

Slutrapport LOVA-projekt

Fosforåtgärder och mätuppföljning i Tullstorpsån



November 2014

Sam Ekstrand Tony Persson Rune Bergström

WEREC Water Ecosystem Recovery AB

Innehållsförteckning

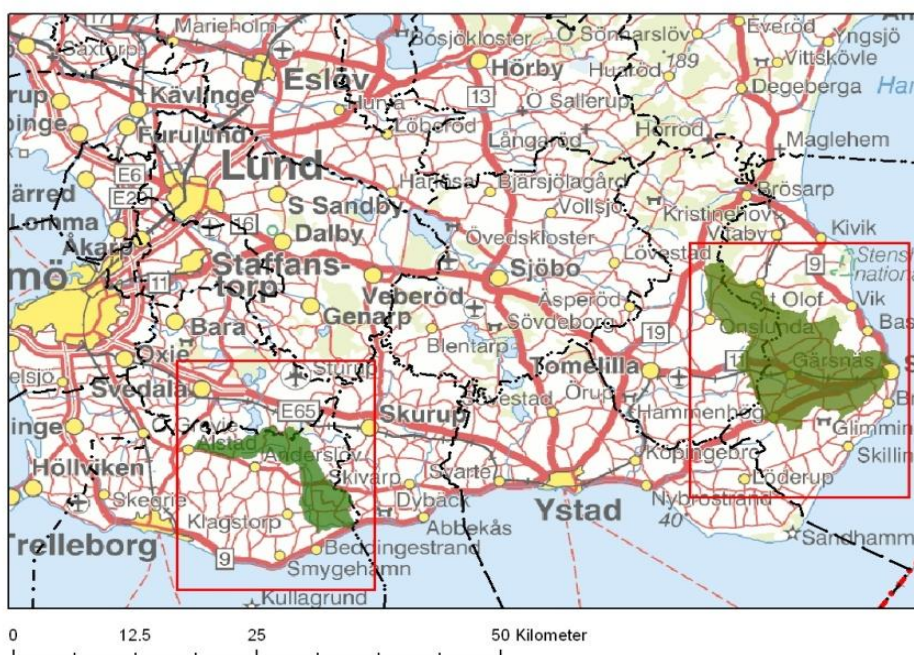
1. Introduktion	2
2. Målsättning	3
3 Mätningar.....	4
3.1 Mätteknik.....	4
3.2 Mätresultat.....	8
3.2.1 Data från mätstationerna	8
3.2.2 Synoptiska mätningar	11
4 Åtgärdsinstallationer.....	15
4.1 Kalkfilterbädd vid Börringe Mad	15
4.1.1 Bakgrund	15
4.1.2 Genomförande	16
4.1.3 Drift	22
4.2 Kalkfilterbädd vid Stora Markie	23
4.2.1 Bakgrund	23
4.2.2 Genomförande	24
4.2.3 Drift	29
5. Kostnadssammanställning.....	29

1. Introduktion

Markägarna längs Tullstorpsån driver genom Tullstorpsån Ekonomisk förening vattenvårdsprojektet ”Tullstorpsåprojektet”. Projektet som tar ett helhetsgrepp om Tullstorpsåns avrinningsområde avser ta fram, pröva och genomföra lösningar och åtgärder som samlat skall ge en så stor reduktion av näringsläckaget från lantbruket till havsområdet som är möjligt.

De vattenundersökningar som genomförts i samband med Tullstorpsåprojektet visar på extremt höga fosforhalter. Genom att låta installera kalkfilterbäddar efter våtmarker kan en del av denna fosfor fångas upp. Mätningar möjliggör en utvärdering och uppföljning av genomförda åtgärder i Tullstorpsån. Då Tullstorpsåprojektet är ett pilotprojekt av nationellt intresse väntas effekterna av åtgärderna snabbt kunna spridas till företrädare för andra vattenförekomster med liknande problem.

Under 2010 startades projektet ”Fosfor- och kväveåtgärder i jordbruket” med finansiering från Naturvårdsverket. Projektets budget var 3,2 milj kr. Syftet var att genomföra och utvärdera åtgärder i Tommarpsån och att stötta det pågående restaureringsprojektet i Tullstorpsån med mätresurser. Två automatiserade provtagningsstationer installerades i Tullstorpsån. Vid stationerna mättes fosfat, totalfosfor, nitrat och totalkväve. I projektet ingick också detaljmodellering av var och hur läckaget i de två åarna sker.



Figur 1: De två åarna som ingick i Naturvårdsverksprojektet, och deras geografiska läge; Tullstorpsån i väst med utlopp mellan Trelleborg och Ystad, och Tommarpsån i öst med utlopp i Simrishamn. Föreliggande LOVA-projekt kopplar till Tullstorpså-delen i Naturvårdsverksprojektet.

Hösten 2011 söktes LOVA-medel för installation av kalkfilter i Tullstorpsån och den 2 december 2011 fattade länsstyrelsen beslut att lämna bidrag om 620 000 kr till projektet.

Av medlen i Naturvårdsverksprojektet var 900 000 kr till Tullstorpsån. Av dessa återstod vid länsstyrelsens beslut oförbrukade 620.000 kr som matchade LOVA-bidraget. Inriktningen i Naturvårdsverksprojektet fokuserade för Tullstorpsån på utvärdering av åtgärdseffekter med mätningar och modellering. En LOVA-del som utökade de fosforinriktade åtgärdsinstallationerna i Tullstorpsån, passade därför mycket väl ihop med Naturvårdsverksprojektet.

Tullstorpsån domineras av åkermark, och har mycket höga till extremt höga utsläpp av kväve och fosfor. Avrinningsområdets storlek är 63 km². Tullstorpsån har öringförekomst och avsikten med de åtgärder som redan har genomförts, eller är planerade, är att förbättra biotoperna för öring och andra arter och samtidigt minska transporten av växtnäringssämnen till havet.

2. Målsättning

Kalkfilterinstallation

Projektets huvudmålsättning var att installera kalkfilter på två platser i Tullstorpsåns avrinningsområde, vid Börringe Mad och vid Stora Markie.

Vid St. Markie installeras ett kalkfilter med totalt 54 m³ filtermaterial. Filtret tar ett delflöde, ca 7 %, av Tullstorpsåns medelflöde på platsen. Det totala tillrinningsområdet vid St. Markie är 700 ha.

Vid Börringe Mad skulle enligt ansökan installeras ett kalkfilter med 18 m³ filtermaterial. Filtret har kapacitet att ta vatten från 24 ha tillrinningsområde. Börringe Mad har enligt markägaren ett tillrinningsområde på ca 150 ha.

Med de koncentrationer som föreligger förutsågs anläggningarna vid projektstart avskilja 30-50 kg fosfor per år.

Mätningar vid kalkfilteranläggningarna

Dikesfiltrens funktion skulle följas upp med manuell provtagning före och efter filtren vid 6-8 tillfällen per år under två år. Eftersom koncentrationerna i inkommande vatten stiger vid flödestoppar skulle provtagningstillfällena förläggas flexibelt, så att prover tas när flödestoppar inträffar. De parametrar som skulle mätas var fosfatfosfor och totalfosfor.

Målsättning för aktiviteter i det matchande Naturvårdsverksprojektet

I det matchande projektet hade vid LOVA-projektets start installation av två stationer med flödesproportionella mätningar redan utförts, liksom två av fyra synoptiska mätkampanjer. Budgeten för de arbetena ingår inte i den summa som matchar föreliggande LOVA-ansökan. De arbeten som matchar LOVA-projektet är:

- Drift, provinsamling och laboratorieanalyser för de två flödesproportionella mätstationerna under två år.
- Ytterligare två synoptiska mätkampanjer: Dessa genomförs för att få en förbättrad geografisk bild av utsläppen och för att geografiskt kunna prioritera åtgärder. Kampanjerna består av mätningar på 7-8 lokaler under en och samma dag.
- Modellering med SMHI:s HYPE: Modellen beräknar avrinningsområdets hydrologi samt läckaget av kväve och fosfor med så kallade Hydrological Response Units som minsta enhet. Dessa är i genomsnitt ca 100 ha stora. Modellen kan hantera detaljdata vad gäller jordbrukets brukningsmetoder. GIS-data om markanvändning, grödor (IAKS-data), terräng, jordarter, och vattendrag och meteorologi läggs in när modellerna sätts upp, liksom data om meteorologi, enskilda avlopp, punktkällor och regional statistik om brukningsmetoder vilken sedan förfinas med hjälp av insamlad lokal information.

För beräkning av åtgärdseffekter vid utloppet i havet krävs modellering av retention vilket ingår i HYPE. Modellresultaten skulle inkludera utsläppen av fosfor och kväve med hög geografisk upplösning och tidsupplösning på dygnsnivå, preliminärt för perioden 2006-2010. Effekten av utförda åtgärder byggs in i modelleringen under sista året och kommer att förbättra beräkningarna av åtgärdseffekter i framtida modellering i Tullstorpsån och andra vattendrag.

I projektets slutfas skulle mätresultaten utvärderas med avseende på effekter av åtgärderna. Beräkning av kostnadseffektivitet vid utloppet i havet för de genomförda åtgärderna, de två kalkfilterbäddarna, skulle utföras. Ett öppet slutseminarium skulle hållas för lokala intressenter, där resultaten presenteras.

3 Mätningar

Genomförandet har i stort sett följt den strategi som presenterades i ansökan, med vissa modifieringar, beroende på medelstillelningen eller praktiska hänsyn.

3.1 Mätteknik

De två mätstationerna vid Tullstorpsån installerades under 2011 av IVL. IVL genomförde också två synoptiska mätningarna under 2011. WEREC har sedan början av 2012 drivit stationerna i Tullstorpsåns avrinningsområde, belägna vid Jordberga sockerbruk och vid Kullåkra.

