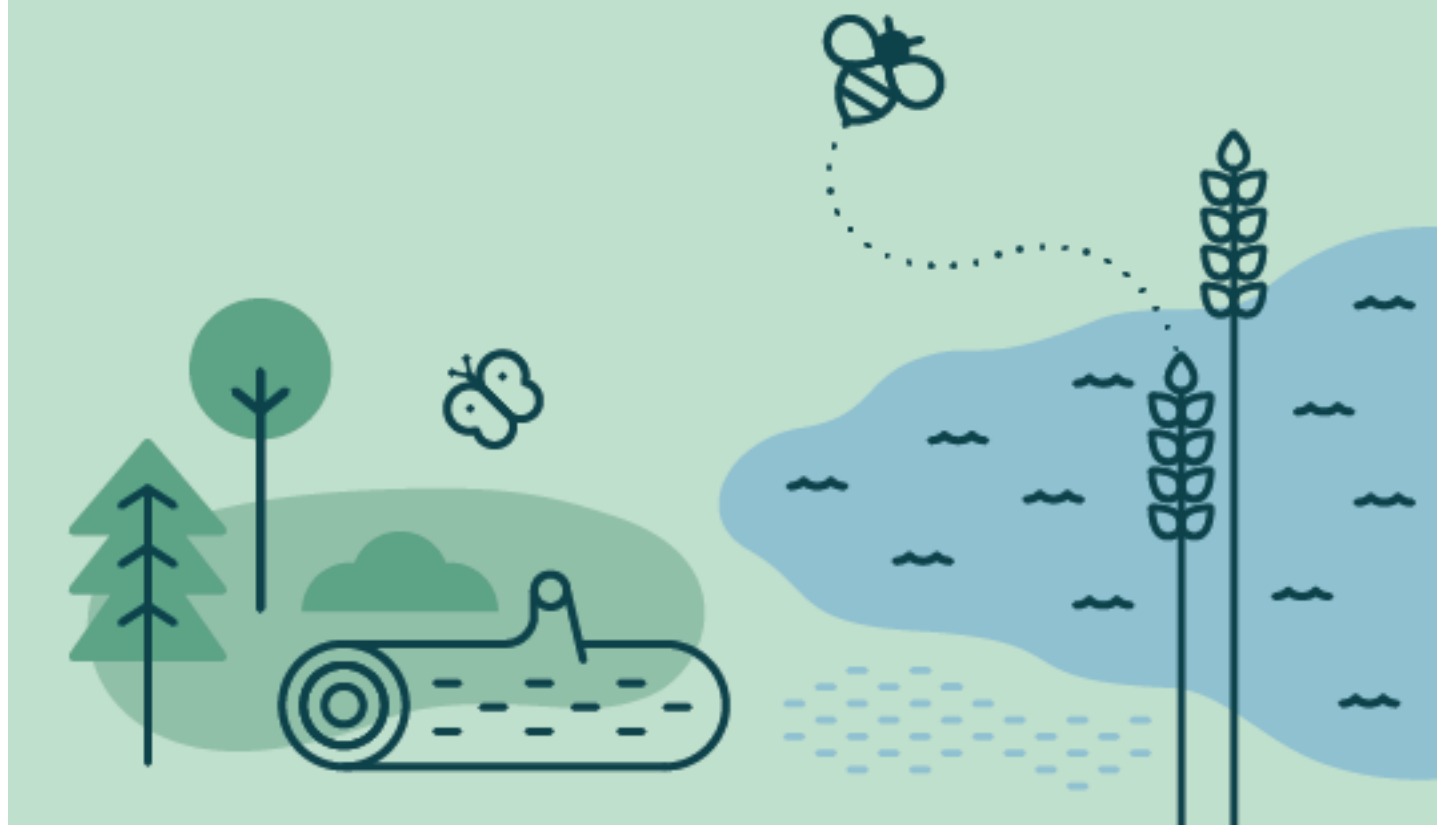


Samhällsekonomisk värdering av vattnekosystemtjänster

Strategi i arbetet mot god vattenstatus i
Göteborg

Rapportnummer 2022:09



Förord

Uppdraget för denna rapport är att finna metoder att göra samhällsekonomiska analyser inom åtgärdsplan för god vattenstatus i Göteborg och bidrar också med strategier för att förverkliga denna åtgärdsplan på ett ekonomiskt sätt.

Rapporten är relevant för den pekar på den långsiktigt stora nyttan av de blågröna lösningar som existerar i våra våtmarker och havsvikar. En nytta som är mycket dyr att återskapa med mänskligt byggda åtgärder om ekosystemtjänsterna skulle försvinna. Rapporten har författats under uppsikt av medarbetare i gröngruppen på Miljöförvaltningen i Göteborg och då i synnerhet av Johan Erlandsson, Miljöutredare, Fil. Dr., marin ekologi (Göteborgs universitet) och Docent, marin bevarandebiologi (Åbo akademi).

Samhällsekonomisk värdering av vattnekosystemtjänster

Strategi i arbetet mot god vattenstatus i Göteborg

Göteborgs Stad, miljöförvaltningen

Författare: Björn Synneby

Foton:

ISBN nr: 1401-2448

Vill du använda text eller bilder ur denna rapport citerar du: Miljöförvaltningen Göteborgs Stad, Rapportnummer 2022:09 Samhällsekonomisk värdering av vattnekosystemtjänster Strategi i arbetet mot god vattenstatus i Göteborg

Detta är en rapport i miljöförvaltningens rapportserie. Hela rapportserien hittar du på <https://goteborg.se/mfrapporter>

Sammanfattning

När Göteborgs Stad rustar sig för att möta ett varmare klimat krävs insatser som kan mildra effekterna av en sådan förändring. Vi behöver skydda oss mot höga vattenflöden som översvämmar, skapar ras och påverkar vattenkvaliteten negativt. Vattenekosystemtjänster kan hjälpa oss människor med det. Denna rapport ingår som ett underlag eller en bilaga i åtgärdsplanen för god vattenstatus i Göteborgs Stad och tar upp vad några få utvalda vattenekosystemtjänster bidrar med monetärt och hur dessa ekosystemtjänsters monetära bidrag påverkas av förändringen mot god vattenkvalitet. Vissa av ekosystemtjänsterna bidrar med förvånansvärt mycket. Ett exempel är våtmarker som renar vårt vatten från övergödning och gifter, suger i sig koldioxidekvivalenter, bidrar med en stor biologisk mångfald och skyddar Göteborg mot höga vattenflöden. Ett annat exempel är ålgräsängar som bland annat suger i sig tonvis med koldioxidekvivalenter per hektar och år samt även tar upp näringsämnen och ökar den biologiska mångfalden genom att vara uppväxtområde för många fiskarter.

Kretslopp och Vatten i Göteborgs Stad gjorde år 2018 en monetär värdering av utvecklingen från måttlig till god vattenstatus. Den bygger på en statistisk sammanställning av hur mycket ett representativt hushåll i Göteborg vill betala för att nå det målet. Om man skalar upp denna betalningsvilja får man ett mått på göteborgarnas bedömning av nyttan med att nå god vattenstatus. Denna rapport siktar på att komplettera Kretslopp och Vattens betalningsviljestudie med att försöka bestämma vilken sammantagen nytta vattenekosystemen kommer att ge oss göteborgare när vi går mot god vattenstatus.

Rapporten summerar med vedertagna metoder det nuvarande värdet av så många vattenekosystemtjänster som möjligt för att sedan försöka förutspå hur värdet av dessa ekosystemtjänster kommer att öka med en högre vattenstatus. Rapporten lyckas bara summera det nuvarande värdet av några få vattenekosystemtjänster, och förutspå värdeökningen av än färre, men resultatet indikerar att det finns mycket stora värden i vattenekosystemen. Rapporten visar på vikten av att förvalta våra vattenekosystem till vår egen långsiktiga monetära fördel och vikten av att försöka förstå och kvantifiera dessa vattenekosystem för att ta in dem i en samhällsekonomisk analys.

Rapporten visar också på vikten av samarbete mellan kommuner i våra vattendrags avrinningsområden så att vi tillsammans kan göra en ansträngning och verkligen nå målet – god vattenstatus.

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte	5
1.2	Bakgrund	5
1.3	Avgränsning	12
2	Metod	13
2.1	Värdering av ekosystemtjänster	13
2.2	Kostnads- och nyttoanalys	15
3	Resultat	17
3.1	Val av ekosystemtjänster	17
3.2	Värdering av ekosystemtjänster	18
3.3	Nyttan av utvecklingen måttlig till god vattenstatus	22
3.4	Kostnadseffektivitet hos vissa åtgärder	22
4	Diskussion	24
4.1	Ekosystemvärdering	24
4.2	Kostnad- nyttoanalys	27
5	Referenser	33
6	Bilagor	37
6.1	Bilaga 1. Värdering av ekosystemtjänster i Göteborgs Stad	37
6.2	Bilaga 2. Nyttor av vattenstatusförbättring i Göteborg	48
6.3	Bilaga 3. Nyttan av vissa åtgärder	49

1 Inledning

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att beskriva vilka strategiska val man kan göra till följd av en samhällsekonomisk utvärdering av åtgärder för god vattenstatus i Göteborgs Stad. Först kommer en redogörelse för metoder att värdera ekosystemtjänster och sedan en värdering av några av de ekosystemtjänsterna som i skrivande stund är någorlunda kartlagda. Efter detta går rapporten igenom kostnads-nyttoanalys där rapporten gör ett försök att redogöra för ett arbetssätt att balansera nyttor och kostnader för god vattenstatus i Göteborgs Stad.

1.2 Bakgrund

1.2.1 Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram 2021 - 2030

Göteborgs Stads styrdokument ska beskriva vad dess förvaltningar och bolag ska göra, vem som ska göra det och hur det ska göras. Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram har som mål att förverkliga göteborgarnas politiska vilja, Parisavtalet, Agenda 2030 och de svenska miljömålen i ett styrdokument som beskriver hur miljöarbetet skall utföras för att få en ekologisk hållbar utveckling i Göteborg. Detta styrande dokument är också en dokumentation över vem som har ansvar för vad om ett ansvar behöver utkrävas i efterhand. Ett planerande styrande dokument som har en självklar koppling till Göteborgs Stads miljö- och klimatprogram är Göteborgs Stads åtgärdsplan för god vattenstatus och det är de samhällsekonomiska effekterna av åtgärdsplanen som denna utredning vill analysera. Nyttorna med åtgärderna skall så långt som det går utredas för att på ett så ansvarsfullt sätt som möjligt ta reda på om nyttorna vid en balansering överstiger kostnaderna.

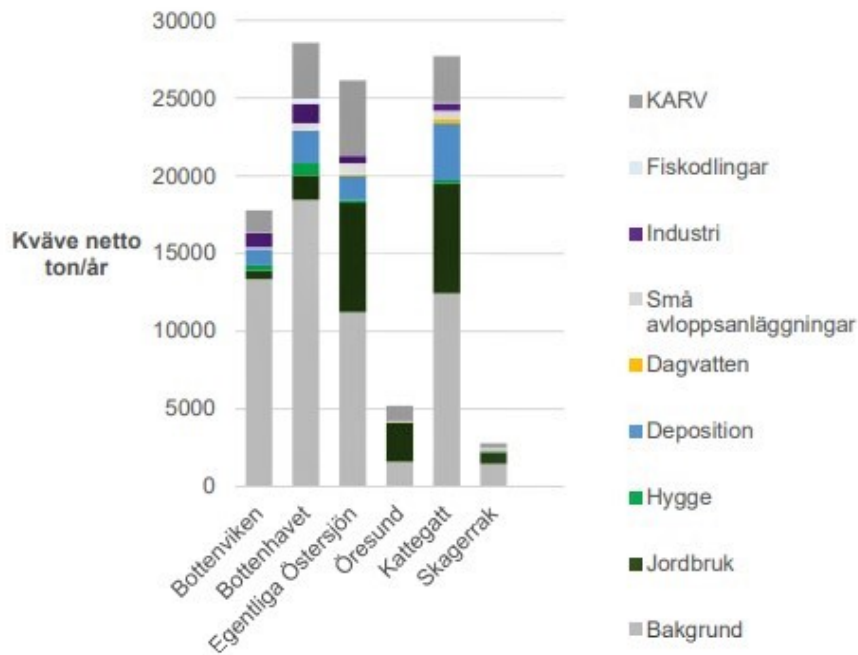
1.2.2 Vattenstatusens roll i Göteborgs ekonomi

Ekosystemen och naturresurserna är egentligen grunden för ekonomin och välfärden. Vattenmiljön och därmed vattenstatusen påverkar ekosystemtjänsterna som renar vattnet och sedimenterar gifter och föroreningar. Vid sämre vattenstatus kommer ekosystemtjänsterna leverera mindre och det kommer kosta samhället mer att rena och ta hand om föroreningar vilket i sin tur påverkar budgetposter som vi traditionellt sett ansett vara mer självklara. Vissa ekosystemtjänster är enorma kolsänkor och de hjälper oss att tackla den stora utmaningen med global uppvärmning och klimatförändringarna. Klimatförändringarna kommer att öka risken för konflikter och resultera i ett sämre ekonomiskt utgångsläge globalt. Detta kommer att påverka Göteborgs ekonomi eftersom den är tätt sammanbunden med global handel. Vattenstatusen påverkar alltså Göteborgs ekonomi via ekosystemtjänster. Tjänster som denna rapport kommer visa ger oss en överraskande stor nytta helt gratis.

1.2.3 Faktorer som påverkar vattenstatus

För att finna goda strategier med hjälp av en samhällsekonomisk analys av Göteborgs åtgärdsplan för god vattenstatus är det lämpligt att utvärdera de faktorer som påverkar vattenstatusen. Man kan rangordna vilka faktorer som påverkar mest av de faktorer som går att kvantifiera. I Åtgärdsförslag för dagvatten av Kretslopp och Vatten (2019) anges det väl kvantifierade problemet med övergödning som prioriterad av Västerhavets vattenmyndighet, men en lika viktig faktor är det inte lika väl kvantifierade problemet miljögifter som sprids i urban miljö. I Vattenmyndigheterna (2017) konstateras att det finns stora samhällsvinster i att med åtgärder sänka de skadestnader som kan bindas till miljögifterna. Det gäller kostnader för vård av människor och minskande resurser som dricksvatten, fisk, grönsaker etcetera. Enligt Vattenmyndigheterna (2017) är det svårt att värdera dessa skadestnader monetärt eftersom det är svårt att länka antal sjukdomsfall till de specifika miljögifterna. Bristen på samband mellan miljögifternas effekt på skadestnaderna innebär att det är svårt att göra en fullständig nyttoanalys av blågröna stråk i urban miljö som åtgärd för att rena bort miljögifter. Enligt Wan et al (2015) balanserar nyttan kostnaderna för rening med växtlighet efter 7 år. Det innebär att return of investment ligger på 1,43 för den tioåriga avskrivningsperioden som denna rapport använder sig av vid utvärdering av åtgärdsplan för god vattenstatus. Så åtgärden blågrön yta inne i stadsmiljö borde vara kostnadseffektiv i jämförelse med konventionella reningsmetoder. Denna information är viktig att ha med sig vid ekonomiskt strategiska policybeslut och vikten av detta kommer att tas upp i diskussionsdelen senare i denna rapport.

