Inkommande vatten till reningsverket har fosfatfosforhalter (lättillgängligt fosfor) kring 4 mg/l (4000 µg/l, tre provtagningstillfällen), vilket betyder att även små mängder bräddvatten kan ha stor betydelse för halterna av lättillgängligt fosfor och därmed algutväxten i sjön. Bräddning på avloppsledningsnätet kan förekomma i samband med större regn, men omfattningen är oklar.

Normala utsläpp från Alvesta reningsverk bedöms endast vara av mindre betydelse för sjöns totalfosforhalter eftersom utspädningen av det renade avloppsvattnet normalt är stor. Utsläppen från reningsverket kan dock orsaka en ökad algutväxt i sjön eftersom verket tillför betydande

mängder lättillgängliga näringsämnen som fosfatfosfor och ammoniumkväve. Särskilt under sommarsäsongen, när den naturliga vattentillrinningen till sjön är liten, ökar inblandningen av renat avloppsvatten. Att minimera utsläppen av fosfatfosfor och ammoniumkväve är därför av betydelse. Åtgärder som innebär en total avlastning av Norra Salen från Alvesta reningsverk har simulerats i utförda beräkningar och visar att fosforhalterna i Norra Salen skulle minska med i storleksordningen ca 1-2 µg P/l jämfört med nuvarande situation.

En viktig faktor för sjöns övergödningssituation är den belastning av fosfor som sker via dagvatten och från erosionskänsliga jordar i samband med större nederbörd och avrinning, oftast under sommarhalvåret. Vid låga och normala flöden sker sedimentering av partiklar i dagvattenledningar, diken, åarna, åarnas mynnings-/deltaområden, men vid stor nederbörd sker resuspension varvid stora mängder partiklar och därmed fosfor i höga halter återförs till vattenmassan och tillförs Norra Salen under kort tid.

Åtgärder för att minska grumligheten och därmed fosforhalterna i tillrinnande vattendrag och dagvatten kan vara anläggning av dammar och våtmarker som fungerar som flödesutjämnande magasin och sedimentfällor. En annan tänkbar åtgärd är anläggning av skärmbassänger/laguner i sjön som reducerar transporten av partikelbunden fosfor i tillflödenas mynningsområden ut i sjön. Skärmbassängerna/lagunerna skulle kunna anläggas så att även vegetationsrika vikar kan utnyttjas som våtmarksfilter. Lagunernas vallar kan också utnyttjas som promenadstråk, broar, bryggor o.s.v. Goda exempel på lagunområden finns i Växjösjön och i sjön Magelungen i Stockholm har en skärmbassäng varit i drift sedan 1992 (Stockholm Vatten 2016). Även Arvika kommun planerar för skärmbassänger för att minska belastningen av partikelbunden fosfor till Kyrkviken.

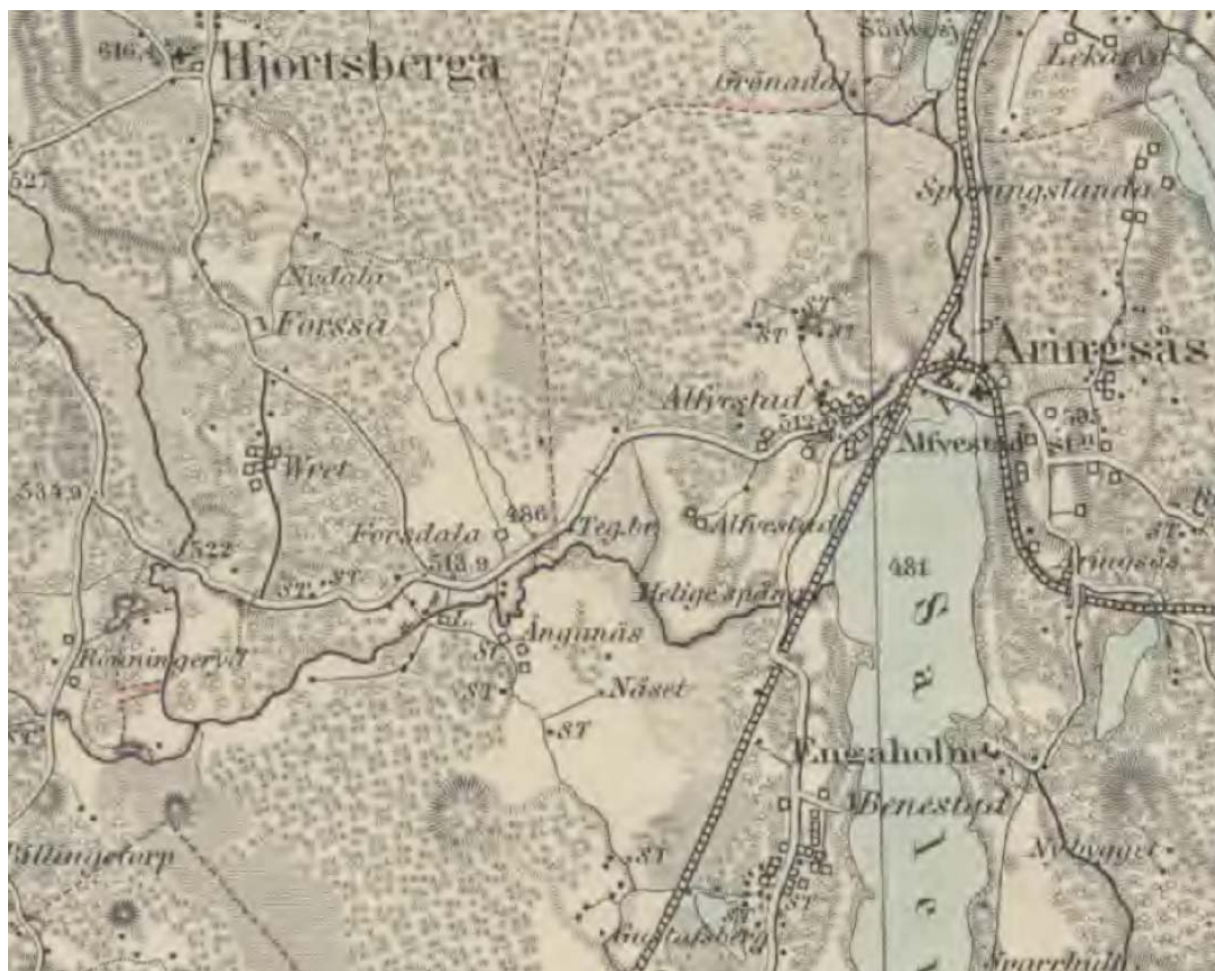
Åtgärder som innebär en halvering av dagvattenutsläppen har simulerats i utförda beräkningar och visar att fosforhalterna i Norra Salen skulle minska med i storleksordningen ca 1-2 µg P/l jämfört med nuvarande situation.



Foto 14. Lagunerna i Växjösjön som fungerar som sedimentations- och reningsdammar för dagvattnet innan utloppet till Växjösjön. Lagunernas vallar utnyttjas bl.a. som promenadstråk och badplats i Växjösjön (foto: ALcontrol AB).

Behovet av att skapa våtmarker i tillrinningsområdet har bedömts vara stort för flödesutjämning, sedimentation och fosforrening men också ur naturvårds- och rekreationssynpunkt. Inom det aktuella åtgärdsområdet i nedre delen av Skaddeån har 12 olika förslag till vattenvårdsåtgärder, i form av våtmarker, tagits fram och redovisats i rapporten. Historiskt har dock huvudsakligen en annan våtmarkstyp än välavgränsade våtmarker dominerat stora delar av området. T.ex. uppströms i Skaddeån samt i stora delar av Benestadsbäckens tillrinningsområde fanns, att döma av Generalstabskartan år 1873 (Karta 7), stora ytor låglänt fuktig mark, sannolikt med mycket stora värden för t.ex. våtmarksfåglar och med en mycket stor vattenhushållande och flödesutjämnande förmåga. Dagens väldränerade mark, med diken och röredningar, skiljer sig hydrologiskt väldigt mycket från hur det såg ut år 1873. Åtgärdsförslagen som tagits fram inom aktuellt åtgärdsområde i nedre delen av Skaddeån har förutsättningar att återskapa en del av den flödesutjämnande och vattenhushållande funktion som fanns i området historiskt. Åtgärdsförslagen har inbördes väldigt olika förutsättningar men sammantaget finns stora möjligheter att tillgodose många olika behov. Omfattningen av åtgärdsförslagen och den potentiella nyttan vid eventuellt genomförande gör att resultatet av kartläggningen bedöms som mycket positivt.

Effekten av åtgärdsförslagen som tagits fram inom aktuellt åtgärdsområde i nedre delen av Skaddeån har simulerats i utförda beräkningar och visar att fosforhalterna i Norra Salen skulle minska med i storleksordningen ca 0,5 µg P/l jämfört med nuvarande situation. För att få betydande effekt i Norra Salen behövs därför ett stort antal liknande åtgärder inom Norra Salens tillrinningsområde, kombinerat med andra specifika åtgärder.



Karta 7. Urklipp från Generalstabskartan från år 1873. Källa – Historiska kartor, Lantmateriet.se. Notera de skuggade, fuktiga områdena t ex inom nuvarande Benestadsbäckens tillrinningsområde och de omfattande fuktiga partierna runt huvudvattendraget i vänstra delen av bilden. Åtgärdsförslagen innebär alltså inte ett försök till återställning av hydrologin som den såg ut före dikningsföretagen, utan avgränsas utifrån dagens förutsättningar.



I Vattenmyndighetens åtgärdsprogram anges följande åtgärdsförslag för att minska den externa belastningen av fosfor:

- Anpassade skyddszoner på åkermark: Syftet med anpassade skyddszoner är att minska erosionen och därmed fosforförlusterna via ytavrinning från åkermarken. De anläggs där det finns en uppenbar risk för erosion, t.ex. på erosionsstråk inne på fält, längs åkerdiken, vid brunnar som fungerar som ytvattenintag. På en anpassad skyddszon odlas vallgräs, vallbaljväxter eller en blandning av dessa.
- Minskat fosforläckage vid spridning av stallgödsel: Detta innebär bl.a. gödsling enligt Jordbruksverkets rekommendation, undvika höga engångsgivor av fosfor, nedmyllning av gödsel på obrukad mark i anslutning till spridningstillfället, nedmyllning av gödsel i växande gröda och undvika tillförsel av stallgödsel under senhösten då tillväxten avtagit.
- Strukturkalkning: Strukturkalkning är en åtgärd för att framför allt minska fosforförlusterna från jordbruksmark. Åtgärden är tillämpbar på lerjordar. Den kan också leda till en minskning av sedimenttransporten och därmed förbättra siktdjupet i sjöar samt minska läckaget av partikulärt bundna bekämpningsmedelsrester
- Tvåstegsdiken: Tvåstegsdiken kan anläggas i diken och kanaler med svag lutning. De diken och vattendrag som avses utgör ofta en del av ett markavvattningsföretag. Syftet med tvåstegsdiket är att åstadkomma minskad belastning på miljön av N och P och med synergieffekter som ökad biologisk mångfald samt ökad möjlighet att lokalt hantera översvämningar.
- Anläggning av våtmarker för fosforrening och flödesutjämning: Fosfordammar (sedimentationsdamm för fosfor eller dammar som samlar fosfor) är små dammar som anläggs på eller i anslutning till jordbruksmark för retention av fosfor (och kväve). Dammens yta bör vara mellan 0,1 och 1 procent av avrinningsområdet. Mest aktuellt är det att anlägga dammar på arealer med stora förluster av partikulärt fosfor och i djurtäta områden med höga markfosforhalter.
- Åtgärder mot bristfälliga enskilda avlopp.

I Vattenplanen (Lettevall 2008) föreslås följande åtgärder för att minska den externa fosforbelastningen på Salen:

- Enskilda avlopp: Inventering av enskilda avlopp, information om åtgärdsbehov, gemensamhetsanläggningar, markinfiltration, uppföljning och kontroll.
- Dagvatten: Rening av dagvatten med t.ex. våtmarksanläggningar och biologiska dammar.
- Åkermark: Minskad belastning från åkermark genom t.ex. optimering av gödselgivor, ökad odling av fånggrödor, våtmarksanläggningar och fortsatt utbildning genom "Greppa Näringen".
- Skogsmark: Minskad belastning från skogsmarken genom att t.ex. låta mindre värdefull skogsmark i anslutning till skogsbäckar svämmas över och fungera som flödesutjämnande magasin med våtmarkens egenskaper att till viss del reducera den näring som följer med vattnet.

### 5.1.2. Åtgärder mot intern belastning

Läckaget av fosfor från Norra Salens sediment bedöms vara av mindre betydelse för sjöns övergödningssituation mot bakgrund av att halterna av mobilt fosfor i sedimenten är förhållandevis låga. Utförda beräkningar tyder dock på att ca 500 kg fosfor frigörs i Norra Salen per år p.g.a. interna processer i sjön, vilket motsvarar ca 11 % av den totala fosforbelastningen på sjön.

En stor del av den beräknade interna fosforbelastningen kan härledas till resuspension av sediment i sjön i samband med kraftig vind- och vågpåverkan. Under vissa förutsättningar (kraftiga vindar i samband med låg vattennivå i sjön) har resuspensionen visat sig ha helt avgörande betydelse för vattnets grumlighet och fosforhalt (Foto 15). Resuspension och återsedimentation av resuspenderat material kan också ha avgörande betydelse för uppgrundningen och därmed igenväxningen av sjöns grunda vikar. En betydande del av den beräknade interna belastningen kan också härledas till transport av slam/sediment via dagvatten, sedimenttransport i åarna och/eller erosion/resuspension från åarnas mynnings-/deltaområden i samband med stor nederbörd och snabbt stigande flöden. Denna transport fångas oftast inte i de vattenprover som tas i åarna varför den externa belastningen sannolikt underskattas vid dessa episoder.

Därutöver sker också en viss intern fosforbelastning i form av läckage av fosfor från sedimenten och då främst i form av mineralisering av organiskt material. Fastläggning av fosfor i sedimenten genom tillsats av aluminium eller järn bedöms dock inte motiverat eftersom den lösliga fosfor i Norra Salens sediment visade mycket låga halter. Läckage av fosfor från sjöns näringsrika sediment som påträffats i sjöns nordligaste vik kan dock inte helt uteslutas och bör utredas närmare. Även bioturbation kan ha betydelse, men då framför allt i samband med längre perioder med låg tillrinning till sjön och långa uppehållstider, eftersom kortare uppehållstider gör att bioturbationen sannolikt inte hinner få någon betydande effekt i sjön.



Foto 15. Grumligt vatten i samband med kraftig vind- och vågpåverkan i oktober 2016. Vattennivån i sjön var vid samma tillfälle rekordlåg.

Förutsättningar för minskad resuspension och sedimenttransport samt bättre sedimentationsförhållanden behöver skapas i sjön. Det finns en obalans mellan sjöns sediment- och vattenfas, vilket beror på att sjön är mycket grund och har för mycket lösa sediment i förhållande till vattendjup och exponeringsgrad. Detta gör att sjön inte fungerar som en fosforfälla. Muddring kan vara en effektiv metod för att avlägsna Norra Salens lösa sediment, men kostnaderna är oftast mycket höga på grund av lagring och transport. Metoden medför också grumling och omfattande störning av bottenmiljön. En fördjupning av sjön kan dock skapa bättre förutsättningar för sedimentation och minska riskerna för resuspension och sedimenttransport i sjön. Muddring av sjöns grunda vikar och deltaområden kan minska resuspension av sediment ut i sjön, minska risken för igenväxning och öka skönhetsupplevelsen kring sjön.

Åtgärder som innebär en restaurering av sjön, genom t.ex. sedimentmuddring, så att nuvarande interna fosforbelastning på ca 500 kg/år istället blir en retention i sjön på drygt 700 kg/år (antaget en fördjupning av sjön med i genomsnitt 50 cm) har simulerats i utförda beräkningar. Beräkningarna visar att sjön då skulle uppnå god näringsstatus avseende fosfor även utan åtgärd mot den externa belastningen. Det är dock mycket osäkert om en restaurering av sjön genom sedimentmuddring skulle ge så god effekt mot bakgrund av att sjön fortfarande skulle karakteriseras som en mycket grund sjö med risk för resuspension o.s.v. Åtgärder i tillrinningsområdet skulle sannolikt behövas som komplement.

Innan man beslutar om någon form av muddringsåtgärd bör rörligheten av fosfor i den planerade nya sedimentytan klargöras. Enligt Naturvatten i Roslagen AB (2005) kan detta göras genom att den planerade nya sedimentytan inkuberas med sjövattnet under en vecka. Fosfatkoncentrationsutvecklingen i ovanstående vatten blir ett mått på fosforläckaget. En jämförelse med proppar med befintlig sedimentyta, samt med proppar där alternativa skikt avlägsnats, kan visa skillnader i läckagehastigheter från olika sedimentskikt. Rörligheten av fosfor bör även studeras i sediment från Norra Salens skyddade vikar där fosforförorenade sediment påträffats. Vid eventuell muddring bör även risken för resuspension av finsediment, som underlagrar sjöns mer organogena sediment, beaktas.

### 5.1.3. Ekologisk struktur

Mycket grunda sjöar, som Norra Salen, har potential att förekomma i två olika stabila stadier: det grumliga växtplanktondominerade stadiet och det klara vattenväxtdominerade stadiet. Det senare är att föredra ur ett vattenkvalitets- och rekreativperspektiv och kännetecknas av riklig förekomst av undervattensväxter. Undervattensväxterna stabiliserar sedimenten, vilket minskar resuspension och sedimenttransport, erbjuder substrat för fastsittande mikroalger som konkurrerar med det fria vattnets planktonalger om näringen och erbjuder skydd för andra organismgrupper med centrala roller för närings- och växtplanktonsituationen, t.ex. fisk och djurplankton. Vid många sjörestaureringar är därför återetablering av undervattensväxter nyckeln till framgång och till långvarigt positiva effekter på vattenmiljön.

Många sjöar befinner sig i det grumliga stadiet p.g.a. en ökad näringstillförsel (eutrofiering), men även naturliga faktorer som vind- och vågpåverkad resuspension av sediment kan bidra till att en sjö hamnar eller förblir i det grumliga stadiet (Lövstedt 2008). Norra Salen befinner sig i det grumliga växtplanktondominerade stadiet, vilket bl.a. beror på tillförsel av grumligt vatten från tillrinnande vattendrag, resuspension av grumlande partiklar i samband med vind- och vågpåverkan samt hög produktion av växtplankton p.g.a. förhöjda halter av lättillgängliga närsalter, detta i kombination med kraftiga nivåvariationer och avsaknad av undervattensvegetation (undervattensväxter har inte påträffats i Norra Salen i samband med provtagning i sjön, men någon närmare växtinventering har inte gjorts).

Projekt där man försökt återföra en sjö från det grumliga stadiet till det klara stadiet har genomförts på många håll. I Växjö är man på god väg att tvinga Trummen och Växjösjön mot ett klarvattenstadie genom reduktionsfiske och inplantering av vattenväxter (Foto 16). Vår bedömning är dock att detta skulle vara betydligt svårare i Norra Salen mot bakgrund av att sjön är förhållandevis stor, vindexponerad och mycket grund samt har stora vattennivåvariationer och lösa grunda sediment. Även om en återkolonisation av undervattensväxter skulle vara möjlig i Norra Salen skulle perioder med kraftiga vindar och låga vattennivåer alternativt höga vattennivåer kunna medföra en utslagning av undervattensväxterna och därmed en återgång till ett grumligt stadie. Flera olika åtgärder måste därför utföras i kombination för en långsiktig positiv effekt.



Foto 16. Reduktionsfiske i Växjösjön (vänster) samt frodigt bestånd av undervattensväxten trubbnate i Trummen (höger). Foto: Andreas Hedrén.

#### 5.1.4. Förslag till Etapp 2:

I projektets Etapp 1 har nuvarande förhållanden kring Norra Salens utretts och till viss del klarlagts, utifrån befintlig information och en del kompletterande undersökningar. Med informationen i denna rapport och utifrån de erfarenheter man fått vid den inledande åtgärdsplaneringen bör man diskutera och besluta om vad som ska ingå i projektets Etapp 2. Några förslag till inriktning ges nedan. För en bättre målstyrning i projektet bör dessutom såväl problembild som målbild för Norra Salen närmare konkretiseras inför nästa etapp.