Stationerna är automatiserade och mätningarna har varit flödesstyrda under vissa perioder men tidsstyrda under huvuddelen av mätperioderna. Vattenprover har då tagits var 24:e eller var 48:e timme, under vissa perioder var 72:e timme, beroende på om perioden i fråga varit en högflödesperiod, till exempel på våren, eller en lågflödesperiod. Vid projektstarten var intentionen att mätningarna i huvudsak skulle vara flödesstyrda, men då SMHI inte

hade möjlighet att tidigt leverera flödesmätningar som skulle kalibrera mätstationernas vattennivågivare blev det nödvändigt att tidsstyra mätningarna istället. I annat fall skulle mätningarna skjutits fram alltför mycket.

Provtagaren i respektive mätstation innehåller 24 flaskor. Vid flödesproportionell provtagning tas ett prov när en viss mängd vatten passerat i ån. Frekvensen är satt så att prover ska tas 2-3 ggr per dygn vid toppflöden och en gång i veckan till varannan vecka vid lågflöden. Detta eftersom en stor del av fosfor- och kvävetransporten sker vid toppflöden. Vid tidstyrd provtagning tas ett prov vid ett fördefinierat tidsintervall, till exempel var 48:e timme. Flaskorna i provtagaren hämtades i genomsnitt var sjätte vecka, oftare om det har regnat mycket, och lagrades på IVL. De ansamlade proverna från de tre stationerna skickades för laboratorieanalys på ALS.



Figur 2: Den automatiska provtagare som används.

I projektets inledning gjordes en genomgång av tidigare mätprogram. Enligt dessa har Tullstorpsån övervägande extremt höga halter för fosfor, och höga till mycket kvävehalter (tidvis även extremt höga). Detta enligt Naturvårdsverkets gamla bedömningsgrunder (1999).

Den automatiska provtagningsutrustningen installerad av IVL den 7 juli 2011 vid Tullstorpsån uppströms bron vid gamla sockerbruket i Jordberga är av märket ISCO. El tas från pumphuset (Figur 3). Provtagaren styrs av en givare som registrerar vattenståndet i ån.

När provtagarens 24 flaskor är fulla hämtas de för transport till frysrum eller till laboratorium för analyser. Vattenproverna analyseras på totalfosfor, fosfatfosfor, totalkväve och nitratkväve.

SMHI installerade på samma plats en mobil flödesmättningsstation den 19 oktober 2011. IVLs nivågivare kalibreras till SMHI:s mätningar. För att mäta vattenståndet monterade SMHI s.k. Mini-Divers. De är tryckgivare av holländskt fabrikat och har av SMHI använts i några mindre projekt av begränsad omfattning. Loggerns längd är 90 mm och diametern är 22 mm så den ryms smidigt i smalt skyddsror. Denna givartyp kan lagra 24000 mätvärden. Eftersom vattendraget är litet och sjöandelen är ca 0 % bör insamlingsfrekvensen vara ganska hög så att snabba variationer kan observeras. Eftersom loggrarna mäter pelaren av vatten och luft som är ovanför måste mätvärdena korrigeras för variationer av lufttrycket. En sk Baro-Diver skall därför monteras i anslutning till någon av loggrarna.

Likadan provtagningsutrustning installerades av IVL ca 8 km uppströms i Tullstorpsån vid Kullåkra den 18 augusti 2011. SMHI har inte installerat utrustning där, eftersom utrustningen vid Sockerbruket bör kunna användas för kalibrering av även denna station. Anledningen till att placera två provtagningsstationer så pass nära varandra är att Tullstorpsåprojektet planerar omfattande åtgärder strax uppströms Kullåkra, vilka följs upp bäst av en station där. Tullstorpsåprojektet har sedan tidigare en automatiserad mätstation ca 10 km längre nedströms, nära mynningen vid havet. Denna station drivs av ALcontrol.



Figur 3: Mätstationen vid Sockerbruket



Figur 4: Mätstationen vid Kullåkra.



Figur 5: Provtagaren på de automatiserade mätstationerna står i en mindre container. Här stationen vid Kullåkra.



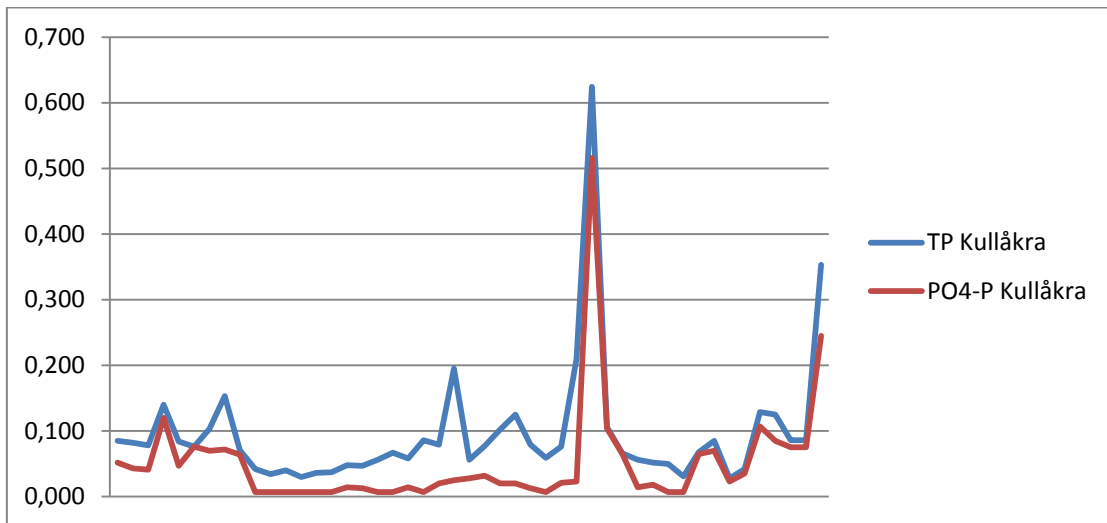
Figur 6: Tullstorpsån vid Jordberga sockerbruk. SMHI:s skyddsror med givare sett från västra stranden.

3.2 Mätresultat

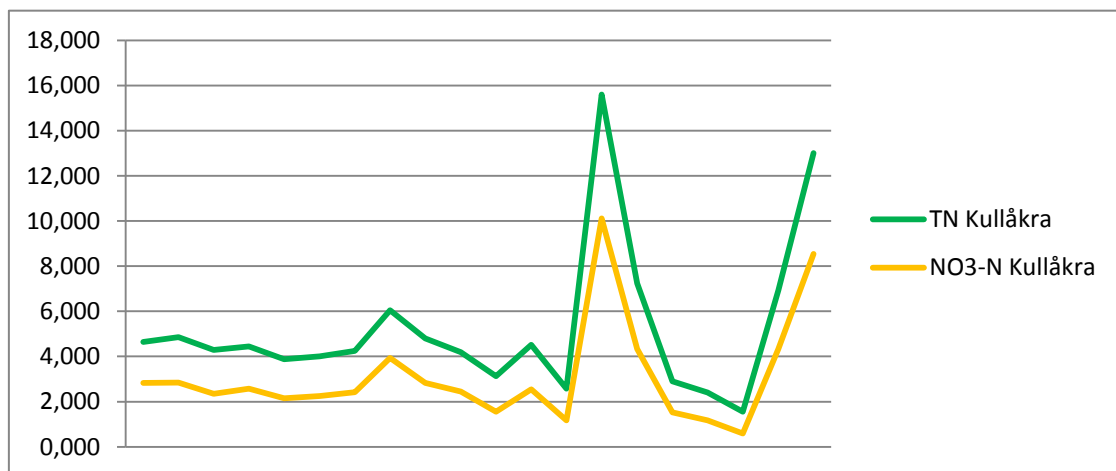
3.2.1 Data från mätstationerna

Mätningarna vid de automatiserade mätstationerna har som nämnts varit flödesstyrda under vissa perioder men tidsstyrda under huvuddelen av mätperioderna. Driften av mätstationerna har inte varit okomplicerad. Tekniken är komplicerad och avbrott på grund av fel i styrenheterna, mekaniska fel eller elavbrott har förekommit flera gånger under mätperioderna. Eftersom stationerna inte haft mobilt driftslarm har felen inte alltid uppmärksamats omgående, utan först vid nästa provhämtning. Vattenprover har då inte tagits sedan felet uppstod.

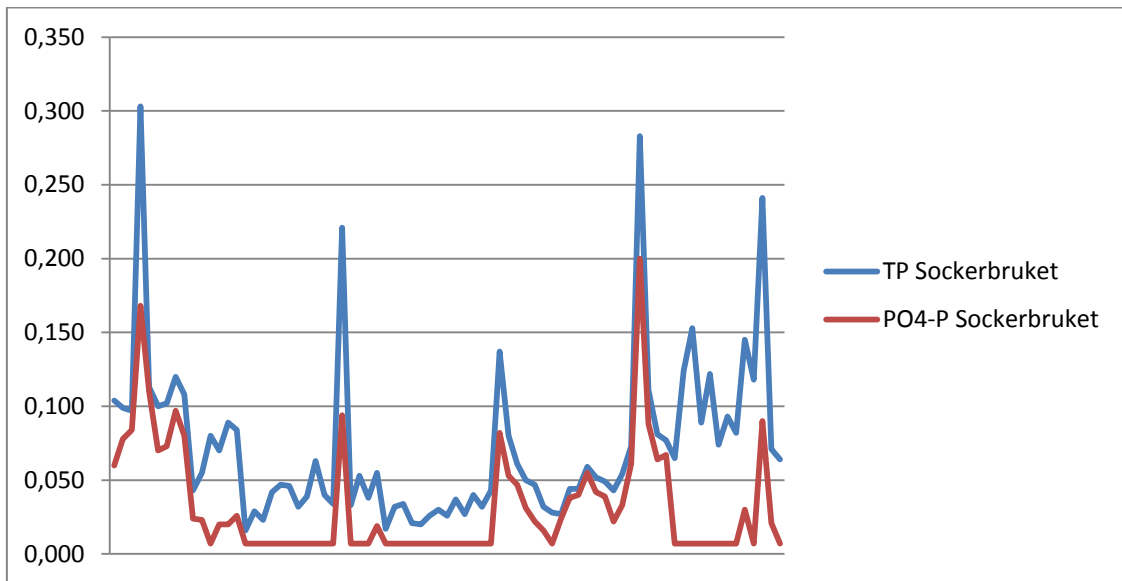
Detta till trots finns nu omfattande data för koncentrationsdynamiken med avseende på fosfor och kväve från de två stationerna. Materialet utgör ett underlag för det fortsatta arbetet med att reducera transporten av fosfor och kväve till havet.