Ur diagrammet i figur 1 nedan kan det utläsas att jordbruk, kommunala reningsverk (KARV) och deposition är stora källor till övergödande näringsämnen i Kattegatt, Östersjön och Bottenhavet. Bakgrundsbelastningen utgör hälften av den uppmätta mängden kväve. Bakgrundsbelastningen kommer från naturlig näringsavgång som inte är mänskligt orsakad.



Figur 1. Källfördelning av antropogen nettobelastning av kväve (ton/år) Källa: Havs- och vattenmyndigheten 2017. KARV – Kommunala avlopps- och reningsverk.

Enligt IVL (2012 a) (2012 b) är kvävedepositionen högst i Sverige på västkusten (12 kg per hektar), men kväveurlakningen är relativt låg så kvävet som faller över skogen tas om hand av skogen genom *kväveretention*. Enligt Åtgärdsförslag för dagvatten av Kretslopp och vatten (2019) kommer 60% av fosforutsläppen i Göteborgs vattendrag från staden och resten från uppströms kommuner och jordbruk. På Gryaabs hemsida anges att Ryaverket får släppa ut 40 ton fosfor per år i medeltal utslaget på tre år (Gryaab, 2021). På SMHI's hemsida vattenwebb och Analys- och scenarioverktyg för övergödning finns det angivet att precis innan utloppet för Gryaabs reningsverk passerar 105 ton fosfor per år varav 63 ton är från jordbruksmark, 21 ton är från skog och hygge och resten från industri, stad, enskilda avlopp och reningsverk uppströms (SMHI, 2021). Bilden av reningsverkens del av övergödningen är ganska klar och detsamma gäller jordbrukets och skogsnäringens del. En stor del av kvävet kommer från deposition som tas om hand av gröna ytor men inte hårda urbana ytor.

Skogens hjälp genom kväveretention kallas för ekosystemtjänst. En ekosystemtjänst är en tjänst som vi får gratis av de ekosystem som verkar i samhället. Ett sannolikt scenario i Göteborgs framtid är ett extremare väder med mer nederbörd och risk för höga flöden i vattendrag vilket gör att ekosystemtjänster som kan kombinera vattenrenande egenskaper med översvämningshämmande egenskaper blir viktiga. Klimatuppvärmningen hänger ihop med koldioxidutsläpp vilket gör ekosystemtjänster som har ett kolintag intressanta. Ålgräsängar är ett ekosystem som ger Göteborg denna tjänst gratis men som blir påverkad av övergödningen.

1.2.4 Ekosystemtjänst som marknadsvara

På en marknad så finns en efterfrågan och ett utbud. Vissa av de metoder som används för att värdera ekosystemen väljer att studera ekosystemen som om de befinner sig på en hypotetisk marknad för att på så sätt med mikroekonomisk teori optimera samhällets nytta. Betalningsviljestudien Anthesis (2018), som gjordes på uppdrag av Göteborgs Stad, är en sådan värderingsmetod. Denna metod kan ta fram en betalningsvilja och visa vad ett representativt urval av göteborgare kan tänka sig att betala för att i detta fall nå god vattenstatus i Göteborg. För att nå det målet måste samhället sätta in åtgärder som exempelvis kan vara filtrerande dammar, nya dagvattensystem eller restaurerade våtmarker. Betalningsviljan för att nå målet med god vattenstatus får då representera samhällets nytta med införandet av de föreslagna åtgärderna. Vi kan värdera våtmarkerna vid köksbordet och det kan ge en bra bild av vad en göteborgare skulle tänka sig att offra för att nyttja våtmarkens ekosystemtjänster men det säger ingenting om vad våtmarken faktiskt producerar för oss människor eller i förlängningen vad samhället måste betala om ekosystemtjänsten försvinner och den till slut måste ersättas. Våtmarken bjuder på rening och denna rening kan beskrivas som en allmän vara som inte kan exkluderas från konsumenter som inte vill betala för den. Ett exempel kan vara att om betalningsviljan för en Gucciväska på NK är låg så slipper man köpa den men om man inte vill betala för en våtmarks rening så får man reningen ändå. Därför måste vi undersöka ekosystemtjänsterna och nyttan som de ger. Det är ett svårt arbete men försöken att göra det ger ett gott perspektiv som kan vara till hjälp vid en ekonomisk optimering av åtgärderna för god vattenstatus.

1.2.5 Ekosystemtjänster

1.2.5.1 Etappmål med ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster finns med i två etappmål inom de nationella miljömålen för området biologisk mångfald (Naturvårdsverket, 2017) Dessa två är:

Ekosystemtjänster och resiliens: Ekosystemtjänster och faktorer som påverkar dessa skall vara kartlagda senast 2013

Betydelsen av den biologiska mångfalden och värdet av ekosystemtjänster: Senast 2018 skall betydelsen av ekosystemtjänster vara kända och integreras i samhällsekonomiska ställningstaganden och andra beslut i samhället där det är relevant.

Vi känner till ett flertal av de ekosystemtjänster vi får av Göteborgs olika ekosystem, men arbetet att kvantifiera ekosystemtjänsterna i syfte att kunna integrera dem i samhällsekonomiska ställningstaganden är inte slutfört. Ett exempel på kvantifiering av en ekosystemtjänst är hur mycket kol ålgräsängar binder in. När vi har den kunskapen om våra ålgräsängar kan vi värdera hur mycket koldioxid denna biotop i Göteborg fångar in och tar ifrån atmosfären.

1.2.5.2 Värderingsmetoder för ekosystem

Vilka värderingsmetoder man väljer beror på vilken information och budget som finns tillgänglig och till vem den samhällsekonomiska undersökningen riktar sig. Här vänder vi oss till stadsledningen och vi vill gärna i slutändan ha ett mått på balansen mellan nyttan och kostnaderna för de åtgärder vi väljer att utföra för att nå god vattenstatus. Det ligger då nära med någon form av monetär värdering av ekosystemtjänsterna som berörs av åtgärderna. Rapporten kommer här att redogöra för några vanliga monetära värderingsmetoder med deras fördelar och nackdelar men innan vi gör det kan det vara bra att förstå vilka andra metoder som också finns. Man kan dela in värderingsmetoder i en skala som går från kvalitativa till kvantitativa. Den kvalitativa värderingen kräver inte så mycket information utan innebär i stort sett att värdet uttrycks i ord i djupintervjuer med respondenter. En semikvantitativ värdering innebär att man poängsätter värdet och på detta sätt får fram ett poäng för olika ekosystemtjänster. Som ett exempel visar en helt kvantitativ värdering hur stort kolintaget är i kilogram i en strand som blottläggs vid lågvatten. Denna form av värdering kräver kartläggning – gärna lokalt – då förutsättningarna för ekosystem varierar mycket. Den sista nivån är den monetära värderingen där man försöker värdera i kronor hur mycket strandens kolintag i exemplet ovan är värt.

Olika monetära värderingsmetoder som finns är:

Scenariometoden (Contigent valuation method) – En enkät fördelad till en representativ mängd respondenter utreder betalningsvilja för olika scenarier. I vårt fall med god vattenstatus i Göteborg viljan att betala för ett sådant scenario. En sådan undersökning är gjord för Göteborg och den heter Värdering av vattenförekomster i Göteborg (Anthesis, 2018).

En fördel med denna metod är att den kan vara det enda alternativet när det inte finns någon kartläggning av ekosystemen. En annan fördel är att man med denna metod inkluderar icke-användarvärden som visar på de monetära värden respondenten sätter på ekosystemtjänsten även om hen inte använder den. Det kan till exempel vara tillfredsställelsen av att ens barnbarn har ett val att nyttja ekosystemtjänsten i framtiden. En tredje fördel är att åtgärdsplaneraren med flera scenarion kan konstruera en kurva för marginalnyttan och på så sätt göra ett försök att optimera samhällskostnaden för åtgärderna ekonomiskt. En fjärde fördel är att de styrande i kommunen får ett mått på den demokratiska och ekonomiska viljan att utföra miljöförändringen. Nackdelen är att respondenten omöjligt kan ha all information som ligger till grund för en god värdering av den nytta som ekosystemtjänsten ger. Det blir en så kallad köksbordsvärdering som bygger på ofullständig information. En annan nackdel som förts fram av kritiker är att metoden är hypotetisk och inte nödvändigtvis speglar verkligheten.

Offentliga stöd – Denna metod grundas precis som scenariometoden på betalningsvilja men nu handlar det om samhällets betalningsvilja för att sköta våtmarker. Man kan i större mån än scenariometoden förutsätta att miljönyttan

har haft en central roll i beslutsfattandet om stöd vilket gör denna värdering något mer rationell.

Ersättningskostnadsmetoden – innebär att kostnaden för att ersätta en försvunnen ekosystemtjänst med ett medel skapat av människan beräknas. Till exempel kostnaden för att rena kväve och fosfor i en anlagd fosfordamm istället för i en våtmark. Denna värderingsmetod ger en rationell bild av vad ekosystemet gör gratis för samhället och en bild av ett worst-case-scenario. Nackdelen är att den kräver en omfattande kvantifiering av de aktuella ekosystemen som skall värderas.

Marknadsvärde metoden och resekostnadsmetoden – dessa metoder tar faktiska marknadssituationer i samhället och överför värdena på ekosystemet. Till exempel hur marknadspriserna på hus sjunker ju närmare en utsläppskälla de befinner sig eller hur stora resekostnaderna till ett naturområde är. Denna metod skulle kunna appliceras på en sjö med utsläppsproblem och hur fastighetspriserna stiger med avståndet från sjön och på så sätt ge marginalnyttan av att bo längre bort från denna sjö. Fördelen med denna metod är att den inte är hypotetisk som scenariometoden och i likhet med scenariometoden kan en kurva för marginalnytta konstrueras vilket är en stor fördel vid ekonomisk optimering. Nackdelen är ju att man egentligen inte fullt ut kan veta hur mycket av fastighetsprisets värde som kan överföras på utsläppsproblemet.

Produktionsfunktionsmetoden – Om en ekosystemtjänst bidrar till ett företags produktion så kan förändring i produktionsfunktionen analyseras om ekosystemtjänsten förändras och motsvara en värdering av ekosystemtjänsten. Till exempel om grundvattennivån sjunker så pass mycket att en bonde måste borra nya brunnar så motsvaras de extra kostnaderna av ekosystemtjänstens bidrag.

1.2.6 Tidigare värderingar av vattenstatusförbättring

I Anthesis (2018) värderas nyttan av miljöförändringen från måttlig till god vattenstatus i Göteborgs Stad till 600 kronor per hushåll och år vilket innebär 1,3 – 1,6 miljarder kronor totalt i nytta för förändringen av vattenstatus under en tioårsperiod. Här undersöks viljan att betala för förbättringen av vattenstatus och denna vilja får beskriva ett mått på nyttan av förbättringen. I en undersökning *Bakgrund till de samhällsekonomiska schablonvärdena i miljömåls myndigheternas gemensamma prisdatabas* av Naturvårdsverket (2017) görs en ansats att sammanfoga primärundersökningar gjorda i Norge och Danmark som utfört monetära värderingar av vattenstatusförbättringar. Med denna sammanfogning kan man få ett intervall över betalningsviljan som sträcker sig från dålig/otillfredsställande via måttlig till god vattenstatus. Med andra ord får denna metaundersökning fram en kurva för den marginella nyttan av förbättring av vattenstatus. Betalningsviljan per hushåll och år för förändringen från måttlig till god vattenstatus i Göteborg blir 576 kronor med hjälp av värdeöverföring från metaundersökningen. Det skulle innebära att nuvärdet för nyttan av vattenstatusförändringen i Göteborg bedöms till 1,5

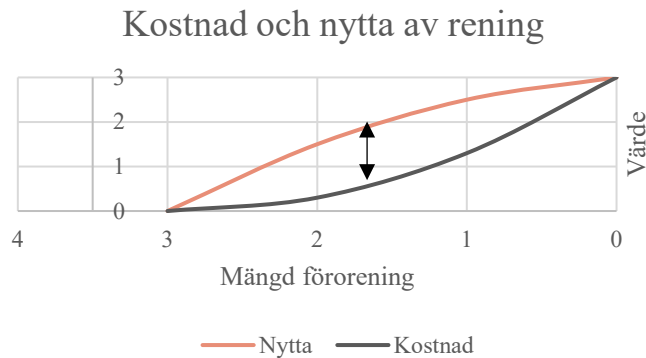
miljarder. Beräkningar finns bifogade i bilaga 2. De metoder som använts i primärundersökningarna är scenariometoder och choice experimentmetoder. Även om måtten på nyttan med vattenstatusförbättringarna är ganska grova så indikerar storleken på betalningsviljan i en jämförelse att metoderna kommer till liknande resultat vilket kan tala för scenariometodens tillförlitlighet. Å andra sidan kommer Anthesis (2020) med sin rapport *Värdet av att uppnå god miljöstatus i svenska havsvatten* fram till ett medelvärde av betalningsviljan 1075 kronor per person och år vilket för Göteborg skulle innebära att förändringen mot god vattenstatus i enbart havsvattnet är värd 4,33 miljarder kronor under en tioårsperiod. Detta talar för att värderingen av nyttan att nå god vattenstatus varierar mycket i betalningsviljeundersökningar.

I Stockholm gjordes det en liknande värderingsstudie som heter *Värdering av vattenförekomster i Stockholm* av Anthesis (2017) och den kommer fram till en något högre betalningsvilja på 689 kronor per år och hushåll. Detta kan bero på att problemen med övergödning är mer påtagligt i Östersjön och att Stockholm har en tydligare kulturell anknytning till vatten med bad, segling och långfärdsskridsko i centrala staden. Den totala betalningsviljan för statusförbättringen i Stockholms vatten är 2,5 miljarder kronor vilket klart överstiger åtgärdskostnaderna (1 miljard kronor) för att nå målet.

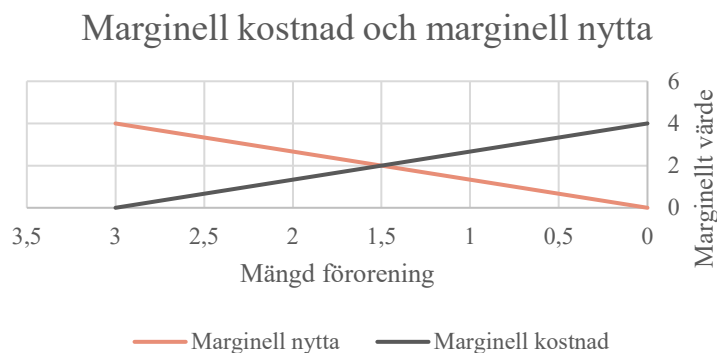
1.2.7 Kostnad- nyttoanalys

Idealt handlar kostnads och nyttoanalys om att hitta den största skillnaden mellan nyttan och kostnaden. Eftersom det finns EU-direktiv som styr att Sverige och dess kommuner (till exempel Göteborg) skall uppnå god vattenstatus i sjöar, vattendrag, grundvatten och kustvatten gäller det att hitta de billigaste åtgärderna för att nå målet samtidigt som man får med sig mest nytta. Vi har alltså en given nivå av rening som skall nås under en tioårsperiod och kan inte välja reningsnivån för att maximera nyttan. Många åtgärder har synergieffekter som till exempel ekosystemtjänsten våtmark som motverkar övergödning, skyddar mot översvämning och tar upp klimatuppvärmande gaser. Rening av kväve och fosfor påverkar ålgräsängarna positivt vilket i sin tur ger en förhållandevis stor nytta.