##### Förslag till fortsatt inriktning

- Förutsättningar för muddring av delar eller hela Norra Salen, för att skapa helt nya förutsättningar för sedimentation och rening i sjön samt bättre möjligheter till bad och rekreation, bör utredas.
- Förutsättningar för muddring av grunda lösa sediment i vissa delar av sjön och skapa mindre erosionsbenägna strandzoner, för att minska resuspensionen och sedimenttransporten samt minska risken för igenväxning och öka skönhetsupplevelsen kring sjön, bör utredas.
- Förutsättningar för ändrad vattenregim uppströms och nedströms sjön Salen, för en mer jämn vattennivå i sjön, bör utredas. Möjligheter att höja lågvattennivån i Norra Salen genom en klack/lång överfallsdamm i sundet mellan Norra och Södra Salen bör också utredas.
- Förutsättningar för anläggning av skärmbassänger/laguner vid Skaddeåns mynning inklusive större dagvattenutlopp norr om mynningsområdet samt Lekarydsåns mynning inklusive dagvattenutlopp söder om mynningsområdet för att reducera transporten av grumlande partiklar och sediment i tillflödenas mynningsområden och dagvatten ut i sjön och samtidigt öka tillgängligheten till sjön genom promenadstråk, broar, bryggor o.s.v. bör utredas.
- En mer detaljerad sedimentundersökning bör utföras för att lokalisera fosforförorenade sediment i sjöns skyddade områden där sediment med höga fosforhalter kan ligga kvar sedan den tiden sjön var mycket hårt belastad av näringsämnen, d.v.s. 1930-1970-talet.
- Bräddpunkter och förekommande bräddningar av orenat avloppsvatten på nätet bör inventeras.
- Förutsättningar för avlastning av Norra Salen från Alvesta reningsverk alternativt att minska utgående halter av i första hand lättillgängligt fosfatfosfor bör utredas.
- Förutsättningar för anläggning av flödesutjämnande magasin för dagvatten bör utredas.
- Fortsatt arbete med de föreslagna vattenvårdsåtgärderna inom aktuellt åtgärdsområde i nedre delen av Skaddeån genom markägarkontakter, finansiering, prövning m.m.
- Fortsatt arbete med identifiering, kartläggning och planering av vattenvårdsåtgärder i tillrinningsområdet i likhet med den metodik som använts inom aktuellt åtgärdsområde i nedre delen av Skaddeån.
- Fortsatt åtgärdsarbete enligt Vattenmyndighetens åtgärdsprogram och framtagna Vattenplan, vilket bl.a. omfattar skyddszoner på åkermark, förbättrad gödselhantering, strukturkalkning, tvåstegsdiken, fånggrödor och utbildning enligt Greppa Näringen m.m.
- Fortsatt arbete med att åtgärda enskilda avlopp.
- Inventering av undervattensväxter och bedömning av återetableringsmöjligheter mot bakgrund av vattenkvalitet, vattenreglering, hydromorfologi, m.m. bör utföras. Centralt i åtgärdsarbetet är att aktivt förbättra den ekologiska strukturen i sjön. Detta genom t.ex. etablering av undervattensväxter och biomanipulation. Vattenväxter stabiliserar sedimenten och därmed minskar risken för resuspension. Förmodligen måste dock först förutsättningar för en bättre balans i sjöns sedimentförhållanden och vattenregim skapas.

### **5.1.5. Förslag till förändring av kontrollprogram för Mörrumsåns samordnade recipientkontroll**

Utifrån de utökade vattenkemiska undersökningarna som utförts inom ramen detta projekt är vår bedömning att provpunkten 150 i Norra Salens södra del bäst representerar förhållandena i Norra Salen. Provpunkt 151 i sundet mellan Norra och Södra Salen kan påverkas av såväl vatten från Södra Salen som strandzonen invid provpunkten. Provpunkt 148 i sjöns nordligast del är också svårbedömd eftersom inblandning av vatten från Lekarydsån och Skaddeån varierar med vindar och strömmar, vilket gör att vattenkvaliteten kan variera vid provpunkten. Inför framtida undersökningar och recipientkontroll bör provtagning inledningsvis utföras i båda provpunkterna 151 och 150 för att få mer jämförande data. Därefter kan provtagning eventuellt utföras enbart i 150. Provpunkt 150 bör dock provtas något längre norrut i sjön vid koordinaterna 6305234/1423968 (RT90 2.5 g W).

## 6. REFERENSER

- Ahlgren, I. & G., Ahlgren 1976. Vattenkemiska analysmetoder sammanställda för undervisning i limnologi.
- ALcontrol AB 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2016. Mörrumsån 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 och 2015. Mörrumsåns vattenvårdsförbund/Vattenråd.
- ALcontrol & DHI 2014. Åtgärdsstrategi för Växjösjöarna, Etapp 1 av 3, Undersökningar och beslutsunderlag. Växjö kommun.
- ALcontrol & DHI 2016. Effektbedömning för Norra Bergundasjön vid olika kvävereningsscenarier, Växjö kommun.
- Alvesta kommun 2014. Kommunal VP-planering, Del 1. VA-översikt, Godkänd av Nämnden för Samhällsplanering, 2014-03-11, § 20
- Andersen, J. M. 1975. Influence of pH on release of phosphorus from lake sediments. Arch. Hydrobiol. 76: 411-419.
- Bragée, P., Mazier, F., Nielsen, A. B., Rosén, P., Fredh, D., Broström, A., Granéli, W. & Hammarlund, D. 2015. Historical TOC concentration minima during peak sulfur deposition in two Swedish lakes. Biogeosciences 12:307-322.
- Calluna 2012, 2013, 2014 och 2015. Mörrumsån 2011, 2012, 2013 och 2014. Mörrumsåns vattenvårdsförbund/Vattenråd.
- DHI 2016. 12803335 Växjö bottenströmmar.
- Eriksson, B. (1981). Den potentiella evapotranspirationen i Sverige. SMHI. R1vfi( nr 28, Norrköping
- Havs- och vattenmyndigheten 2013. Havs- och vattenmyndighetens författningssamling. Havs och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten, HVMFS 2013:19
- Havs- och vattenmyndigheten 2015. HVMFS 2015:4. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om ändring i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten.
- Hieltjes, A. H. M. & Lijklema, L. 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. J. envir. Qual. 8: 130-132.
- KM Lab AB 1996, 1997, 1998, 1999. Mörrumsån 1995, 1996, 1997 och 1998. Mörrumsåns Vattenvårdsförbund.
- Lettevall, U. & Forsberg, J. 1975. Information om Vattenvården inom Växjö-Alvestaregionen. Broschyr från Länsstyrelsens planeringsavdelning.
- Lettevall, U. 2008. Översiktsplan för Alvesta kommun, Vattendelen, Huvudrapport med sammanställning av utredningsmaterial.
- Länsstyrelsen i Kronobergs län 2011. Alvesta järnvägsstation. Byggnadsminnen i Kronobergs län.
- Lövstedt C. 2008. Hydrodynamics of very shallow lakes. A study in Lake Krankesjön, Sweden. Report No 1045. Lund, Sweden, 2008.
- Monteith D.T., Stoddard J.L., Evans C.D., de Wit H.A., Forsius M., Högåsen T., Wilander A., Skjelkvåle B.L., Jeffries D.S., Vuorenmaa J., Keller B., Kopáček J., Vesely J. 2007. Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. Nature vol. 450:537-540.
- Naturvatten i Roslagen AB 2005. Rörlig fosfor i Fagersjövikens sediment. Rapport 2005:19
- Naturvårdsverket 1999. (Wiederholm ed.). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- Pehrsko 1998, Alvesta kommun, Avloppsreningsverket, Miljökonsekvensbeskrivning
- Psenner, R., R. Pucsko & M. Sager 1985. Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten. Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. Arch. Hydrobiol./Suppl. 70: 111-115.

- Sjögren, O. 1931. Sverige geografisk beskrivning del 2 Östergötlands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar och Gotlands län. Stockholm: Wahlström & Widstrand. Libris 9939.
- Skatelövskrönikan 1982. Hovne, Fritz - Andersson, Sven - Nilsson, Anne-Marie. Redaktion SMHI 1993. Sveriges Hydrologi - grundläggande hydrologiska förhållanden. Stockholm Vatten 2016. LIA-rapport, Ma18
- Tandeu de Marsac, N & Houmard, J. 1993. Adaptation of cyanobacteria to environmental stimuli: new steps towards molecular mechanisms. FEMS Microbiol Rev IO4: 119–190.
- Temnerud, J., Hytteborn, J. K., Futter, M. N. & Köhler, S. J. 2014. Evaluating common drivers for color, iron and organic carbon in Swedish watercourses. *Ambio* 43:30-44.
- Vernersson, P. 1998. Alvesta Tätorts dagvatten.

**Internettadresser:**

<http://vattenweb.smhi.se>

<http://opendata-download-metobs.smhi.se>

<http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenstand-2-2-338/normal-avdunstning-fran-medelstora-sjoar-medelvarde-1961-1990-1.4094>

<http://info1.ma.slu.se/miljotillst/eutrofiering/Massbalansmod.ssi>

<http://www.viss.lansstyrelsen.se>



## **BILAGA 1**

### **Vattenkemiska analysresultat 2015-2016**

Analysmetoder  
Analystabeller

| Parameter                                | Analysmetod                  |
|--|------------------------------|
| pH vid 20°C                              | SS-EN ISO 10523:2012         |
| Alkalinitet, HCO <sub>3</sub>            | SS-EN ISO 9963-2, utg 1      |
| Konduktivitet 25°C                       | SS-EN 27888-1                |
| Turbiditet                               | SS-EN ISO 7027-3             |
| Suspenderad substans                     | SS-EN 872 mod                |
| Absorbans vid 420 nm, filtrerad          | SSEN ISO7887:1,del 3,mod     |
| TOC                                      | SS-EN 1484 utg 1             |
| Syre i fält                              | ISO 17289:2014               |
| Syremättnad i fält                       | ISO 17289:2014               |
| Fosfor total, P                          | SS-EN ISO 15681-2:2005       |
| Fosfatfosfor, PO <sub>4</sub> -P         | SS-EN ISO 15681-2:2005       |
| Kväve total, N                           | SS-EN 12260:2004             |
| Nitrat + nitritkväve, NO <sub>2</sub> -N | SS-EN ISO 13395-1 mod        |
| Ammoniumkväve, NH <sub>4</sub> -N        | SS-EN ISO 11732,mod          |
| Kalcium (Ca)                             | SS-EN ISO 11885-2:2009       |
| Magnesium (Mg)                           | SS-EN ISO 11885-2:2009       |
| Klorid (Cl)                              | SS-EN ISO 10304-1:2009       |
| Siktdjup                                 | SS-EN ISO 7027 del 5.2 utg 1 |
| Klorofyll a                              | SS 028146-1 mod              |

I efterföljande resultatbatter redovisas "mindre än"-värden som halva värdet och markeras med ***fet kursiv*** stil.

Rastrering i efterföljande resultatbatter motsvarar bedömning enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999). Bedömningen av kväve- och fosforhalter har gjorts utifrån klassgränser som gäller för sjöar under perioden maj-oktober.

| Rastrering | Parameter   | Bedömning                                  | Halt/Värde  | Enhet   |
|------------|-------------|--|-------------|---------|
| <b>x,x</b> | pH          | Mycket surt                                | < 5,6       |         |
| <b>x,x</b> | Alkalinitet | Ingen eller obetydlig buffertkapacitet     | < 0,02      | mekv/l  |
| <b>x,x</b> | Turbiditet  | Starkt grumligt vatten                     | > 7         | FNU     |
| <b>x,x</b> | Absorbans   | Starkt färgat vatten                       | > 0,2       | abs/5cm |
| <b>x,x</b> | TOC         | Mycket hög halt                            | > 16        | mg/l    |
| <b>x,x</b> | Syrgashalt  | Syrefritt eller nästan syrefritt tillstånd | < 1         | mg/l    |
| <b>x,x</b> | Totalkväve  | Extremt hög halt                           | > 5000      | µg/l    |
| <b>x,x</b> | Totalfosfor | Extremt hög halt                           | > 100       | µg/l    |
| <b>x,x</b> | Siktdjup    | Mycket litet siktdjup                      | < 1         | m       |
| <b>x,x</b> | Klorofyll   | Mycket hög halt                            | > 25        | µg/l    |
| <b>x,x</b> | Totalkväve  | Mycket hög halt                            | 1250 - 5000 | µg/l    |
| <b>x,x</b> | Totalfosfor | Mycket hög halt                            | 50 - 100    | µg/l    |

| PROVPUNKT                        | ID     | Datum | Vatten<br>förling | Tem<br>pera<br>tur | Klo<br>ro<br>fyll | Alka<br>lini<br>tet | Led<br>nings<br>förm | Tur<br>bidi<br>tet | Susp | Abs<br>420<br>filtr | Syr<br>gas<br>halt | Syre<br>mätt<br>nad | Total<br>fosfor | Fosfat<br>fosfor | Total<br>kväve | Nitrat<br>kväve | Nitrit<br>kväve | Ammo<br>nium | Ca | Mg | Cl |
|----------------------------------|--------|-------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|----|----|----|
|                                  |        |       |                   |                    |                   |                     |                      |                    |      |                     |                    |                     |                 |                  |                |                 |                 |              |    |    |    |
| Referens uppströms åtgärdsområde |        |       |                   |                    |                   |                     |                      |                    |      |                     |                    |                     |                 |                  |                |                 |                 |              |    |    |    |
| Ref                              | 150710 | L     | 16,0              | 6,9                | 0,16              | 7,61                | 10                   | 6,5                | 0,56 | 20                  | 9,2                | 93                  | 34              | 4,6              | 960            | 65              | 40              |              |    |    |    |
| Ref                              | 150810 | L     | 17,8              | 7,0                | 0,20              | 7,79                | 9,4                  | 4,4                | 0,49 | 19                  | 8,6                | 91                  | 31              | 2,4              | 940            | 92              | 74              |              |    |    |    |
| Ref                              | 150910 | L     | 10,9              | 7,1                | 0,26              | 8,49                | 19                   | 3,8                | 0,52 | 20                  | 10,3               | 93                  | 33              | 5,3              | 910            | 130             | 54              |              |    |    |    |
| Ref                              | 151006 | L     | 10,1              | 7,2                | 0,23              | 8,02                | 12                   | 5,3                | 0,38 | 15                  | 10,6               | 94                  | 25              | 1                | 760            | 96              | 20              |              |    |    |    |
| Ref                              | 151027 | L     | 5,8               | 7,0                | 0,24              | 8,48                | 9,7                  | 3,9                | 0,36 | 15                  | 11,7               | 94                  | 27              | 1                | 720            | 110             | 10              |              |    |    |    |
| Ref                              | 151204 | H     | 4,0               | 6,5                | 0,083             | 7,52                | 4,2                  | 3,4                | 0,43 | 19                  | 12,8               | 98                  | 36              | 4,4              | 1000           | 200             | 26              |              |    |    |    |
| Ref                              | 160120 | M     | 0,1               | 6,8                | 0,19              | 9,44                | 4,7                  | 3,8                | 0,43 | 21                  | 13,7               | 94                  | 20              | 4,7              | 990            | 290             | 83              |              |    |    |    |
| Ref                              | 160209 | H     | 2,1               | 6,4                | 0,047             | 7,41                | 2,2                  | 2,4                | 0,44 | 20                  | 12,9               | 93                  | 20              | 3,7              | 1200           | 500             | 47              |              |    |    |    |
| Ref                              | 160323 | H     | 5,4               | 6,6                | 0,093             | 7,18                | 3,5                  | 2,8                | 0,35 | 16                  | 11,3               | 89                  | 21              | 1                | 900            | 270             | 29              |              |    |    |    |
| Ref                              | 160412 | M     | 7,5               | 6,7                | 0,10              | 7,47                | 3,5                  | 2,5                | 0,34 | 17                  | 11,7               | 98                  | 16              | 2,0              | 810            | 200             | 29              |              |    |    |    |
| Ref                              | 160503 | M     | 9,8               | 6,7                | 0,12              | 6,89                | 4,2                  | 3,3                | 0,38 | 18                  | 11,2               | 99                  | 18              | 1                | 700            | 110             | 22              |              |    |    |    |
| Ref                              | 160607 | L     | 15,5              | 6,9                | 0,25              | 8,99                | 14                   | 3,3                | 0,51 | 19                  | 9,4                | 94                  | 25              | 6,1              | 890            | 120             | 68              |              |    |    |    |
|                                  | min    |       |                   | 6,4                | 0,047             | 6,89                | 2,2                  | 2,4                | 0,34 | 15                  | 8,6                | 89                  | 16              | 1                | 700            | 65              | 10              |              |    |    |    |
|                                  | medel  |       |                   | 6,8                | 0,16              | 7,94                | 8,0                  | 3,8                | 0,43 | 18                  | 11,1               | 94                  | 26              | 3,1              | 898            | 182             | 42              |              |    |    |    |
|                                  | max    |       |                   | 7,2                | 0,26              | 9,44                | 19                   | 6,5                | 0,56 | 21                  | 13,7               | 99                  | 36              | 6,1              | 1200           | 500             | 83              |              |    |    |    |
| Åtgärdsområde 1                  |        |       |                   |                    |                   |                     |                      |                    |      |                     |                    |                     |                 |                  |                |                 |                 |              |    |    |    |
| 1                                | 150710 |       |                   | 7,3                | 0,58              | 17,9                | 13                   | 6,5                | 0,78 | 25                  |                    |                     | 140             | 56               | 1800           | 300             | 52              |              |    |    |    |
| Djupabäcken                      |        |       |                   |                    |                   |                     |                      |                    |      |                     |                    |                     |                 |                  |                |                 |                 |              |    |    |    |
| 1                                | 150820 |       |                   | 7,3                | 0,65              | 21,1                | 12                   | 2,9                | 0,29 | 10                  |                    |                     | 59              | 24               | 690            | 54              | 30              |              |    |    |    |
| 1                                | 150916 |       |                   | 6,9                | 0,29              | 14,6                | 7,9                  | 2,5                | 0,49 | 20                  |                    |                     | 82              | 9,9              | 1400           | 310             | 22              |              |    |    |    |
| 1                                | 151012 |       |                   | 7,2                | 0,54              | 18,2                | 9,4                  | 3,9                | 0,36 | 14                  |                    |                     | 56              | 8,4              | 970            | 410             | 12              |              |    |    |    |
| 1                                | 151117 |       |                   | 7,2                | 0,32              | 14,3                | 5,1                  | 2,6                | 0,56 | 26                  |                    |                     | 58              | 16               | 2300           | 1200            | 37              |              |    |    |    |
| 1                                | 151215 |       |                   | 7,0                | 0,30              | 14,0                | 3,5                  | 2,7                | 0,54 | 24                  |                    |                     | 57              | 25               | 2600           | 1400            | 83              |              |    |    |    |
| 1                                | 160126 |       |                   | 7,2                | 0,37              | 13,3                | 12                   | 10                 | 0,25 | 13                  |                    |                     | 140             | 77               | 2700           | 1500            | 480             |              |    |    |    |
| 1                                | 160218 |       |                   | 6,8                | 0,31              | 14,2                | 3,6                  | 3,2                | 0,39 | 20                  |                    |                     | 42              | 12               | 2300           | 1600            | 150             |              |    |    |    |
| 1                                | 160316 |       |                   | 6,9                | 0,27              | 12,4                | 4,3                  | 4,4                | 0,43 | 20                  |                    |                     | 46              | 10               | 2200           | 1400            | 110             |              |    |    |    |
| 1                                | 160420 |       |                   | 7,3                | 0,31              | 12,6                | 6,7                  | 9,5                | 0,48 | 20                  |                    |                     | 53              | 9,6              | 1700           | 810             | 5               |              |    |    |    |
| 1                                | 160526 |       |                   | 7,2                | 0,65              | 16,2                | 12                   | 6,0                | 0,73 | 26                  |                    |                     | 70              | 33               | 1400           | 280             | 35              |              |    |    |    |
| 1                                | 160707 |       |                   | 6,5                | 0,18              | 15,4                | 7,0                  | 4,5                | 0,52 | 23                  |                    |                     | 85              | 24               | 1900           | 620             | 5               |              |    |    |    |
|                                  | min    |       |                   | 6,5                | 0,18              | 12,4                | 3,5                  | 2,5                | 0,25 | 10                  |                    |                     | 42              | 8,4              | 690            | 54              | 5               |              |    |    |    |
|                                  | medel  |       |                   | 7,1                | 0,40              | 15,4                | 8,0                  | 4,9                | 0,49 | 20                  |                    |                     | 74              | 25               | 1830           | 824             | 85              |              |    |    |    |
|                                  | max    |       |                   | 7,3                | 0,65              | 21,1                | 13                   | 10                 | 0,78 | 26                  |                    |                     | 140             | 77               | 2700           | 1600            | 480             |              |    |    |    |