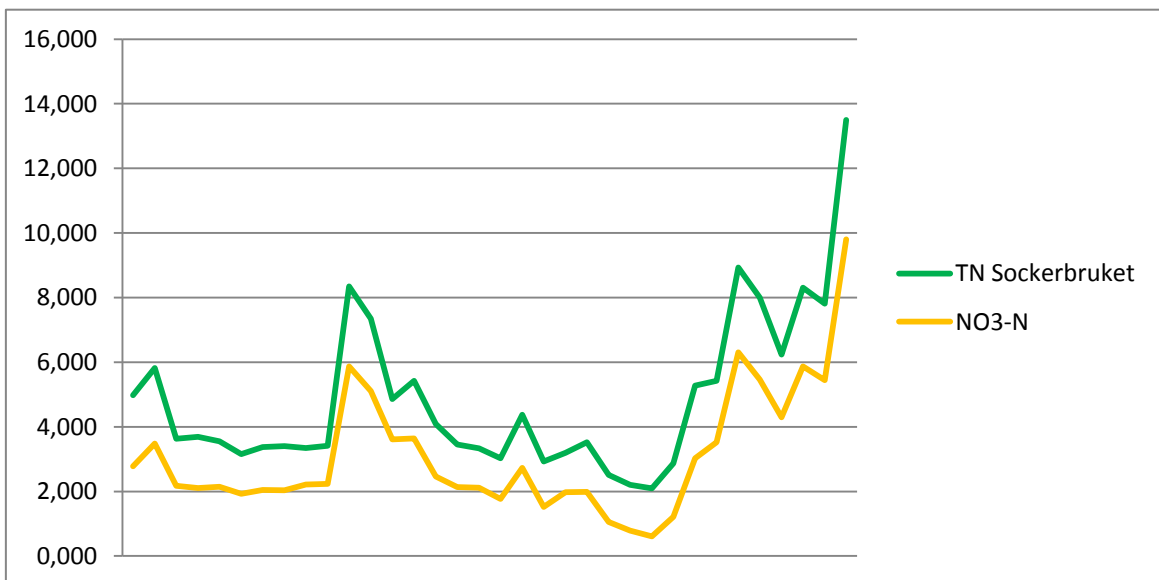
Figur 7; koncentrationerna av totalfosfor (TP) och fosfatfosfor (PO4-P) vid Kullåkra i Tullstorpsån under perioden 2011-08-18 till 2012-12-31. De två tydliga koncentrationstopparna inträffade dagarna runt 2012-10-16 och 2012-12-18.



Figur 8; koncentrationerna av totalkväve (TN) och nitratkväve (NO3-N) vid Kullåkra i Tullstorpsån under perioden 2011-08-18 till 2012-12-31. Kvävehalter är generellt mer stabila än fosforhalter och därför har vattenprover analyserats med avseende på kväve varannan vecka, inte oftare.



Figur 9; koncentrationerna av totalfosfor (TP) och fosfatfosfor (PO4-P) vid Sockerbruket i Tullstorpsån under perioden 2011-08-18 till 2012-12-31. Det kan noteras att fosfatfosforhalterna oftare ligger under detektionsgränsen vid Sockerbruket, och då ligger nära noll i figuren. Sockerbruket ligger ca 8 km nedströms Kullåkra.



Figur 10; koncentrationerna av totalkväve (TN) och nitratkväve (NO3-N) vid Sockerbruket i Tullstorpsån under perioden 2011-08-18 till 2012-12-31. Kvävehalter är generellt mer stabila än fosforhalter och därför har vattenprover analyserats med avseende på kväve varannan vecka.

Tabell 1: Medelvärden för stationerna vid Kullåkra och Sockerbruket.

	TP	PO4-P	TN	NO3-N
Medelvärde Kullåkra	0,096	0,051	5,26	3,12
Medelvärde Sockerbruket	0,073	0,032	4,86	3,10

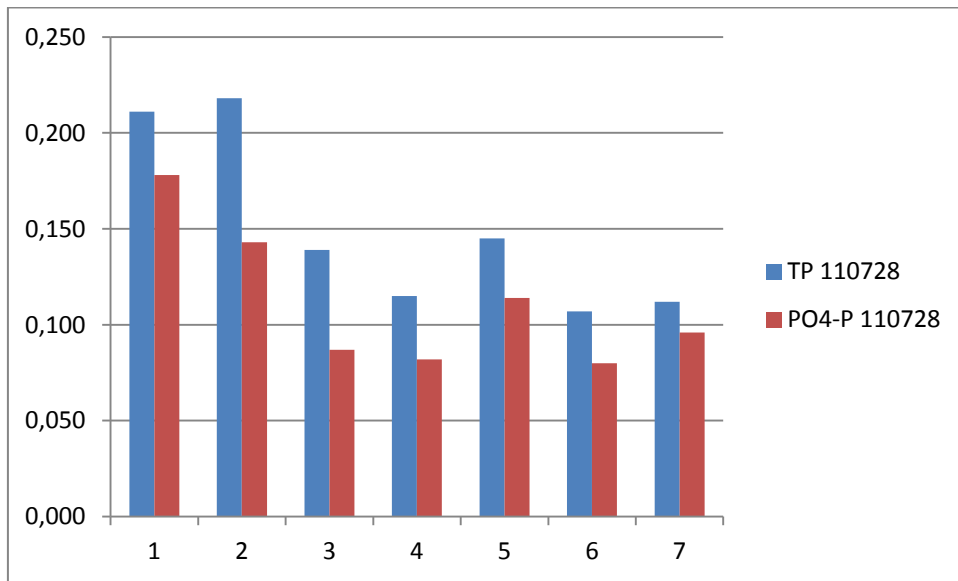
3.2.2 Synoptiska mätningar

Tidigare mätningar av näringsämnen i Tullstorpsån visar alltså på mycket höga till extremt höga halter för fosfor, och höga till mycket kvävehalter (tidvis även extremt höga). Bilden bekräftades av resultaten från de synoptiska provtagningarna i tillflöden och huvudfåran.

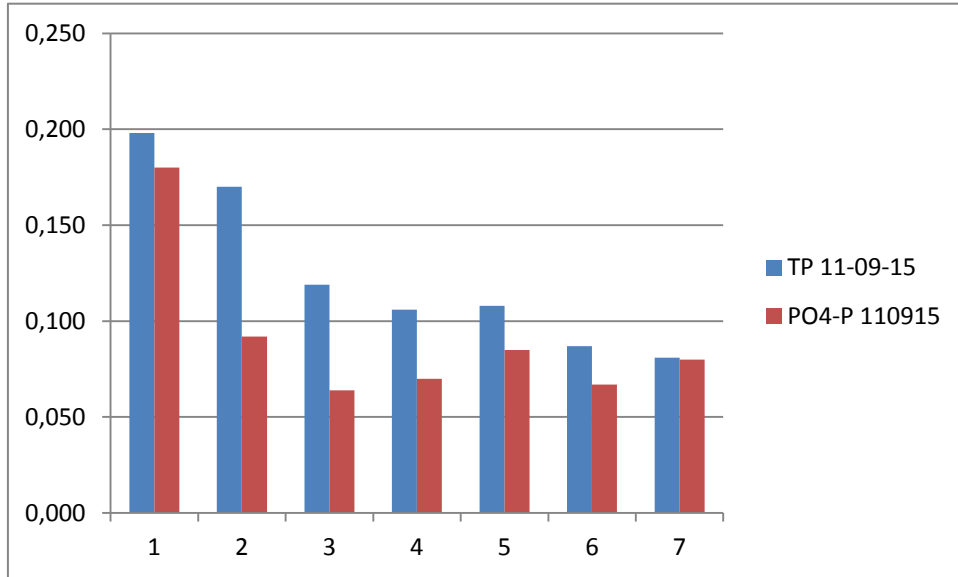
Synoptiska mätkampanjer, det vill säga inhämtning av vattenprover från flera platser under en och samma dag utfördes sommaren 2011 till våren 2012, vid fyra olika tillfällen. Antalet provpunkter var sju. Provpunkternas placering presenteras i figuren nedan.



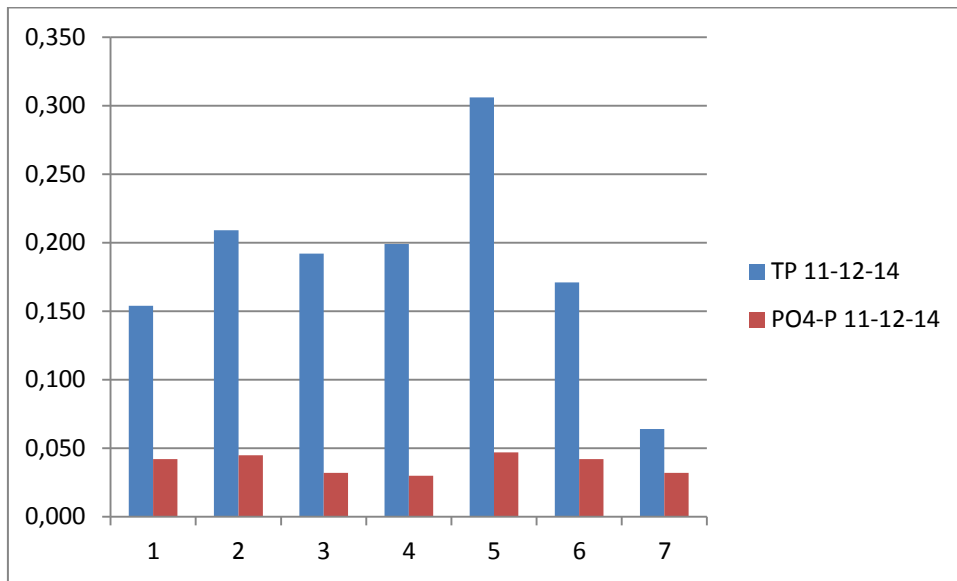
Figur 11: Under de synoptiska mätkampanjerna togs vattenprover vid de utmärkta punkterna. Bakgrundskarta från Tullstorpsåprojektets hemsida.