X-axeln i figur 2. beskriver mängd rening. När denna rening ökar då man rör sig åt höger utmed kostnadskurvan ökar kostnaden för rening mer och mer för att slutligen komma ikapp nyttan av reningsåtgärderna. Lutningen på nytto- och kostnadskurvorna beskrivs av de marginella kurvorna i figur 3. och vid optimerad nytta är dessa marginella kurvorna lika stora. Detta syns också i figur 2. där lutningarna på tangenterna till båda kurvorna är lika stora vid optimal mängd rening.



Figur 2. Fördelning av nytta och kostnad vid minskning av mängd förorening



Figur 3. Fördelning av marginell nytta vid minskning av mängd förorening

I vårt fall har vi inte någon kurva för hur betalningsviljan varierar med antal åtgärder utan vi får jämföra medelvärdet för den samlade betalningsviljan med de åtgärder som vi valt och på så sätt se om nyttan är större än kostnaden på den valda åtgärdsnivån. Men vi skulle kunna göra en nytto- och kostnadskurva med de nya värderingar vi tagit fram i bilagan för våtmarker, musselodlingar och ålgräsängar. I teorin kan man då titta på hur nyttan och kostnaderna varierar med vald mängd extra hektar våtmark eller extra hektar blåmusselbank. Om man tittar på vad som är en rimlig mix av åtgärder så kan man sedan gå in och se hur förhållandena mellan kostnad och nytta är för de enskilda åtgärderna vare sig det är en dagvattenåtgärd eller en våtmarksåtgärd.

1.3 Avgränsning

Rapporten har i skrivande stund inte några färdiga åtgärdsförslag att tillgå så någon fullständig kostnad- nyttoanalys kan inte slutföras. Rapporten har ej undersökt förbättring av vattendragens påverkan av miljögifter då det är svårt att kvantifiera denna påverkan. Rapporten kommer att beskriva de ekosystemtjänster som är kvantifierade för att använda denna information till en uppskattning av deras värde. Detta värde kan då jämföras med en grov uppskattning av de stora åtgärderna, men också med värdena i betalningsviljestudien. Rapporten kommer också redogöra för de vanligaste sätten att värdera ekosystemtjänster och ett sätt att med kurvor för marginalnytta och marginalkostnad finna den ekonomiskt mest effektiva åtgärdsnivån.

2 Metod

2.1 Värdering av ekosystemtjänster

Naturvårdsverket har föreslagit en arbetsgång vid värdering av ekosystemtjänster i sin Guide för värdering av ekosystemtjänster från 2015. Denna arbetsgång innehåller sex steg som är:

1. Vad ska du använda värderingen till
2. Identifiera ekosystemtjänster
3. Avgränsa analysen
4. Bestäm utgångspunkt för värderingen
5. Tillämpa värderingsmetoder
6. Gör en återblick

2.1.1 Syfte

Svaret på frågan i steg ett är att samla ihop ett samhällsekonomiskt underlag i form av en kostnad- nyttoanalys för att motivera olika åtgärder för att få god vattenstatus i Göteborgs Stad. Utöver den samhällsekonomiska analysen skall värderingen vara en ögonöppnare för beslutsfattare för att peka på hur stor hjälp vi göteborgare får gratis av biotoperna som levererar dessa ekosystemtjänster.

2.1.2 Identifiering

Vid steg 2 identifierar vi de ekosystemtjänster som ska vara med i en analys. Här vill vi ha med så många som möjligt som direkt inverkar på god vattenstatus i Göteborg, men som också hjälper till med andra viktiga tjänster. Dessa ekosystemtjänster brukar delas in i försörjande (till exempel dricksvatten, fisk), reglerande (rena vatten), kulturella (bad, naturarv) och stödjande (klimatreglering, fotosyntes). Ekosystemtjänsterna finns i Göteborgs kommun och många av dem är viktiga för näringsretention, kolintag och erosion/översvämningsskydd och detta är egenskaper som kommer att behövas än mer i framtiden med klimatförändringen. Nyttan som ekosystemtjänsterna bidrar med är till stor del av allmän art genom rening och de grupper som kommer att gynnas särskilt är de som bor i områden där det finns risk för översvämning. De invånare som kommer att påverkas negativt av åtgärderna är till exempel båtägare som inte får muddra för en brygga vid ålgräsängar. Detta skall då balanseras mot ålgräsängarnas förmåga att rena havet från kväve och fosfor, fånga in stora mängder koldioxid och föda upp fiskyngel i stora mängder. De ekosystemtjänster som värderas bidrar till flera andra viktiga tjänster. Projektet innebär att skapa åtgärder som kommer att förbättra vattnet i Göteborg från måttlig status till god status och det kommer att gynna ekosystem vid kusten.

2.1.3 Avgränsning

I steg 3 skall man avgränsa analysen om behovet finns. Många av ovanstående ekosystemtjänster har direkt inverkan på Göteborgs vattenstatus och många påverkas av åtgärderna för att nå det målet. Enligt åtgärdsplan för god vattenstatus i Göteborg är de största vattenrelaterade utmaningarna i Göteborg övergödning, fysisk påverkan och miljögifter i vattnet. Så strategiskt sett är det bra att avgränsa valet av ekosystemtjänster som relaterar till god vattenstatus.

Sedan är en begränsande faktor den information som finns tillgänglig i form av kvantifiering av ekosystemtjänsterna. Om inte denna information finns tillgänglig så är det svårt att säga någonting om vad ekosystemen levererar. Betalningsviljeundersökningen *Värdering av vattenförekomster i Göteborgs kommun* (Anthesis, 2018) får anses täcka in en värdering av alla ovanstående ekosystemtjänster plus de kulturella tjänsterna och icke-användarvärden. Men som diskuterades ovan så kommer denna rapport även ge en alternativ värdering för kvantifierade ekosystem. Avgränsningen blir i vårt fall styrt av vilka biotoper som är undersökta. Valet på biotoper föll på våtmarker, ålgräsängar, skogar och blåmusselbankar. Dessa biotoper levererar som ett urval ekosystemtjänsterna klimatreglering, översvämningssreglering, vattenrening, erosionsreglering, reglering av övergödning, reglering av giftiga ämnen och fiskproduktion.

2.1.4 Utgångspunkt för värderingen

Här görs ett försök att beskriva sambandet mellan ekosystemtjänsterna. Våtmarker tar upp kväve och fosfor vilket förbättrar situationen nedströms där ålgräsängarna och blåmusselbankarna befinner sig. Så om våtmarkernas rening av näringsämnen ökar så bör även teoretiskt förekomsten av ålgräs öka och således också ålgräsets rening av näringsämnen och minskning av övergödningseffekterna. Våtmarkerna binder också vatten så att stora flöden förhindras. Alla biotoper utvalda i denna rapport skyddar mot erosion, och utöver detta är skogen, ålgräsängar och våtmarkerna stora kolsänkor (Röhr, o.a., 2018), vilket innebär att de tar bort en stor mängd koldioxid från atmosfären. Kväve, fosfor och kol kan mätas i kilogram i alla biotoperna och värderas monetärt i kronor.

Med värderingen kan en samhällsekonomisk analys genomföras som beskriver det nuvarande värdet på ekosystemtjänsterna med också vilken värdestegring av ekosystemtjänsterna vi i Göteborg får om vi använder dem som ett medel att nå god vattenstatus.

2.1.5 Tillämpa värderingsmetod

Göteborgs Stad vill gärna veta till vilken grad åtgärdsinvesteringarna för god vattenstatus kommer att betala sig så i detta fall väljer vi monetär värdering. I Naturvårdsverkets *Guide för värdering av ekosystemtjänster* från 2015 står: ”Grunden för monetär värdering är att människor gör avvägningar mellan olika saker som skapar välbefinnande. Till exempel är individer villiga att göra

ekonomiska uppoffringar för att själva få tillgång till en god miljö kvalitet, eller för att andra ska få det.” I denna rapport kommer vi att komplettera värderingsmetoden ovan med en uppskattning av vad viktiga biotoper i Göteborg ger individer gratis eller vad individer i Göteborg troligtvis måste betala om biotoperna försvinner eller inte tillåts fortleva.

Ersättningskostnadsmetoden lämpar sig väl för detta ändamål. På detta sätt kan vi få fram ett värde i kronor per hektar och år som vi kan jämföra med åtgärds kostnaden per hektar och år. De värden som denna alternativa kvantifieringsmetod inte kommer åt är icke-användarvärdena som finns inbakade i betalningsviljestudien i Anthesis (2018). De rekreativvärden som erhålls av vattenförekomsterna kan beräknas med marknadsvärde metoden, exempelvis genom de utlägg fritidsbåtsägare gör för sina båtar och hamnplatser.

2.2 Kostnads- och nyttoanalys

2.2.1 Bestämna nyttor

De kvantifierade ekosystemtjänsterna undersöks och bestäms monetärt genom värdeöverföring där inte lokala data finns tillgänglig. Nyttorna beskrivs som nyttan av en viss biotop i kronor per hektar och år [$\text{kr}(\text{ha}\cdot\text{år})^{-1}$] eller kronor per kilogram och år [$\text{kr}(\text{kg}\cdot\text{år})^{-1}$]. Utöver det beräknas ett nuvärde för en period 2021 - 2030 för varje biotop i kronor per hektar eller kronor per kilogram.

NV = nuvärde, C_t = diskonterad term, t = år och r = diskonteringsränta

Nuvärdet $NV = \sum_{t=0}^t \frac{C_t}{(1+r)^t}$ där $t = 0, 1, 2, \dots, t$ och $r = 3,5\%$

Om vi ska beräkna nuvärdet av 1000 kronor under 3 år med 3,5% diskonteringsränta så blir nuvärdet $NV = 1000 + \frac{1000}{(1,035)^1} + \frac{1000}{(1,035)^2} = 2899,69$ vilket är mindre än 3000 kronor. Detta ska tolkas som att individer om tre år värderar det som var för tre år sedan lite lägre enligt en positivistisk utvecklingssyn.

Med siffran för nuvärdet i kronor per hektar kan nyttan för vald yta av våtmark som åtgärd beräknas. Till sist beräknas nuvärde för den totala nyttan biotopsvis och med det värdet kan man få en grov uppfattning av vilka värden som finns i ekosystemen i kommunen de närmaste tio åren.

2.2.2 Sätta nyttorna i ett sammanhang

Ekosystemtjänsternas nyttor jämförs med betalningsviljan för god vattenstatus och diskuteras i sammanhanget av de viktigaste faktorerna som påverkar målet god vattenstatus i Göteborg.

2.2.3 Finna kostnadseffektiva åtgärder

I arbetet att undersöka och värdera ekosystemtjänster identifierades möjliga åtgärder utifrån kriterierna att de skulle ha synergieffekter för andra nyttor och vara kostnadseffektiva.

3 Resultat

3.1 Val av ekosystemtjänster

Först hittades exempel på ekosystemtjänster (tabell 1) för att kunna orientera rapporten mot ett val av ekosystemtjänster (tabell 2) som hade en viktig roll i målet med god vattenstatus att göra och var kvantifierade nog att kunna göra beräkningar på.

Tabell 1. Lista över stödjande, reglerande, producerande och kulturella ekosystemtjänster i Göteborg.

Stödjande	Reglerande
Vattnets kretslopp	Klimatreglering
Resiliens hos ekosystem	Översvämningsreglering
Biokemiska cykler	Vattenrening
Fotosyntes	Erosionsreglering
Jordmånsbildning	Pollinering
Biologisk mångfald	Reglering av övergödning
	Reglering av giftiga ämnen

Producerande	Kulturella
Dricksvatten	Rekreation
Livsmedel från fisk	Estetiska värden
Bevattning	Kulturvärden
Livsmedel från animalier	Utbildning/Vetenskap
Vilda bär och svamp	Naturarv
Gödsel	Spiritualitet
Foder	

Tabell 2. Lista över ekosystemtjänster som har valts ut i undersökningen

Stödjande	Reglerande	Producerande	Kulturella
Biodiversitet	Klimatreglering	Dricksvatten	Rekreation
	Översvämningsreglering	Livsmedel från fisk	Kulturvärden
	Vattenrening		
	Erosionsreglering		
	Reglering av övergödning		
	Reglering av giftiga ämnen		

3.2 Värdering av ekosystemtjänster

Det sista urvalet av ekosystemtjänster undersöktes och arbetet med kvantifiering och värdering utfördes. Beräkningarna redogörs för i bilaga 1. Här redogörs kort för vilken information och metod som ligger till grund för värderingen av varje ekosystemtjänst.

3.2.1 Stödjande ekosystemtjänster

Biologisk mångfald är den stödjande ekosystemtjänsten som globalt sett är i störst obalans. Den biologiska mångfalden i Göteborgs Stad är inget undantag ifrån den obalansen. Den biologiska mångfalden, eller biodiversiteten som den kallas i tabell 2 ligger till grund för de andra ekosystemtjänsterna vilket innebär att denna ekosystemtjänst har en indirekt påverkan på de mer direkta ekosystemtjänsterna som till exempel ålgräsängarnas kolinlagring. Detta gör att det finns risk för dubbelräkning om nyttorna för biodiversitet och kolinlagring summeras. Biodiversitet gör att ekosystemen kan anpassa sig lätt till ändrade förhållanden. Att värdera biodiversitet är ett komplext uppdrag men ändå väldigt viktigt då den är grunden för de försörjande, reglerande och kulturella ekosystemtjänsterna.

Enligt Hungate et al (2017) så är ett av de enklaste sätten att ta reda på biodiversitetens storlek att mäta den totala kolinlagringen i jordlager eller sediment under det område där ekosystemtjänsten produceras. Hungate et al (2017) visar att om man drar ifrån en art på en savann så minskar ekosystemets monetära värde drastiskt. När man ser på ålgräsängarna så blir det kaskadeffekter när torsken försvinner. En dramatisk minskning av hela bestånd av stora rovfiskar som torsk har bidragit till ökad algutväxt genom att små rovfiskar blivit fler och små algbetande djur blivit färre, vilket gynnat tillväxten av fintrådiga alger och växtplankton. De mindre fiskar som förut var torskens

föda blir fler och konkurrerar om sin föda som snabbt minskar. Huvudorsaker till den generella förlusten av ålgräsängar i Bohuslän anses därför vara övergödning i kombination med överfiske med grumligare vatten och sämre sikt som följd. Mängden snabbväxande, fintrådiga alger som växer på ålgräset ökar också och ålgräs kan konkurreras ut av dessa alger vid höga halter av närsalter och dåliga ljusförhållanden. (Havs- och vattenmyndigheten, 2016a)

Detta resulterar i att ålgräsets utbredning och kolinlagring minskar vilket drar ner det ekonomiska värdet på ålgräsets ekosystemtjänst. Så om man tar bort en art i ett ekosystem så kan man få, om inte en kollaps, så åtminstone en snabb minskning av biodiversitet och biomassa vars kol lagras i ålgräsets sediment.