| PROVPUNKT       | ID | Datum  | Vatten<br>föring | Tem  | Klo | Alka | Led   | Tur    | Abs    | Syr | Syre | Total   | Fosfat | Total | Nitrat | Ammo | Ca   | Mg   | Cl   |      |      |      |      |  |
|-----------------|----|--------|------------------|------|-----|------|-------|--------|--------|-----|------|---------|--------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                 |    |        |                  | pera | ro  | lini | nings | bid    | 420,00 | gas | mätt |         | Fosfat | Total | Nitrit | ium  |      |      |      |      |      |      |      |  |
|                 |    |        | L/M/H            | C    | m   | µg/l | -     | mekv/l | mS/m   | FNU | mg/l | abs/5cm | mg/l   | mg/l  | %      | ug/l | µg/l | ug/l | ug/l | µg/l | mg/l | mg/l | mg/l |  |
| Åtgärdsområde 2 | 2  | 150710 |                  |      |     | 7,3  | 0,50  | 15,4   | 8,4    | 4,2 | 0,44 | 16      |        | 61    | 18     | 950  | 190  | 50   |      |      |      |      |      |  |
| Ilabäcken       | 2  | 150820 |                  |      |     | 7,6  | 1,2   | 36,3   | 11     | 4,1 | 0,19 | 12      |        | 66    | 28     | 2100 | 1300 | 200  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 150916 |                  |      |     | 7,2  | 0,49  | 13,1   | 8,5    | 2,5 | 0,22 | 12      |        | 48    | 17     | 880  | 400  | 38   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 151012 |                  |      |     | 7,4  | 0,84  | 22,4   | 6,9    | 2,2 | 0,14 | 8,4     |        | 32    | 5,0    | 1000 | 110  | 310  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 151117 |                  |      |     | 7,3  | 0,42  | 14,6   | 5,5    | 3,1 | 0,30 | 17      |        | 41    | 9,4    | 1500 | 600  | 26   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 151215 |                  |      |     | 7,0  | 0,27  | 14,4   | 3,7    | 4,5 | 0,47 | 23      |        | 37    | 11     | 1800 | 820  | 79   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 160126 |                  |      |     | 7,2  | 0,25  | 25,3   | 44     | 34  | 0,10 | 10      |        | 79    | 23     | 1400 | 610  | 240  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 160218 |                  |      |     | 6,9  | 0,26  | 16,8   | 3,5    | 1,9 | 0,38 | 21      |        | 27    | 2,3    | 1700 | 1000 | 190  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 160316 |                  |      |     | 7,1  | 0,27  | 14,8   | 3,5    | 2,1 | 0,40 | 19      |        | 26    | 6,7    | 1400 | 840  | 34   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 160420 |                  |      |     | 7,5  | 0,39  | 17,0   | 5,2    | 4,5 | 0,36 | 19      |        | 38    | 3,4    | 1400 | 740  | 39   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 160526 |                  |      |     | 7,4  | 0,84  | 25,3   | 8,6    | 4,8 | 0,37 | 23      |        | 92    | 35     | 1600 | 300  | 120  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 2  | 160707 |                  |      |     | 6,7  | 0,26  | 15,1   | 11     | 9,0 | 0,44 | 23      |        | 79    | 20     | 1500 | 370  | 55   |      |      |      |      |      |  |
|                 |    | min    |                  |      |     | 6,7  | 0,25  | 13,1   | 3,5    | 1,9 | 0,10 | 8,4     |        | 26    | 2,3    | 880  | 110  | 26   |      |      |      |      |      |  |
|                 |    | medel  |                  |      |     | 7,2  | 0,50  | 19,2   | 10     | 6,4 | 0,32 | 17      |        | 52    | 15     | 1436 | 607  | 115  |      |      |      |      |      |  |
|                 |    | max    |                  |      |     | 7,6  | 1,2   | 36,3   | 44     | 34  | 0,47 | 23      |        | 92    | 35     | 2100 | 1300 | 310  |      |      |      |      |      |  |
| Åtgärdsområde 3 | 3  | 150710 |                  |      |     | 7,1  | 0,85  | 14,3   | 37     | 11  | 1,1  | 38      |        | 130   | 47     | 2300 | 150  | 280  |      |      |      |      |      |  |
| Benestadbäcken  | 3  | 150820 |                  |      |     | 7,2  | 1,1   | 15,7   | 91     | 10  | 1,0  | 37      |        | 98    | 40     | 1900 | 41   | 38   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 150916 |                  |      |     | 7,1  | 0,75  | 15,1   | 54     | 9,7 | 0,72 | 30      |        | 90    | 42     | 1600 | 260  | 20   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 151012 |                  |      |     | 6,9  | 0,90  | 15,1   | 120    | 52  | 0,56 | 31      |        | 200   | 13     | 1700 | 150  | 70   |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 151117 |                  |      |     | 7,0  | 0,52  | 17,0   | 19     | 4,8 | 0,44 | 20      |        | 65    | 11     | 2600 | 1400 | 110  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 151215 |                  |      |     | 6,8  | 0,50  | 17,8   | 7,8    | 4,2 | 0,43 | 22      |        | 84    | 36     | 4000 | 3200 | 190  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 160126 |                  |      |     | 7,2  | 0,76  | 18,9   | 13     | 11  | 0,21 | 25      |        | 250   | 75     | 4200 | 1400 | 1400 |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 160218 |                  |      |     | 6,6  | 0,49  | 17,4   | 6,2    | 3,8 | 0,38 | 22      |        | 96    | 19     | 4100 | 2900 | 300  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 160316 |                  |      |     | 6,9  | 0,49  | 16,4   | 7,4    | 3,5 | 0,37 | 17      |        | 65    | 17     | 3600 | 2600 | 210  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 160420 |                  |      |     | 7,3  | 0,62  | 16,4   | 14     | 8,8 | 0,40 | 23      |        | 110   | 20     | 2700 | 1100 | 270  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 160526 |                  |      |     | 7,1  | 1,1   | 18,4   | 35     | 12  | 0,89 | 36      |        | 110   | 54     | 2500 | 120  | 450  |      |      |      |      |      |  |
|                 | 3  | 160707 |                  |      |     | 6,6  | 0,56  | 18,2   | 24     | 11  | 0,82 | 33      |        | 180   | 92     | 4400 | 2300 | 520  |      |      |      |      |      |  |
|                 |    | min    |                  |      |     | 6,6  | 0,49  | 14,3   | 6,2    | 3,5 | 0,21 | 17      |        | 65    | 11     | 1600 | 41   | 20   |      |      |      |      |      |  |
|                 |    | medel  |                  |      |     | 7,0  | 0,72  | 16,7   | 36     | 12  | 0,61 | 28      |        | 123   | 39     | 2967 | 1302 | 322  |      |      |      |      |      |  |
|                 |    | max    |                  |      |     | 7,3  | 1,1   | 18,9   | 120    | 52  | 1,1  | 38      |        | 250   | 92     | 4400 | 3200 | 1400 |      |      |      |      |      |  |

| PROVPUNKT                    | ID     | Datum  | Vatten<br>föring | Tem<br>pera<br>tur | Klo<br>Sikt-<br>ro<br>djup | Alka<br>lini<br>tet | Led<br>nings<br>förm | Tur<br>bidi<br>tet | Susp<br>mg/l | Abs<br>420,00<br>filtr | Syr<br>gas<br>halt | Syre<br>mätt<br>nad | Total<br>fosfor | Fosfat<br>fosfor | Total<br>kväve | Nitrat<br>Nitrit | Nitrat<br>kväve | Nitrat<br>kväve | Nitrat<br>kväve | Ammo<br>nium | Ca  | Mg  | Cl  |   |
|------------------------------|--------|--------|------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------|------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----|-----|-----|---|
|                              |        |        |                  |                    |                            |                     |                      |                    |              |                        |                    |                     |                 |                  |                |                  |                 |                 |                 |              |     |     |     | - |
| Bäck från Engaholm södra     | 160428 |        |                  |                    |                            | 7,3                 | 0,26                 | 9,44               | 3,9          | 2,7                    | 0,32               | 18                  |                 |                  | 28             | 2,2              | 930             | 290             |                 | 5            |     |     |     |   |
|                              | 160526 |        |                  |                    |                            | 7,0                 | 0,58                 | 13,0               | 6,8          | 2,7                    | 0,44               | 19                  |                 | 56               | 29             | 1000             | 230             |                 | 16              |              |     |     |     |   |
|                              | 160707 |        |                  |                    |                            | 6,3                 | 0,14                 | 12,5               | 5,9          | 4,8                    | 0,30               | 16                  |                 | 90               | 20             | 2300             | 1200            |                 | 5               |              |     |     |     |   |
|                              | min    |        |                  |                    |                            | 6,3                 | 0,14                 | 9,44               | 3,9          | 2,7                    | 0,30               | 16                  |                 |                  | 28             | 2,2              | 930             | 230             |                 | 5            |     |     |     |   |
|                              | medel  |        |                  |                    |                            | 6,9                 | 0,33                 | 11,6               | 5,5          | 3,4                    | 0,35               | 18                  |                 | 58               | 17             | 1410             | 573             |                 | 9               |              |     |     |     |   |
|                              | max    |        |                  |                    |                            | 7,3                 | 0,6                  | 13,0               | 6,8          | 4,8                    | 0,44               | 19                  |                 | 90               | 29             | 2300             | 1200            |                 | 16              |              |     |     |     |   |
| 327 Skaddeån uppströms Salen | 327    | 150507 | M                | 10,4               |                            | 6,9                 | 0,16                 | 8,78               | 8,1          | 8,1                    | 0,54               | 25                  | 10,2            | 91               | 36             | 8,3              | 1300            | 310             |                 | 66           |     |     |     |   |
|                              | 327    | 150604 | M                | 13,5               |                            | 6,8                 | 0,13                 | 7,00               | 6,5          | 7,2                    | 0,56               | 24                  | 10,2            | 98               | 28             | 5,0              | 1100            | 140             |                 | 15           |     |     |     |   |
|                              | 327    | 150710 | L                | 15,9               |                            | 7,0                 | 0,19                 | 7,86               | 20           | 9,3                    | 0,52               | 19                  | 8,3             | 84               | 43             | 5,7              | 1000            | 100             | 58              | 6,1          | 1,9 | 9,5 |     |   |
|                              | 327    | 150810 | L                | 17,2               |                            | 6,9                 | 0,22                 | 8,03               | 10           | 6,8                    | 0,49               | 19                  | 7,6             | 79               | 35             | 6,9              | 960             | 99              | 52              | 6,4          | 1,9 | 11  |     |   |
|                              | 327    | 150910 | L                | 10,7               |                            | 7,0                 | 0,25                 | 9,60               | 16           | 4,4                    | 0,52               | 20                  | 9,4             | 85               | 36             | 9,2              | 850             | 180             | 45              | 6,7          | 2,0 | 13  |     |   |
|                              | 327    | 151006 | L                | 10,1               |                            | 7,1                 | 0,26                 | 10,3               | 11           | 4,0                    | 0,37               | 15                  | 9,2             | 82               | 28             | 1                | 900             | 180             | 25              | 6,4          | 2,1 | 13  |     |   |
|                              | 327    | 151027 | L                | 6,6                |                            | 6,9                 | 0,27                 | 11,0               | 9,5          | 4,9                    | 0,35               | 16                  | 8,9             | 73               | 32             | 2,0              | 780             | 120             | 5               | 6,8          | 2,2 | 13  |     |   |
|                              | 327    | 151204 | H                | 4,3                |                            | 6,5                 | 0,11                 | 8,19               | 5,4          | 4,3                    | 0,43               | 18                  | 12,4            | 95               | 35             | 6,1              | 1200            | 350             | 36              | 5,6          | 1,7 | 9,8 |     |   |
|                              | 327    | 160120 | M                | 0,1                |                            | 6,6                 | 0,22                 | 10,7               | 4,6          | 3,3                    | 0,40               | 21                  | 13,6            | 93               | 22             | 7,2              | 1000            | 360             | 99              | 7,3          | 2,4 | 13  |     |   |
|                              | 327    | 160209 | H                | 2,7                |                            | 6,7                 | 0,082                | 8,54               | 3,8          | 6,1                    | 0,43               | 19                  | 12,4            | 91               | 29             | 7,4              | 1600            | 840             | 58              | 6,1          | 1,8 | 11  |     |   |
|                              | 327    | 160323 | H                | 5,7                |                            | 6,8                 | 0,12                 | 8,27               | 3,6          | 4,3                    | 0,34               | 17                  | 11,2            | 89               | 26             | 1                | 1000            | 300             | 41              | 5,4          | 1,7 | 10  |     |   |
|                              | 327    | 160412 | M                | 7,7                |                            | 6,7                 | 0,13                 | 8,06               | 4,0          | 2,5                    | 0,36               | 17                  | 10,7            | 90               | 19             | 13               | 910             | 270             | 31              | 5,2          | 1,6 | 10  |     |   |
|                              | 327    | 160503 | M                | 10,1               |                            | 6,8                 | 0,14                 | 7,53               | 4,4          | 3,8                    | 0,46               | 18                  | 10,4            | 92               | 17             | 1                | 850             | 170             | 24              | 5,2          | 1,7 | 9,6 |     |   |
|                              | 327    | 160607 | L                | 16,2               |                            | 6,8                 | 0,28                 | 10,4               | 14           | 3,9                    | 0,60               | 21                  | 8,6             | 88               | 34             | 8,8              | 1100            | 150             | 110             | 7,3          | 2,2 | 13  |     |   |
|                              | 327    | 160714 | L-M              | 16,1               |                            | 6,8                 | 0,24                 | 9,26               | 15           | 8,8                    | 0,48               | 20                  | 7,0             | 71               | 38             | 12               | 1000            | 160             | 110             |              |     |     |     |   |
|                              | 327    | 160809 | L                | 15,7               |                            | 6,9                 | 0,26                 | 12,4               | 11           | 11                     | 0,35               | 16                  | 6,7             | 68               | 37             | 4,9              | 940             | 230             | 84              |              |     |     |     |   |
|                              | 327    | 160906 | L                | 13,9               |                            | 6,9                 | 0,26                 | 9,58               | 5,3          | 3,4                    | 0,29               | 13                  | 7,6             | 74               | 25             | 6,0              | 700             | 120             | 39              |              |     |     |     |   |
|                              | 327    | 161006 | L                | 7,7                |                            | 6,9                 | 0,30                 | 12,7               | 6,0          | 3,1                    | 0,28               | 14                  | 10,2            | 86               | 21             | 1                | 670             | 73              | 5               |              |     |     |     |   |
|                              |        | min    |                  |                    | 0,10                       |                     | 6,5                  | 0,082              | 7,00         | 3,6                    | 2,5                | 0,28                | 13              | 6,7              | 68             | 17               | 1               | 670             | 73              | 5,0          | 5,2 | 1,6 | 9,5 |   |
|                              |        | medel  |                  |                    | 10,3                       |                     | 6,8                  | 0,20               | 9,34         | 8,8                    | 5,5                | 0,43                | 18              | 9,7              | 85             | 30               | 5,9             | 992             | 231             | 50           | 6,2 | 1,9 | 11  |   |
|                              | max    |        |                  | 17,2               |                            | 7,1                 | 0,30                 | 12,7               | 20           | 11                     | 0,60               | 25                  | 13,6            | 98               | 43             | 13               | 1600            | 840             | 110             | 7,3          | 2,4 | 13  |     |   |

| PROVPUNKT                      | ID  | Datum  | Vatten<br>föring | Tem<br>pera<br>tur | Sikt-<br>djup | Klo<br>ro<br>fyll | Alka<br>lini<br>tet | Led<br>nings<br>förm | Tur<br>bidi<br>tet | Susp<br>mg/l | Abs             |             | Syr<br>gas<br>halt | Syre<br>mätt<br>nad | Total<br>fosfor | Fosfat<br>fosfor | Total<br>kväve | Nitrat<br>kväve | Ammo<br>nium<br>kväve | Ca   | Mg   | Cl   |      |
|--------------------------------|-----|--------|------------------|--------------------|---------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------|-----------------|-------------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------|------|------|------|
|                                |     |        |                  |                    |               |                   |                     |                      |                    |              | 420,00<br>filtr | TOC<br>mg/l |                    |                     |                 |                  |                |                 |                       |      |      |      |      |
| -                              | -   | -      | L/M/H            | C                  | m             | µg/l              | -                   | mekv/l               | mS/m               | FNU          | mg/l            | abs/5cm     | mg/l               | mg/l                | %               | ug/l             | µg/l           | ug/l            | ug/l                  | µg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| 351 Lekarydsån uppströms Salen | 351 | 150507 | M                | 10,5               |               | 6,7               | 0,14                | 7,52                 | 4,8                | 5,6          | 0,40            | 19          | 9,6                | 86                  | 22              | 3,0              | 990            | 240             | 42                    |      |      |      |      |
|                                | 351 | 150604 | M                | 13,2               |               | 6,8               | 0,14                | 7,28                 | 4,1                | 5,8          | 0,44            | 19          | 9,0                | 86                  | 32              | 3,4              | 1000           | 160             | 24                    |      |      |      |      |
|                                | 351 | 150710 | L                | 17,1               |               | 6,9               | 0,20                | 8,06                 | 4,9                | 6,9          | 0,41            | 17          | 6,2                | 64                  | 40              | 4,0              | 1000           | 160             | 68                    | 5,2  | 1,9  | 9,9  |      |
|                                | 351 | 150810 | L                | 20,6               |               | 6,8               | 0,17                | 7,68                 | 3,4                | 3,4          | 0,33            | 16          | 5,9                | 66                  | 33              | 7,3              | 860            | 120             | 48                    | 4,9  | 1,9  | 10   |      |
|                                | 351 | 150910 | L                | 14,0               |               | 6,9               | 0,18                | 7,97                 | 2,4                | 2,0          | 0,26            | 13          | 7,8                | 76                  | 31              | 2,7              | 700            | 110             | 28                    | 5,1  | 2,0  | 9,8  |      |
|                                | 351 | 151006 | L                | 11,5               |               | 7,0               | 0,19                | 7,93                 | 2,6                | 2,3          | 0,24            | 12          | 8,0                | 73                  | 26              | 4,0              | 740            | 160             | 28                    | 4,8  | 1,9  | 10   |      |
|                                | 351 | 151027 | L                | 6,9                |               | 6,8               | 0,20                | 8,64                 | 2,5                | 3,1          | 0,22            | 11          | 8,6                | 71                  | 20              | 2,5              | 780            | 180             | 17                    | 5,2  | 2,1  | 11   |      |
|                                | 351 | 151204 | H                | 4,2                |               | 6,6               | 0,13                | 8,63                 | 4,2                | 2,6          | 0,36            | 16          | 11,9               | 91                  | 32              | 6,4              | 1100           | 330             | 40                    | 5,2  | 2,0  | 11   |      |
|                                | 351 | 160120 | M                | 0,1                |               | 6,7               | 0,18                | 9,48                 | 2,3                | 2,6          | 0,34            | 18          | 13,4               | 92                  | 25              | 5,9              | 1100           | 350             | 110                   | 5,8  | 2,4  | 13   |      |
|                                | 351 | 160209 | H                | 2,3                |               | 6,7               | 0,081               | 8,00                 | 2,8                | 3,1          | 0,37            | 18          | 12,1               | 88                  | 21              | 5,5              | 1200           | 490             | 52                    | 4,7  | 1,8  | 11   |      |
|                                | 351 | 160323 | H                | 5,3                |               | 6,9               | 0,15                | 8,18                 | 2,4                | 1,5          | 0,25            | 14          | 11,8               | 93                  | 23              | 1                | 970            | 280             | 59                    | 4,8  | 1,8  | 10   |      |
|                                | 351 | 160412 | M                | 8,3                |               | 7,0               | 0,15                | 8,06                 | 2,7                | 2,5          | 0,28            | 14          | 10,7               | 91                  | 25              | 5,2              | 920            | 270             | 32                    | 4,7  | 1,8  | 11   |      |
|                                | 351 | 160503 | M                | 9,0                |               | 6,9               | 0,16                | 7,95                 | 2,9                | 3,9          | 0,28            | 15          | 10,3               | 89                  | 21              | 3,4              | 910            | 240             | 32                    | 5,0  | 1,9  | 11   |      |
|                                | 351 | 160607 | L                | 19,8               |               | 6,7               | 0,21                | 8,40                 | 2,7                | 1,2          | 0,27            | 13          | 5,9                | 65                  | 27              | 5,1              | 780            | 110             | 69                    | 5,1  | 2,0  | 11   |      |
|                                | 351 | 160714 | L-M              | 17,8               |               | 6,7               | 0,21                | 8,76                 | 4,7                | 3,6          | 0,20            | 13          | 5,7                | 60                  | 29              | 9,5              | 750            | 140             | 77                    | 5,9  | 2,2  | 11   |      |
|                                | 351 | 160809 | M                | 17,3               |               | 6,8               | 0,23                | 8,65                 | 4,6                | 3,4          | 0,19            | 11          | 5,7                | 59                  | 26              | 3,1              | 670            | 95              | 36                    | 5,6  | 2,1  | 11   |      |
|                                | 351 | 160906 | L                | 15,0               |               | 6,7               | 0,30                | 9,34                 | 3,0                | 2,6          | 0,25            | 9,5         | 5,2                | 52                  | 24              | 5,5              | 620            | 140             | 48                    |      |      |      |      |
|                                | 351 | 161006 | L                | 9,1                |               | 6,7               | 0,30                | 9,88                 | 2,9                | 0,85         | 0,15            | 9,1         | 8,5                | 74                  | 26              | 3,8              | 600            | 120             | 26                    |      |      |      |      |
|                                |     | min    |                  |                    | 0,10          |                   | 6,6                 | 0,081                | 7,28               | 2,3          | 0,85            | 0,15        | 9,1                | 5,2                 | 52              | 20               | 1              | 600             | 95                    | 17   | 4,7  | 1,8  | 9,8  |
|                                |     | medel  |                  |                    | 11,2          |                   | 6,8                 | 0,18                 | 8,36               | 3,3          | 3,2             | 0,29        | 14                 | 8,7                 | 76              | 27               | 4,5            | 872             | 205                   | 46   | 5,1  | 2,0  | 11   |
|                                | max |        |                  | 20,6               |               | 7,0               | 0,30                | 9,88                 | 4,9                | 6,9          | 0,44            | 19          | 13,4               | 93                  | 40              | 9,5              | 1200           | 490             | 110                   | 5,9  | 2,4  | 13   |      |