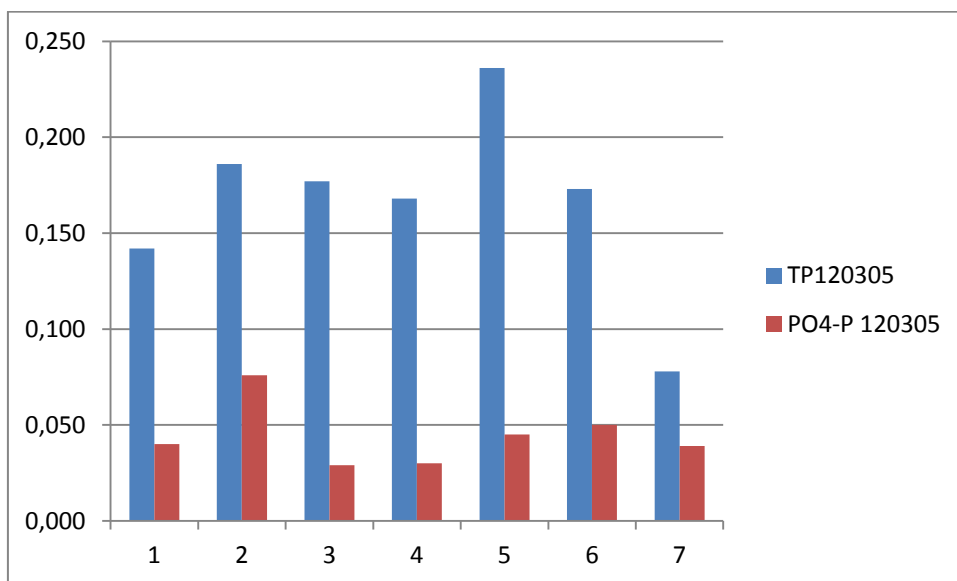
Figur 12: Resultat från synoptisk mätkampanj genomförd 2011-07-28 i Tullstorpsåns avrinningsområde. För provpunkternas lokalisering se figur 11. Provpunkt 1 ligger närmast mynningen och punkt 7 ligger längst upp i systemet.



Figur 13: Resultat från synoptisk mätkampanj genomförd 2011-09-15 i Tullstorpsåns avrinningsområde. För provpunkternas lokalisering se figur 11. Provpunkt 1 ligger närmast mynningen och punkt 7 ligger längst upp i systemet.



Figur 14: Resultat från synoptisk mätkampanj genomförd 2011-12-14 i Tullstorpsåns avrinningsområde. För provpunkternas placering se figur XX



Figur 15: Resultat från synoptisk mätkampanj genomförd 2012-03-05 i Tullstorpsåns avrinningsområde; Fosfor. För provpunkternas placering se figur XX.

Både mätningarna vid stationerna och resultaten från de synoptiska mätkampanjerna visar att andelen fosfatfosfor är hög under sommar och höst, men låg under vinter och tidig vår, då partikulärt fosfor dominerar. De synoptiska mätningarna visar dessutom att koncentrationerna ökar närmare mynningen. Detta är inte förvånande eftersom andelen skog är större längre uppströms. Just i Tullstorpsån är andelen skog dock inte så stor i de

delar som ligger längst uppströms att det riktigt förklarar de lägre koncentrationerna där. Andra faktorer spelar troligen in, som jordarter eller något lägre historisk gödsling än i de övriga delarna av avrinningsområdet. De synoptiska resultaten för kväve presenterade i tabellerna nedan ger samma bild som fosforresultaten, med högre koncentrationer närmare mynningen.

Tabell 2: Mätresultat för totalkväve för de synoptiska mätkampanjerna

Provpunkt	N-Tot mg/l	N-Tot mg/l	N-Tot mg/l	N-Tot mg/l
	2011-07-28	2011-09-15	2011-12-14	2012-03-05
1	9,350	8,770	10,100	9,300
2	4,670	4,790	7,420	7,230
3	3,350	4,490	7,340	7,340
4	4,600	4,290	6,360	6,120
5	2,970	2,930	4,750	4,300
6	3,200	3,450	5,150	5,050
7	2,800	2,620	4,820	4,305

Tabell 3: Mätresultat för nitratkväve för de synoptiska mätkampanjerna

Provpunkt	NO3-N mg/l	NO3-N mg/l	NO3-N mg/l	NO3-N mg/l
	2011-07-28	2011-09-15	2011-12-14	2012-03-05
1	4,87	5,13	6,33	5,78
2	2,54	2,55	4,81	4,45
3	1,91	2,35	4,47	4,47
4	2,41	2,30	3,82	3,48
5	1,37	1,34	2,67	2,36
6	1,57	1,79	3,16	3,09
7	1,22	1,12	2,98	2,55

Hittills har åtgärder förlagts till hela avrinningsområdet. Det har gjorts i syfte att förbättra biologisk mångfald och övergödningsförhållanden i hela systemet, och har därför också varit fullt befogat. Enligt de indikationer mätresultaten ger skulle prioritering av åtgärder i de delar av avrinningsområdet som ligger närmast havet ge hög kostnadseffektivitet.

4 Åtgärdsinstallationer

Projektets huvudfokus enligt målsättningen har varit att installera två kalkfilteranläggningar i Tullstorpsåns avrinningsområde, en vid Börringe Mad och en vid Stora Markie. I LOVA-ansökan beskrevs den preliminära utformningen av respektive anläggning som ett kluster av mindre kalkfilterbrunnar i plast. Under de tre år som gått sedan ansökan skrevs har kalkfiltertekniken dock utvecklats, testats och väsentliga delar förändrats.

Klusteranläggningar med flera plastbrunnar (eller för den delen cementbrunnar) visade sig tidigt vara alltför dyra för praktisk tillämpning. Istället har ett teknikkoncept baserat på filterbäddar utvecklats. Kalkfiltermaterialet läggs i en enda sammanhängande, ofta avlång, uppgrävd grop. Botten i gropen täcks med gummiduk om jordlagren har hög vattengenomsläpplighet, och med geotextilduk om lera dominerar och genomsläppligheten är låg. Med denna lösning erhålls en robust och kostnadseffektiv anläggning. Filtermaterialet är också lätt att byta när det utmattats.

4.1 Kalkfilterbädd vid Börringe Mad

4.1.1 Bakgrund

Våtmarken vid Börringe Mad färdigställdes under 2013. Den avvattnas dels med ett öppet dike och dels genom en munk. Tillrinningsområdet är ca 150 ha stort och domineras helt av jordbruksmark. Det utvalda läget för kalkfilterbädden är intill utskovet i våtmarkens öppna utloppsdike.

Under fyra år har WEREC och IVL utvärderat kalkbaserade filtermaterial för reduktion av fosforutsläpp från åkermark vid tre forskningsanläggningar uppbyggda i fält. Mätningar på ingående och utgående vatten har utförts med avancerad, flödesstyrd teknik. Varje anläggning består av fyra filterbrunnar, där fyra olika material utvärderas; Filtralite P, Filtra-P, Polonite och Hyttsand. Samtliga material är baserade på bränd kalk som aktiv komponent.

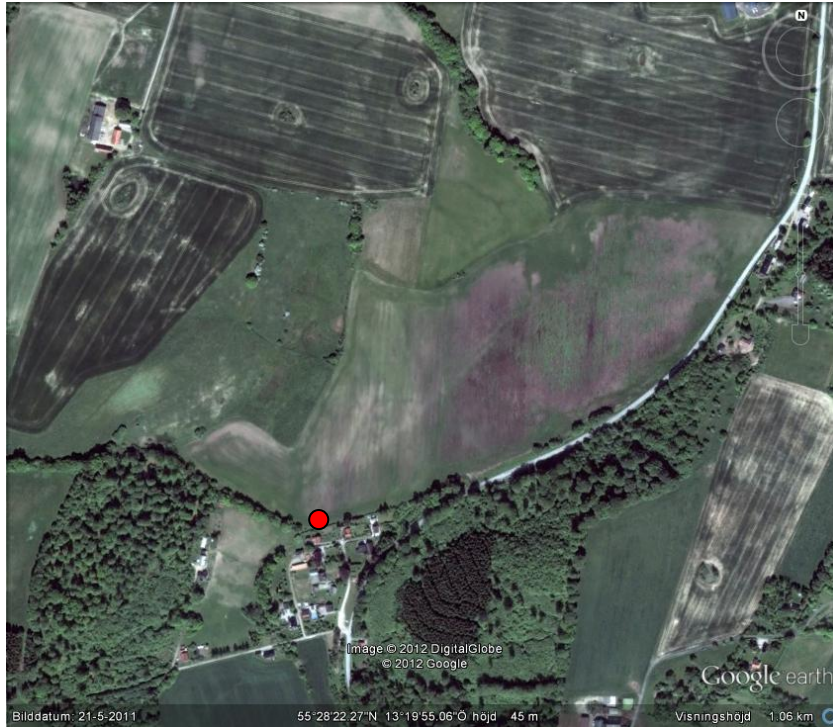
Resultaten visar att det bästa materialet avskiljer fosfor med i genomsnitt 40-45%. Det material som väljs ut för olika operativa anläggningar beror på en kombination av pris och prestanda.

Filtermaterialen binder både löst och partikulärt fosfor. Löst fosfor utgörs huvudsakligen av fosfatfraktionen och är den som är direkt biotillgängligt, och därför den som framförallt orsakar övergödningssproblem. En kombination av våtmark/fosfordamm och kalkfilterbädd är optimal på platser där vattnet tidvis innehåller mycket sediment.

Våtmarken fångar då upp en stor del av sedimenten och förhindrar att filtret sätter igen i förtid. Med sedimenten fångar våtmarken/fosfordammen också en del fosfor.