3.2.2 Reglerande ekosystemtjänster

De reglerande ekosystemtjänsterna reglerar övergödning, lagrar kol, skyddar mot översvämning och förhindrar erosion. I fallet med våtmarker så kan en satsning på restaurerade våtmarker utöver vattenrening ge kolinlagring, översvämningsskydd, erosionsskydd, rekreation och ökad eller bibehållen biodiversitet. Det finns goda exempel från Täby kommun 2013 som redan efter ett år hade tjänat in anläggningskostnaderna för projektet *flytande våtmarker* i uteblivna driftskostnader av reningsverket för dagvatten, som kunde stängas ner. (Anthesis, 2016) I fallet ålgräsängar så har vi en klimatreglerande ekosystemtjänst men också ökad biodiversitet genom bland annat lek område för torskyngel och havsöring (Röhr M. E., 2019); (Havs- och vattenmyndigheten, 2016a). Att satsa på återkolonisering av blåmusslor och restaurering av blåmusselbankar som, enligt inventeringar 2018 – 2019 inom ett LONA-projekt, bara finns kvar i några få mindre områden i Göteborgs kustvatten (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2021a), skulle utöver en kostnadseffektiv och stor kväve- och fosforinlagring bidra till en ökad biologisk mångfald.

I rapporten har de klimatreglerande ekosystemtjänsterna med kolinlagring värderats i skog, ålgräs och våtmarksbiotoper. Regleringen av övergödning med kväve och fosforinlagring har värderats i skog, ålgräs, blåmusslor och våtmark, och våtmarkens översvämningssreglering har också värderats.

Ålgräsets kolinlagring värderades med hjälp av värdeöverföring från närliggande undersökningar i Marstrand (Röhr M. E., 2019) där den årliga kolinlagringen interpolerades till 6 ton per hektar och en lägre uppgift från Havs- och vattenmyndigheten (2016a) på 1,66 ton per hektar. När antal ton koldioxidekvivalenter beräknats multipliceras denna mängd med samhällskostnaden för koldioxid med 7 kronor per kilogram och 1,14 kronor per kilogram (ASEK 7.0 och ASEK 1.14) eftersom ålgräset lagrar undan kolet. Samma procedur utfördes med skogen och våtmarkerna där uppgifter om den årliga kolinlagringen hittades i Skogsstyrelsen (2020) och LRF (2020) för skogen och Lin (2020) för våtmarkerna. Vad förlusten av ålgräsängar är värd beräknades med hjälp av Moksnes et al (2021) där Marstrands 98% förlust av sina ålgräsängar värderas till 1,27 miljarder kronor vilket, med hjälp av en värdeöverföring, gör att samma slags ålgräsförlust i Göteborg är värd 1,89 miljarder kronor.

Värderingen av kväveretentionen beräknades med hjälp av ersättningskostnadsmetoden eftersom vi här vill veta vilken kostnad vi slipper betala när ekosystemtjänsten levereras. Kostnaden för kväve och fosforering hittades i Nilsson (2017) med 16 kronor per kilogram respektive 573 kronor per kilogram och detta är en värdeöverföring från anlagda skånska våtmarker. Uppgifter för skogens kväverening hittades i IVL (2012 a), blåmusslornas kväverening i Lindquist (2008) och ålgräsets kväverening i Havs- och vattenmyndigheten (2016a).

3.2.3 Producerande ekosystemtjänster

De beräknade producerande ekosystemtjänsterna består av havets produktion av torskfisken. Nyttan med återinförandet av 70% av torskbeståndet i Göteborg som ett led av de nationella miljömålen för hav, kust och åar finns presenterat av Naturvårdsverkets betalningsviljeundersökning från 2008 (Naturvårdsverket, 2008).

3.2.4 Kulturella ekosystemtjänster

De kulturella ekosystemtjänsterna består i rapporten av två något olika ekosystemtjänster. Den ena, rekreation, kan värderas med marknadsvärdesmetoden då det finns riktiga marknader som beskriver göteborgarnas vilja att nyttja hav, åar och sjöar på sin fritid för rekreationssyften. Värderingar av sportfisket, båtliv och bad har gjorts med hjälp av marknader för sportfiskerelaterade kostnader, båtplatskostnader och resekostnad till och från badplatser. Vesterinen (2009) fann att efterfrågan på dessa rekreationer ökar med en viss procentsats med en ökning av siktdjupet och då siktdjupet enligt Vattenmyndigheterna (2019) ökar med cirka två meter när vattenstatusen går från måttlig till god kunde ökningen av värdet på denna marknad beräknas.

Den andra kulturella ekosystemtjänsten, kulturlandskap, värderas med hjälp av Naturvårdsverket (2008) och betalningsviljan för att ett visst antal fiskare kan fortsätta sin verksamhet som en del av miljömålen *Levande sjöar och vattendrag* och *Hav i balans samt levande kust och skärgård*.

3.2.5 Beräknade ekosystemvärden

Nedan i tabell 3-5 visas resultaten av beräkningarna gjorda i bilaga 1 i kapitel 6.1.1 – 6.1.4. Här beskrivs monetära värden för de ovan utvalda ekosystemtjänsterna biotopsvis och specifika ekosystemtjänster inom biotoperna.

Tabell 3. Lista över beräknad nytta med ekosystemtjänster per befintlig biotop. Nyttor angivna i tusen kronor per hektar och år, per hektar under tio år och totalt i Göteborgs Stad under tio år (som är beroende av arealen av biotopen: 990 hektar ålgräs, 1902 hektar våtmark, 14 000 hektar skog).

Biotop	Värde per hektar och år [tusen kronor / (ha år)]	Nuvärde per hektar 2021-2030 [tusen kronor / ha]	Nuvärde totalt 2021-2030 [tusen kronor]
Ålgräsängar	15,8 - 187	145 - 1 829	144 289 - 1 810 486
Våtmark	15 - 60	14 - 591	243 005 - 1 124 472
Skogsmark	8,29 - 48,3	69,1 - 415,9	967 572 - 5 822 553

Tabell 4. Lista över beräknad nytta med återinförda ekosystemtjänster per biotop. Nyttor angivna i tusen kronor per hektar och år och totalt i Göteborgs Stad under tio år.

Biotop	Värde per hektar och år [tusen kronor / (ha år)]	Nuvärde per hektar 2021 - 2030 [tusen kronor / ha]
Blåmusselbankar	1 892	16 286

Tabell 5. Lista över specifika ekosystemtjänster per biotop. Beräknade nyttor angivna i tusen kronor per hektar och år, per hektar under tio år och totalt i Göteborgs Stad under tio år.

Ekosystemtjänst	Värde per hektar och år [tusen kronor / (ha år)]	Nuvärde per hektar 2021-2030 [tusen kronor / ha]	Nuvärde totalt 2021- 2030 [tusen kronor]
Ålgräsängar kolintag (koldioxidekvivalenter)	7 - 157	70 - 1570	69 300 - 1 551 429
Ålgräsängar fiskyngel	8,8	75,7	74 943
Ålgräsängar kväveretention	21,6	185,9	184 067
Våtmark kväve - fosforretention	6	52,2	99 294
Våtmark kolintag (koldioxidekvivalenter)	8,8 - 53,9	75,6 - 539	143 700 - 1 025 000
Skogsmark kväveretention	192	1652	23 137
Skogsmark kolintag (koldioxidekvivalenter)	7,8 - 48	67 - 414	944 412 - 5 799 416

3.3 Nyttan av utvecklingen måttlig till god vattenstatus

Nedan i tabell 6 presenteras förändringen av nyttan som ekosystemtjänsterna tillgodoser göteborgarna med när utvecklingen går från måttlig till god vattenstatus. Många av de reglerande ekosystemtjänsterna finns inte med i denna tabell då det är vetenskapligt mycket svårt att motivera hur mycket ålgräsängarna kommer att växa som en följd av denna miljöförändring. Beräkningarna finns bifogade i bilaga 1 i kapitel 6.1.5 – 6.1.7.

Tabell 6. Ökad nytta av ekosystemtjänster vid utvecklingen från måttlig till god vattenstatus. Beräknade nyttor angivna i tusen kronor per år och totalt i Göteborgs Stad under tio år.

Ekosystemtjänst	Värde per år [tusen kronor]	Nuvärde totalt perioden 2021 – 2030 [tusen kronor]
Rekreation båtägare	0	0
Rekreation bad	979	8 429
Rekreation fritidsfiske	73 939	636 264
Kulturvärden	238 020	2 050 000
Torsk	258 127	2 220 000
Ålgräs	*	*
Totalt	571 065	4 914 693

* Osäker tillväxt vid utveckling mot god vattenstatus

3.4 Kostnadseffektivitet hos vissa åtgärder

De ekosystemtjänster som värderades undersöktes också som åtgärd. Våtmarken kan användas för att filtrera bort fosfor och kväve, men också som effektivt översvämningsskydd och kolsänka. Dikade våtmarker kan restaureras genom att plugga dikena så att de åter igen fylls på med vatten. En sådan pluggning behöver inte kosta mycket pengar. (Mälarens Vattenvårdsförbund, 2014). Fosforfångande dammar kan byggas nära åkrar och dessa kan fånga upp 50 kilogram fosfor per år och hektar i normala förhållanden. (Jordbruksverket, 2015)

Andelen dikade torvmossar i Sverige är 4%. Att restaurera dikade torvmossar skulle öka reningen av kväve och fosfor, men också förhindra att 15 ton koldioxidekvivalenter sprids per hektar. (Jordbruksverket, 2014) Om dessa dikade torvmarker även motsvarar 4 procent av Göteborgs skogsbestånd och

återställs till torvmark så sparar vi 506 miljoner kronor under en tioårsperiod. Beräkningen finns redovisad i bilaga 3.

Blåmusslor filtrerar 10 kilogram kväve och 1 kilogram fosfor per odlad ton Lindquist (2008) och varje hektar musselodling ger i medel 300 ton blåmusslor. (Länstyrelsen i Hallands län, 2011). En hektars skördad och slamsugen musselodling skulle ge en infångning av 300 kilogram fosfor per år vilket är betydligt bättre än våtmark.

Trålning drar upp kol och kväve från bottensedimenten och detta bidrar till övergödning och klimatförändring (Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D. Cabral, R., Atwood, T., Auber, A., 2021). En flyttning av trålningsgränsen en nautisk mil västerut skulle innebära en nytta på 123 - 599 miljoner kronor under en tioårsperiod och åtgärdskostnaden skulle troligtvis bli låg då det redan finns resurser som bevakar nuvarande gräns. Beräkningen finns redovisad i bilaga 3.

Return of investment är ett mått på hur mycket nytta investeraren får per investerad krona. Här är denna måttenhet utslagen på en tioårsperiod, men skulle lika gärna kunna visa hur lång tid det tar för nyttan att överstiga kostnaderna för investeringen (se tabell 7).

Tabell 7. Beräknad kostnadseffektivitet för specifika ämnen i kronor per kilogram med return of investment inkluderat. Return of investment är angett i nytta per investerad krona.

Åtgärd	Kostnadseffektivitet kväve per hektar [kronor per kilogram]	Kostnadseffektivitet fosfor per hektar [kronor per kilogram]	Kostnadseffektivitet koldioxid per hektar [kronor per kilogram]	Return of investment (2020 – 2030) per hektar [Nytta per investerad krona]
Blåmusselodling	38	380	-	44
Våtmark åker	10	100	39	2
Våtmark pluggning	10	1000	0,3	30
Våtmark	150	6000	4,3	2
Urban damm	-	54000	-	0,014
Ålgräs plantering	-	-	8,5	0,12 - 1,5
Trålningsgräns	-	-	0,007	19 979
Torvmosse pluggning	10	1000	0,13	47

4 Diskussion

4.1 Ekosystemvärdering

Rapporten undersöker bara några få ekosystemtjänster och får fram att i värsta fall finns det stora värden som hotas av övergödning och fysisk påverkan. Det råder osäkerhet om värdena och därför presenteras värderingen i intervall och diskuteras vidare.

4.1.1. Ekosystemtjänsternas nyttor

Denna rapport finner att nyttan vi får av några få utvalda ekosystemtjänster i Göteborg kommer att öka sitt värde med 4,9 miljarder kronor under en tioårsperiod som en följd av utvecklingen från måttlig till god vattenstatus. Med större biologisk kunskap om ekosystem kommer troligtvis den bedömda storleken av denna nytta öka mångfalt. Det understryks av faktumet att vi inte vet hur mycket de för Göteborg mycket värdefulla ålgräsängarna kommer att öka i utbredning med det större siktdjup en utveckling från måttlig till god vattenstatus kommer att ge. Så som det ser ut nu med måttlig vattenstatus så ger ålgräsängarna (på 990 hektar) oss göteborgare cirka 15 000 000 -185 000 000 kronor per år i nytta och den tjänsten kommer att öka med en ökad yta av ålgräsängar i Göteborgs kommun.

Om man jämför denna värdering av nyttan med förändringen mot god vattenstatus med betalningsviljestudien (Anthesis, 2018) så ser vi att storleken på nyttan skiljer sig åt. Denna undersökning försöker undersöka hur ekosystemtjänsterna ökar som följd av utvecklingen mot god vattenstatus och betalningsviljestudien undersöker hur denna utveckling värderas när den ses genom göteborgarens ögon. Eftersom ekosystemen ger oss nytta vare sig göteborgarna är medvetna om ekosystemtjänsten eller inte så ger denna undersökning ett biologiskt/resursekonomiskt perspektiv till betalningsviljeundersökningen.

4.1.2. Diskussion om ASEKs kalkylvärden

Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkylers (ASEK) nya kalkylvärde för koldioxidens kostnad per kilogram på 7 kronor gäller för beräkningar inom transportsektorn. Utanför transportsektorn har koldioxid samma effekt och därför finns detta kalkylvärde även med i beräkningarna som gäller våtmarkernas och ålgräsängarnas ekosystemtjänst kolintag som tar bort en stor mängd koldioxid från atmosfären. Detta värde är beräknat för att möta Parisavtalets globala 1,5-gradersmål med reduktionskrav på 70%. Göteborg befinner sig på en global marknad och ekosystemtjänsterna bidrar till Göteborgs konkurrensfördelar. Detta motiverar det höga kalkylvärdet. Det låga kalkylvärdet tas med för att ge det lokala värderingsperspektivet.

4.1.3. Diskussion om osäkerheter kring värdering av ålgräs

Det existerar osäkerhet i om ålgräset binder så mycket kväve i sedimenten och det råder osäkerhet hur mycket kol ålgräsängarna binder – även om de sista årens artiklar kommer med liknande uppgifter, analyser och beräkningar kring detta. Det är debatterat om vilket kalkylvärde som ska gälla för koldioxid. I denna rapport kommer intervall anges för värdering för att ta hänsyn till denna osäkerhet. När Göteborgs Stads biotoper är mer noggrant kvantifierade så kan vi vara mer säkra på om ålgräsängar i Kattegatt per hektar innehåller 15 ton kol (Havs- och vattenmyndigheten, 2016a) eller så mycket som 200 ton (Röhr et al, 2018). Båda dessa kvantifieringar anses vara trovärdiga representanter för en värdeöverföring på Göteborgs ålgräsängar eftersom de baseras på en vetenskaplig metod utförd i Skagerack och Kattegatt. Havs- och vattenmyndigheten (Havs- och Vattenmyndigheten, 2016b) värderar kväveretentionen högre än denna rapport då de utgår från ett medelvärde för kväverenande åtgärder vid kusten. Denna rapport tar istället den lägsta kostnaden för att rena kväve med en dammbyggnad.