| PROVPUNKT                      | ID  | Datum  | Vatten<br>föring<br>L/M/H | Tem              | Klo                | Alka               | Led                   | Tur                   | Abs               | Syr          | Syre                       | Total<br>fosfor<br>µg/l | Fosfat      | Total               | Nitrat           | Ammo                   | Ca  | Mg   | Cl  |                         |
|--------------------------------|-----|--------|---------------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|------------------|------------------------|-----|------|-----|-------------------------|
|                                |     |        |                           | pera<br>tur<br>C | Sikt-<br>djup<br>m | ro<br>fyll<br>µg/l | lini<br>tet<br>mekv/l | nings<br>förm<br>mS/m | bid<br>tet<br>FNU | Susp<br>mg/l | 420,00<br>filtr<br>abs/5cm |                         | TOC<br>mg/l | gas<br>halt<br>mg/l | mätt<br>nad<br>% | kväve<br>kväve<br>µg/l |     |      |     | Nitrit<br>kväve<br>µg/l |
| 148 Norra delen av Norra Salen | 148 | 150508 |                           | 11,2             | 0,95               | 6,8                | 7,0                   | 0,15                  | 8,38              | 8,5          | 8,8                        | 0,42                    | 19          | 10,0                | 91               | 40                     | 3,6 | 1400 | 440 | 90                      |
|                                | 148 | 150604 |                           | 13,1             | 1,0                | 13                 | 6,9                   | 0,14                  | 7,56              | 7,2          | 8,9                        | 0,45                    | 21          | 10,0                | 95               | 33                     | 3,3 | 1100 | 230 | 16                      |
|                                | 148 | 150710 |                           | 17,6             | 1,1                | 23                 | 7,1                   | 0,19                  | 8,35              | 6,9          | 10                         | 0,45                    | 19          | 8,4                 | 88               | 45                     | 3,2 | 1100 | 170 | 5                       |
|                                | 148 | 150810 |                           | 21,9             | 1,0                | 20                 | 7,0                   | 0,20                  | 8,63              | 5,4          | 5,7                        | 0,40                    | 18          | 8,7                 | 99               | 44                     | 3,9 | 1200 | 270 | 19                      |
|                                | 148 | 150910 |                           | 14,5             | 1,3                | 10                 | 7,1                   | 0,21                  | 8,87              | 3,6          | 3,4                        | 0,29                    | 16          | 9,3                 | 91               | 32                     | 3,4 | 900  | 250 | 5                       |
|                                | 148 | 151006 |                           | 11,2             | >1,3               | 9,1                | 7,2                   | 0,20                  | 9,06              | 3,7          | 2,9                        | 0,27                    | 13          | 9,7                 | 88               | 30                     | 1   | 1000 | 380 | 16                      |
|                                | 148 | 151027 |                           | 7,3              |                    |                    | 7,1                   | 0,22                  | 10,7              | 4,8          | 2,5                        | 0,27                    | 12          | 10,5                | 87               | 46                     | 10  | 1600 | 900 | 64                      |
|                                | 148 | 151204 |                           | 3,8              |                    |                    | 6,7                   | 0,12                  | 9,07              | 5,1          | 3,7                        | 0,45                    | 20          | 12,7                | 96               | 38                     | 7,1 | 1700 | 640 | 54                      |
|                                | 148 | 160120 |                           | 0,2              |                    |                    | 6,8                   | 0,18                  | 9,56              | 2,2          | 2,6                        | 0,34                    | 18          | 13,9                | 96               | 28                     | 5,0 | 1100 | 350 | 100                     |
|                                | 148 | 160323 |                           | 6,2              |                    |                    | 6,9                   | 0,13                  | 8,05              | 2,2          | 1,9                        | 0,26                    | 15          | 11,2                | 90               | 21                     | 1   | 1000 | 270 | 44                      |
|                                | 148 | 160503 |                           | 11,6             | 1,3                | 9,0                | 6,9                   | 0,15                  | 8,56              | 3,8          | 2,5                        | 0,33                    | 14          | 10,8                | 99               | 20                     | 2,8 | 1000 | 590 | 19                      |
|                                | 148 | 160607 |                           | 20,4             | 0,80               | 22                 | 7,1                   | 0,25                  | 10,0              | 11           | 3,5                        | 0,35                    | 17          | 8,4                 | 93               | 50                     | 7,0 | 1100 | 210 | 15                      |
|                                | 148 | 160714 |                           | 20,1             | 1,1                | 20                 | 7,2                   | 0,26                  | 10,7              | 7,3          | 7,6                        | 0,26                    | 14          | 8,9                 | 98               | 55                     | 5,9 | 1400 | 280 | 5                       |
|                                | 148 | 160809 |                           | 16,7             | 1,1                | 25                 | 7,5                   | 0,30                  | 10,4              | 5,6          | 8,2                        | 0,27                    | 15          | 9,4                 | 97               | 46                     | 2,7 | 930  | 28  | 20                      |
|                                | 148 | 160906 |                           | 17,7             | >1,0               | 19                 | 7,4                   | 0,34                  | 11,4              | 4,5          | 6,2                        | 0,16                    | 12          | 10,4                | 109              | 29                     | 4,7 | 850  | 100 | 36                      |
|                                | 148 | 161006 |                           | 7,4              | >0,5               | 12                 | 7,3                   | 0,39                  | 13,4              | 7,5          | 3,8                        | 0,16                    | 11          | 11,5                | 96               | 34                     | 2,8 | 1100 | 300 | 220                     |
|                                |     | min    |                           | 0,20             | 0,80               | 6,8                | 6,7                   | 0,12                  | 7,56              | 2,2          | 1,9                        | 0,16                    | 11          | 8,4                 | 87               | 20                     | 1   | 850  | 28  | 5                       |
|                                |     | medel  |                           | 12,6             | 1,1                | 16                 | 7,1                   | 0,21                  | 9,54              | 5,6          | 5,1                        | 0,32                    | 16          | 10,2                | 95               | 37                     | 4,2 | 1155 | 338 | 46                      |
|                                |     | max    |                           | 21,9             | 1,3                | 25                 | 7,5                   | 0,39                  | 13,4              | 11           | 10                         | 0,45                    | 21          | 13,9                | 109              | 55                     | 10  | 1700 | 900 | 220                     |

| PROVPUNKT                      | ID  | Datum  | Vatten<br>föring | Tem  | Klo         | Alka | Led   | Tur    | Abs    | Syr  | Syre  | Nitrat  |        | Ammo  |        | Ca     | Mg    | Cl    |       |      |      |      |      |
|--------------------------------|-----|--------|------------------|------|-------------|------|-------|--------|--------|------|-------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|                                |     |        |                  | pera | Sikt-<br>ro | lini | nings | bid    | 420,00 | gas  | mätt  | Total   | Fosfat | Total | Nitrit |        |       |       | ium   |      |      |      |      |
|                                |     |        |                  | tur  | djup        | pH   | tet   | förm   | tet    | Susp | filtr | TOC     | halt   | nad   | fosfor | fosfor | kväve | kväve | kväve |      |      |      |      |
|                                |     |        | L/M/H            | C    | m           | µg/l | -     | mekv/l | mS/m   | FNU  | mg/l  | abs/5cm | mg/l   | mg/l  | %      | ug/l   | µg/l  | ug/l  | ug/l  | µg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| 150 Södra delen av Norra Salen | 150 | 150508 |                  | 11,7 | 1,1         | 14   | 7,1   | 0,15   | 8,27   | 6,9  | 8,1   | 0,31    | 17     | 10,4  | 96     | 36     | 2,6   | 1200  | 410   | 18   |      |      |      |
|                                | 150 | 150604 |                  | 13,6 | 0,90        | 24   | 7,0   | 0,15   | 8,08   | 8,0  | 10    | 0,39    | 19     | 10,5  | 101    | 30     | 3,4   | 1200  | 290   | 11   |      |      |      |
|                                | 150 | 150710 |                  | 17,9 | 0,80        | 44   | 7,2   | 0,20   | 8,59   | 8,8  | 15    | 0,46    | 20     | 9,1   | 96     | 54     | 2,8   | 1200  | 110   | 5    |      |      |      |
|                                | 150 | 150810 |                  | 21,9 | 1,0         | 23   | 7,2   | 0,22   | 8,81   | 6,2  | 8,3   | 0,38    | 18     | 8,9   | 102    | 41     | 6,2   | 970   | 100   | 18   |      |      |      |
|                                | 150 | 150910 |                  | 14,6 | 1,1         | 18   | 7,3   | 0,22   | 9,22   | 5,2  | 8,2   | 0,31    | 17     | 10,2  | 100    | 39     | 3,7   | 870   | 170   | 13   |      |      |      |
|                                | 150 | 151006 |                  | 11,7 | 1,5         | 16   | 7,3   | 0,22   | 9,40   | 4,5  | 4,1   | 0,26    | 13     | 9,7   | 89     | 38     | 4,3   | 1100  | 310   | 13   |      |      |      |
|                                | 150 | 151027 |                  | 7,6  |             |      | 7,2   | 0,21   | 9,84   | 4,6  | 2,5   | 0,34    | 12     | 11,0  | 92     | 39     | 6,7   | 1100  | 460   | 18   |      |      |      |
|                                | 150 | 151204 |                  | 3,5  |             |      | 7,0   | 0,17   | 9,79   | 7,7  | 5,5   | 0,37    | 16     | 13,0  | 98     | 49     | 8,0   | 1800  | 730   | 71   |      |      |      |
|                                | 150 | 160120 |                  | 0,2  |             |      | 6,6   | 0,17   | 10,7   | 2,2  | 2,6   | 0,40    | 21     | 14,1  | 97     | 27     | 5,7   | 1200  | 410   | 85   |      |      |      |
|                                | 150 | 160323 |                  | 6,5  |             |      | 6,9   | 0,13   | 8,41   | 2,7  | 3,5   | 0,27    | 14     | 11,4  | 93     | 24     | 1     | 1100  | 370   | 36   |      |      |      |
|                                | 150 | 160503 |                  | 10,9 | 1,4         | 10   | 7,0   | 0,16   | 8,84   | 4,5  | 5,7   | 0,25    | 13     | 11,2  | 101    | 19     | 2,4   | 1100  | 440   | 5    |      |      |      |
|                                | 150 | 160607 |                  | 21,2 | 0,90        | 23   | 7,2   | 0,26   | 9,90   | 9,1  | 8,7   | 0,29    | 16     | 8,6   | 97     | 49     | 4,1   | 950   | 87    | 12   |      |      |      |
|                                | 150 | 160714 |                  | 19,9 | 1,1         | 24   | 7,4   | 0,28   | 10,8   | 8,4  | 12    | 0,24    | 15     | 9,9   | 109    | 59     | 1     | 910   | 12    | 16   |      |      |      |
|                                | 150 | 160809 |                  | 17,4 | 1,1         | 23   | 7,4   | 0,30   | 10,3   | 9,9  | 11    | 0,22    | 14     | 9,4   | 98     | 52     | 1     | 900   | 5     | 5    |      |      |      |
|                                | 150 | 160906 |                  | 18,0 | 1,2         | 15   | 7,4   | 0,34   | 11,0   | 5,9  | 5,5   | 0,14    | 11     | 9,5   | 100    | 30     | 4     | 710   | 5     | 13   |      |      |      |
|                                | 150 | 161006 |                  | 8,0  | 1,1         | 20   | 7,2   | 0,36   | 12,3   | 8,3  | 11    | 0,14    | 11     | 11,8  | 100    | 34     | 1     | 860   | 150   | 43   |      |      |      |
|                                |     | min    |                  | 0,20 | 0,80        | 10,0 | 6,6   | 0,13   | 8,08   | 2,2  | 2,5   | 0,14    | 11     | 8,6   | 89     | 19     | 1     | 710   | 5     | 5    |      |      |      |
|                                |     | medel  |                  | 12,8 | 1,1         | 21   | 7,2   | 0,22   | 9,64   | 6,4  | 7,6   | 0,30    | 15     | 10,5  | 98     | 39     | 3,6   | 1073  | 254   | 24   |      |      |      |
|                                |     | max    |                  | 21,9 | 1,5         | 44   | 7,4   | 0,36   | 12,3   | 9,9  | 15    | 0,46    | 21     | 14,1  | 109    | 59     | 8,0   | 1800  | 730   | 85   |      |      |      |



| PROVPUNKT               | ID  | Datum  | Vatten<br>förling | Tem<br>pera<br>tur | Klo<br>sikt-<br>djup | Alka<br>lini<br>tet | Led<br>nings<br>förm | Tur<br>bidi<br>tet | Susp | Abs             |      | Syr<br>gas<br>halt | Syre<br>mätt<br>nad | Total<br>fosfor | Fosfat<br>fosfor | Total<br>kväve | Nitrat<br>kväve | Nitrit<br>kväve | Ammo<br>nium | Ca   | Mg   | Cl   |      |
|-------------------------|-----|--------|-------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------|-----------------|------|--------------------|---------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|------|------|------|------|
|                         |     |        |                   |                    |                      |                     |                      |                    |      | 420,00<br>filtr | TOC  |                    |                     |                 |                  |                |                 |                 |              |      |      |      |      |
|                         |     |        | L/M/H             | C                  | m                    | µg/l                | -                    | mekv/l             | mS/m | FNU             | mg/l | abs/5cm            | mg/l                | mg/l            | %                | ug/l           | µg/l            | ug/l            | ug/l         | µg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| 151 Norra Salens utlopp | 151 | 150508 |                   | 12,5               |                      | 7,0                 | 0,15                 | 8,34               | 6,3  | 8,3             | 0,31 | 17                 | 10,5                | 99              | 37               | 1              | 1100            | 390             | 18           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 150604 |                   | 13,6               |                      | 7,1                 | 0,15                 | 8,06               | 7,7  | 11              | 0,38 | 20                 | 10,2                | 98              | 30               | 5,2            | 1200            | 280             | 11           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 150710 |                   | 17,9               |                      | 7,2                 | 0,20                 | 8,71               | 6,9  | 17              | 0,46 | 19                 | 9,1                 | 96              | 52               | 3,0            | 1000            | 88              | 12           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 150810 |                   | 22,1               |                      | 7,2                 | 0,22                 | 8,76               | 11   | 17              | 0,32 | 17                 | 8,7                 | 100             | 48               | 3,7            | 940             | 53              | 15           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 150910 |                   | 16,8               |                      | 7,3                 | 0,22                 | 9,16               | 5,1  | 4,9             | 0,29 | 16                 | 10,7                | 110             | 34               | 1              | 870             | 170             | 5            |      |      |      |      |
|                         | 151 | 151009 |                   | 11,4               |                      | 7,3                 | 0,22                 | 9,29               | 4,1  | 2,9             | 0,26 | 15                 | 10,2                | 93              | 32               | 2,3            | 1000            | 290             | 5            |      |      |      |      |
|                         | 151 | 151027 |                   | 7,5                |                      | 7,1                 | 0,20                 | 9,78               | 4,0  | 3,5             | 0,23 | 12                 | 11,0                | 92              | 34               | 4,5            | 1100            | 440             | 13           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 151204 |                   | 3,8                |                      | 6,9                 | 0,16                 | 9,75               | 13   | 14              | 0,36 | 18                 | 13,0                | 99              | 58               | 9,1            | 1700            | 700             | 69           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160120 |                   | 0,2                |                      | 6,7                 | 0,20                 | 11,8               | 2,8  | 3,5             | 0,50 | 22                 | 14,0                | 96              | 31               | 7,3            | 1600            | 950             | 170          |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160209 |                   | 1,3                |                      | 6,6                 | 0,075                | 8,20               | 3,0  | 1,9             | 0,42 | 19                 | 12,4                | 88              | 29               | 5,8            | 1400            | 600             | 73           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160323 |                   | 6,3                |                      | 6,9                 | 0,14                 | 8,47               | 2,9  | 3,2             | 0,27 | 15                 | 11,5                | 93              | 24               | 3,2            | 1200            | 370             | 27           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160412 |                   | 9,2                |                      | 7,0                 | 0,15                 | 8,83               | 4,4  | 5,6             | 0,30 | 15                 | 11,2                | 97              | 23               | 6,0            | 1100            | 430             | 5            |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160503 |                   | 11,3               |                      | 7,2                 | 0,17                 | 8,84               | 4,9  | 6,6             | 0,26 | 13                 | 11,1                | 101             | 20               | 3,2            | 990             | 340             | 13           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160607 |                   | 21,0               |                      | 7,2                 | 0,25                 | 9,78               | 8,8  | 8,3             | 0,26 | 14                 | 8,6                 | 97              | 36               | 5,8            | 840             | 24              | 16           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160714 |                   | 19,6               |                      | 7,3                 | 0,25                 | 10,2               | 8,3  | 9,8             | 0,23 | 13                 | 9,6                 | 105             | 57               | 2,7            | 850             | 5               | 5            |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160809 |                   | 17,9               |                      | 7,4                 | 0,28                 | 10,2               | 12   | 13              | 0,23 | 13                 | 9,4                 | 99              | 49               | 1              | 840             | 5               | 5            |      |      |      |      |
|                         | 151 | 160906 |                   | 17,2               |                      | 7,3                 | 0,31                 | 10,3               | 5,5  | 7,1             | 0,14 | 11                 | 10,0                | 104             | 32               | 3,2            | 760             | 5               | 15           |      |      |      |      |
|                         | 151 | 161006 |                   | 9,7                |                      | 7,3                 | 0,36                 | 12,3               | 23   | 43              | 0,15 | 11                 | 11,5                | 101             | 100              | 5,7            | 1100            | 240             | 90           |      |      |      |      |
|                         |     | min    |                   | 0,20               |                      | 6,6                 | 0,075                | 8,06               | 2,8  | 1,9             | 0,14 | 11                 | 8,6                 | 88              | 20               | 1              | 760             | 5               | 5            |      |      |      |      |
|                         |     | medel  |                   | 12,2               |                      | 7,1                 | 0,21                 | 9,49               | 7,4  | 10              | 0,30 | 16                 | 10,7                | 98              | 40               | 4,1            | 1088            | 299             | 32           |      |      |      |      |
|                         |     | max    |                   | 22,1               |                      | 7,4                 | 0,36                 | 12,3               | 23   | 43              | 0,50 | 22                 | 14,0                | 110             | 100              | 9,1            | 1700            | 950             | 170          |      |      |      |      |