Kalkfilterbädden avskiljer löst fosfor (fosfat) som annars skulle ha transporterats vidare nedströms, liksom partikulärt bunden fosfor som inte sedimenterat i dammen. Den totala avskiljningsförmågan för totalfosfor med filter och damm ligger på ca 65-70 % för det vatten som passerar genom damm och filter. Resultaten från forskningsstationerna visar att filtermaterial gick ner i avskiljningsförmåga 3,5-4 år, men dessa filter har tidvis utsatts för

hög belastning i syfte att studera avskiljningsförmågan vid korta uppehållstider. Vi räknar därför med en livslängd på 5 år om uppehållstiden i filtret hålls nära optimal nivå.



Figur 16: Börringe Mad innan våtmarken färdigställts. Platsen för kalkfiltret är markerad med en röd cirkel. Den är belägen Strax norr om den lilla byn Gröna Lund. Gränsen mellan Trelleborgs och Svedala kommuner löper bara några meter söder om kalkfilterbädden.

4.1.2 Genomförande

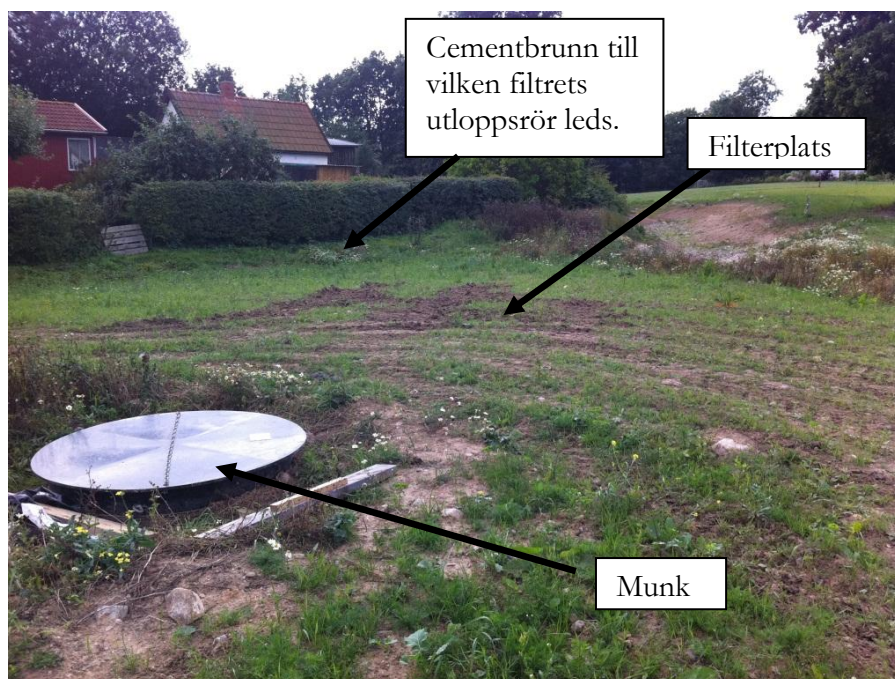
Den nyligen färdigställda våtmarkens area är 10 hektar, medelvattendjupet är 0,4 m och vattenvolymen 40 000 m³. Utflödet regleras med ett bottenutskov i höjd med bottenhöjden i utloppsdiket (+47,05) i syfte att möjliggöra faunapassage, samt med en munk vars nivåplank som när installationen skulle genomföras låg på +47,40.

Projektets budget medger en kalkfilteranläggning av storleken 22 m³ filtermaterial. Filtret kan ta emot ca 15% av medelflödet vilket innebär att det tar vatten från ca 25 hektar av de 150 hektar som utgör tillrinningsområde. Vatten leds i rör från överfallet till kalkfilterbäddens botten där det trycks upp genom bädden och rinner ut genom ett utgångsrör. Utgångsröret ligger en decimeter över kalkmaterialets yta vilket ger en stående vattenvolym i filtret, 10-15 cm djup. Ursprungligen planerades utloppsvattnet ledas tillbaka till diket invid kalkfilterbädden, men vid installationen befanns detta vara ogörligt eftersom fallhöjden vid högt vattenstånd var alltför låg nedströms utskovet i diket på grund av dämning längre nedströms. Istället leddes utgångsröret med markägarens tillåtelse till en

brunn strax nedanför kalkfiltret, dit vattnet från munken går för att sedan ledas i rör innan det rinner ut i diket nedanför byn Gröna Lund.

Denna lösning är också bra för utspädning av vattnet från kalkfilterbädden, vilket gör att pH-värdet i vattnet är nere på oskadlig nivå när vattnet når det öppna diket längre nedströms. När kalkfiltret är nytt kan pH i utgångsvattnet vara 10,5 vilket inte är skadligt för människor men kan ge minskad reproduktionsförmåga på fisk som utsätts för högt pH under lång tid. Normalt brukar fisk dock avlägsna sig om pH är högt. Efter de första månaderna sjunker pH i utgångsvattnet till 8,5-9,5. Tidigare planerades mynningen på filtrets utloppsrör till diket skyddas av en bur som hindrar fisk, grodyngel och insekter från att komma i direkt kontakt med utgångsvattnet innan det spätts ut. Genom att vattnet leds till brunnen som alltid har ett tillräckligt flöde för att späda ut utgångsvattnet från bädden, sjunker pH redan där. Vattnet rinner dessutom vidare i rör längs en så lång sträcka att pH hinner sjunka ytterligare genom kontakt med luft i röret. Fisk kommer inte i kontakt med vattnet förrän vid utloppet i diket långt nedströms.

Kalkfiltret är 1,3 m djupt under utloppsrörets nivå. Väggar och botten är klädda med geotextilduk. Inledningsvis var planen att klä botten och sidor även med gummiduk för att få ett tätskikt, men detta har för anläggningar som byggts under det gångna året visat sig vara onödigt eftersom in- och utläckage av vatten varit obetydligt.



Figur 17: Platsen för kalkfiltrets placering i riktning söderut, innan installation. Till vänster ligger munken varigenom en del av utloppsvattnet från våtmarken går, till höger ligger diket som leder från våtmarkens utloppsdämme och söderut.

Det inkommande vattnet från våtmarken leds med intagsrör (dimension 110 mm) till två parallella fördelningsrör som ligger i ett grusskikt i botten av kalkfilterbädden. Vattnet trycks underifrån upp genom kalkfiltermaterialet som ligger i ett 1,0 m djupt skikt och ut

genom utloppsrör (110 mm) till den närliggande cementbrunnen med lock. Kalkfiltermaterialet är Hyttsand som huvudsakligen består av bränd kalk. Hyttsand är KRAV-godkänd som jordförbättringsmedel. Genom att leda vattnet nerifrån och upp minimeras risken för kanalisering av flödet. Vatten leds med självfall från fördämningen till bädden. Det behövs alltså ingen el till anläggningen.



Figur 18: Utskovet från våtmarken och till vänster filterplatsen. Vatten leds från diket strax uppströms (bitom) utskovet i rör till filtret, och från filtret åter i rör tillbaka till diket 15 m längre nedströms.

Huvuddelen av projekteringsarbetet utfördes under 2012. Under mars 2013 lämnades anmälan om vattenverksamhet in till länsstyrelsen. Åtgärden bifölls i juni 2013.

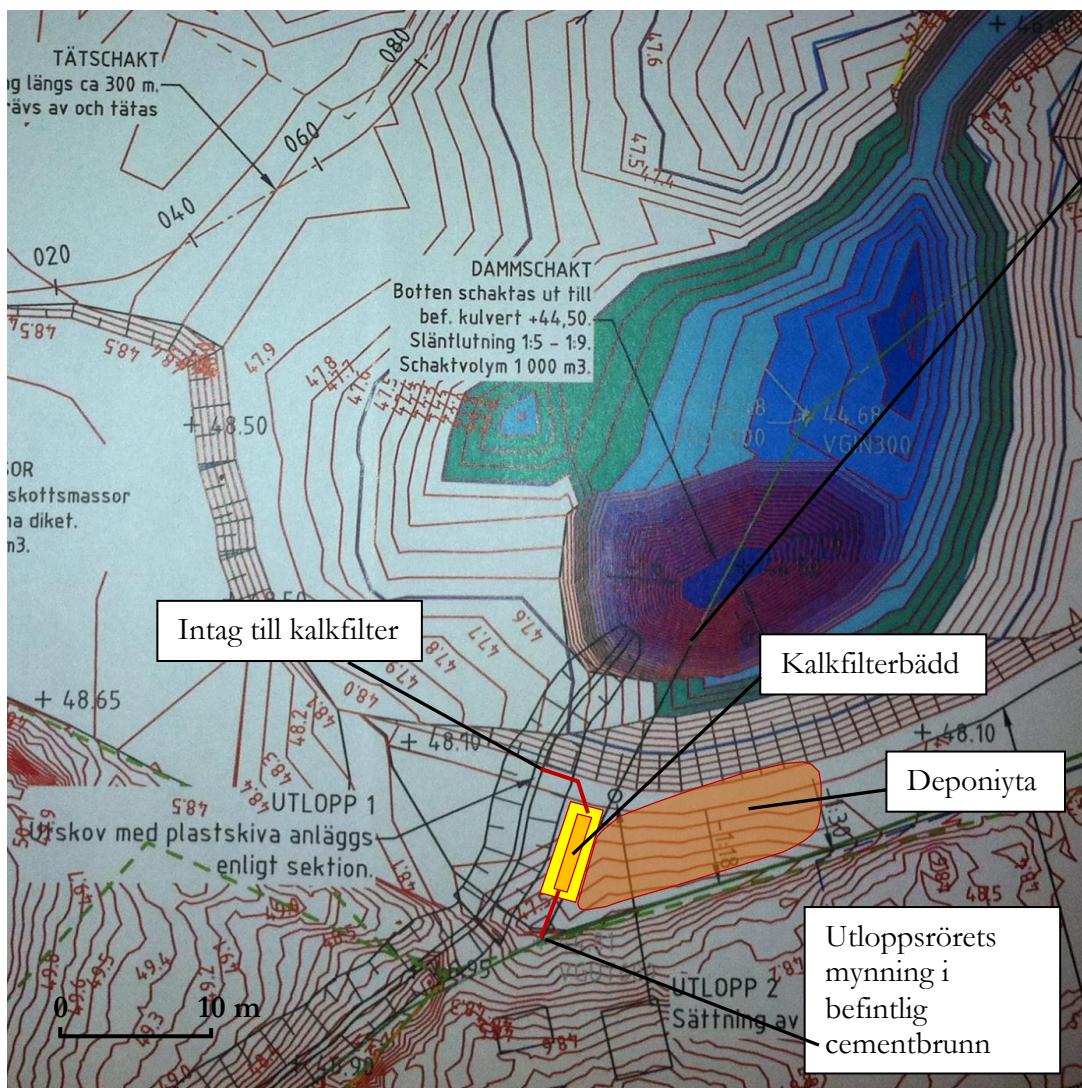
Förberedelserna för det praktiska installationsarbetet startades i december 2013. Marken var då fortfarande otjälad och mycket fuktig på grund av hög nederbörd. I mitten av januari inträdde en längre period med temperaturer under noll och den 23 januari igångsattes schaktningen av filterbädden. För att sänka vattennivån i marken sänktes vattennivån i den intilliggande dammen med 34 cm genom att två sättar i munken togs bort, med en dags mellanrum. Detta hade i förväg stämts av med markägaren och med länsstyrelsen.