Denna undersökning kan inte svara på hur mycket ålgräsängarna växer vid en utveckling från måttlig till god vattenstatus. Havsmiljöinstitutet (2015); (2017) beskriver ålgräsets historiska utbredning i Kattegatt från 1888 via 1988 till 2000-talet och av dessa rapporter kan man se hur ålgräset vid industrialiseringens start med god eller hög ekologisk status har minskat i utbredning fram till 2000-talet. 1930 drabbades ålgräset av ett slemsvampangrepp och försvann mer eller mindre men återhämtade sig starkt. Vid en provtagningsexpedition gjord 1888 fanns ålgräset på upp till 20 meters djup vid 525 jämnt utspridda lokaler i Västerhavet. Dessa lokaler återbesöktes 2010 och djuputbredningen av ålgräs har minskat kraftigt. Nu är den maximala djuputbredningen för ålgräs (som är ett mått på övergödningseffekten) vanligtvis på fem-sex meters djup, samt ålgräsförekomsten i alla undersökta ålgräsängar i Göteborgs kustvatten 2018 - 2019 var som störst på cirka 1,5 - 3 meters djup (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2021a). Vi vet således att ålgräs kan återhämta sig snabbt, men troligtvis inte till samma utbredning som 1888 eftersom förutsättningarna är helt andra idag.

Siktdjupet kommer att öka två meter vid statusförbättringen vilket kommer att gynna ålgräset och påväxt av fintrådiga alger kommer att minska vilket gynnar fotosyntesen som ålgräset nyttjar (Vattenmyndigheterna, 2019). Vid samtal med Per Moksnes (ålgräsforskare, Göteborgs universitet) hävdar han att det är troligt att ålgräsängarna kommer att växa men hur mycket är osäkert. Osäkerheten förklarar han med att det finns andra parametrar som också styr tillväxten av ålgräs, såsom hur många stora rovfiskar som finns och hur mycket fysisk påverkan ålgräsängarna blir utsatta för i form av muddring, förekomsten av bryggor (och muddrade bryggor), småbåtshamnar, båttrafik, skuggning samt ankrings- och propellerskador från fritidsbåtar. Möjligheten till spridning av ålgräs och associerade organismer (konnektivitet) påverkas även negativt av exploateringen. De återstående ålgräsbestånden står under starkt tryck från fortsatt exploatering och behöver därför skyddas. (Havs- och

Vattenmyndigheten, 2017); (Moksnes, P-O., Erlander, L., Infantes, E., Holmer, M., 2018)

För varje hektar tillväxt av ålgräs bidrar det till Göteborgs samhällsekonomi med ungefär 1,8 miljoner kronor under en tioårsperiod vilket kan vara ett ekonomiskt incitament att införa åtgärder för att freda ålgräsängarna, öka konnektivitet och återinföra rovfisken.

4.1.4. Diskussion om osäkerheter kring värdering av våtmarker

Även i denna biotop är kvantifieringen en osäkerhetskälla. Det finns ingen undersökning av våtmarkers kväve- och fosforretention i Göteborgs kommun och ej heller någon uppgift på hur stor kolinlagringen är i västsvenska våtmarker. Uppgifterna som finns är värdeöverföringar från sydsvenska undersökningar vilket verkade vara de som mest liknade våtmarkerna i Göteborgs Stad. Översvämningsskyddet från våtmarker är troligtvis högt. Ansträngningar gjordes för att beräkna detta i programmet Floodman, som är designat för att göra kostnad- nyttoanalyser av åtgärder för skyfall och översvämning i Göteborgs Stad. Analyser och en storleksbedömning av hur hög nytta varje hektar våtmark bidrar med när det gäller minskningen av risk vid översvämning av Göteborgs Stad gjordes, men alltför stora osäkerheter uppkom för att kunna konkretisera ett värde på denna nytta.

4.1.5. Diskussion om osäkerhet kring värdering av skogen

Skogens kväveretention beror mycket på om huruvida den är dikad eller inte. Här är den värderad efter antagandet att skogen är odikad. Värdet för skogens ekosystemtjänst får därmed vara en indikator på vilken nytta man kan få av en helt odikad skogsbiotop då det är mer troligt att delar av skogen faktiskt är dikad. Dessvärre kunde denna undersökning inte hitta uppgifter på hur mycket kväveretentionen minskar med dikning.

4.1.6. Diskussion om osäkerheter kring värdering av blåmusslor

Kommersiell odling på åttiotalet slogs ut av algdioxiner. Enligt Lindqvist (2008) är kostnaden för giftkontroll inte hög och skulle inte påverka den ekonomiska kalkylen nämnvärt. Blåmusslor som åtgärd skulle här vara mer inriktad på åtgärder som syftar på att restaurera musselbankar och det råder en stor osäkerhet om vad ett sådant återinförande eller återkolonisering av blåmusslor kostar. Varför blåmusslorna verkar ha minskat dramatiskt längs västkusten har inte klarlagts av forskningen, men en populär teori är att grundorsaken beror på klimatförändringar, eventuellt i kombination med andra faktorer. Detta skulle också göra det svårt att få blåmusslor att återkolonisera lämpliga substrat på hård- och mjukbotten (Göteborgs Universitet, 2021), speciellt om det finns färre och färre adulta musslor i ett område eftersom mussellarver och musselrekryter generellt överlever mycket sämre om de inte kan slå sig ned i befintliga musseläckor eller musselbankar (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2021a).

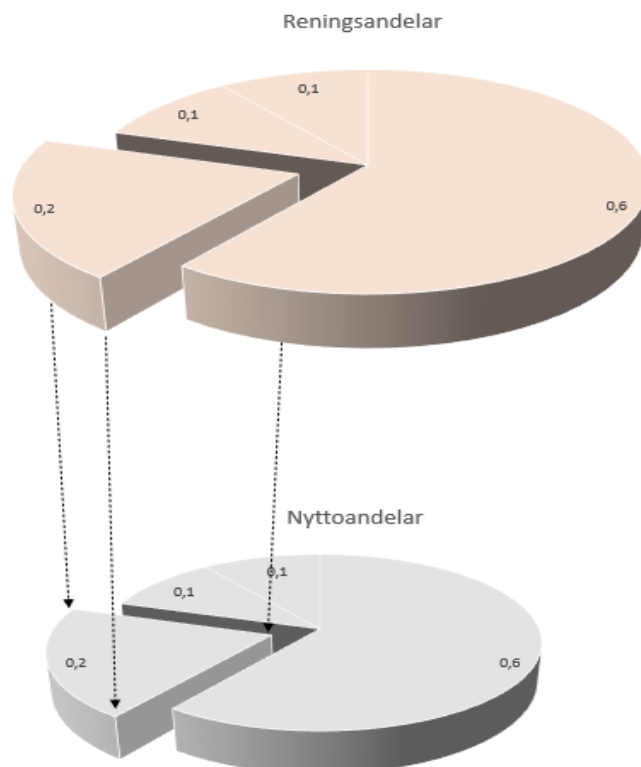
Musselodling som åtgärd är dock väl kartlagd och kostnadseffektiv eftersom blåmusslorna kan säljas med vinst.

4.2 Kostnad- nyttoanalys

4.2.1 Åtgärdernas nytta och kostnader

För att göra en kostnad- nyttoanalys vill vi balansera åtgärdernas kostnader mot den nytta som de ger upphov till. Vi vill se hur stor del av nyttan av att nå god vattenstatus som kan härledas till åtgärderna som föreslagits. Om Göteborgs Stad renat 60% av den övergödning som behöver renas för att nå god vattenstatus så motsvarar effekten 60% av nyttan. Låt oss belysa detta genom följande exempel:

Det måste renas 5 ton fosfor för att nå god vattenstatus i Göteborgs Stads kustvatten, sjöar och vattendrag. Nyttan med att nå god vattenstatus är bestämd till 2 miljarder kronor. Låt oss utöver detta anta att det finns föreslagna åtgärder som kan rena bort 1 ton fosfor och att dessa kostar 1 miljard kronor. De föreslagna åtgärderna kommer att nå en femtedel av målet med 5 ton fosfor per år och således också en femtedel av nyttan med att nå målet. På kostnadssidan har vi 1 miljard kronor och på nyttosidan har vi 2 miljarder kronor $\times \frac{1}{5} = 400$ miljoner kronor. En femtedel reningsandel motsvarar således en femtedel av nyttan.



Figur 4. Reningsandel med motsvarande nyttoandel.

Ovanstående exempel visar att det är viktigt att länka åtgärdernas effekt till den specifika nytta den effekten ger upphov till. Denna undersökning visar, precis som Anthesis (2018), nyttan med att nå målet god vattenstatus och inte nyttan med att nå delmålet – Göteborgs Stads reningsandel. Så det är först när alla kommuner runt avrinningsområdena till Göteborgs vattendrag har presenterat sina åtgärder som den fulla nyttan kan ställas mot kostnaderna. Detta i sin tur visar på ett behov av regional styrning av hur kommunerna skall agera tillsammans för att nå god vattenstatus. Om det är så att Göteborgs Stad skall stå för en del av reningsbehovet för att nå god vattenstatus och de uppströms kommunerna för resten av reningsbehovet måste alla kommuner komma överens om sin reningsandel. Det kan exempelvis åstadkommas med hjälp av de regionala vattenråden, Västerhavets Vattenmyndighet eller länsstyrelsen i Västra Götaland. För att nå målet med god vattenstatus i Göteborgs Stad krävs ett regionalt beslut om fördelning av reningsåtgärder som sedan i en kostnadsnyttoanalys kan balanseras mot de nyttor som ett sådant scenario ger upphov till i de respektive kommunerna och i Göteborgs Stad. En grundregel är att varje kommun betalar för sina utsläpp enligt principen om att den som är skyldig till utsläppen skall betala för skadan.

Eftersom vi i Sverige har bundit oss att nå målet god vattenstatus så har vi inte mandat att välja reningsnivå för att optimera mot maximal nytta som i figur 2 utan får fokusera på att nå reningsnivån som ger god vattenstatus med så små kostnader som möjligt. Om kommuner - som har billigare markpriser och mer jordbruksareal - kan rena kväve billigare än Göteborg med sina höga markpriser skulle en lösning kunna vara att Göteborg köper utsläppsrätter av de andra kommunerna och på så sätt når alla kommuner målet billigare. De som har låga kostnader att rena renar mer. Detta liknar de grundläggande ingredienserna för ett system med utsläppsrätter.

4.2.2 Pluggning av torvmosse som åtgärd

Dikade torvmossar med skog utgör fyra procent av den totala skogsytan i Sverige och släpper ut mer koldioxid än den svenska personbilsflottan (Jordbruksverket, 2014). Därför är det intressant att se om man kan åtgärda dessa utsläpp med pluggning av diken för att återfukta mossarna. Om fyra procent av skogen i Göteborgs Stad står på gamla dikade torvmossar så släpps det ut koldioxid med skadeståndsvärde mellan 104 – 506 miljoner kronor under en tioårsperiod.

Självklart är det en osäkerhetskälla med antagandet att 4% av Göteborgs skogar är gamla torvmossar. Om det går att ta reda på hur stor denna markareal är så kan denna samhällskostnad preciseras noggrannare. Denna värdering indikerar att det finns höga värden i att plugga torvmossars diken.

4.2.3 Utflyttning av trälgräns som åtgärd

Enligt Sala et al (2021) så frigör bottenträlning 0,58 Pg (= 0,58 miljarder ton) koldioxid på en aggregerad yta av 4,9 miljoner km². Siffran 0,58 miljarder ton är länkad till de bottnar där trälning pågått årligen i en sammanhängande period

längre än nio år. Om en yta på havsbotten trålas för första gången frigörs tre gånger så mycket koldioxid.

En värdering av hur mycket mindre mängd koldioxid som skulle släppas ut om Göteborgs Stad flyttade trålningsgränsen en nautisk mil längre västerut finns i bilaga 3. Det framgår ur denna värdering att vi i Göteborgs Stad som följd av en sådan utflyttning av trålningsgränsen skulle tjäna mellan 123 - 599 miljoner kronor under tio års tid på minskade koldioxidutsläpp. Denna rapport värderar bara trålspar registrerade för svenska trålare. Om man skulle räkna in danska trålspar skulle värderingen stiga. Om all trålning skulle förbjudas i Göteborgs Stads fiskevatten så skulle vi spara mellan ca 0,82 - 4 miljarder kronor under tio år på minskade koldioxidutsläpp. Spannet på värderingen av hur mycket Göteborgs Stad skulle tjäna på att flytta trålgränsen beror på vilket kalkylvärde som används för koldioxidens skadestånd.

Frågan värd att ställa sig är om det är troligt att de svenska trålfiskarna tjänar mer än 0,82 - 4 miljarder kronor på att fiska i Göteborgs Stads kustfiskevatten under tio år. Agrifood (2018) indikerar att medelintäkterna renderade av trålningsfiske i hela Sverige rör sig runt 200 miljoner kronor per år. En sådan medelintäkt skulle göra runt två miljarder kronor under tio år i hela Sverige.

Eftersom det inte är troligt att trålningsfisket i Göteborgs Stad utgör en större del av den totala svenska marknaden och att det inte heller är troligt att det bara trålar svenska trålare i Göteborgs fiskevatten så skulle en utflyttning av trålningsgränsen troligtvis betyda stor samhällsekonomisk vinst för Göteborgs Stad.

4.2.4 Ombyggnad av Ryaverken/ dagvattennät som åtgärd

En ombyggnad av Ryaverken syftar till att ge en kapacitetshöjning som behövs för att möta de projicerat ökande flödena som momentant kan vara väldigt stora. Orsaken till de ökade flödena är den stora mängd tillskottsvatten som läcker in, läcker över eller flödar in via felkopplingar. Det vatten som når reningsverket har en hög utspädningsgrad vilket försämrar reningseffektiviteten.

Vi vet enligt Kretslopp- och vatten (2019) att av Göteborgs årliga reningsbehov av fosfor för att nå god vattenstatus (2500 kg) är en majoritet direktutsläpp från Göteborgs ledningsnät. Denna mängd fosfor släpps ut i älven och når kusten och där finns de ålgräsängar vars ekosystemtjänster här värderats till mellan 15,6 och 185 miljoner kronor per år, och dessa ekosystem försvinner på grund av bland annat övergödning enligt (Havs- och Vattenmyndigheten, 2016b). Enligt *Tillskottsvattenarbetet i Göteborg en sammanfattning* av Glen Nivert (2018) på Kretslopp och Vatten är det uppskattat att det skulle kosta ungefär 10 miljarder kronor att bygga om Göteborgs ledningsnät och för att avsluta byggnationen skulle det behövas 50 – 100 år. 10 miljarder kronor under femtio till hundra år utgör en kostnad på 100 - 200 miljoner kronor per år och denna kostnad kan man ställa mot ekosystemtjänsterna från ålgräset vars nytta här värderas till mellan 15,6 och 185 miljoner kronor per år. Enligt Kretslopp och Vatten (2018) slutar ombyggnaden av ledningsnätet vara samhällsekonomiskt lönsamt vid en investeringsgrad större än 600 miljoner kronor. Kanske skulle

denna kostnad- nyttoanalys bli annorlunda om Göteborgs vattenreningssystem påverkan på ålgräsängar och andra biotoper vid Göteborgs kustvatten tas in i de samhällsekonomiska beräkningarna?