## **BILAGA 2**

### **Sedimentkemiska analysresultat 2015-2016**

Fältprotokoll karakterisering  
Analysmetoder  
Analystabeller

| Provpunkt | X RT90  | Y RT90  | Datum      | Vatten<br>djup<br>m | Sed<br>djup<br>cm | Typ    | Färg     | Inslag av | Fasthet   |
|-----------|---------|---------|------------|---------------------|-------------------|--------|----------|-----------|-----------|
| P1        | 6308338 | 1424315 | 2015-10-28 | 1,2                 | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-33             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 33-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| P2        | 6307842 | 1423806 | 2015-10-28 | 1,2                 | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-30             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 30-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| P3        | 6306614 | 1423987 | 2015-10-28 | 1,6                 | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-43             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 43-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| P4        | 6305689 | 1424006 | 2015-10-28 | 1,7                 | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-35             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 35-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| PF1       | 6308074 | 1424092 | 2015-10-27 | 1,25                | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-25             | gyttja | brun     | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 25-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| PF2       | 6307758 | 1424147 | 2015-10-27 | 1,30                | 0-15              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 15-30             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 30-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| PF3       | 6307193 | 1424123 | 2015-10-27 | 1,25                | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-34             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 34-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| PF4       | 6306093 | 1424005 | 2015-10-27 | 1,7                 | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-30             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 30-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| PF5       | 6305234 | 1423968 | 2015-10-28 | 1,6                 | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-35             | gyttja | gråbrun  | svart     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 35-90             | gyttja | brun     |           | medelfast |
| PF6       | 6308515 | 1424035 | 2015-10-28 | 0,65                | 0-10              | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 10-21             | gyttja | mörkbrun | grått     | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 21-24             | gyttja | brun     |           | medelfast |
|           |         |         |            |                     | 24-90             | lera   | grå      |           | fast      |

| Parameter och enhet             | Analysmetod            |
|---------------------------------|------------------------|
| Torrsubstans (TS), %            | SS-EN 12880-1:2000     |
| Glödgningsförlust (GF), % av TS | SS-EN 12879-1          |
| Glödgningsrest (GR), % av TS    | SS-EN 12879-1          |
| Totalfosfor, g/kg TS            | SS-EN ISO 11885-2:2009 |

| Märkning | Torrsubstans | Glödgningsförlust | Glödgningsrest | Fosfor total |
|----------|--------------|-------------------|----------------|--------------|
|          | %            | % av TS           | % av TS        | g/kg TS      |
| P1 0-2   | 18,7         | 11,7              | 88,3           | 1,2          |
| P1 2-5   | 24,3         | 14,4              | 85,6           | 1,2          |
| P1 5-10  | 29,6         | 12,7              | 87,3           | 1,2          |
| P1 10-20 | 33,7         | 10,7              | 89,3           | 1,1          |
| P1 20-30 | 32,0         | 9,3               | 90,7           | 1,3          |
| P1 30-60 | 31,3         | 9,3               | 90,7           | 1,0          |
| P1 60-90 | 24,6         | 13,0              | 87,0           | 1,2          |
| P2 0-2   | 19,3         | 13,7              | 86,3           | 1,3          |
| P2 2-5   | 25,7         | 13,3              | 86,7           | 1,4          |
| P2 5-10  | 33,2         | 10,6              | 89,4           | 1,4          |
| P2 10-20 | 28,3         | 13,0              | 87,0           | 1,5          |
| P2 20-30 | 25,8         | 11,6              | 88,4           | 1,4          |
| P2 30-60 | 23,4         | 12,3              | 87,7           | 1,4          |
| P2 60-90 | 18,9         | 15,0              | 85,0           | 1,4          |
| P3 0-2   | 13,8         | 15,6              | 84,4           | 1,5          |
| P3 2-5   | 18,0         | 15,7              | 84,3           | 1,6          |
| P3 5-10  | 21,3         | 12,5              | 87,5           | 1,5          |
| P3 10-20 | 23,1         | 12,3              | 87,7           | 1,6          |
| P3 20-30 | 24,3         | 13,6              | 86,4           | 1,6          |
| P3 30-60 | 20,7         | 15,3              | 84,7           | 1,8          |
| P3 60-90 | 23,6         | 12,6              | 87,4           | 1,5          |
| P4 0-2   | 11,6         | 15,9              | 84,1           | 1,5          |
| P4 2-5   | 15,5         | 15,4              | 84,6           | 1,5          |
| P4 5-10  | 18,8         | 14,2              | 85,8           | 1,5          |
| P4 10-20 | 21,8         | 12,9              | 87,1           | 1,5          |
| P4 20-30 | 19,9         | 15,0              | 85,0           | 1,7          |
| P4 30-60 | 21,4         | 13,1              | 86,9           | 1,6          |
| P4 60-90 | 19,2         | 13,4              | 86,6           | 1,6          |

| Märkning   | Torrsubstans | Glödningsförlust | Glödningsrest | Fosfor total |
|------------|--------------|------------------|---------------|--------------|
|            | %            | % av TS          | % av TS       | g/kg TS      |
| PF 1 0-2   | 16,6         | 13,3             | 86,7          | 1,4          |
| PF 1 2-5   | 21,5         | 12,7             | 87,3          | 1,4          |
| PF 1 5-10  | 26,1         | 11,8             | 88,2          | 1,4          |
| PF 1 10-20 | 27,5         | 11,5             | 88,5          | 1,4          |
| PF 1 20-30 | 20,5         | 15,1             | 84,9          | 1,6          |
| PF 1 30-60 | 23,5         | 12,3             | 87,7          | 1,4          |
| PF 1 60-90 | 27,6         | 10,5             | 89,5          | 1,2          |
| PF2 0-2    | 16,9         | 13,0             | 87,0          | 1,4          |
| PF2 2-5    | 22,2         | 12,4             | 87,6          | 1,4          |
| PF2 5-10   | 26,8         | 11,5             | 88,5          | 1,4          |
| PF2 10-20  | 30,8         | 10,6             | 89,4          | 1,3          |
| PF2 20-30  | 28,2         | 11,2             | 88,8          | 1,4          |
| PF2 30-60  | 23,3         | 13,9             | 86,1          | 1,4          |
| PF2 60-90  | 20,9         | 14,4             | 85,6          | 1,4          |
| PF3 0-2    | 15,1         | 14,8             | 85,2          | 1,4          |
| PF3 2-5    | 19,9         | 14,4             | 85,6          | 1,5          |
| PF3 5-10   | 24,5         | 12,7             | 87,3          | 1,5          |
| PF3 10-20  | 26,8         | 11,7             | 88,3          | 1,5          |
| PF3 20-30  | 28,8         | 11,1             | 88,9          | 1,5          |
| PF3 30-60  | 21,9         | 13,2             | 86,8          | 1,6          |
| PF3 60-90  | 19,2         | 14,6             | 85,4          | 1,6          |
| PF4 0-2    | 12,4         | 16,5             | 83,5          | 1,4          |
| PF4 2-5    | 15,8         | 15,6             | 84,4          | 1,5          |
| PF4 5-10   | 19,5         | 13,2             | 86,8          | 1,5          |
| PF4 10-20  | 21,6         | 12,3             | 87,7          | 1,6          |
| PF4 20-30  | 19,7         | 15,9             | 84,1          | 1,8          |
| PF4 30-60  | 21,0         | 13,6             | 86,4          | 1,7          |
| PF4 60-90  | 21,9         | 12,6             | 87,4          | 1,5          |
| PF5 0-2    | 15,4         | 17,4             | 82,6          | 1,4          |
| PF5 2-5    | 14,4         | 15,0             | 85,0          | 1,5          |
| PF5 5-10   | 18,4         | 14,8             | 85,2          | 1,5          |
| PF5 10-20  | 21,6         | 13,8             | 86,2          | 1,5          |
| PF5 20-30  | 22,7         | 12,6             | 87,4          | 1,6          |
| PF5 30-60  | 20,7         | 14,8             | 85,2          | 1,8          |
| PF5 60-90  | 22,3         | 12,2             | 87,8          | 1,5          |
| PF6 0-2    | 16,2         | 13,4             | 86,6          | 1,6          |
| PF6 2-5    | 25,2         | 11,6             | 88,4          | 1,6          |
| PF6 5-10   | 34,5         | 10,7             | 89,3          | 2,8          |
| PF6 10-20  | 46,5         | 10,8             | 89,2          | 6,1          |
| PF6 20-30  | 43,7         | 7,6              | 92,4          | 3,8          |
| PF6 30-60  | 48,2         | 2,5              | 97,5          | 1,0          |
| PF6 60-90  | 48,0         | 3,3              | 96,7          | 1,0          |

| Parameter och enhet           | Analysmetod   |
|-------------------------------|---|
| Vattenhalt frystorkning (%)   | Ahlgren & Ahlgren 1976 och egen metodik   |
| Totalfosforhalt (µg/g TS)     | Anderssen 1975 och egen metodik   |
| Fosforfraktionering (µg/g TS) | Hieltjes & Lijklema 1980, Psenner et al 1985, Ahlgren & Ahlgren 1976 och egen metodik |

| Märkning   | Lätt lösligt fosfor<br>mg/kg TS | Fe-bunden fosfor<br>mg/kg TS | Al-bunden fosfor<br>mg/kg TS | Org-bunden fosfor<br>mg/kg TS | Ca-bunden fosfor<br>mg/kg TS | Rest fosfor<br>mg/kg TS | Total fosfor<br>mg/kg TS |
|------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| PF 1 0-2   | 4                               | 95                           | 380                          | 300                           | 450                          | 180                     | 1400                     |
| PF 1 2-5   | 3                               | 100                          | 410                          | 270                           | 500                          | 130                     | 1400                     |
| PF 1 5-10  | 1                               | 100                          | 470                          | 210                           | 500                          | 150                     | 1400                     |
| PF 1 10-20 | 1                               | 110                          | 510                          | 190                           | 470                          | 170                     | 1500                     |
| PF 1 20-30 | 1                               | 160                          | 680                          | 300                           | 280                          | 240                     | 1700                     |
| PF 1 30-60 | 1                               | 140                          | 550                          | 240                           | 320                          | 150                     | 1400                     |
| PF 1 60-90 | 0                               | 110                          | 390                          | 180                           | 360                          | 130                     | 1200                     |
| PF2 0-2    | 4                               | 96                           | 350                          | 230                           | 460                          | 250                     | 1400                     |
| PF2 2-5    | 3                               | 110                          | 370                          | 280                           | 520                          | 100                     | 1400                     |
| PF2 5-10   | 1                               | 110                          | 400                          | 210                           | 540                          | 140                     | 1400                     |
| PF2 10-20  | 1                               | 130                          | 390                          | 160                           | 550                          | 98                      | 1300                     |
| PF2 20-30  | 1                               | 150                          | 470                          | 180                           | 400                          | 220                     | 1400                     |
| PF2 30-60  | 1                               | 170                          | 570                          | 270                           | 310                          | 200                     | 1500                     |
| PF2 60-90  | 0                               | 160                          | 570                          | 230                           | 290                          | 230                     | 1500                     |
| PF3 0-2    | 7                               | 120                          | 350                          | 300                           | 440                          | 230                     | 1500                     |
| PF3 2-5    | 4                               | 130                          | 380                          | 300                           | 450                          | 220                     | 1500                     |
| PF3 5-10   | 1                               | 130                          | 450                          | 230                           | 480                          | 180                     | 1500                     |
| PF3 10-20  | 3                               | 150                          | 500                          | 230                           | 540                          | 96                      | 1500                     |
| PF3 20-30  | 3                               | 160                          | 530                          | 230                           | 430                          | 180                     | 1500                     |
| PF3 30-60  | 2                               | 150                          | 630                          | 290                           | 280                          | 240                     | 1600                     |
| PF3 60-90  | 1                               | 160                          | 640                          | 240                           | 350                          | 120                     | 1500                     |
| PF4 0-2    | 14                              | 110                          | 340                          | 390                           | 450                          | 150                     | 1500                     |
| PF4 2-5    | 9                               | 140                          | 400                          | 360                           | 440                          | 190                     | 1500                     |
| PF4 5-10   | 1                               | 140                          | 470                          | 260                           | 460                          | 200                     | 1500                     |
| PF4 10-20  | 1                               | 160                          | 570                          | 220                           | 470                          | 140                     | 1600                     |
| PF4 20-30  | 1                               | 220                          | 780                          | 280                           | 210                          | 350                     | 1800                     |
| PF4 30-60  | 1                               | 190                          | 730                          | 220                           | 220                          | 350                     | 1700                     |
| PF4 60-90  | 0                               | 170                          | 640                          | 270                           | 250                          | 220                     | 1600                     |
| PF5 0-2    | 13                              | 120                          | 310                          | 360                           | 380                          | 250                     | 1400                     |
| PF5 2-5    | 10                              | 150                          | 370                          | 390                           | 410                          | 190                     | 1500                     |
| PF5 5-10   | 1                               | 150                          | 440                          | 240                           | 430                          | 210                     | 1500                     |
| PF5 10-20  | 1                               | 160                          | 530                          | 240                           | 430                          | 180                     | 1600                     |
| PF5 20-30  | 0                               | 190                          | 620                          | 300                           | 300                          | 200                     | 1600                     |
| PF5 30-60  | 0                               | 210                          | 750                          | 340                           | 190                          | 290                     | 1800                     |
| PF5 60-90  | 0                               | 170                          | 670                          | 260                           | 250                          | 210                     | 1600                     |
| PF6 0-2    | 4                               | 100                          | 510                          | 280                           | 440                          | 190                     | 1500                     |
| PF6 2-5    | 1                               | 97                           | 670                          | 190                           | 430                          | 360                     | 1800                     |
| PF6 5-10   | 0                               | 95                           | 640                          | 170                           | 430                          | 490                     | 1800                     |
| PF6 10-20  | 1                               | 100                          | 570                          | 130                           | 390                          | 1700                    | 2900                     |
| PF6 20-30  | 0                               | 37                           | 500                          | 36                            | 500                          | 1700                    | 2800                     |
| PF6 30-60  | 1                               | 52                           | 55                           | 19                            | 760                          | 260                     | 1100                     |
| PF6 60-90  | 2                               | 89                           | 69                           | 22                            | 680                          | 54                      | 920                      |





## **BILAGA 3**

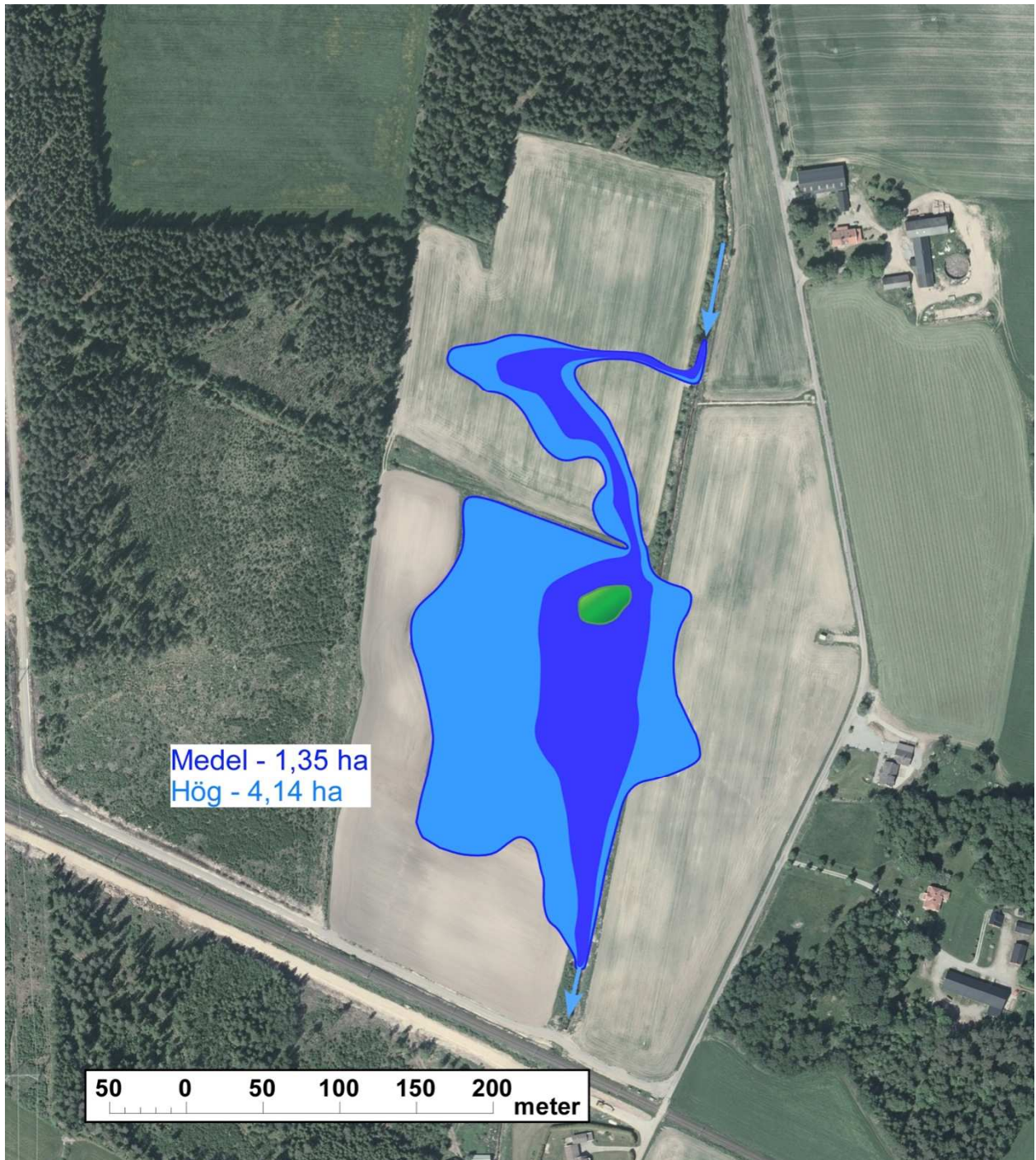
### **Åtgärdsförslag Nedre delen av Skaddeåns avrinningsområde**

## 1. Påvelsgård, Våtmark för flödesutjämning och rekreation



|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Fastighet                             | Alvesta 15:1 (ägare Alvesta kommun)   |
| Omfattning, yta                       | 1,40 – 3,12 ha beroende på flöde  |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Ilabäcken - ca 4-500 ha varav drygt 50 ha åkermark och ca 25 ha bebyggelse/vägar  |
| Markanvändning idag                   | Åkermark  |
| Nytta näringsrening                   | Viss direkt belastning men sannolikt större nytta genom flödesutjämning   |
| Nytta biologisk mångfald              | Stor potential för t ex fågelliv.   |
| Nytta övrigt                          | Mycket intressant för tätortsnära rekreation.   |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark berörs och gränsar till ytan. Utlopp bör eventuellt utföras öppet och passerbart även om det sannolikt inte är något viktigt vattendrag för vandrande fisk. Annars kan utlopp göras via en reglerbar brunn (fallhöjd ca 1 m som annars måste utjämnas). Vattendraget är delvis kulverterat genom samhället nedströms. Dikningsföretag (Alvesta Påvelsgård 1945) berörs och måste omprövas inför genomförande av våtmark.                              |
| Prövningsbehov                        | Eventuellt strandskyddsdispens<br>Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike<br>Anmälan vattenverksamhet (våtmark under 5 ha)  |
| Planering av fyllnad                  | Omprövning av dikningsföretag, Mark & Miljödomstolen, Växjö<br>Viss markhöjning/vall i söder och i övrigt utjämning på angränsande åkermark.  |
| In/utlopp                             | Öppet dike/vattendrag vidgas till en våtmark. Utlopp antingen öppet stenförstarkt överfall med uppbyggnad av botten nedströms eller enklare med större brunn reglerbar med t ex planksättar. Utlopp kan anpassas så en avsänkning tillåts vid måttliga-låga flöden till t ex enligt mörkblå avgränsning på principskiss. Den tillgängliga volymen mellan medelnivå och högvattennivå kan då uppgå till ca 3-4000 m <sup>3</sup> (1,72 ha med 0,17 - 0,23 m vatten). |
| Schakt                                | Ca 8000 m <sup>3</sup> rekommenderas för att bana av de översta 25-30 cm matjord som annars initialt kan ge läckage av fosfor vid dämning.  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Anpassas till den naturliga svackan, mycket flacka slänter. Maxdjup kring 1.5 m och medeldjup kring 0,5 m. Något/några grundområden/öar bör övervägas för fågellivet. Dämningsnivå ca 146.40 (RH2000) vid högvatten.  |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 600 000 kr   |

## 2. NV Forsdala, Våtmark för flödesutjämning och mångfald



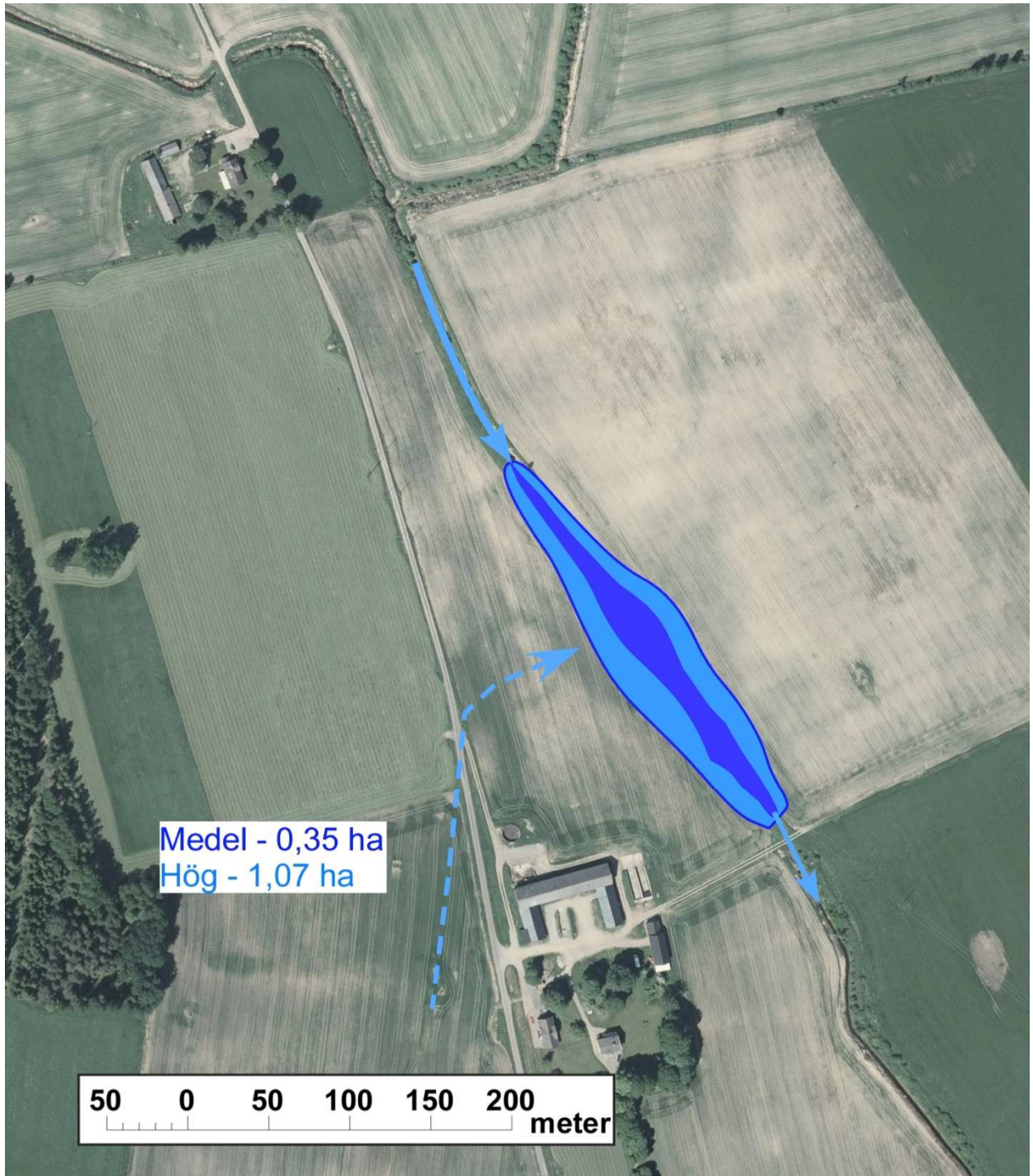
|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fastighet                             | Forsa 3:5, 3:6 och 3,7 (ägare privat)  |
| Omfattning, yta                       | 1,35 – 4,14 ha beroende på flöde   |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Djupabäcken - över 400 ha varav ca 70 ha åkermark, mindre del bebyggelse och vägar. I övrigt mestadels skogsmark.  |
| Markanvändning idag                   | Åkermark, blöt och svårbrukad (bedömt från flygfoto)   |
| Nytta näringsrening                   | Viss direkt belastning men sannolikt större nytta genom flödesutjämning.   |
| Nytta biologisk mångfald              | Mycket stor potential för t ex fågelliv genom den stora flacka ytan.   |
| Nytta övrigt                          | Bör utformas med stor flödesutjämnande funktion, stor nivåvariation gör också våtmarken intressant för i synnerhet rastande och födosökande våtmarksfåglar.  |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark berörs och gränsar till ytan. Utlopp bör eventuellt utföras öppet och passerbart även om det sannolikt inte är något viktigt vattendrag för vandrande fisk. Annars kan utlopp göras via en reglerbar brunn (fallhöjd knappt 1 m som annars måste utjämnas) och öppet överfall för breddning vid höga flöden. Dikningsföretag (Forsa 1955) berörs och måste omprövas. |
| Prövningsbehov                        | Eventuellt strandskyddsdispens<br>Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike<br>Anmälan vattenverksamhet (våtmark under 5 ha)   |
| Planering av fyllnad                  | Omprövning av dikningsföretag, Mark & Miljödomstolen, Växjö<br>Utjämnas på angränsande åkermark. Används för att eventuellt begränsa våtmarksytan med hänsyn till jordbrukets intressen.   |
| In/utlopp                             | Öppet dike/vattendrag vidgas till en våtmark. Utlopp antingen öppet stenförstarkt överfall med uppbyggnad av botten nedströms eller enklare med större brunn reglerbar med t ex planksättar. Utlopp kan anpassas så en avsänkning tillåts vid måttliga-låga flöden till t ex enligt mörkblå avgränsning på principskiss.   |
| Schakt                                | Ca 10-12 000 m <sup>3</sup> rekommenderas för att få en hyfsat stor permanent vattenyta och för att bana av de översta 25-30 cm matjord som annars initialt kan ge läckage av fosfor vid dämning.  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Anpassas till befintlig topografi, mycket flacka slänter, 1:10-1:20 generellt. Maxdjup kring 1.5 m och medeldjup kring 0,2-0,4 m beroende på vattenstånd (lägre medeldjup vid höga flöden). Ö/grundområde föreslås enligt principskiss med krön på 0-10 cm under högvattennivån (befintlig mark sparas). Dämningsnivå ca 147.50 vid högvatten (RH2000)                             |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 800 000 kr  |