Tillräcklig släntlutning i kalkfilterbädden är viktigt, för att undvika ras och sättningar under installationsarbetet. Optimal släntlutning beror på markens karaktär. På många platser fungerar 1:0,5 utmärkt, på andra bör sidorna inte vara brantare än 1:1. Även bäddens djup inverkar på vilken släntlutning som är lämplig. Ju djupare och ju mer instabila leror, ju flackare sida behövs för att undvika rasrisk vid installationen. Här bedömdes släntlutning på 1:0,75 behövas i kalkfilterbädden.

Eftersom den släntlutning som krävdes var flackare än vad som förutsetts kunde grävmaskinen inte nå över gropen till den sida som låg mot diket. Därför utfördes bädden med en något längre och smalare utformning än vad som angavs i ursprungsritningen.

Bädden är 9,0 x 1,6 m stor i botten och 12,5 x 5,0 m vid markytan. Mängden hyttsand i filtret är som planerat 22 m³.

Som beskrivits ovan kunde utloppsröret inte som tidigare avsett gå till diket nedströms utskovet eftersom fallhöjden vid högt vattenstånd var alltför låg. Istället leddes utgångsröret till en brunn strax nedanför kalkfiltret, dit vattnet från våtmarksmunken rinner. Från brunnen leds vattnet i rör till utloppspunkten där det rinner ut i diket nedanför byn Gröna Lund.

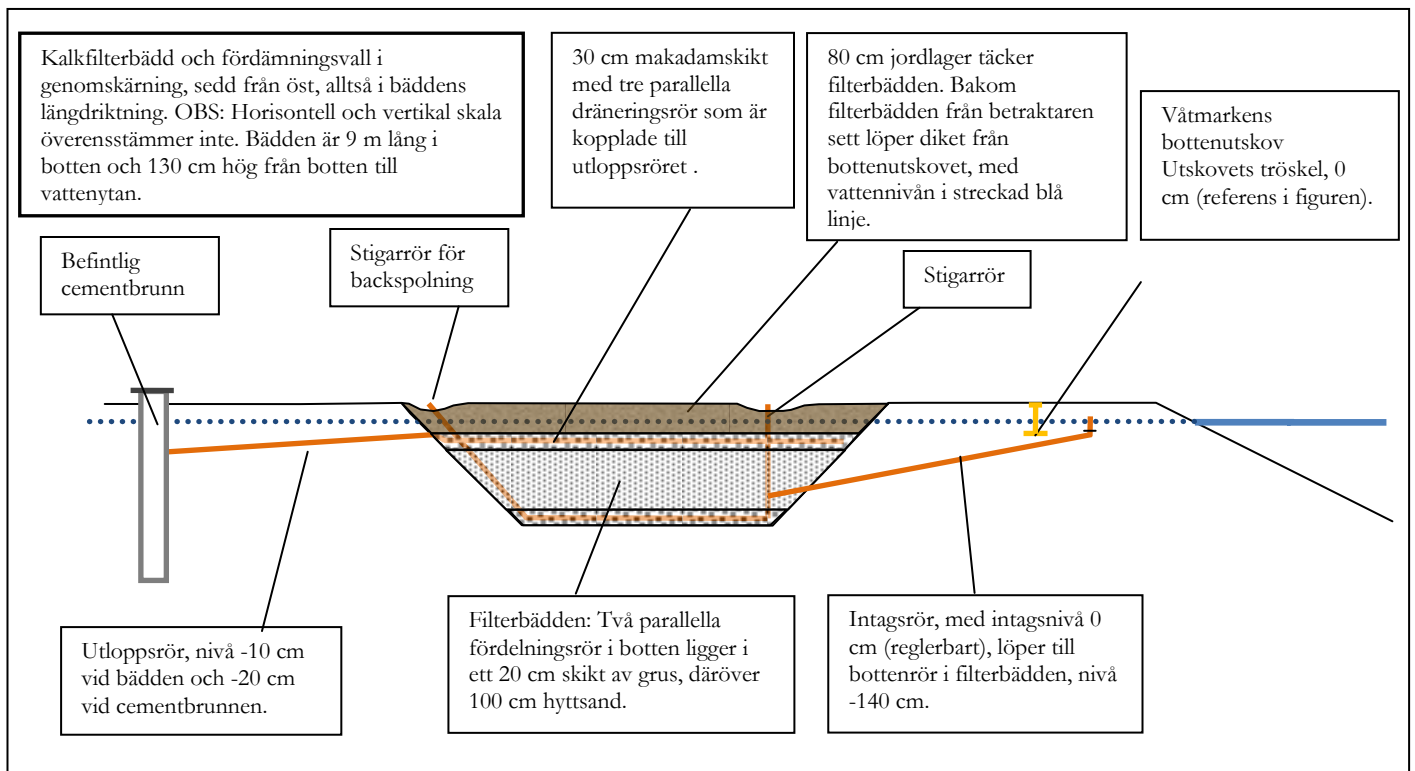


Figur 19: Ritning över den färdiga kalkfilterbädden överlagrad på våtmarksritning framtagen av Naturvårdsingenjörerna och tillgängliggjord av Tullstorpsåföreningen.

Schaktmassorna från filterbädden, ca 70 m³, placerades i enlighet med tidigare ritning på filterbäddens östra sida. Fyllnadsytan var tidigare ritad på vallens krön och även ett stycke ner längs slänten mot våtmarken på krönets norra sida, men flyttades tillfälligt ett par meter

söderut på grund av att marken var för fuktig för maskinen på vissa ställen vid tidpunkten för installationen. Under helgen som föregick de sista dagarnas arbete frös tjälen till hårt, vilket gjorde att deponimaterial som lagts nära tomtgränsen inte kunde flyttas till rätt, avsedd plats. Tjälen gjorde också att de massor som lades på vid återfyllningen över inloppsrörets dragning genom dammvallen strax norr om filtret innehöll sprickor och senare satte sig. Därför togs maskin till platsen två månader senare för att jämna ut och delvis flytta fyllnadsytan, samt åtgärda dammvallen.

Inför den sista installationsinsatsen föreslogs i samråd med uppdragsgivaren Tullstorpsåföreningen att täcka filtret i syfte att minska ingreppet i den känsliga miljön vid våtmarken. Länsstyrelsen informerades om detta, och därefter fattades beslut om att täcka filtret. Det innebär ett 3-4 timmars mer arbetstid vid byte av filtermaterialet men ger i gengäld avsevärt mindre påverkan på landskapsbilden.



Figur 20: Kalkfilterbädden vid Börringe Mad i genomskärning.

Över kalkfiltermaterialet lades 30 cm makadam i vilket tre parallella dräneringsrör lades. Dessa kopplades till utloppsröret som går till cementbrunnen. Utloppsröret ligger i makadamskiktets överkant vilket gör att det kommer att stå vatten i makadamskiktet vilket rinner in i dräneringsrören och därefter ut i utloppsröret. Över makadamskiktet lades geotextilduk för att markera var makadamen börjar när filtret ska grävas ut för byte av filtermaterialet. Överst, på geotextilduken lades ca 50 cm jord. Stigarrören som syftar till att

kunna nå och backspola bottenrören sticker upp ovanför jordlagret med några decimeter, i två grunda gropar i jordlagret.

För att minska risken för åverkan och nedskräpning och hålla undan betesdjur bygger markägaren ett enkelt staket runt stigarrören.



Figur 21: Inlopp till kalkfiltret med skyddande sil.



Figur 22: Dräneringsrör utlagda i makadamskiikt ovanpå kalkfiltermaterialet.



Figur 23: På makadamen lades först geotextilduk, därefter 80 cm jordlager.



Figur 24: Övertäckningen klar.

4.1.3 Drift

Under 2014 har WEREC genomfört utvärderande mätningar vid kalkfilterbädden vid Börringe Mad, som togs i drift i april 2014. I samband med mätningarna har filtrets funktion kontrollerats och inloppssilen rensats. Från och med 15 november ligger driftsansvaret på Tullstorpsån Ekonomisk Förening. Kontroll och rensning bör utföras 4-6 ggr per år. Till det kan komma reparationer på synliga rördelar efter yttre åverkan. Om våtmarkens funktion av någon anledning störs så att sedimentrikt vatten når filtret kan filtret sätta igen. Backspolning kan då bli nödvändig.