4.2.5 Betydelsen av return of investment

Med osäkerhetsintervallet för kolintag och kalkylvärden så får man under tio år per hektar 0,12 – 1,5 kronor tillbaka per investerad krona om man återplanterar ålgräsängar. Om man använder medelanläggningens kostnaden 300 000 kronor för en restaurering av våtmark (Nilsson, 2017) så får man under tio år per hektar 2 kronor tillbaka på varje investerad krona för kolintag, fosfor och kväveretention. Om man utför en enklare pluggning av våtmark med beräknad anläggningens kostnad på 20 000 kronor så får man under tio år per hektar 30 kronor tillbaka på varje investerad krona. Om man bygger en våtmark i jordbruksbygd så får man tillbaka 2 kronor per investerad krona på tio år per hektar. Musselodlingar har en hög return of investment på 44 kronor tillbaka per investerad krona per hektar och tio år. Om man flyttar trålningsgränsen en nautisk mil västerut tjänar Göteborgs Stad 599 miljoner kronor under tio år på minskad spridning av koldioxidekvivalenter. Detta motsvarar 19 979 kronor tillbaka per investerad krona under tio år.

Så om man begränsar diskussionen till return of investment så utkristalliserar sig en strategi som går ut på att plugga så många hektar dikad våtmark som möjligt, gärna strategiskt placerat för skydd mot översvämning samtidigt som Göteborgs Stad i samarbete med kommuner uppströms finansierar så många våtmarker intill åkrar som möjligt. Båda dessa alternativ har hög kostnadseffektivitet och hög return of investment. Denna strategi skulle sänka åtgärdskostnaderna för övergödning jämfört med strategin att investera en stor del åtgärder i urban miljö, men då glömmer man att problemet med miljögifter i urban miljö inte kan åtgärdas någon annanstans än inne i staden.

4.2.6 Strategiska val av åtgärder

Den generella strategin är att hålla nere kostnaderna för att nå god vattenstatus. För att hålla nere kostnaderna måste man se långsiktigt på utmaningarna. Vattenekosystemtjänster som förvaltas noggrant levererar nytta i århundraden helt gratis. Utsläpp av gifter och näringsämnen känner inga gränser vilket kräver samarbete både regionalt och lokalt.

4.2.6.1 Reningsverk

Eftersom en stor del av mängden uppmätt kväve och fosfor i Göta älvs mynning härrör från Göteborgs reningsystem bör en stor del av åtgärderna som syftar till att lösa övergödningssystemet fokusera på detta system. De stora kostnaderna som åtgärderna innebär kan balanseras av nyttan av att behålla ålgräsängarna. När fler vattenekosystemtjänster i kustzonen kan värderas kommer denna nytta att öka.

4.2.6.2 Urbana lösningar

Efterfrågan på mark i urban miljö är hög vilket höjer priset på blågröna lösningar. Det medför i sin tur att de gröna lösningarna måste integreras i den urbana miljön på ett smart sätt för att bidra med multifunktion. Vetenskaplig forskning har funnit att samhällets skadestnader för metaller och PAH ämnen är mycket höga för industriutsläpp (European Environment Agency, 2011). Vetenskapen menar också att gröna områden nära utsläppskällan kan filtrera ut miljögifter men vi vet inte vilken effekt på vårdkostnader de gröna zonerna skulle ha. Utöver rening av miljögifter kan blågröna åtgärder också rena kväve och fosfor så sammantaget är de här åtgärdernas stora fördel att de både är billiga och multifunktionella.

Mycket talar för att blågröna zoner i urban miljö är mer kostnadseffektiva än konventionella lösningar när det gäller rening av miljögifter (Ramböll, 2013); (United States Environmental Protection Agency, 2002). Så de urbana gröna lösningarna får inte glömmas bort bara för att de gröna lösningarna i jordbruksmiljö är så pass mycket mer kostnadseffektiva. Något som är viktigt att förstå när det gäller utsläpp är att de inte vet om några gränser och det gäller i synnerhet miljögifter som metaller och PAH:er från förbränningsmotorer i trafik. De kanske sprids på en väg där Trafikverket har rådighet och sköljs vidare till ett dike som Kretslopp och vatten har rådighet över. När utsläppen rör sig över dessa gränser rör de sig också över olika regelverk och bestämmelser. För att hitta lämpliga gröna åtgärder som hindrar miljögifterna så nära källan behövs ett genomgripande samarbete mellan förvaltningar och myndigheter.

En ytterligare aspekt att beakta är hydromorfologiska faktorer, det vill säga sådana faktorer som påverkar den fysiska livsmiljön för djur och växter i strandzonen och i vattnet. Åtgärder för att återskapa ekologiskt funktionella kantzoner och minska markens hårdgörningsgrad i de urbana recipienternas avrinningsområde är viktiga för att vi ska kunna uppnå god status i Göteborgs vattenförekomster. Även om det inte är möjligt att återställa miljön i staden till naturlika förhållanden behöver plats skapas och åtgärder genomföras i den grad det går i stadsutvecklingen. Detta är åtgärder som behöver genomföras i direkt närhet till den aktuella vattenförekomsten för att stärka ekologin och förbättra livsmiljöerna och alltså inte kan flyttas från ett område till ett annat på grund av kostnadseffektivitet på samma sätt som övergödningsåtgärder.

4.2.6.3 Uppströms lösningar

En stor del av övergödningen kan renas av ekosystem såsom väl placerade våtmarker och blåmusselodlingar. Kan man plugga dikade våtmarker och på så sätt restaurera dem så har man en annan kostnadseffektiv lösning med hög return of investment. 100 ton blåmusslor kan rena 100 kilogram fosfor per år som kan jämföras med en hektar våtmark som kan rena 5 kilogram fosfor. Åtgärder nära jordbruk är betydligt mer kostnadseffektiva och ger en god return of investment så om Göteborg kan gå ihop med andra kommuner uppströms vattendragen så skulle åtgärdskostnaderna kunna sänkas betydligt. De flesta av åtgärderna som innebär satsningar på ekosystemtjänster har hög return of investment vilket innebär att de är samhällsekonomiskt nyttiga redan efter tio

år. Utöver det kan ekosystemtjänsterna fortsätta att leverera nytta för obegränsad tid framåt givet att de förvaltas noggrant.

Sammanfattningsvis kan det sägas att alla kommuner runt om avrinningsområdena för de vattendrag som vattnar av i älvmyningen i Göteborgs kommun också har sin del av ansvaret för de utsläpp som resulterar i den måttliga vattenstatus som råder i Göteborgs Stad. För att analysera kostnader och nyttor måste varje kommun veta hur mycket de ska rena men också identifiera sina åtgärders bidrag till nyttan nedströms. Kommunerna uppströms kan alltså inte tillgodogöra sig all nytta för sin reduktion av kväveutsläpp utan en del av nyttan exporteras nedströms mot Göteborg. Detta tankesätt gäller också Göteborgs Stad. Då strömmen vid kusten för utsläppen genererade i Göteborgs Stad norrut mot Bohuslän borde de reduktioner av utsläpp vi gör i vår kommun resultera i stor nytta för kommuner i Bohuslän. Slutsatsen blir således att det finns fog för en diskussion om fördelning av kostnader för åtgärder mellan kommuner runt vattendragen. De kommuner som har låga kostnader för att reducera sina kväveutsläpp kan reducera mycket och ”sälja” sina utsläppsrätter till kommuner som har höga markkostnader - som Göteborgs Stad. På detta sätt når alla inblandade kommuner målet med god vattenstatus så billigt som möjligt. Kväve- och fosforutsläppen ser inga gränser vilket gör detta till ett regionalt problem. Också dessa utsläpp kräver samarbete över gränser, i detta fall kommungränser.

5 Referenser

- Agrifood Economic Centre. (2018). *Intäkter för svenska kräftfiskare på västkusten*. Lund: Agri Food. Fokus nr 2018:2.
- Anthesis. (2016). *Ulricehamns ekosystemtjänster i samhällsekonomisk belysning*. Ulricehamn: Ulricehamns kommun. Rapport: 2016:5.
- Anthesis. (2017). *Värdering av vattenförekomster i Stockholm*. Stockholm: Stockholms Stad. Rapport: 2017:7.
- Anthesis. (2018). *Värdering av vattenförekomster i Göteborg*. Göteborg: Göteborgs Stad. Rapport 2018:5.
- Anthesis. (2019). *Kartläggning av rekreativvärden kopplade till vattenförekomster*. Stockholm: Anthesis. Rapport 2019:7.
- Anthesis. (2020). *Värdet av att uppnå god miljöstatus i svenska havsvatten*. Stockholm: Anthesis. Rapport 2020:8.
- EPA. (2021). *Greenhouse Gas Equivalencies Calculator*. Hämtat från <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
- European Environment Agency. (2011). *Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe*. Köpenhamn. EEA Technical report No 15/2011: EEA.
- Extrakt. (den 06 10 21). *Tydligt samband mellan miljögifter och folksjukdomar*. Hämtat från Extrakt: <https://www.extrakt.se/tydligt-samband-mellan-miljogifter-och-folksjukdomar/>
- GREFAB. (2021). *Prislista 2021*. Hämtat från <https://goteborg.se/wps/wcm/myconnect/9fb0905e-d011-43e0-830b-7d903643dbce/GREFAB+prislista+2021.pdf?MOD=AJPERES>
- Gryaab. (2021). *Kort om Gryaab*. Hämtat från <https://www.gryaab.se/vad-vi-gor/kort-om-gryaab/#:~:text=%20Kort%20om%20Gryaab%20%201%20Gryaab%20jobbar,%E2%80%93%200%2C3%20mg%20per%20liter%20som...%20More%20>
- Göteborgs Universitet. (2021). *Blåmusslors utbredningsområde minskar*. Hämtat från Blåmusslors utbredningsområde minskar | Göteborgs universitet (gu.se)
- Havs- och vattenmyndigheten. (2016a). *Handbok för restaurering av ålgräs i Sverige*. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2016b). *Förvaltning och restaurering av ålgräs i Sverige – Ekologisk, juridisk och ekonomisk bakgrund*. Göteborg: Havs- och Vattenmyndigheten. Rapport: 2016:9.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2017). *Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017*. Göteborg: Havs- och Vattenmyndigheten, Rapport 2017:20.

- Havs- och Vattenmyndigheten. (2020a). *Fritidsfiske 2020*. Göteborg: Havs- och Vattenmyndigheten. Rapport JO 57 SM 2101.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2020b). *Fångststatistik för fritidsfisket*. Hämtat från Fritidsfisket i Sverige 2020: <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/data-och-statistik/officiell-statistik/officiell-statistik---fiske/fangststatistik-for-fritidsfisket.html> den 01 07 2021
- Havsmiljöinstitutet. (2015). *Havet 1888*. Göteborg: Havsmiljöinstitutet.
- Havsmiljöinstitutet. (2017). *Havet 1988*. Göteborg: Havsmiljöinstitutet.
- Hungate ,B., Barbier,E., Ando, A., Marks, S.,Reich, P., Gestel, N., Tilman, D., Knops, T., Hooper, D., Butterfield, B., Cardinale, B. . (2017). The economic value of grassland species for carbon storage. *Science advances*, 3 e160.
- IVL Svenska miljöinstitutet. (2012 a). *Kvävedepositionen till Sverige Jämförelse av depositionsdata från Krondroppsnätet, Luft- och nederbördskemiska nätet samt EMEP*. Stockholm: IVL Svenska miljöinstitutet. Rapport. B2030.
- IVL Svenska Miljöinstitutet. (2012 b). *Kväveutlakning från skogsmark vid olika skogsbruksåtgärder - uppskalning för avrinningsområden i södra Östersjöns, norra Östersjöns samt Västerhavets vattendistrikt*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapport. B2056.
- Jordbruksverket. (2014). *Utsläpp av växthusgaser från torvmark*. Jönköping: Jordbruksverket. Rapport: 2014:4.
- Jordbruksverket. (2015). *Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket*. Jönköping: Jordbruksverket. Rapport: 2015:7.
- Kretslopp och Vatten. (2018). *Tillskottsvattenarbetet i Göteborg en sammanfattning. PM från Kretslopp och Vatten*. Göteborgs Stad.
- Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad. (2019). *Åtgärdsförslag för dagvatten*. Göteborg: Göteborgs Stad.
- Lin, S. (2020). *Kolbestånd I restaurerade våtmarker*. Lund: Lunds Universitet.
- Lindqvist, M. (2008). *Värdet av musselodlingar som reningsåtgärd i en kostnadseffektiv rening*. Uppsala: SLU.
- LRF. (2020). *Beräkningar på skogens klimatnytta*. Hämtat från [berakna-skogens-klimatnytta \(4\).pdf](#)
- Länsstyrelsen i Hallands län. (2011). *Etablering av musselodling i Hallands län – Möjligheter och förutsättningar*. Halmstad: Länsstyrelsen i Hallands län.
- Miljö och Kretslopp. (2002). *Göteborgs sommarbad kontrolleras regelbundet2002*. Hämtat från Vårt Göteborg: <https://vartgoteborg.se/miljo-o-kretslopp/goteborgs-sommarbad-kontrolleras-regelbundet/>

- Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad. (2021a). *Kartläggning och skydd av marina ansvarsbiotoper: Fokus på ålgräsängar och biogena rev*. Göteborg: Göteborgs Stad. Rapport R2021:11.
- Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad. (2021b). *Kartering av ålgräs 2020: Flygbildstolkning och verifiering i fält*. Göteborg: Göteborgs Stad. Rapport R2021: 09.
- Moksnes, P. O. (2009). *Restaurera ålgräs*. Göteborg: Länsstyrelserna Västra Götaland, Halland och Skåne. Rapport nummer 2009:26.
- Moksnes, P.-O., Röhr, M. E., Holmer, M., Eklöf, J. S., Eriander, L., Infantes, E., & Boström, C. (2021). Major impacts and societal costs of seagrass loss on sediment carbon and nitrogen stocks. *Ecosphere*, 12 (7).
- Moksnes, P.-O., Eriander, L., Infantes, E., Holmer, M. (2018). Local Regime Shifts Prevent Natural Recovery and Restoration of Lost Eelgrass Beds Along the Swedish West Coast. *Estuaries and Coast*, 41: 1712-1731.
- Mälarens Vattenvårdsförbund. (2014). *Stoppa övergödning genom att bromsa flöden*. Hämtat från Mälarens vattenvårdsförbund: <https://www.malaren.org/aktiviteter/atgardssamordning/atgarder-mot-overgodning/stoppa-overgodning-genom-att-bromsa-floden/>
- Naturvårdsverket. (2008). *Betalningsvilja för miljö kvalitetsmålen*. Stockholm: Naturvårdsverket. Rapport: 5822 juni 2008.
- Naturvårdsverket. (2012). *Sammanställd information om ekosystemtjänster*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2017). *Bakgrund till de samhällsekonomiska schablonvärdena i miljömålsmyndigheternas gemensamma prisdatabas*. Stockholm: Naturvårdsverket. Rapport 2017:8.
- Nilsson, C. (2017). *Kostnadseffektivitet hos övergödningsåtgärder i Skånska vattenförekomster*. Lund: Lunds Universitet.
- Ramböll. (2013). *Blue-green infrastructures as tools for the management of urban development and the effect of climate change*. Ramböll.
- Ramböll. (2018). *Båtplatser och framtidens hamnar och båtliv*. Göteborg: Göteborgsregionens kommunalförbund.
- Regionfakta. (2021). *Statistik från län och regioner i Sverige*. Hämtat från <https://www.regionfakta.com/>
- Röhr, M. E. (2019). *Environmental Drivers Influencing the Carbon Sink Capacity of Eelgrass*. Åbo: Environmental and Marine Biology Faculty of Science and Engineering. Åbo Akademi University.
- Röhr, M. E., Holmer, M., Baum, J. K., Björk, M., Boyer, K., & Chin, D. (2018). Blue carbon storage capacity of temperate eelgrass (*Zostera marina*) meadows. *Global Biochemical Cycles*, 32 (1457 - 1475).

- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D. Cabral, R., Atwood, T., Auber, A., (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, Vol 592.
- Skogsstyrelsen. (2020). *Skogens kolbalans och klimatet*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- SMHI. (2021). *Vattenwebb - Analys- och scenarioverktyg för övergödning i sötvatten*. Hämtat från Vattenwebb: <https://vattenwebb.smhi.se/scenario/>
- Transportstyrelsen. (2020). *Båtlivsundersökningen 2020*. Stockholm: Transportstyrelsen.
- United States Environmental Protection Agency. (2002.) *Introduction to phytoremediation*. Washington: EPA.
- United States Environmental Protection Agency. (2021). *Greenhouse gas equivalencies calculator*. Hämtat från <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
- Vattenmyndigheterna. (2017). *Åtgärdsprogram 2018-2021 för nya prioriterade ämnen i ytvatten och PFAS i grundvatten för Västerhavets vattendistrikt*. Göteborg: Vattenmyndigheterna.
- Vattenmyndigheterna. (2019). *Nyttan med bättre vatten*. Göteborg: Vattenmyndigheterna .
- Vesterinen, J., Pouta, E., Huhtala, A., & Neuvonen, M. (2009). Impacts of changes in water quality on recreation behavior and benefits in Finland. *Environmental Management*, 984 - 994.
- Wan, X., Mei, L., & Chen, T. (2015). Cost–benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil. *Science of the Total Environment*, 762 - 802.

6 Bilagor

6.1 Bilaga 1. Värdering av ekosystemtjänster i Göteborgs Stad

6.1.1 Värdering av ålgräsängarnas ekosystemtjänster

6.1.1.1. Värdering av kolinlagring per hektar och år

Ålgrässets årliga kolinlagring är 1,66 ton (Havs- och vattenmyndigheten, 2016a) eller 6 ton (Röhr M. E., 2019). Om ålgräset försvinner och kolinlagringen upphör sprids kolet och ombildas till koldioxid. Vi värderar således motsvarande mängd koldioxidekvivalenter.

1 ton kol motsvaras av 3,7 ton koldioxidekvivalenter (EPA, 2021). Detta medför att 1,66 ton motsvaras av $1,66 \times 3,7$ ton koldioxidekvivalenter = 6,14 ton koldioxid och motsvarande 6 ton kol är 22,4 ton koldioxidekvivalenter.

ASEK's värdering av ett kilo koldioxidutsläpps sociala kostnader innan 2020 är 1,14 kronor/kg

ASEK's värdering av ett kilo koldioxidutsläpps sociala kostnader efter 2020 är 7 kronor/kg

Kolinlagring (Havs- och Vattenmyndigheten, 2016b)

Den lägsta värderingen av ålgrässets kolinlagring per ha och år blir då:

$$6,14 \times 1000 \times 1,14 \text{ kronor} = 7000 \text{ kronor}$$

Den högsta värderingen av ålgrässets kolinlagring per ha och år blir:

$$6,14 \times 1000 \times 7 \text{ kronor} = 42\,980 \text{ kronor}$$

Kolinlagring (Röhr M. E., 2019)

Den lägsta värderingen av ålgrässets kolinlagring per ha och år blir:

$$22,4 \times 1000 \times 1,14 \text{ kronor} = 25\,521 \text{ kronor}$$

Den högsta värderingen av ålgrässets kolinlagring per ha och år blir:

$$22,4 \times 1000 \times 7 \text{ kronor} = 156\,710 \text{ kronor}$$

Nuvärde 2021 - 2030 per hektar (Aseks kalkylvärde på 7 kronor/kg skall inte diskonteras) blir: **70 000 – 1 567 100 kronor**

6.1.1.2. Värdering av kväveretention och fiskyngelproduktion

Havs och vattenmyndighetens värdering av ålgräs per hektar blev 11100 - 33600 kronor. Där värderades yngelkostnaden, koldioxidets samhällskostnad och ersättningskostnader för kväve i lägsta och högsta värdering. Erosionsskydd och kulturella ekosystemtjänster exkluderas. Om man drar ifrån kolinlagringsdelen så får man värderingen:

8800 – 30400 kronor

Nuvärde kronor per hektar (2021 - 2030, diskonteringsränta 3,5%)

75747 – 261 674 kronor

6.1.1.3. Total värdering ålgräs

Total värdering per hektar och år

15 800 – 187 110 kronor per hektar och år

Total nuvärdesvärdering per hektar (2021 - 2030, diskonteringsränta 3,5%)

145 747 – 1 828 774 kronor

Totalt för de existerande 990 hektaren ålgräs inom Göteborgs kommungränser (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2021b) blir nuvärdesvärderingen för hela tioårsperioden

144 289 530 – 1 810 486 000 kronor

6.1.1.4. Return of investment ålgräs

Kostnad restaurera ålgräsängar: 1,2 miljoner kronor (Havs- och Vattenmyndigheten, 2016b)

Return of investment ROI för en hektar efter tio år.

Hög: $1\,828\,774 / 1\,200\,000 = 1,5$

Låg: $145\,747 / 1\,200\,000 = 0,12$

Medel ROI: 0,81

6.1.1.5. Kostnadseffektivitet ålgräsplantering

Kolintag koldioxidekvivalenter per år medel: $(6,5\text{ ton} + 22\text{ ton}) / 2 = 14,25\text{ ton}$

Kolintag koldioxidekvivalenter under tio år: 142,5 ton

Kostnadseffektivitet: $1\,200\,000 / 142\,500 = 8,5\text{ kronor} / \text{kg}$ (Havs- och Vattenmyndigheten, 2016b)

6.1.1.6. Värdering av kostnaden för förlorat ålgräs i Göteborgs Stad

I Moksnes et al (2021) värderas Marstrands 998 hektar förlorade ålgräsängar till 1,27 miljarder kronor. Med en värdeöverföring till Göteborgs liknande vatten värderas förlusten till $(1,27 / 998) \times 990$ miljarder kronor = **1,26 miljarder kronor**

6.1.2 Värdering av våtmarkernas ekosystemtjänster

Kolinlagring i koldioxidkvivalenter: 7,7 ton – detta är ett medelvärde av våtmarker i en undersökning Kolbestånd i restaurerade våtmarker (Lin, 2020).

Göteborg har 1902 hektar våtmark enligt befintligt underlag och kartlager i Natur och kulturdatan/GoKart i Göteborgs stad

ASEK's värdering av ett kilo koldioxidutsläpps sociala kostnader innan 2020 är 1,14 kronor per kilogram

ASEK's värdering av ett kilo koldioxidutsläpps sociala kostnader efter 2020 är 7 kronor per kilogram

6.1.2.1 Värdering av kolinlagring

Låg värdering ger $1,14 \times 1000 \times 7,7$ kronor = **8778 kronor per hektar och år**

Hög värdering ger $7 \times 1000 \times 7,7$ kronor = **53 900 kronor per hektar och år**

Nuvärdesvärdering per hektar (2021 - 2030, diskonteringsränta 3,5%)

75 558 – 539 000 kronor

6.1.2.2. Värdering av kväve- och fosforretention

Våtmarkens rening av N: 200kg /ha P: 5kg / hektar (Vattenmyndigheterna, 2018),

Rening i byggd damm kostnad: N: 16 kronor per kilogram P: 573 kronor per kilogram (Nilsson, 2017).

Detta innebär att med ersättningskostnadsmetoden blir värderingen $200 \times 16 + 5 \times 573 = 6065$ kronor per hektar och år

Nuvärdesvärdering per hektar (2021 - 2030, diskonteringsränta 3,5%) blir:

52 205 kr

6.1.2.4 Total värdering av våtmarker

Total värdering per hektar och år

Låg värdering: 8778 kronor (kolinlagring) + 6065 kronor (N, P-retention) = **14 843 kronor per hektar och år**

Hög värdering: 53 900 kronor (kolinlagring) + 6065 kronor (N, P-retention) =
59 965 kronor per hektar och år

Total nuvärdesvärdering per hektar (2021 - 2030, diskonteringsränta 3,5%)

Låg värdering: 75 558 + 52 205 = **127 763 kronor**

Hög värdering: 539 000 + 52 205 = **591 205 kronor**

Total nuvärdesvärdering våtmark på 1902 hektar (2021 - 2030,
diskonteringsränta 3,5%)

Låg: $1902 \times 127\,763 = 243\,005\,226$ kronor

Hög: $1902 \times 591\,205 = 1\,124\,472\,000$ kronor

6.1.2.5 Return of investment våtmark

Kostnad anlägga damm: 4000 kronor per kvadratmeter $\times 10\,000\text{ m}^2 =$
40 000 000 kronor (Åtgärdsförslag för dagvatten, 2019)

Return of investment ROI för en hektar efter tio år (ASEK 7,0)

Hög: $591\,205 / 40\,000\,000 = 0,014$

Kostnad restaurera våtmark: 300 000 kronor (Nilsson, 2017)

Return of investment ROI för en hektar efter tio år (ASEK 7,0)

Hög: $591\,205 / 300\,000 = 1,97$

6.1.2.6 Kostnadseffektivitet restaurerad våtmark per hektar

Kostnad restaurera våtmark: 300 000 kronor (Nilsson, 2017)

Kväveretention under tio år: 2000 kilogram

Fosforretention under tio år: 50 kilogram

Kolintag under tio år (koldioxidekvivalenter): 70 ton = 70 000 kilogram

Kostnadseffektivitet (Kväve, fosfor, koldioxid) = 150 kronor per kilogram ,
6000 kronor per kilogram, 4,3 kronor per kilogram

6.1.2.7 Kostnadseffektivitet jordbruksnära våtmark per hektar

Kostnadseffektivitet fosfor: 100 kronor per kilogram, kostnadseffektivitet
kväve: 10 kronor per kilogram (Jordbruksverket, 2015)

6.1.2.8 Kostnadseffektivitet urban våtmark per hektar

Kretslopp och Vatten (2019) anger olika kostnadseffektiviteter för åtgärder kopplade till respektive vattendrag. Ett medelvärde av dessa kostnadseffektiviteter är 54 000 kronor per kilogram

6.1.2.8 Kostnadseffektivitet pluggad våtmark.

Mälardalens vattenvårdsförbund anger i en artikel att man genom en enkel pluggning av utflöde från våtmark med hjälp av fiberduk och stockar kan hindra vatten att rinna ut från diket som en gång gjorts för att dränera våtmarken. Detta behöver inte kosta mer än några tusenlappar. (Mälarens Vattenvårdsförbund, 2014)

Om åtgärden kostar 20 000 kronor och på detta sätt restaurerar en hektar medför det då att vi får samma kvantifiering som i fallet restaurerad våtmark ovan med skillnad för restaureringskostnaden som sjunker drastiskt.

Kostnad restaurera våtmark: 20 000 kronor

Kväveretention under tio år: 2000 kilogram

Fosforretention under tio år: 50 kilogram

Kolintag under tio år (koldioxidekvivalenter): 70 ton = 70 000 kilogram

Kostnadseffektivitet (Kväve, fosfor, koldioxid) = 10 kronor per kilogram, 1000 kronor per kilogram, 0,3 kronor per kilogram

6.1.3 Värdering av skogens ekosystemtjänster

Skogen i Göteborgs Stad utgör ca 14 000 hektar och den är förvaltd av park- och naturförvaltningen (6000 ha) och fastighetskontoret (8000 ha). Över denna skog faller årligen 12 kilogram kväve per hektar som till huvudsak härrör från förbränning av kol och fossila bränslen i England och Tyskland (IVL Svenska miljöinstitutet, 2012 a). Skogen tar upp denna kvävedeposition som gödsel och det råder inget kväveläckage till vattendragen.

6.1.3.1 Värdering av kväveretention

Skogens kväveretention 12 kilogram / hektar

Om samma retention skulle göras av en ersättningsteknologi – dammbyggnad skulle kvävetets retention kosta 16 kronor / kg.

Värdering per hektar och år

$12 \times 16 = \mathbf{192 \text{ kronor / (ha år)}}$

$12 \text{ kilogram / (hektar år)} \times 14\,000 \text{ hektar} = 168\,000 \text{ kilogram}$

Värdering kväveretention per år

$168\,000 \times 16 = \mathbf{2\,688\,000 \text{ kronor / år}}$

Nuvärdesvärdering av kväveretention (diskonteringsränta 3,5%, 2021 - 2030)
23 137 461 kronor

Nuvärdesvärdering per hektar

1652 kronor / hektar

6.1.3.2 Värdering av kolinlagring

1 kubikmeter träd (krona, barr och stamved) binder in 1,375 ton CO₂ (Skogsstyrelsen, 2020). En hektar skog växer 5 kubikmeter per år (LRF, 2020). Detta medför att $1,375 \times 5$ ton = 6,875 ton CO₂ binds in i en hektar skog varje år (Skogsstyrelsen, 2020)

Låg värdering ger $1,14 \times 1000 \times 6,875$ kronor = **7837 kronor per hektar och år**

Hög värdering ger $7 \times 1000 \times 6,875$ kronor = **48 125 kronor per hektar och år**

Nuvärdesvärdering per hektar (2021 - 2030, diskonteringsränta 3,5%)

67 458 – 414 244 kronor

Total nuvärdesvärdering (2021 - 2030, diskonteringsränta 3,5%)

944 412 000 – 5 799 416 000 kronor

6.1.3.3 Total värdering av skogen

Total värdering per hektar och år

Låg: 192 kronor (kväveretention) + 7837 kronor (kolinlagring) = **8029 kronor per (hektar år)**

Hög: 192 kronor (kväveretention) + 48 125 kronor (kolinlagring) = **48 317 kronor per (hektar år)**

Total nuvärdesvärdering per hektar

Låg: 1652 kronor (kväveretention) + 67 458 kronor (kolinlagring) = **69 110 kronor / hektar**

Hög: 1652 **kronor** (kväveretention) + 414 244 kronor (kolinlagring) = **415 896 kronor / hektar**

Total nuvärdesvärdering (diskonteringsränta 3,5%, 2021 - 2030)

Låg: 23 137 461 kronor (kväveretention) + 944 412 000 kronor (kolinlagring) = **967 572 598 kronor**

Hög: 23 137 461 kronor (kväveretention) + 5 799 416 000 kronor (kolinlagring) = **5 822 553 461 kronor**

6.1.3.4 Värdering av åtgärder för att minska kväveurlakning vid avverkning av skog

Vid avverkning av skog frigörs näringsämnen som varit bundna i marken. I Göteborgstrakten frigörs 1 - 2 kilogram (medel = 1,5 kg) kväve per hektar vid hyggesavverkning. Detta kväve bidrar till övergödning av vattenförekomster i hela avrinningsområdet. Denna urlakning ökar med gödsling av skogen och minskar med två åtgärder:

Skärm: En del träd får stå kvar som en skärm i hygget och förhindra urlakning. Detta minskar urlakning med 15%. Urlakningen blir då 1,275 kilogram N per hektar.