### 3. Forsdala, Dikesvidgning för näringsrening och flödesutjämning



|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fastighet                             | Forsdala 2:3, 2:4 & 2:5 (ägare privat)   |
| Omfattning, yta                       | 0,25-0,80 ha beroende på flöde   |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Djupabäcken - ca 75 ha varav kring 30 ha brukad åkermark   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark/skyddszon/dike  |
| Nytta näringsrening                   | God potential för rening, relativt hög direkt belastning. Nyttan även för flödesutjämning.   |
| Nytta biologisk mångfald              | God potential för t ex insektsliv med utökad svagt strömmande – lugnflytande dikesmiljö med påtagligt utökad strandzon och tillfällig vattenyta.   |
| Nytta övrigt                          | Ökad kapacitet för dikningsföretaget vid höga flöden och flödesutjämning funktion nedströms.   |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark berörs och gränsar till ytan. Dikningsföretag (Forsdala dikningsföretag 1951) berörs och måste sannolikt omprövas inför dikesvidgningen även om kapacitet och avbördning inte försämras.   |
| Prövningsbehov                        | Eventuellt strandskyddsdispens<br>Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike<br>Anmälan vattenverksamhet (kan sannolikt prövas som anläggning av våtmark under 5 ha)<br>Sannolikt omprövning av dikningsföretag, Mark & Miljodomstolen, Växjö |
| Planering av fyllnad                  | Utjämning på angränsande åkermark med hänsyn till jordbruket. Avbaning av fyllnadsytor för utläggning av sämre massor och sedan återföring av matjord överst bedöms krävas till stor del.  |
| In/utlopp                             | Öppet dike vidgas genom schakt. Utlopp öppet, med viss strypning men inte så kapacitet begränsas jämfört med anvisat i dikningsföretag.  |
| Schakt                                | Minst 7000 m <sup>3</sup> om man vill nå den omfattningen som föreslås här och hålla ett betydande å-plan som snabbt aktiveras vid stigande flöden. Effektiv schakthantering utan transporter förutsätts.  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Slänter bör göras med viss variation för att få det nya fläckare "dicket" att se så naturligt ut som möjligt. Sträva dock efter att få ett stort å-plan där vattnet kan bereda ut sig direkt när vattnet stiger över lågvattenföring.            |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 400 000 kr  |

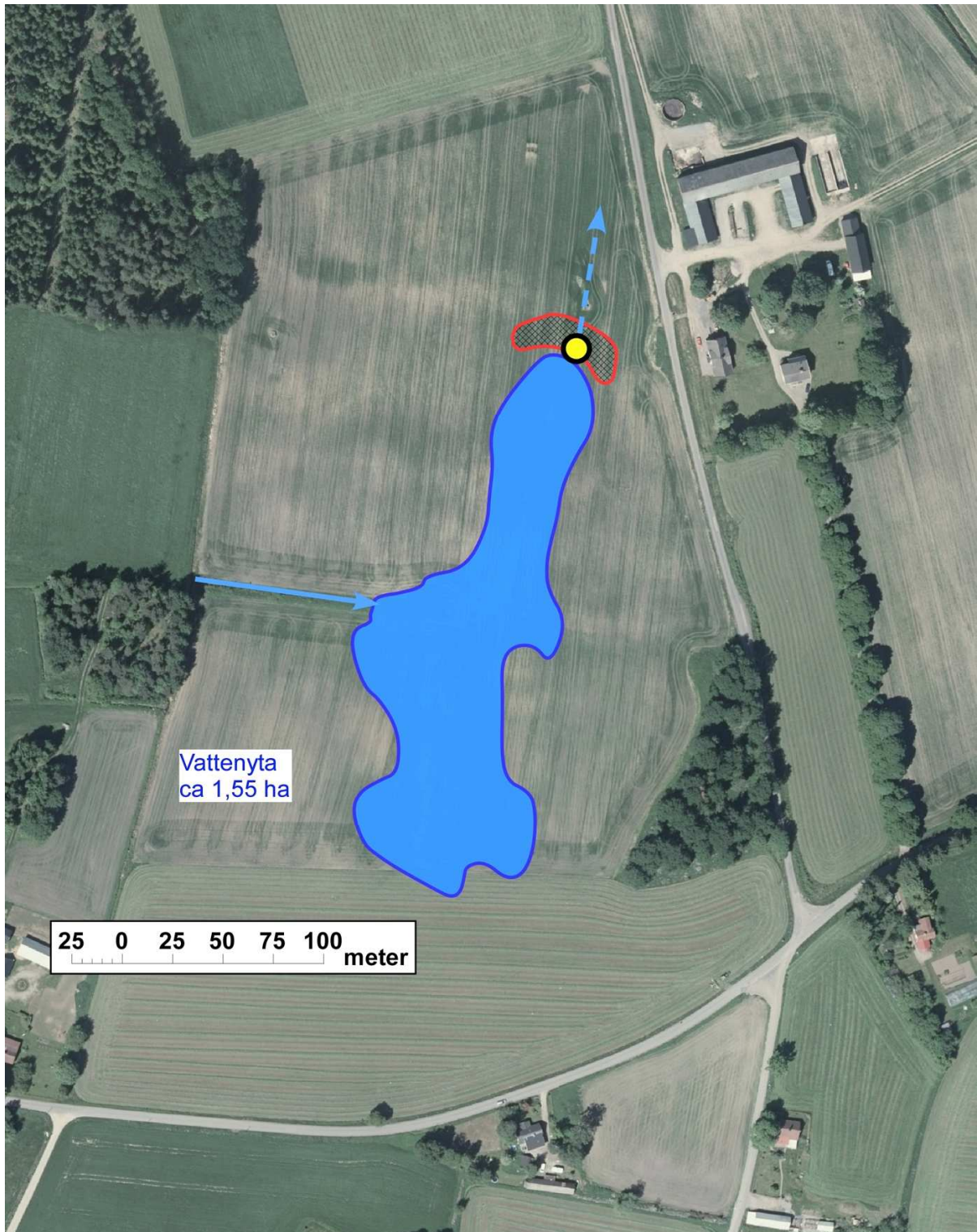
#### 4. Forsdala Gård, Dikesvidgning för näringsrening och flödesutjämning





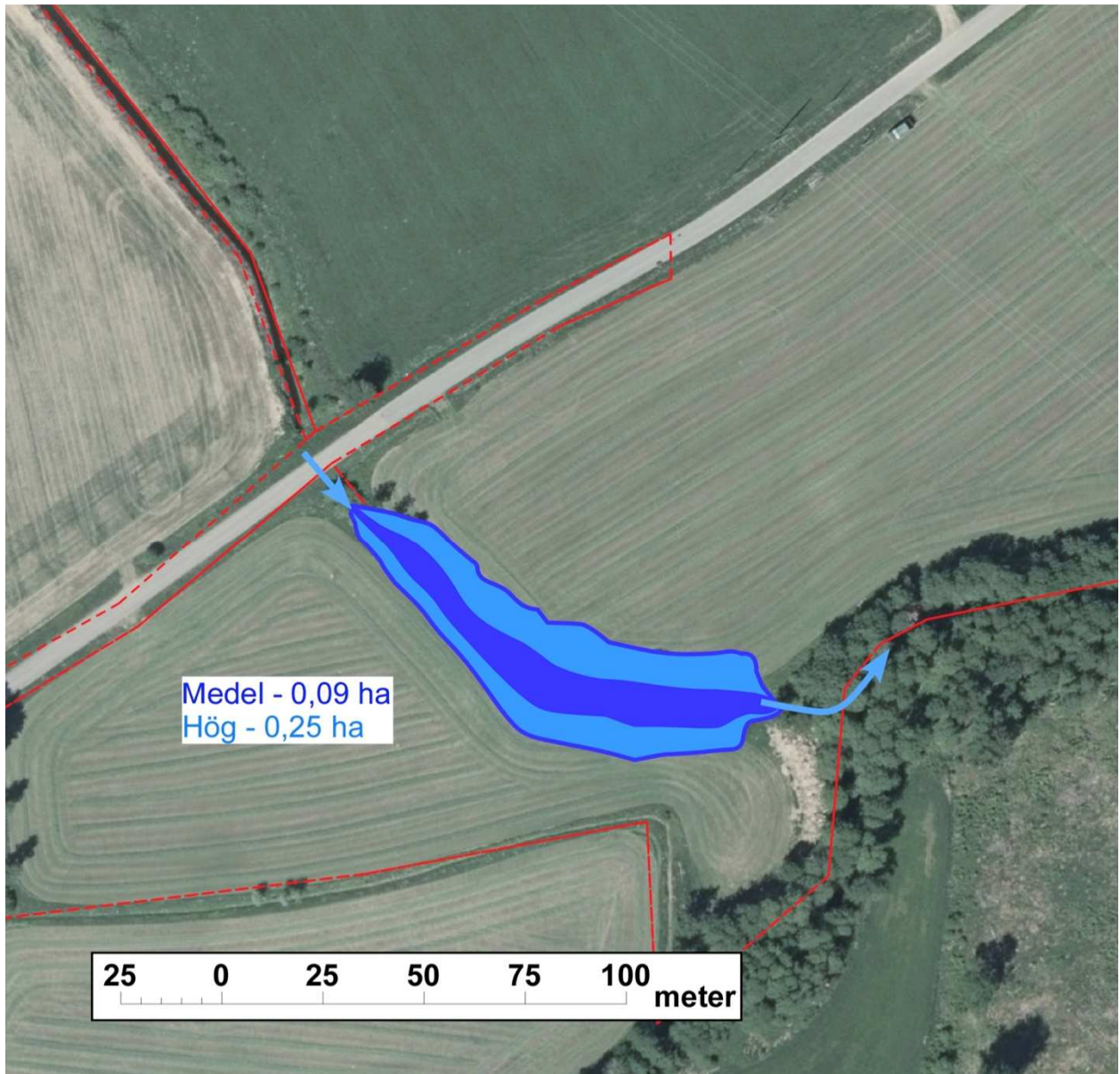
|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fastighet                             | Forsdala 1:1 (ägare privat)  |
| Omfattning, yta                       | 0,35 - 1,07 ha beroende på flöde   |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Djupabäcken - drygt 750 ha varav kring 175 ha åkermark   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark/dike  |
| Nytta näringsrening                   | God potential för rening, hög hydraulisk belastning och relativt hög andel åkermark. God potential för flödesutjämning.  |
| Nytta biologisk mångfald              | God potential för t ex fågelliv och insekter med reativt stor yta samt utökad svagt strömmande – lugnflytande dikesmiljö med påtagligt utökad strandzon och tillfällig vattenyta.  |
| Nytta övrigt                          | Ökad kapacitet för dikningsföretaget vid höga flöden och flödesutjämnande funktion nedströms.  |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark berörs och gränsar till ytan. Dikningsföretag (Forsdala dikningsföretag 1951) berörs och måste sannolikt omprövas inför dikesvidgningen även om kapacitet och avbördning inte försämras.   |
| Prövningsbehov                        | Eventuellt strandskyddsdispens<br>Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike<br>Anmälan vattenverksamhet (kan sannolikt prövas som anläggning av våtmark under 5 ha)<br>Sannolikt omprövning av dikningsföretag, Mark & Miljodomstolen, Växjö |
| Planering av fyllnad                  | Utjämning på angränsande åkermark med hänsyn till jordbruket. Avbaning av fyllnadsytor för utläggning av sämre massor och sedan återföring av matjord överst bedöms krävas till stor del.  |
| In/utlopp                             | Öppet dike vidgas till långsträckt "våtmark" genom schakt. Utlopp öppet, med viss strypning men inte så kapacitet begränsas jämfört med anvisat i dikningsföretag.   |
| Schakt                                | Minst ca 10-12 000 m <sup>3</sup> om man vill nå den omfattningen som föreslås här och hålla ett betydande å-plan som snabbt aktiveras vid stigande flöden. Effektiv schakthantering utan transporter förutsätts.                                |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Slänter bör göras med viss variation för att få det nya fläckare vattenområdet att se så naturligt ut som möjligt. Ett stort å-plan där vattnet kan bereda ut sig direkt när vattnet stiger över lågvattenföring är viktigt för funktionen.      |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 700 000 kr  |

## 5. Lunnatorp, våtmark för näringsrening och mångfald



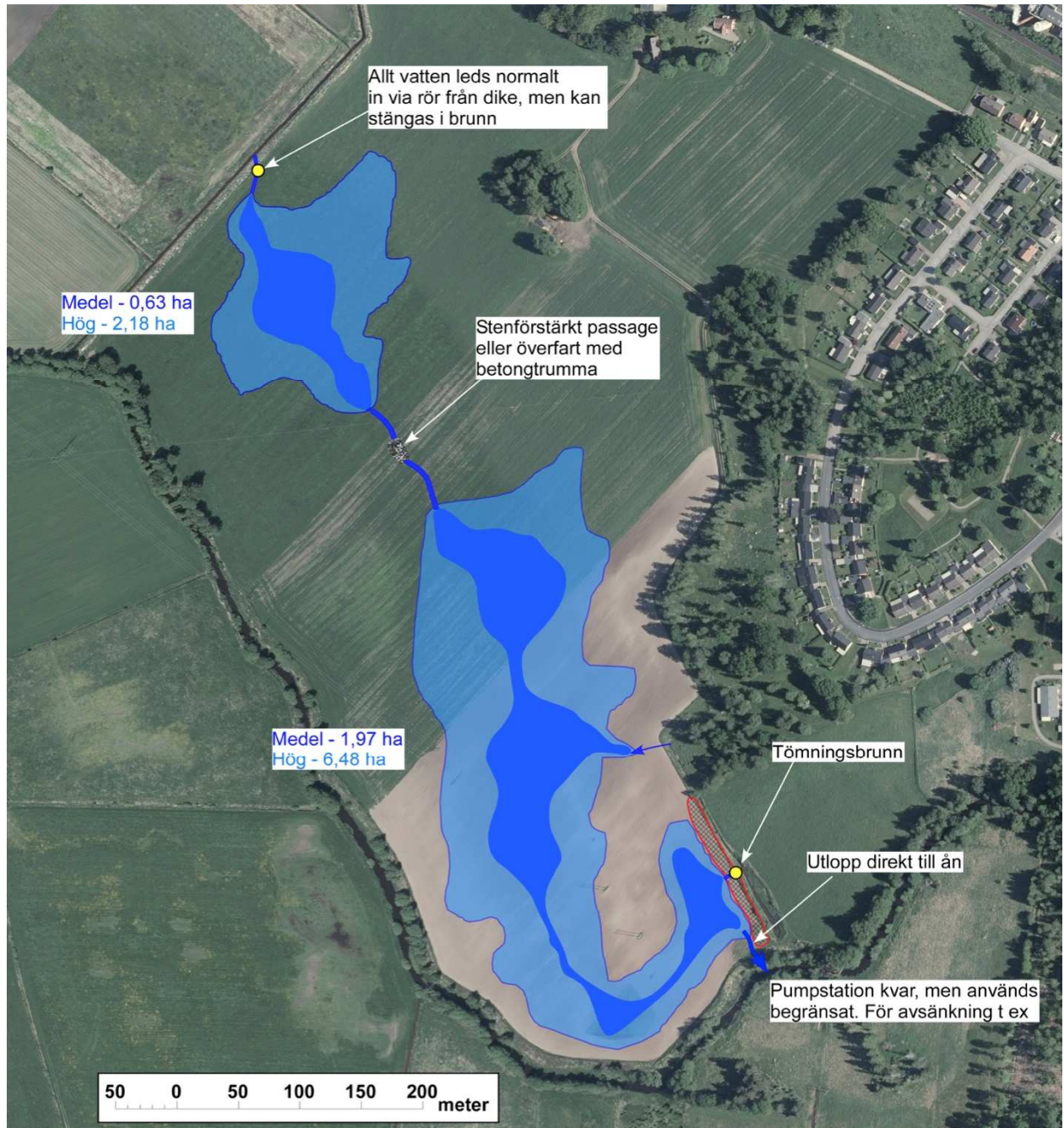
|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fastighet                             | Forsdala 1:1 (ägare privat)  |
| Omfattning, yta                       | Ca 1,55 ha om dämning till ca 146,50 kan tillåtas  |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Djupabäcken - drygt 30 ha varav kring 15 ha åkermark   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark   |
| Nytta näringsrening                   | God potential. Måttlig hydraulisk belastning men andelen åkermark relativt hög.  |
| Nytta biologisk mångfald              | Hög potential för t ex fågelliv, insekter, groddjur och vattenväxter. Våtmarken kan bli fiskfri vilket ger särskilt intressant potential för biologisk mångfald.   |
| Nytta övrigt                          | Viss flödesutjämnande/vattenhushållande funktion kan tillskapas enkelt, beroende på hur man vill prioritera. Innebär då att vattennivån måste tillåtas variera med flödet.   |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark berörs. Dikningsföretag (Forsdala dikningsföretag 1951) berörs och måste omprövas inför anläggning.  |
| Prövningsbehov                        | Anmälan vattenverksamhet (kan sannolikt prövas som anläggning av våtmark under 5 ha)<br>Sannolikt omprövning av dikningsföretag, Mark & Miljödomstolen, Växjö  |
| Planering av fyllnad                  | Utjämnning på angränsande åkermark med hänsyn till jordbruket. Mestadels matjord ska flyttas.  |
| In/utlopp                             | Öppet dike leds in liksom eventuella dräneringar som anpassas till den nya dämda vattennivån. Utlopp via rör och rörböj i brunn. Breddningsmöjlighet etableras till brunn  |
| Schakt                                | Ca 4000 m <sup>3</sup> . Matjordslagret bör banas av så läckage av fosfor undviks vid dämning. Annars kan våtmarken få vara grund och vegetationsrik.  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Skapas till stor del genom dämning. Flacka slänter (ca 1:10 eller flackare) anpassade till den naturliga svackan. Kring utlopp lokalt brantare (1:6). Något grundområde bör lämnas i våtmarken för att öka potentialen för häckande fåglar. Kan skötsel med slätter eller ännu hellre bete anordnas är det mycket värdefullt för livslängden på våtmarken. |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 300 000 kr  |