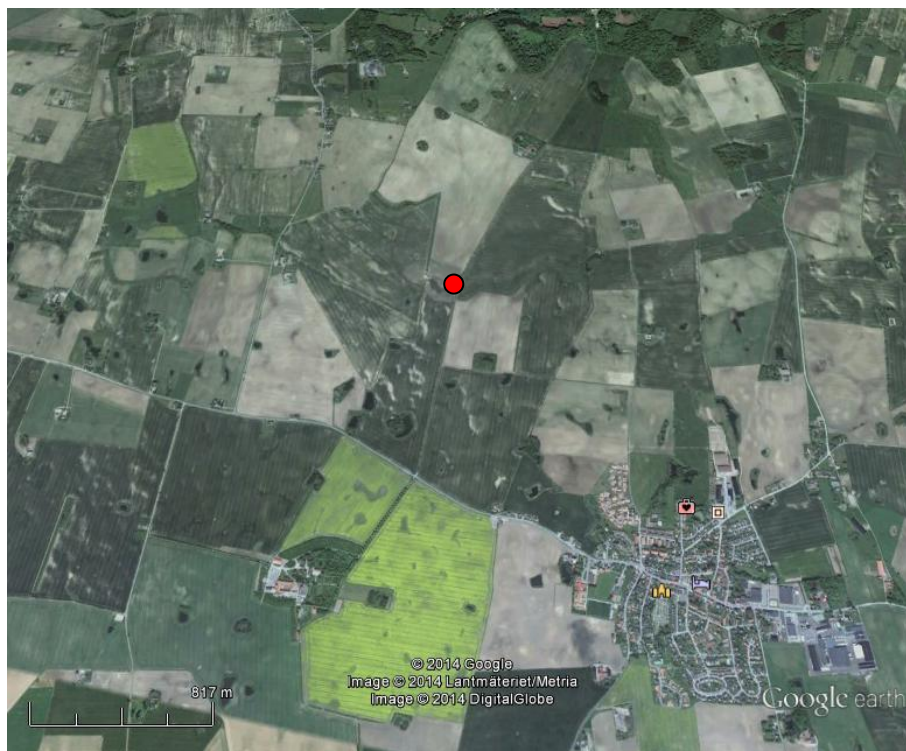
4.2 Kalkfilterbädd vid Stora Markie

4.2.1 Bakgrund

I Tullstorpsån huvudfåra vid Stora Markie installerades innan detta projekt startades upp en mindre våtmark. Platsen ligger långt upp i avrinningsområdet tillrinningsområdet utgörs av Tullstorpsåns källområden. Tillrinningsområdet är cirka 700 hektar stort och domineras helt av jordbruksmark.

Forskningsresultaten rörande avskiljningsförmågan för kalkfilterbäddar beskrevs kortfattat i föregående kapitel. Med optimal uppehållstid avskiljs cirka 40 % av fosfor i det vatten som passerar filtret. Livslängden beräknas vara fem år, utgående från resultaten från forskningsstationerna. De två material som haft bäst avskiljningsförmåga är Hyttsand och Polonite, Polonite några procent bättre än Hyttsand. Hyttsandens pris ligger dock för närvarande på endast 10-20 % av Polonitens och Hyttsanden blir därför det mest kostnadseffektiva alternativet.

Kalkfilterbädden vid Stora Markie är placerad vid dammens utlopp. Dammen fångar upp en del av vattnets sedimentinnehåll genom sedimentation, men vid höga flöden är vattenet sedimentrikt även vid utloppet på grund av dammens begränsade storlek. Större mängder sediment kan därför nå detta filter än vid Börringe Mad, möjligen med något kortare livslängd som följd.



Figur 25: Våtmarken vid Stora Markie innan våtmarken färdigställts. Platsen för kalkfiltret är markerad med en röd cirkel.

4.2.2 Genomförande

Utfloppet från den våtmark som kalkfilterbädden förlagts till regleras med en grus/stenbädd, som ger vattennivån i dammen. Fallhöjden vid utloppet är ca 15 cm.

Den budget som finns tillgänglig i projektet medger en kalkfilteranläggning av storleken 54 m³ filtermaterial. Filtret kan ta emot ca 7 % av medelflödet på platsen, ca 4 liter per sekund. Länsstyrelsen har i ett parallellt projekt i Skåne där en kalkfilterbädd planerats vid ett vattendrag med flöde året runt gett direktiv om att vatten inte ska ledas in i kalkfilterbädden då flödet i bäcken är under 1/3 av medelflödet. Efter beräkning av medelflödet baserat på tillrinningsområdets storlek, till ca 50 l/s, och utgående från bäckens profil och fall vid dammens utlopp har intagsnivån till kalkfiltret satts vid 7 cm över botten vid våtmarkens utloppspunkt. Därmed tas inget vatten in i filtret vid flöden lägre än cirka 1/3 av medelflödet.



Figur 26: Platsen för kalkfiltrets placering i riktning österut söderut, innan installation. Till höger om bilen syns våtmarkens utlopp (Tullstorpsån), en öppen bäckfåra som leder in i en kulvert under vägen.

Vatten leds i 110 mm rör från dammen till två parallella fördelningsrör som ligger i ett grusskikt i bäddens botten. Därifrån trycks vattnet upp genom bädden. Skiktet med kalkmaterial är 1,0 m djupt och över detta skikt ligger ett grusskikt med perforerade rör.

Vattnet rinner från dessa rör ut i utgångsröret och vidare ut i bäcken. Vid själva utloppet i bäcken ligger utgångsröret i en grus- och stenbädd som gör att vattnet silar ut över en större yta. Den förhöjda pH-nivån i utgångsvattnet får därmed ingen negativ punktverkan på bäckens djur- och växtliv. Utspänningsförmågan i bäcken är alltid god eftersom vatten som nämnts inte tas in i kalkfilterbädden när bäckens flöde är lägre än 1/3 av medelflödet. Utflödet från kalkfiltret utgör därför aldrig mer än 20 % av bäckens flöde (när flödet ligger strax över 1/3 av medelflödet tas mindre vatten in i filtret, 0-1 l/s).

Väggar och botten har i detta fall inte klätts med geotextilduk eftersom lerskiktet i den nedre delen av filtergropen var så tätt att ingen duk behövdes. Kalkfiltermaterialet är Hyttsand. Vatten leds med självfall från fördämningen till bädden, liksom vid Börninge Mad. Det behövs alltså ingen el till anläggningen.

Huvuddelen av projekteringsarbetet utfördes under 2012. Under vintern 2013 lämnades anmälan om vattenverksamhet in till länsstyrelsen. Åtgärden bifölls i juni 2013.

Förberedelserna för det praktiska installationsarbetet startades i augusti 2014. Huvuddelen av installationsarbetet utfördes 27-29 augusti 2014.

Kalkfiltrets ingångsrör läggs strax över dammens lågvattennivå så att vatten inte tas in i filtret vid lågvatten. Röret läggs med fall mot filtret och ligger när det når kalkfiltret 10 cm lägre än i dammen. Kalkfiltrets utgångsrör där det lämnar kalkfiltret läggs 10 cm under dammens lågvattennivå och ligger där det når bäcken -15 cm under dammens nivå (vilket motsvarar bäckens fall från damm till utloppspunkt).

Kalkfiltrets botten ligger 300 cm under medelmarknivå. Filtermaterialets övre yta ligger 160 cm under medelmarknivå.

Filterbäddens ytstorlek: 21,5 x 5,5 m i marknivå. I botten: 1,8 x 18,3 m. Släntlutning: 1:0,0,5 (1 m vertikalt på 0,5 m horisontellt).

Kalkfiltervolym: 54 m³ kalkfiltermaterial.

Schaktvolym: 200 m³.

Schaktarbete, rörläggning och övrigt installationsarbete gick relativt obehindrat. Lerlagren i bäddens botten var dock mycket lösa och större jordsjok rasade med jämna mellanrum in. Dessa fick rensas undan och schaktningen påskyndas för att inte alltmer lera skulle rasa in och behöva rensas undan. Rasen gjorde att väggarna längst ner blev brantare än planerat. Bottenmakadamen, bottenrören och hyttsanden kunde dock läggas utan större problem. Vid byte av filtermaterial bör väggarna flackas ut lite, till lutning 1:1.

Enligt instruktion från beställaren, Tullstorpsån Ekonomisk Förening, skulle kalkfiltret täckas med ett jordlager, i syfte att minska ingreppet i miljön vid våtmarken. Detta ingick inte i den ursprungliga budgeten och utgjorde därför en extrakostnad som medförde att andra delar av projektet minskas ner eller måste strykas (mätutvärderingen minskas och inköp av en andra omgång kalkmaterial för byte om fem år stryks efter samråd med Tullstorpsånföreningen och länsstyrelsen). Täckning av filtret innebär att tidsåtgången vid byte av filtermaterialet om 5 år blir något längre, dock endast marginellt, 3-4 timmar. Inverkan ger i gengäld avsevärt mindre påverkan på landskapsbilden, och dessutom elimineras risken för att djur ska gå i filtret.