## 6. Djupabäckens mynning, dikesavfasning för näringsrening



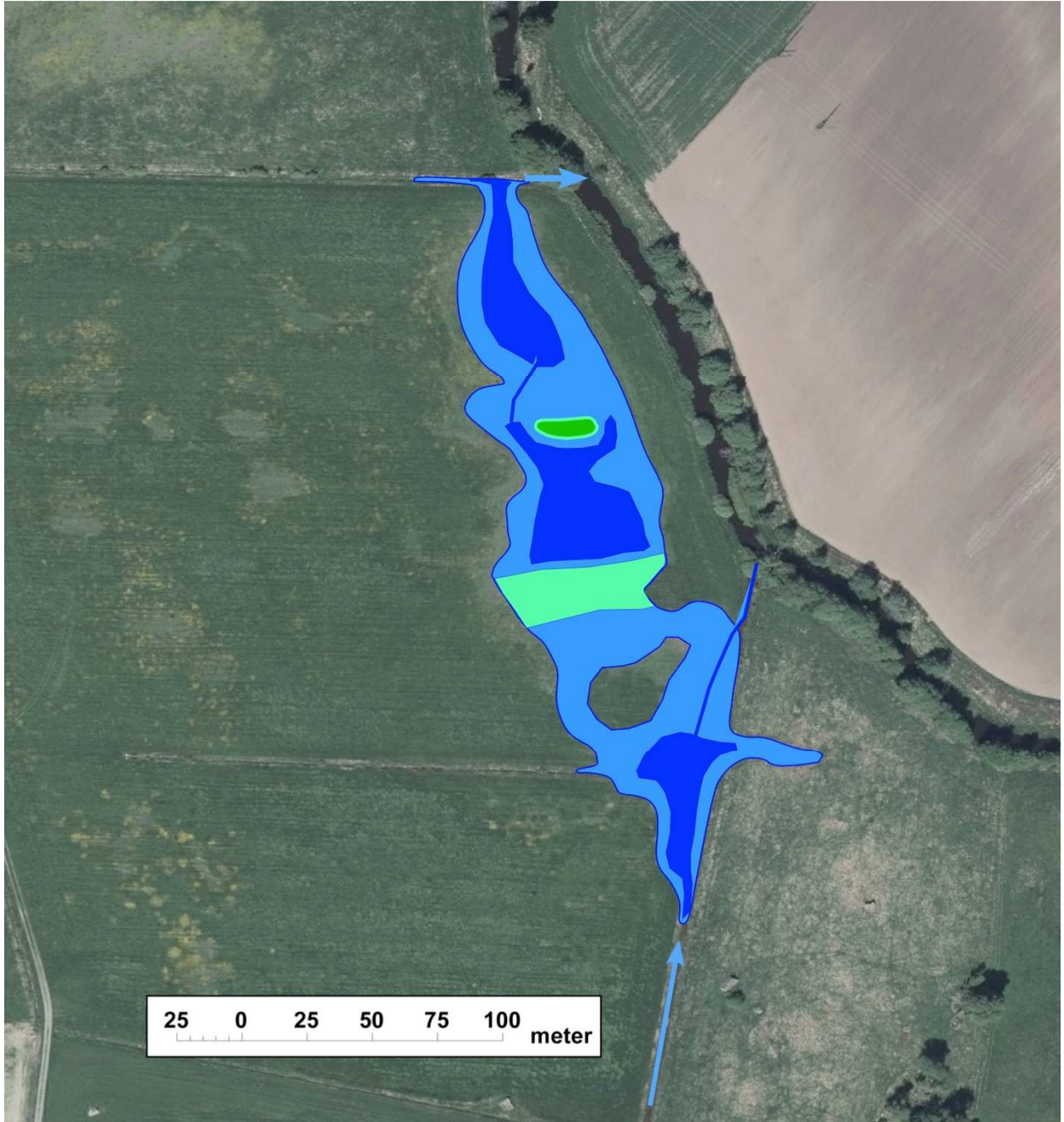
|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Fastighet                             | Forsdala 1:1 (ägare privat)   |
| Omfattning, yta                       | 0,09 – 0,25 ha beroende på flöde  |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Djupabäcken - ca 800 ha varav kring 200 ha åkermark   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark/dike   |
| Nytta näringsrening                   | God potential för rening, hög hydraulisk belastning och relativt hög andel åkermark.  |
| Nytta biologisk mångfald              | God potential för t ex insekter med utökad svagt strömmande – lugnflytande dikesmiljö med påtagligt utökad strandzon och varierande vattenstånd.  |
| Nytta övrigt                          | Lokalt ökad kapacitet för dikningsföretaget vid höga flöden och flödesutjämnande funktion.  |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark berörs. Dikningsföretag (Forsdala dikningsföretag 1951) berörs och måste sannolikt omprövas inför dikesvidgningen även om kapacitet och avbördning inte försämras.  |
| Prövningsbehov                        | Strandskyddsdispens<br>Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike<br>Anmälan vattenverksamhet (kan sannolikt prövas som anläggning av våtmark under 5 ha)<br>Sannolikt omprövning av dikningsföretag, Mark & Miljodomstolen, Växjö       |
| Planering av fyllnad                  | Utjämnning på angränsande åkermark med hänsyn till jordbruket. Avbaning av fyllnadsytor för utläggning av sämre massor och sedan återföring av matjord överst bedöms krävas till stor del.  |
| In/utlopp                             | Öppet dike vidgas till långsträckt "våtmark" eller så kallat 2-stegsdike, genom schakt. Utlopp öppet, med viss strypning men inte så kapacitet begränsas jämfört med anvisat i dikningsföretag.   |
| Schakt                                | Minst ca 2500 m <sup>3</sup> om man vill få ett å-plan som snabbt aktiveras vid stigande flöden. Effektiv schakthantering utan transporter förutsätts.  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Slänter bör göras med viss variation för att få det nya flackare vattenområdet att se så naturligt ut som möjligt. Ett stort å-plan där vattnet kan bereda ut sig direkt när vattnet stiger över lågvattenföring är viktigt för funktionen. |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 250 000 kr   |

## 7. Hamrarna, stora våtmarker på invallad åkermark



|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fastighet                             | Alvesta 12:1, 12:3, 12:4 och 12:5 (ägare privat)   |
| Omfattning, yta                       | 2,60 – 4,14 ha beroende på flöde   |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Ilabäcken, över 600 ha varav ca 125 ha åkermark och kanske 125 ha bebyggelse och vägar. I övrigt mestadels skogsmark.  |
| Markanvändning idag                   | Åkermark   |
| Nytta näringsrening                   | Mycket stor nytta. Relativt hög andel åkermark och mycket dagvattnen. Stora grunda ytor som kan bli mycket effektiva och uppehållstiden relativt lång trots stor hydraulisk belastning (kan begränsas vid inlopp).   |
| Nytta biologisk mångfald              | Extremt stor potential för inte minst fågelliv genom den stora flacka ytan. Betesskötsel allra mest gynnsamt för biologisk mångfald sannolikt.   |
| Nytta övrigt                          | Unikt läge för tätortsnära rekreation i kombination med en multifunktionell våtmark. Stor vattenhushållande och flödesutjämnande potential. Kraftigt reducerade driftskostnader för pumpning.  |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark tas i anspråk och området bör egentligen ställas om till betesmark. Dikningsföretag (Salens sjösänkingsföretag 1918/1925) berörs och måste omprövas. Eventuella fiskintressen i diket ska utredas, preliminärt bedöms konflikten som liten då diket på den aktuella sträckan är rätad och har väldigt begränsat fall. Uppströms finns kulverterade sektioner.  |
| Prövningsbehov                        | Strandskyddsdispens<br>Eventuellt dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike<br>Tillståndsprövas som ny vattenanläggning och dikningsföretaget omprövas (våtmarken blir över 5 ha), Mark & Miljödomstolen, Växjö  |
| Planering av fyllnad                  | Utjämnas på angränsande åkermark. Viss kompletterande invallning/markhöjning kring utloppet krävs.   |
| In/utlopp                             | Vatten leds av från befintligt dike via rör men med ambition att leda så mycket vatten som möjligt till våtmarkerna. Någon klack/dämning i diket bör göras för styrning av vatten mot våtmarkerna. Utlopp anläggs öppet eller via brunn beroende på önskemål kring kapacitet och fisktillgänglighet. Viss vattenståndsvariation ska tillåtas genom utloppets konstruktion. Tömningsmöjlighet bör introduceras via separat brunn med rör till det vidgade diket där pump kan användas för att lyfta vattnet ut till Hjortsbergaån. Flödet bör också enkelt kunna stängas vid inloppet.    |
| Schakt                                | Ca 25 000 m <sup>3</sup> rekommenderas för att bana av de översta 25-30 cm matjord som annars initialt kan ge läckage av fosfor vid dämning. Det ska också räcka till att skapa en del djupare partier så en mer permanent vattenyta kan bibehållas även om våtmarken tillåts sänkas av ett par dm vid låg vattenföring. Mer schakt kan tillföras beroende på önskemål om mer klarvattenytor. Skötsel med betesdjur eller strikt årlig slätter efter avsänkning medger att mycket grunda vattenområden, effektiva för avskiljning av fosfor och kväve kan bibehållas utan att växa igen. |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Anpassas till befintlig topografi, d v s mycket flacka slänter. Maxdjup kring 0,8 m och medeldjup kring 0,2-0,3 m beroende på vattenstånd (lägre medeldjup vid höga flöden). Ö/grundområde föreslås med krön på 0-10 cm under högvattennivån (befintlig mark sparas) på flera ställen, minst ett par som omgärdas av permanent vatten (ej illustrerat). Vattennivå ca 144.20 vid högvatten (RH2000).   |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 1 500 000 kr  |

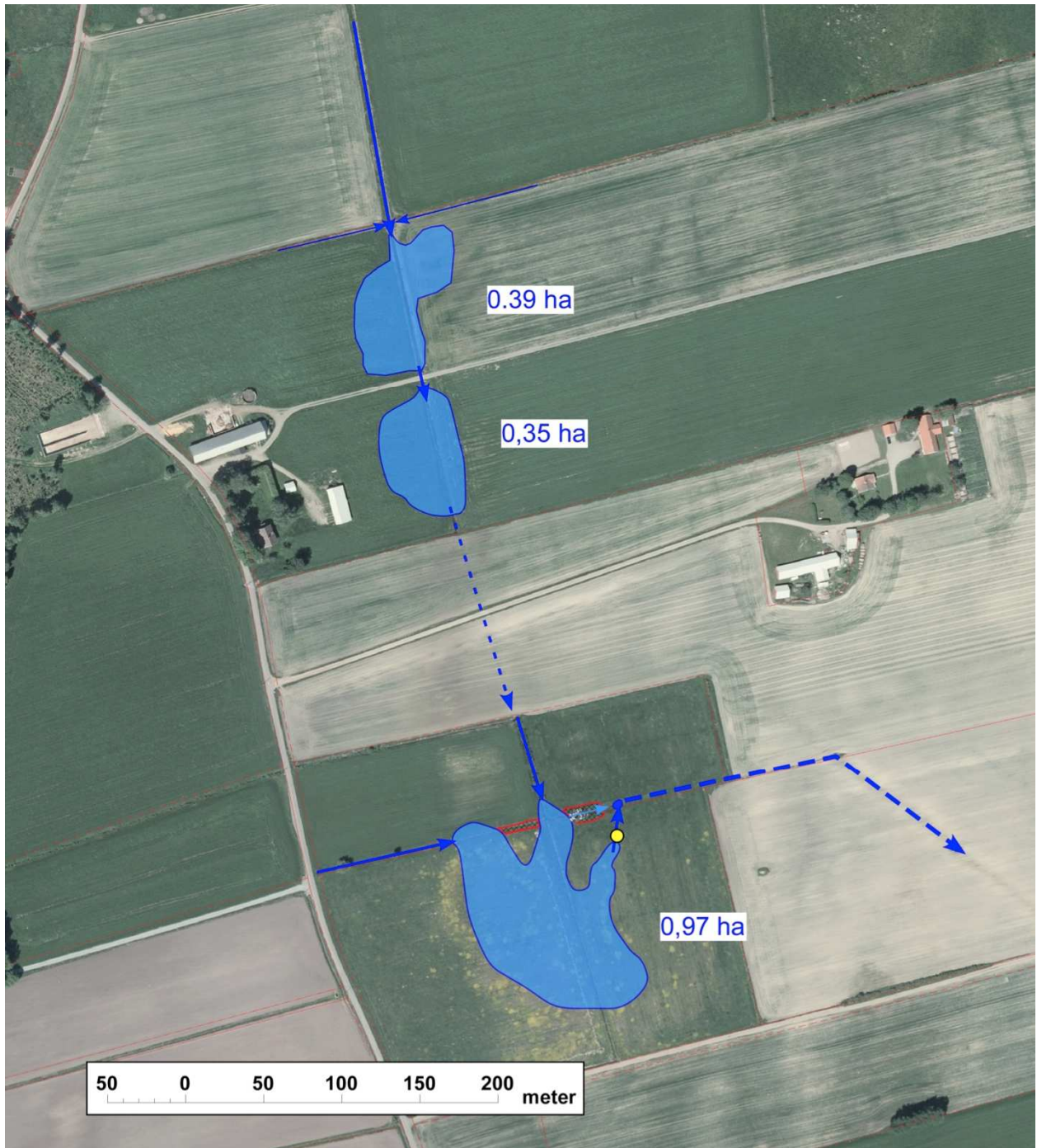
## 8. Öster Billagården, våtmark för näringsrening





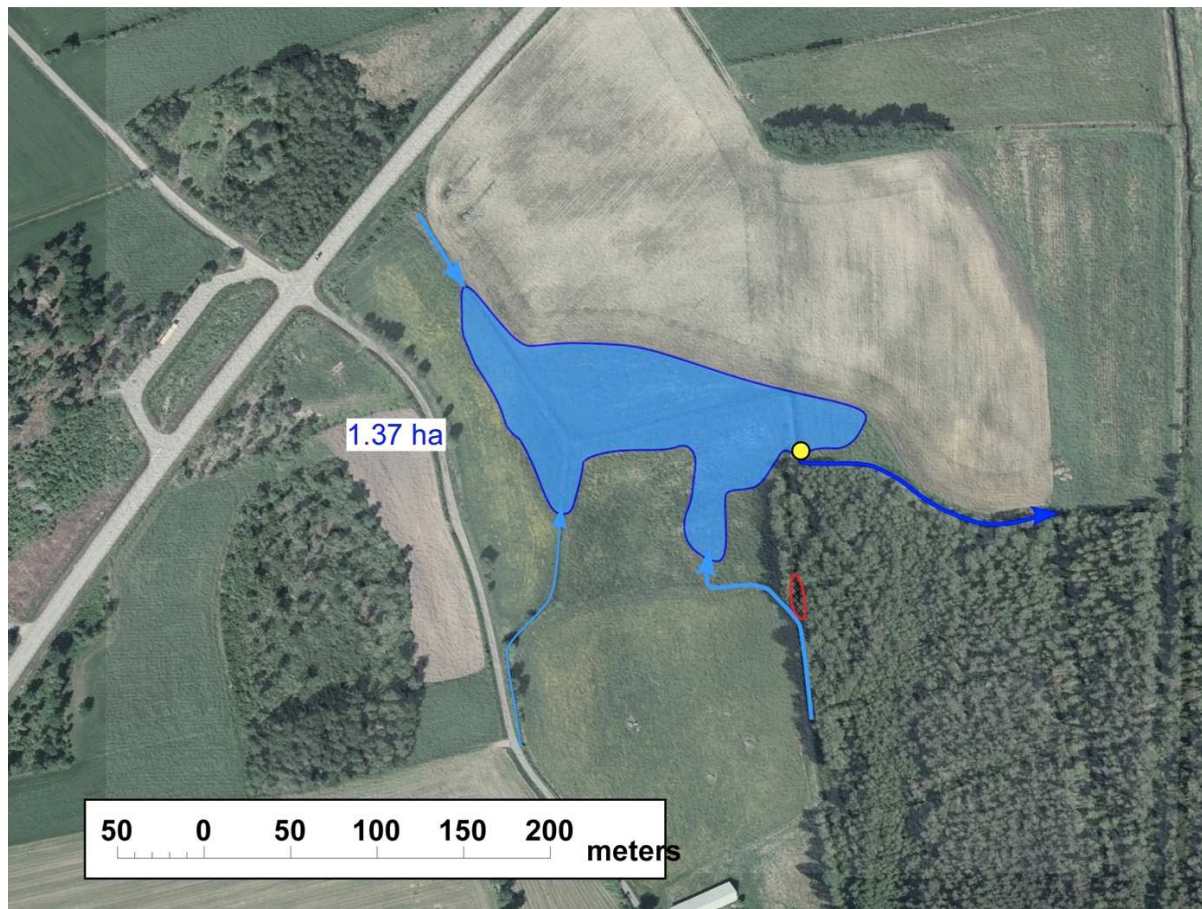
|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Fastighet                             | Benestad 28:15 (ägare privat)   |
| Omfattning, yta                       | Ca 1.30 ha vid högvatten  |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Benestadsbäcken, ca 300 ha varav dryga 200 ha åkermark. I övrigt mestadels skogsmark, gårdsbebyggelse och impediment.   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark  |
| Nytta näringsrening                   | Mycket stor nytta. Mycket hög andel åkermark. Belägen längst ned i Benestadsbäcken som är mycket högbelastad.   |
| Nytta biologisk mångfald              | Stor potential för fågelliv exempelvis.   |
| Nytta övrigt                          | Relativt svårbrukad yta idag som kostnadsmässigt kan vara bättre att omställa till våtmark. Tämligen välbesökt område av fågelskådare.  |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark tas i anspråk. Dikningsföretag (Salens sjösänkingsföretag 1918/1925) berörs och måste eventuellt omprövas, lite beroende på om man bestämmer sig för att göra ingrepp i den tillståndsgivna utformningen av diket. Eventuella fiskintressen i diket kan behöva bedömas preliminärt bedöms konflikten som liten då diket på den aktuella sträckan är rätad och har väldigt begränsat fall. Uppströms finns mestadels diken med mjukbotten. |
| Prövningsbehov                        | Strandskyddsdispens<br>Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike<br>Anmälan vattenverksamhet (kan sannolikt prövas som anläggning av våtmark under 5 ha)  |
| Planering av fyllnad                  | Utjämnas på angränsande åkermark.   |
| In/utlopp                             | Inlopp via öppet dike, eventuellt kan man låta bli att leda in hela flödet vid vissa flödessituationer. Utlopp förslagsvis öppet samt reglerbart via brunn för avsänkning.  |
| Schakt                                | Ca 10-12 000 m <sup>3</sup>   |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Anpassas till befintlig topografi, d v s flacka slänter men under planerad vattennivå kan något brantare slänter accepteras för att optimera vattenvolymen i vissa delar. Maxdjup kring 1,5 m och medeldjup kring 0,5 m. Grundområde föreslås med krön på ca 20 cm under högvattennivån för flödesspridning och optimering av rening, samt en ö med krön max 10 cm över planerad vattennivå för att gynna fågelliv. Vattennivå ca 142.10 (RH2000).      |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 700 000 kr   |