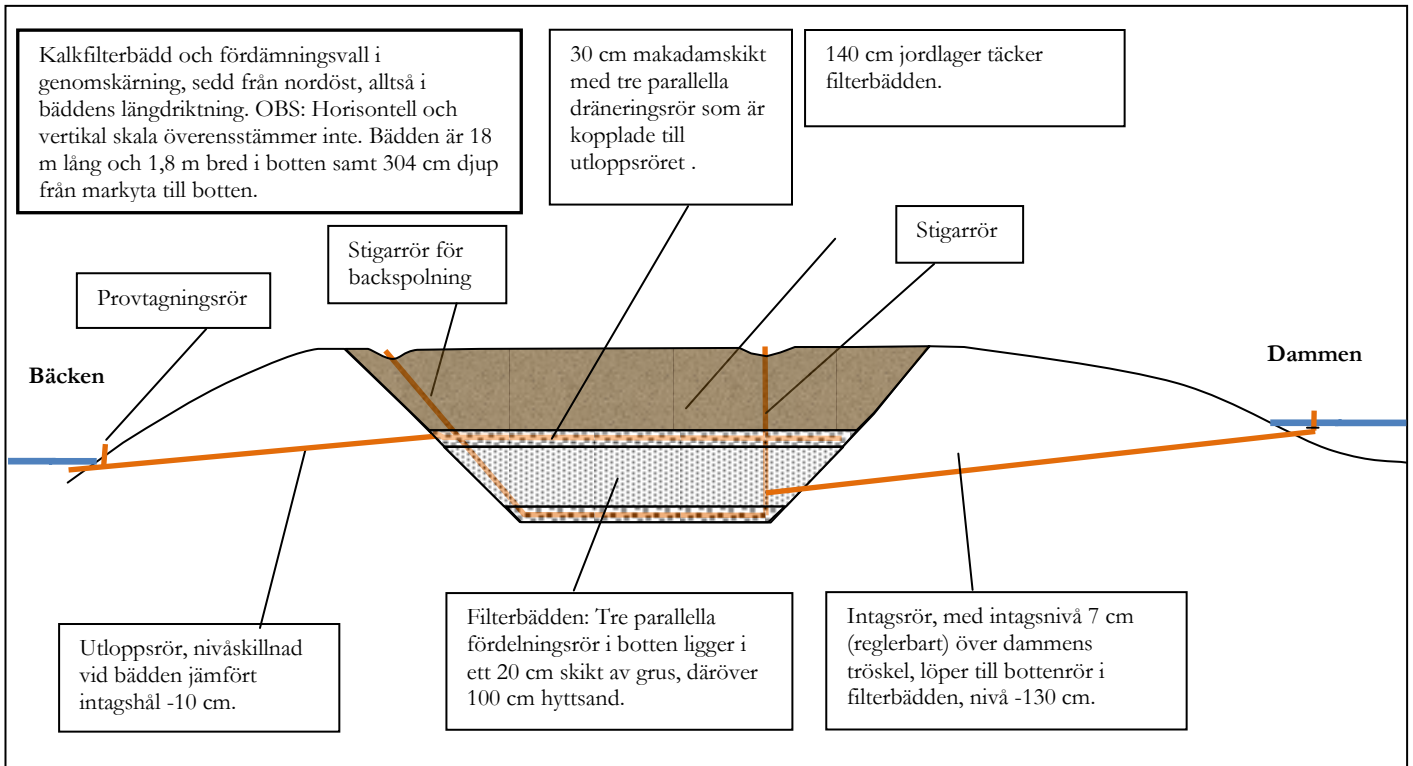
Efter installation av kalkfiltermaterialet i slutet av augusti fick filterbädden stå orörd i drygt en månad för att sätta sig innan täckningen. Schaktmassorna från filterbädden användes för täckning av filtret. Täckningen, liksom utgrävning av inlopp och läggning av inloppsrör utfördes i början av oktober. Inloppssilen hade då inte levererats utan sattes på plats den 31 oktober 2014, då filtret också togs i drift.



Figur 27: Den färdiga kalkfilterbäddens läge i förhållande till dammen och Tullstorpsån. Filterbäddens yta på marknivå är $21,5 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}$. I botten är bädden $18,3 \text{ m}$ lång och $1,8 \text{ m}$ bred. Kalkfiltervolymen är 54 m^3 .

Vid täckningen lades 30 cm makadam på hyttsandsskiktet. I makadamen lades tre parallella dräneringsrör. Dessa kopplades till utloppsröret som leder till bäcken. Utloppsröret ligger i makadamskiktets överkant vilket gör att det kommer att stå vatten i makadamskiktet vilket rinner in i dräneringsrören och därefter ut i utloppsröret. Över makadamskiktet lades geotextilduk för att markera var makadamen börjar när filtret ska grävas ut för byte av

filtermaterialet. Överst, på geotextilduken lades ca 140 cm jord. Stigarrören som syftar till att kunna nå och backspola bottenrören sticker upp ovanför jordlagret med några decimeter, i två grunda gropar i jordlagret.



Figur 28: Kalkfilterbädden vid Stora Markie i genomskärning, sedd från nordöst.



Figur 29: Inlopp till kalkfiltret vid Stora Markie med skyddande sil.



Figur 30: Kalkfilterbädden vid St Markie efter övertäckning. Mitt i bilden syns stigarrör som sticker upp några decimeter över marknivå.

4.2.3 Drift

Från och med 15 november ligger driftansvaret på Tullstorpsån Ekonomisk Förening. Kontroll och rensning bör utföras 4-6 ggr per år. Till det kan möjligen komma reparationer på synliga rördelar efter yttre åverkan (detta är dock aktuellt främst på betesmark och marken vid anläggningen används för närvarande inte för bete). Om särskilt sedimentrikt vatten når filtret kan filtret sätta igen. Backspolning kan då bli nödvändig.

Vart femte år bör kalkfiltermaterialet i filterbädden bytas ut. Om finansiering för byte inte beviljas kan synliga rördelar avlägsnas och kalkfiltermaterialet lämnas kvar i marken. Filtermaterialet kan också spridas på åkermark och ger då en viss pH-höjning som är gynnsam för tillväxten. Samtidigt återförs då fosfor till åkermarken.

5. Kostnadssammanställning

Kostnader Börninge Mad

Budget enligt ansökan:

Kostnader installation	Kostnad KSEK
Projektering, ritningar, tillstånd	40
Grävarbete för filtergropen. Installering av filter och rördragning från överfallet, utloppsdragning från filtret. Övertäckning av filtret.	50
Kalkfiltermaterial 22 m ³ , två omgångar (för byte efter 2-3 år).	30
Tättningsduk för 22 m ³ material	20
pH-sänkning, material och installation	10
Mätuppföljning och utvärdering två år	40
Övrigt (kommunikation, resor, möten)	25
TOTALT	215

Kostnadsutfall efter installation

Kostnader installation	Kostnad SEK
Projektering, ritningar, tillstånd, kontrakt	47 000
Grävarbete för filtergropen, installering av filter och rördragning	135 714

från överfallet, utloppsdragning från filtret. Övertäckning av filtret inkl toppskikt av makadam, rörläggning i toppskiktet, duk, jordlager. Övertäckningen utgör extra arbete, ej budgeterat.	
Kalkfiltermaterial 22 m ³ , en omgång. Inköp av en andra omgång struket p.g.a extra kostnader för täckning av filtret.	11712
Geotextilduk och övrigt material (rör, bottengrus)	11679
pH-sänkning, material och installation (lösning som ej kräver material och installation valdes)	-
Mätuppföljning och utvärdering (mätningar under ett halvt år utförda, resterande mät del utgår p.g.a extra kostnader för täckning av filtret.	11856
Övrigt (kommunikation, resor, möten)	31 164
TOTALT	249 125

Kostnader Stora Markie

Budget enligt ansökan:

Kostnader installation	Kostnad KSEK
Projektering, ritningar, tillstånd.	40
Grävarbete för filtergropen, installering av filter, rördragning från överfallet, utloppsdragning från filtret, övertäckning av filtret.	70
Kalkfiltermaterial 54 m ³ , två omgångar (för byte efter 2-3 år).	60
Tättningsduk för 54 m ³ material.	30
Mätuppföljning och utvärdering två år.	40
pH-sänkande filter, material och installation.	30
Övrigt (kommunikation, resor, möten).	25
TOTALT	295

Kostnadsutfall efter installation

Kostnader installation	Kostnad SEK
Projektering, ritningar, tillstånd, kontrakt, omarbetning av ritningar	53 000
Grävarbete för filtergropen, installering av filter och rördragning från överfallet, utloppsdragning från filtret. Övertäckning av filtret	142 683

<i>inkl toppskikt av makadam, rörläggning i toppskiktet, duk, jordlager. Övertäckningen utgör extra arbete, ej budgeterat.</i>	
<i>Kalkfiltermaterial 54 m³. Inköp av en andra omgång utgår p.g.a. extra kostnader för täckning av filtret.</i>	21 284
<i>Geotextilduk och övrigt material (rör, makadam till botten och täckning inkl. trsp)</i>	20 673
<i>pH-sänkning, material och installation</i>	-
<i>Mätuppföljning och utvärdering två år utgår p.g.a. extra kostnader för täckning av filtret. Utvärdering faktureras enligt avtalet Tullstorpsåföreningen, därför 0 kr här)</i>	-
<i>Övrigt (kommunikation, resor 10184 kr, möten)</i>	23 780
TOTALT	261 420

Förändringar i kostnad på olika budgetposter.

Enligt instruktioner från Tullstorpsån Ekonomisk Förening, som också informerat länsstyrelsen, täcktes kalkfilterbäddarna vid både Börringe Mad och St Markie. Detta ingick inte i projektplanen utan utgjorde ett extraarbete. Vid täckning måste först ett nytt rörsystem läggas upp på filtret, i ny makadam som köps in, ny duk läggs på makadamen, därpå läggs jord. Stigarrör måste förlängas till markytan, och så tillkommer maskinkostnader. Täckningen medförde en extrakostnad på ca 45 000 på vardera platsen, totalt ca 90 000 kr. Förhållandena var också mycket svåra under installationen vid Börringe Mad, med ömsom översvämning och tjäle. Detta orsakade ytterligare en oförutsedd kostnad på ca 30 000 kr.

Enligt avtalet mellan TEF och WEREC faktureras cirka 510 000 kr markägarna, men i avtalet står också att "siffran kan komma att ändras något på grund av praktiska omständigheter". Avsikten med formuleringen var att ge en viss flexibilitet, och därför har också, sedan länsstyrelsen informerats, Börringe Kloster fakturerats det som hör till Börringe Mad även om den budgeten då överskreds med 34 125 kr. Kostnaderna för Stora Markie, 261 420 kr når inte upp till budget, 295 000 kr, men totalt för projektet når kostnaderna 619 671 kr, strax under budget 620 000 kr.

Extraarbetet med täckningen samt kostnaderna förknippade med de svåra förhållandena vid Börringe Mad, har gjort att två andra budgetposter reduceras. Som länsstyrelsen informerats om utgår större delen av de uppföljande mätningarna samt inköp av en andra omgång filtermaterial för byte om fem år.

Kostnader för Tullstorpsån Ekonomisk Förening

Sammanställning, utvärdering och rapportering: 109 127 kr
(dessa kostnader, men endast dessa, är inklusive moms)

Total projektkostnad **619 671 kr**