## 9-10. Brittesgården, våtmarker för näringsrening



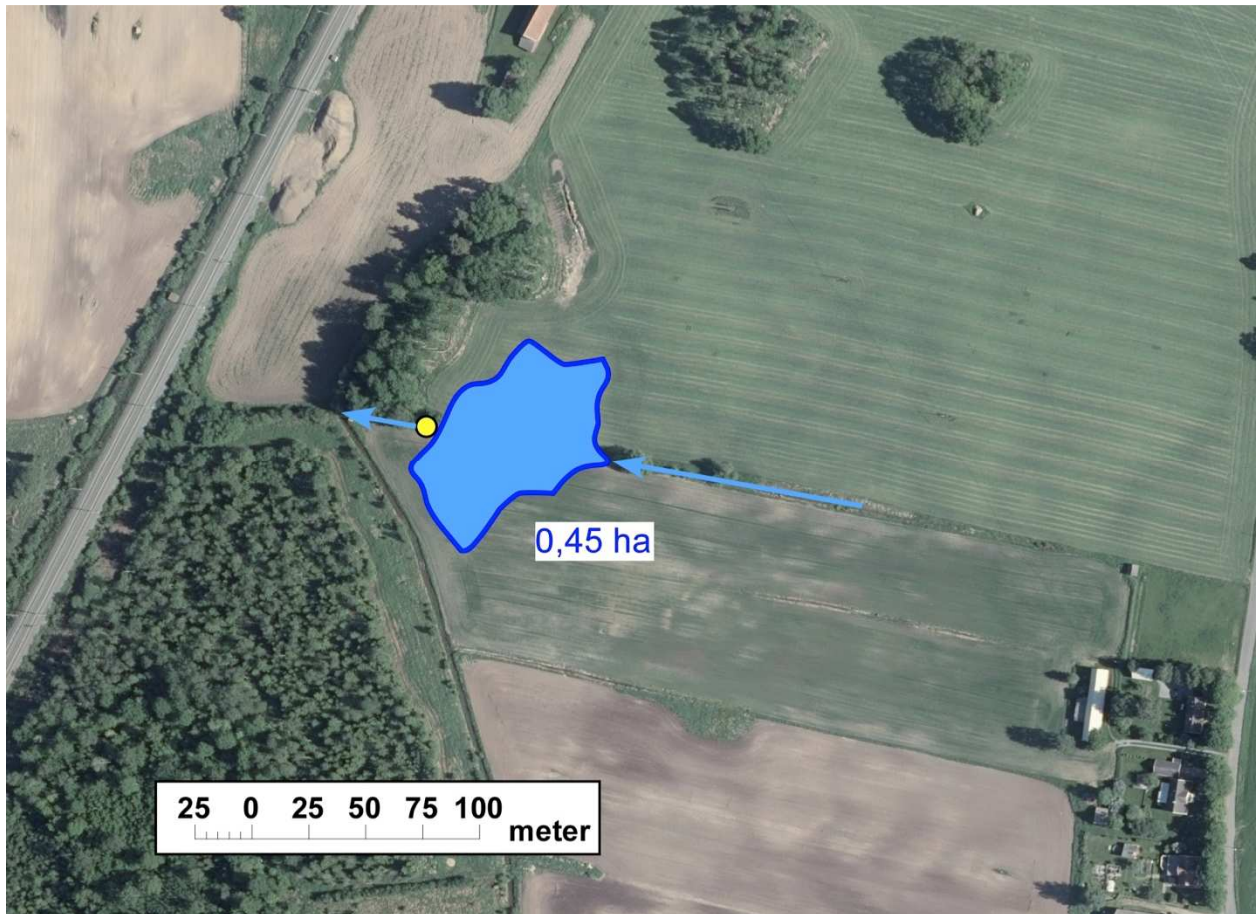
|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Fastighet                             | Nr 9 - Benestad 28:15, Nr 10 – Benestad 22:12 (ägare privat)  |
| Omfattning, yta                       | Nr 9 - 0,39 & 0,35 ha samt nr 10 - 0,97 ha  |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Benestadsbäcken, ca 50-75 ha varav ca 75 % åkermark. I övrigt skogsmark, gårdsbebyggelse etc.   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark  |
| Nytta näringsrening                   | Stor nytta. Mycket hög andel åkermark.  |
| Nytta biologisk mångfald              | Stor potential för biologisk mångfald, bör kunna hållas fiskfria.   |
| Nytta övrigt                          | Nr 10 relativt svårbrukad yta idag som kostnadsmässigt kan vara bättre att omställa till våtmark. Tämmligen välbesökt område av fågelskådare.   |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark tas i anspråk. Dikningsföretag (Salens sjösänkingsföretag 1918/1925) berörs och måste omprövas avseende de två våtmarkerna i norr (nr 9), mer osäkert om det krävs avseende den södra (nr 10) eftersom den inte direkt ligger i den tillståndsgivna dikesträckningen.   |
| Prövningsbehov                        | Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike   |
| Planering av fyllnad                  | Anmälan vattenverksamhet (anläggning av våtmark under 5 ha)   |
| In/utlopp                             | Utjämnas på angränsande åkermark, till viss del krävs avbaning före fyllnad och sedan återföring av matjord.  |
| Schakt                                | Inlopp via öppet dike. Utlopp förslagsvis reglerbart via brunn men om inte någon dämning kan åstadkommas krävs det inte.  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Nr 9 ca 8-10 000 m <sup>3</sup> , antagligen ingen eller obetydlig dämningmöjlighet. Nr 10 Ca 10-15 000 m <sup>3</sup> om hela flödet ska tas in utan dämning. Eventuellt kan det vara ett alternativ att endast ta in lokalt tillkommande dräneringar och dämna en del istället.   |
| Kostnadsbedömning                     | Flacka slänter, 1:6 i medeltal, men vattnet kommer hamna en bit under markytan vilket gör att riktigt flacka slänter kräver mycket stor yta. Under förväntat normalt vattenstånd kan något brantare slänter accepteras för att optimera vattenvolymen i vissa delar. Viktigt att utforma slänter med viss variation så det inte ser för konstgjort ut. Maxdjup kring 0,8 m och medeldjup kring 0,3 m. Vattennivå i nr 9 ca 143.00 (RH2000). Vattennivå i nr 10 ca 143.80. |
|                                       | Drygt 600 000 kr vardera om ingen dämning kan introduceras.   |

## 11. Offfagården, våtmark för näringsrening och mångfald



|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Fastighet                             | Benestad 28:9 (ägare privat)  |
| Omfattning, yta                       | 1.37 ha   |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Benestadsbäcken, troligen minst 75 ha varav ca 50 % åkermark. I övrigt mest skogsmark, väg 126 etc.   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark, dike  |
| Nytta näringsrening                   | Stor nytta. Hög andel åkermark.   |
| Nytta biologisk mångfald              | Stor potential för biologisk mångfald, kan antagligen hållas fiskfri (särskilt viktigt för t ex insekter och groddjur) och relativt stor yta gör våtmarken intressant för fågellivet. |
| Nytta övrigt                          | Ligger sannolikt som träda/vall idag, kan kostnadsmissigt vara bättre att omställa till våtmark. Tämligen lättillgänglig plats nära väg, tilltalande för allmänheten.                 |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark tas i anspråk och gränsar till ytan. Markhöjning och anpassning av dräneringssystem kan behövas på angränsande mark.  |
| Prövningsbehov                        | Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike   |
| Planering av fyllnad                  | Anmälan vattenverksamhet (anläggning av våtmark under 5 ha)   |
| In/utlopp                             | Utjämnas på angränsande åkermark, mestadels matjord.<br>Inlopp via öppna diken. Utlopp förslagsvis reglerbart via brunn eftersom en påtaglig dämning bedöms kunna göras.              |
| Schakt                                | Ca 5000 m <sup>3</sup> med åtminstone matjordslagret avbanat och en del anpassningar för ökad volym.  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Flacka slänter, anpassade till omgivande mark. Maxdjup kring 1,2 m och medeldjup kring 0,5 m. Dämningsnivå max ca 143.70.   |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 350 000 kr   |

## 12. Åkesgården, våtmark för näringsrening och mångfald



|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fastighet                             | Benestad 21:6 & 28:10 (ägare privat)   |
| Omfattning, yta                       | 0,45 ha  |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Mynnar senare i Benestadsbäcken, 5-7 ha åkermark   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark, dike   |
| Nytta näringsrening                   | God nytta. Hög andel åkermark.   |
| Nytta biologisk mångfald              | Stor potential för biologisk mångfald, kan antagligen hållas fiskfri (särskilt viktigt för t ex insekter och groddjur).                            |
| Nytta övrigt                          | -  |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark tas i anspråk. Dämning uppströms i diket påverkar snabbt stora ytor, litet fall. Omfattas av dikningsföretag, Benestad 1940          |
| Prövningsbehov                        | Dispens för intrång i biotopskydd, öppet dike  |
| Planering av fyllnad                  | Anmälan vattenverksamhet (anläggning av våtmark under 5 ha)<br>Utjämnas på angränsande åkermark, mestadels matjord men en del avbaning kan krävas. |
| In/utlopp                             | Inlopp via öppet dike. Utlopp förslagsvis reglerbart via brunn men dämningmöjlighet osäker.  |
| Schakt                                | Ca 4000 m <sup>3</sup>   |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Flacka slänter, anpassade till omgivande mark. Maxdjup kring 1,2 m och medeldjup kring 0,4 m. Dämningsnivå max ca 143.20.                          |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 300 000 kr  |

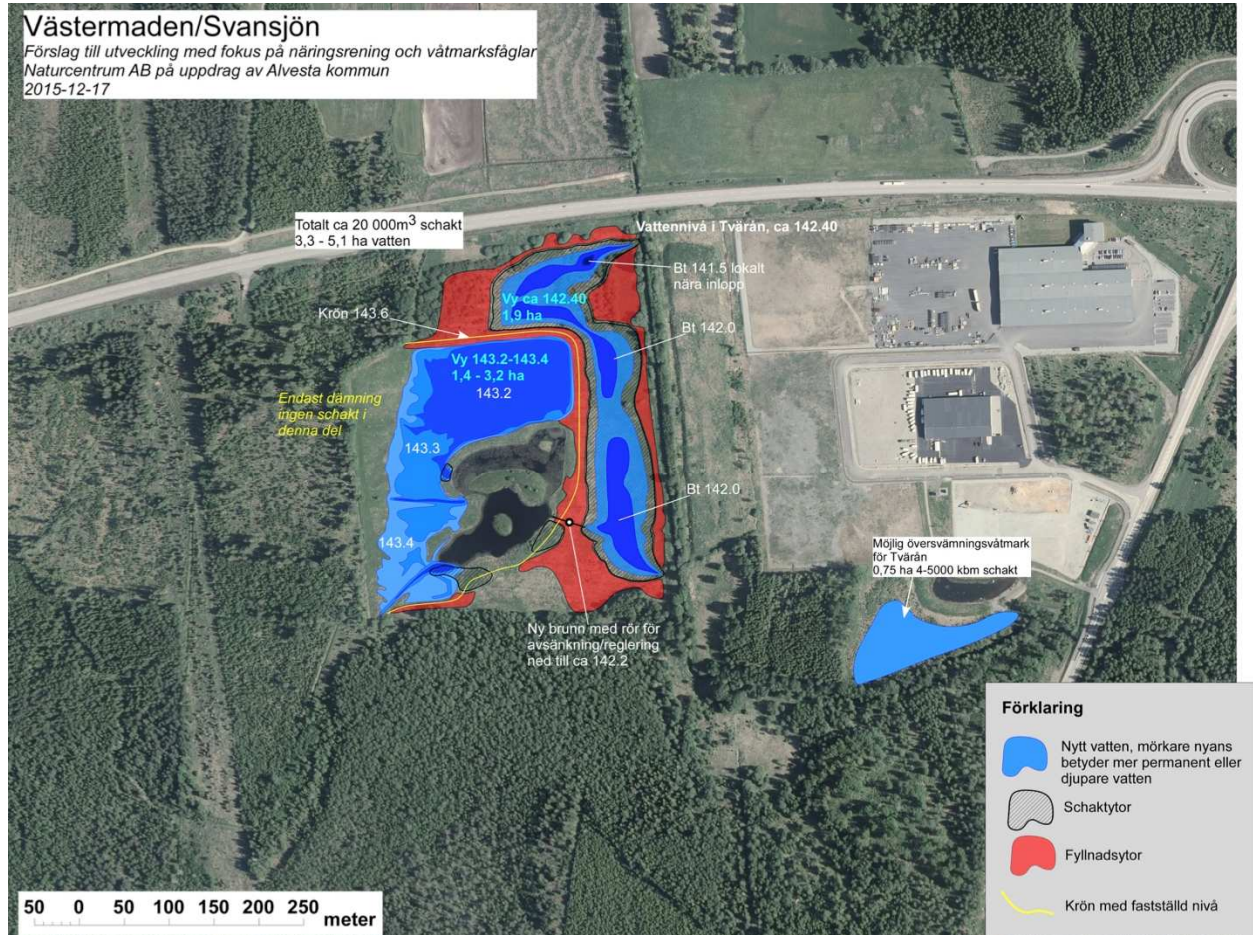




## **BILAGA 4**

### **Åtgärdsförslag Västmaden & Engaholm**

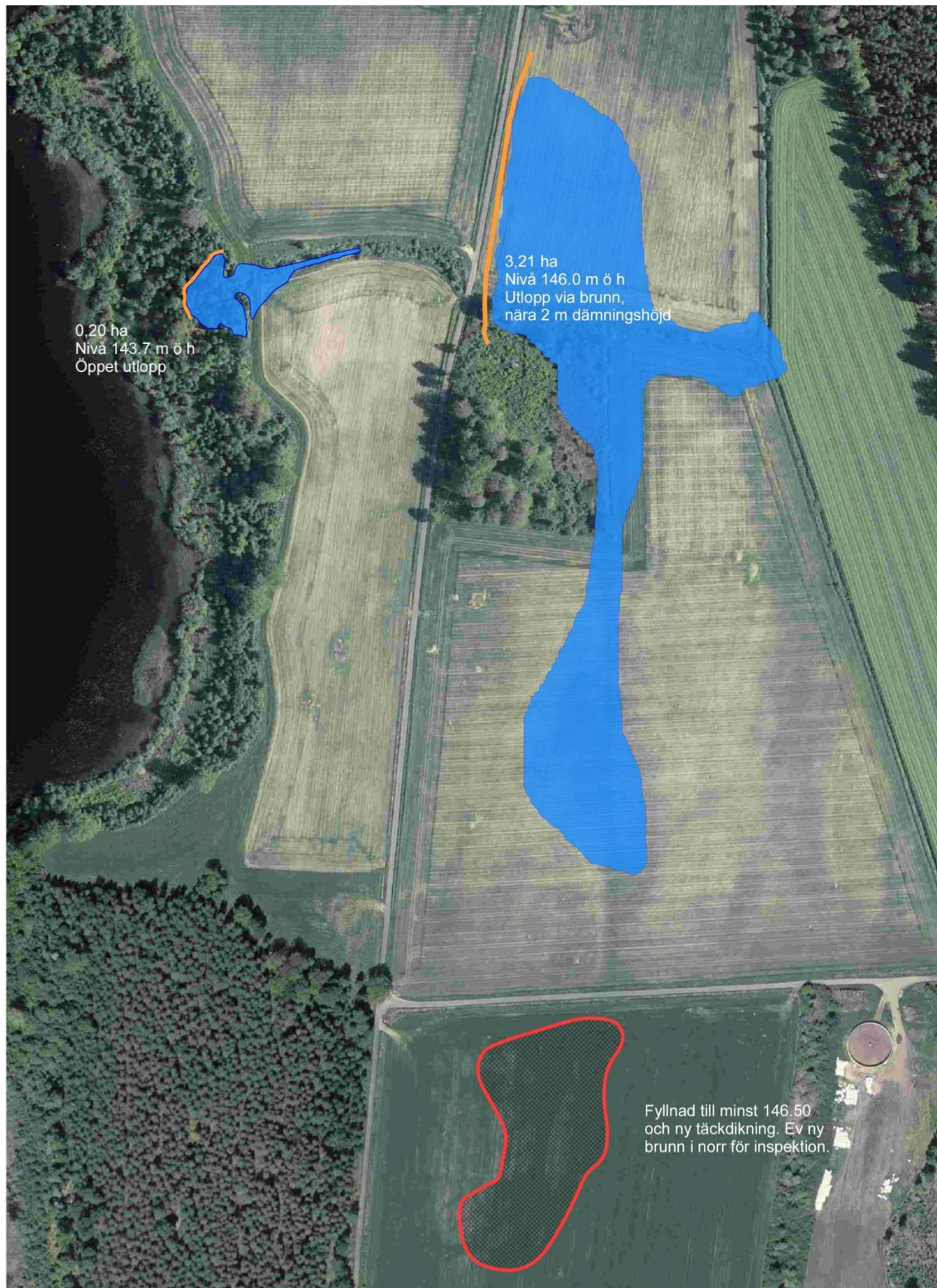
## Västermaden (Svansjön), Våtmarksförslag utformat för biologisk mångfald och näringsrening



**Fältbesökt tillsammans med Lennart Svahn 2015-08-13**

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Fastighet                             | Alvesta 15:1 (ägare Alvesta kommun)   |
| Omfattning, yta                       | 3,2, 1,9 respektive 0,75 ha i de tre olika ytorna vid högvatten   |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Delflöde från Tvärån – Delområdes ID 631378-142253, mynnar i Lekarydsån. Totalt ca 7400 ha varav 1250 ha jordbruksmark (VISS, Vattenkartan). Tvärån omedelbart öster om Västermaden ingår i Salens sjösänkingsföretag. Svansjön har sin nuvarande utformning efter beslut av Länsstyrelsen Kronoberg län. |
| Markanvändning idag                   | Mestadels öppen mark, ej jordbruksmark. Delvis befintlig våtmark.   |
| Nytta näringsrening                   | Tvärån är relativt högbelastad vilket gör att intag av ett delflöde är intressant. Utjämningsmagasin för dagvatten i öster kan också vara intressant ur reningssynpunkt i viss mån. Dämningen kring den befintliga våtmarken bedöms inte bidra påtagligt till näringsrening.                              |
| Nytta biologisk mångfald              | Stor potential för t ex fågelliv. Stor variation av våtmarksmiljöer på liten yta kommer gynna många olika djur och växter.  |
| Nytta övrigt                          | Intressant för tätortsnära rekreation. Befintlig våtmark besöks av skolklasser och fågelskådare.  |
| Hänsynsbehov                          | Avledning av vatten från Tvärån ska göras med hänsyn till fisk. Hänsyn till befintlig våtmark. Närhet till väg 25 kan motivera bullervall om träd ska tas ner. Tillgänglighet bör förenklas. Närhet till detaljplanerat område.   |
| Prövningsbehov                        | Strandskyddsdispens (om det inte är undantaget i detaljplan). Dispens för dämning av befintlig våtmark och diken (biotopskydd)<br>Anmälan vattenverksamhet (våtmark under 5 ha) Samråd har gjorts med Länsstyrelsen för liknande åtgärd tidigare men rekommendationen är att göra en ny anmälan.          |
| Planering av fyllnad                  | Se ritning  |
| In/utlopp                             | Se ritning  |
| Schakt                                | Se ritning  |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Se ritning  |
| Kostnadsbedömning                     | Ca 1 000 000 kr   |

## Engaholm, Våtmark och dikesanpassning för näringsrening



**Fältbesökt 2016-06-23 tillsammans med markägaren**

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Fastighet                             | Engaholm 1:1 (ägare Anders Koskull)  |
| Omfattning, yta                       | Ca 0,20 ha, ytterligare dikesvidgning kan göras direkt uppströms. Notera att avseende den stora ytan i SO har avstämning med markägare och arrendator klarlagt att denna yta <b>inte är aktuell</b> . Redovisning avser nedan det västra mindre läget om inget annat anges. Det stora läget uppgår till 3,2 ha och kan skapas till betydande del genom dämning.  |
| Tillrinningsområde och andel åkermark | Ca 50-tal hektar åkermark och betydligt mer skog   |
| Markanvändning idag                   | Åkermark, dike samt strandskog närmast sjön  |
| Nytta näringsrening                   | God nytta. Tämligen mycket åkermark i tillrinningsområdet och angeläget med åtgärd innan diket mynnar i Salen.   |
| Nytta biologisk mångfald              | Sammantaget positivt om man gör anpassningar så t ex inga äldre ekar tas ned i strandskogen. Det stora alternativet hade varit extremt värdefullt för biologisk mångfald, t ex fågelliv.   |
| Nytta övrigt                          | -  |
| Hänsynsbehov                          | Jordbruksmark tas i anspråk endast i begränsad omfattning (lilla västra förslaget). Viss dämning möjlig närmast sjön, uppströms är systemet mycket flackt mot söder vilket gör att det stora alternativet kräver att mycket jordbruksmark tas ur produktion. Diket var uttorkat i juni/juli 2016 men har annars bitvis hårdbotten och kan ha vissa förutsättningar för fisk/strömvattenlevande fauna. Inget dikningsföretag! |
| Prövningsbehov                        | Strandskydd samt biotopskyddsdispens.  |
| Planering av fyllnad                  | Anmälan vattenverksamhet (anläggning av våtmark under 5 ha) Utjämnas flackt på angränsande åkermark, en del avbaning kan krävas.   |
| In/utlopp                             | Inlopp via öppet dike. Utlopp förslagsvis öppet och passerbart stenförstärkt överfall. Eventuellt kompletterat med brunn/rör för avsänkning.   |
| Schakt                                | Ca 1000 m <sup>3</sup> . Den stora ytan skulle kräva 5-6000 m <sup>3</sup> men då får man väldigt mycket vattenyta för pengarna.   |
| Utformning (slänter, djup etc.)       | Varierade slänter, i ytan närmast sjön flack invallning och schakt med slänter på 1:8 eller flackare. I diket 1:3 till 1:6 med optimering av att öka tillgänglig volym snabbt när vattennivån stiger i diket. Maxdjup kring 1,2 m och medeldjup kring 0,5 m. Dämningsnivå max ca 143.70.   |
| Kostnadsbedömning                     | Med ca 1000 kbm schakt (lilla västra ytan) ca 60-80 000 kr i entreprenad med öppet passerbart stenförstärkt utlopp. Projektering eller andra konsulttjänster ej inräknade. Man kan med fördel utöka schakt och skapa mer dikesvidgning en bit uppströms.   |





# Vi är med i hela kedjan – från planering till åtgärd

*Det här gör vi:*

## Utformar

- Egenkontrollprogram
- Provtagningsprogram
- Larmgränser
- Aktionsgränser

## Genomför

- Provtagningar av vatten och sediment
- Källspårningsprovtagningar i avloppssystem
- Lokalisering av lämpliga provtagningspunkter
- Kemiska, mikrobiologiska och biologiska analyser
- Analys av analysdata, sammanställningar, trendanalyser

## Föreslår åtgärder

- Förändringar i kontrollprogram
- Förändring av provpunkter
- Förändring av analysomfattning
- Förändring av processkontroll



## Bollplank

- Tillståndsprövningar/ansökningar
- Myndighetskontakter



## ALcontrol Laboratories

### Huvudkontor:

ALcontrol AB  
Box 1083  
581 10 LINKÖPING

Telefon: 013-25 49 00

Fax: 013-12 17 28

Hemsida: [www.alcontrol.se](http://www.alcontrol.se)