Plockhygge: Avverkningen sker kontinuerligt vilket möjliggör att träd av alla åldrar växer tillsammans och detta gör att urlakningen minskar med 30%. Urlakningen blir då 1,05 kilogram N / ha. (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2012 b)

Värdering av nytta med skärm som åtgärd

Urlakningen minskar med 0,225 kilogram / hektar vilket innebär att nyttan med åtgärden blir 16 kronor / kilogram \times 0,225 kilogram / hektar = **3,6 kronor per hektar**

Värdering av nytta med plockhygge som åtgärd

Urlakningen minskar med 0,45 kilogram / hektar vilket innebär att nyttan med åtgärden blir 16 kronor / kilogram \times 0,45 kilogram / hektar = **7,2 kronor per hektar**

6.1.4 Värdering av blåmusslornas ekosystemtjänster

6.1.4.1 Värdering av blåmusslornas nytta

Enligt senaste karteringen av blåmusslor gjord 2018 - 2019 så finns det nästan inga blåmusselbankar kvar i Göteborgs kommun (Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad, 2021a). Blåmusslor är bra på att rena näringsämnen och därmed motverka övergödning och kan ätas upp av människor, vara foder till höns och användas som gödsel. En ökad reningseffekt vid odling av musslor kan fås om blåmusslornas slam sugs upp varje år.

Att odla blåmusslor kan gå med vinst i Göteborg. Detta medför att om man säljer blåmusslorna för humankonsumtion efter 18 månaders odling för ett pris av 3,5 kronor per kilogram så får man en marginalkostnad 0 kronor för rening av kväve och fosfor. Om man odlar 150 ton blåmusslor så renar man 1500 kilogram kväve och 150 kilogram fosfor. Detta exempel förutsätter att en lön på 185 kr/h utbetalas och att odlingskostnaden är 1 kronor per kilogram blåmussla. (Lindqvist, 2008)

I ett andra exempel odlas 150 ton blåmusslor i nio månader och säljs som hönsfoder för 75 öre/kg och detta ger en marginalkostnad 38 kronor per kilogram för rening av kväve och 380 kronor per kilogram för rening av fosfor.

Musslor renar en hundradel av sin egen vikt i kväve och en tusendel av sin egen vikt i fosfor. 100 ton blåmusslor renar alltså 1 ton kväve och 100 kilogram fosfor på ett år. Motsvarande kostnad att rena denna mängd i damm värderas till 16 kronor per kilogram för kväve och 573 kronor per kilogram för fosfor. Per ton blåmusslor blir kväveretentionen 10 kilogram och fosforretentionen 1 kilogram. Så ekosystemtjänsten per ton blåmusslor blir då 160 kronor för kväveretention och 573 kronor för fosforretention, vilket tillsammans blir 733 kronor.

Nuvärdesvärderingen per ton blåmusslor (2021-2030, 3,5% diskonteringsränta) blir då

6309 kronor

En hektar musselodling ger i medeltal 300 ton blåmusslor (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011)

Per hektar blir detta $6309 \times 300 = 1\ 892\ 700$ kronor

Total nuvärdesvärdering per hektar (diskonteringsränta 3,5%, 2021 - 2030) = **16 291 768 kronor**

6.1.4.2 Return of investment musselodling

Kostnad per kilogram vid odling för industriellt bruk i Kattegatt = 1,236 kronor (Lindqvist, 2008)

Om man odlar 300 ton blåmusslor kostar åtgärden $300\ 000 \times 1,236$ kronor = 370 800 kr

Nyttan diskonterat per hektar under tio år blir = 16 291 768 kronor

ROI (2021 – 2030) = $16\ 291\ 768 / 370\ 800 = 44$

6.1.5 Värdering av ekosystemtjänst rekreation

Göteborgarnas vilja att njuta av rekreation vid kusten beskrivs med hjälp av surrogatmarknader. Surrogatmarknaderna är marknader för båtplatshyra, vinterförvaring av båt, transport till badplatser vid kusten och fritidsfiskarnas utrustning. Metoden som används kallas för marknadsvärdesmetoden.

Göteborgarnas kostnader för att njuta av rekreation antas här spegla nyttan av rekreationen vi får av ekosystemet. I *Båtplatser och framtidens hamnar och båtliv (2018)* av Ramböll sägs båtägare värdera naturupplevelsen och frihetsupplevelsen högst när de får betygsätta olika orsaker till deras välbefinnande i båtlivet. Båda dessa källor till välbefinnande kan antas komma

från kusten och havet vilket stärker projicerandet av surrogatmarknaden på nyttan av ekosystemtjänsten rekreation. (Ramböll, 2018)

6.1.5.1 Värdering av ekosystemtjänsten rekreation för båtägare

Antal båtplatser i Göteborg = 18 700 stycken

Andel båtar under 6 m på västkusten = 69%

Andel båtar mellan 6 – 11 m = 25%

Andel båtar över 11 m = 6% (Transportstyrelsen, 2020)

Medelpris hamnplats per år (<6m) = 4761 kronor

Medelpris hamnplats per år (6 - 11m) = 6470 kronor

Medelpris hamnplats per år (> 11m) = 12 130 kronor

Medelpris vinterförvaring per år (<6m) = 4525 kronor

Medelpris vinterförvaring per år (6 - 11m) = 8475 kronor

Medelpris vinterförvaring per år (>11m) = 18 072 kronor (GREFAB, 2021)

Kostnad båtplatshyra och vinterförvaring per år för göteborgare =
[0,69 × 18 700 × (4761 + 4525)] + [0,25 × 18 700 × (6470 + 8475)] + [0,06 × 18700 × (12130 + 18072)] = 12903 × 9286 + 4675 × 14945 + 1122 × 30202 = 119 817 258 + 69 867 875 + 33 886 644 = 223 571 777 kronor

Värdering ekosystemtjänst rekreation för båtägare: **223 571 777 kronor per år**

6.1.5.2 Värdering av ekosystemtjänsten rekreation för badande

Vid värdering antas antal utomhus baddagar per år vara 60 stycken och varje av dessa dagar kommer 100 badande till de större badplatserna i Göteborg. Troligtvis är det fler besökare vid badplatserna vid högsäsong.

Antal baddagar per säsong = 60 stycken.

Antal badplatser med 100 badande = 20 stycken. (Miljö och Kretslopp, 2002)

Antal personbesök per säsong = 60 × 20 × 100 = 120 000 stycken.

Transportkostnad per person (två enkelbiljetter zon A, 2021) = 68 kronor

Kostnad för transport av 120 000 individer till stranden en säsong =

68 × 120 000 = 8 160 000 kronor

Värdering ekosystemtjänst rekreation för badande: **8 160 000 kronor / år**

6.1.5.3 Värdering av ekosystemtjänsten rekreation för fritidsfiskare

Enligt Havs- och Vattenmyndigheten (2020a) fanns det 207 000 fritidsfiskare på västkusten vilket utgör 12,2% av alla 1 690 000 fritidsfiskare i Sverige. Enligt Havs- och Vattenmyndigheten (2020b) betalar svenska fritidsfiskare 4 580 000 000 kronor per år i utgifter för sitt fiskeintresse exklusive investeringar i båtar etcetera. Om vi antar att alla svenska fritidsfiskare har liknande fördelning av kortsiktiga utgifter betalar fritidsfiskare på västkusten 12,2 % av 4 580 miljoner kronor = 558 760 000 kronor.

Total befolkningmängd i västkustkommunerna den 31 december 2020 är 1 321 854 innevånare (Regionfakta, 2021). Med samma antagande om liknande fördelning av utgifter och att Göteborgs befolkningmängd utgör 44,1 % av den totala befolkningmängden på västkusten blir de göteborgska fritidsfiskarnas utgifter 44,1 % av 558 760 000 kronor = 246 463 203 kronor per år.

Värdering ekosystemtjänst rekreation för fritidsfiskande: **246 463 203 kronor / år**

6.1.5.4 Värdering av ekosystemtjänsten rekreation vid Göteborgs kustvatten

Enligt Vesterinen (2009) så ökar efterfrågan på bad och fritidsfiske med 6 respektive 15 % per meter ökat siktdjup i vatten medan användandet av båt blir oförändrat av en sådan miljöförändring. (Vattenmyndigheterna, 2019) menar att siktdjupet ökar i snitt med cirka 2 meter vid en förbättring från måttlig till god vattenstatus. Detta medför att nyttan av ekosystemtjänsten rekreation för badande och fritidsfiskare ökar 12 respektive 30 % vid denna förbättring av vattenstatusen.

Värdering ekosystemtjänst rekreation i nuläget:

Ekosystemtjänst rekreation för båtägare, badande och fritidsfiskare i Göteborgs stad i nulägets måttliga vattenstatus =

223 571 777 + 8 160 000 + 246 463 203 kronor / år = 478 194 980 kronor / år

Värdering av ökning av ekosystemtjänsten rekreation vid förändringen mot god vattenstatus:

Rekreation för badande ökar med 12% vilket innebär att ökningen av nyttan med rekreation för badande blir $0,12 \times 8\,160\,000 = 979\,200$ kronor.

Rekreation för fritidsfiskare ökar med 30% vilket innebär att ökningen av nyttan med rekreation för fritidsfiskare blir $0,30 \times 246\,463\,203 = 73\,938\,961$ kronor

Rekreation för båtägare ökar med 0% vilket innebär att ökningen av nyttan blir 0kronor.

Total ökning av nyttan med ekosystemtjänsten rekreation per år:

$979\,200 + 73\,938\,961$ kronor = 74 918 161 kronor

Nuvärdesvärderingen av nyttan med ekosystemtjänsten rekreation 2021 - 2030 (10 år, diskonteringsränta 3,5%) blir då

8 428 647 + 636 264 357 kronor = **644 693 004 kronor**

6.1.6 Värdering av ökningen av ekosystemtjänsten kulturlandskap

Naturvårdsverket (2008) beskriver betalningsviljan för kulturvärdena med miljömålen för hav, sjöar och åar som att behålla fiskesamhällen och fisket. Detta kulturvärde är 509 kronor per person och år.

$W_{tp} / \text{person och år} = 509 \text{ kronor (år} \times \text{person)}^{-1}$ (Naturvårdsverket, 2008)

Antal personer över 18 år i Göteborg = 467 622 stycken.

$W_{tp} / \text{år} = 509 \times 467 622 \text{ kronor} = 238 019 598 \text{ kronor} / \text{år}$

Nuvärde (10 år, 3,5% diskonteringsränta) = **2,05 miljarder kronor**

6.1.7 Värdering av ökning av ekosystemtjänsten torsk

Naturvårdsverket (2008) beskriver betalningsviljan för återplanteringsvärdena av torsk med miljömålen för hav, sjöar och åar som att återfå 70% av torskstammen. Detta värde är 552 kronor per person och år.

$W_{tp} / \text{person och år} = 552 \text{ kronor (år} \times \text{person)}^{-1}$ (Naturvårdsverket, 2008)

Antal personer över 18 år i Göteborg = 467 622 stycken.

$W_{tp} / \text{år} = 552 \times 467 622 \text{ kronor} = 258 127 344 \text{ kronor} / \text{år}$

Nuvärde (10 år, 3,5% diskonteringsränta) = **2,22 miljarder kronor**

6.2 Bilaga 2. Nyttor av vattenstatusförbättring i Göteborg

6.2.1 Naturvårdsverket 2017

$W_{tp} / \text{hushåll och år} = 576,55 \text{ kronor (år} \times \text{hushåll)}^{-1}$ (Naturvårdsverket, 2017)

Antal hushåll i Göteborg = 276 258 st.

$W_{tp} / \text{år} = 576,55 \times 276\,258 = 159\,276\,550 \text{ kronor / år}$

$\text{Omvandlingstal} = KPI_{2021} / KPI_{2012} = 341 / 315 = 1,083$

$W_{tp} / \text{år (2021 års prisnivå)} = 159\,276\,550 \times 1,083 = 172\,423\,186 \text{ kronor / år}$

Nuvärde (10 år, 3,5% diskonteringsränta) = **1,48 miljarder kronor**

6.2.2 Anthesis 2020

$W_{tp} / \text{person och år} = 1075 \text{ kronor (år} \times \text{person)}^{-1}$ (Anthesis, 2020)

Antal personer över 18 år i Göteborg = 467 622 st.

$W_{tp} / \text{år} = 1075 \times 467\,622 \text{ kronor} = 502\,693\,650 \text{ kronor / år}$

Nuvärde (10 år, 3,5% diskonteringsränta) = **4.33 miljarder kronor**

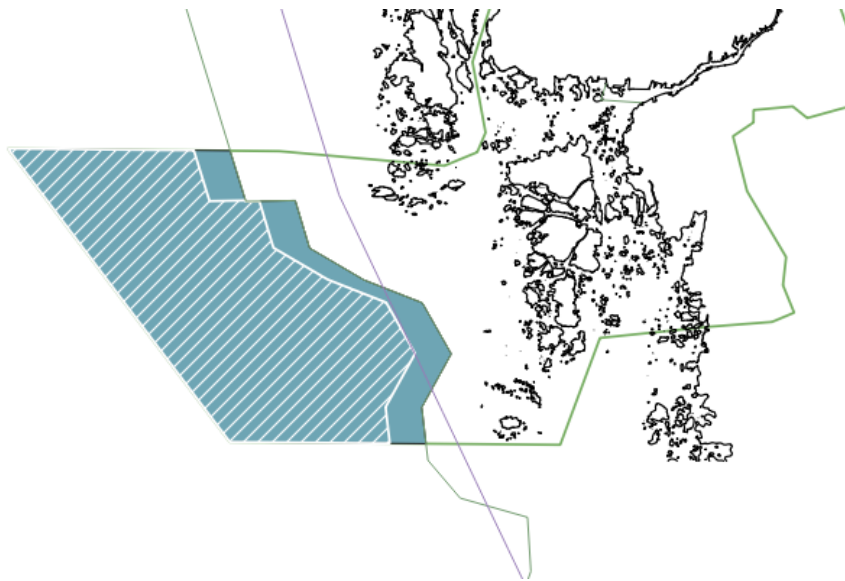
6.3 Bilaga 3. Nyttan av vissa åtgärder

6.3.1. Nyttan av flyttning av trålningsgräns

Enligt Sala et al (2021) så orsakar trålning som pågår kontinuerligt i mer än nio år årligen 0,58 miljarder ton koldioxidutsläpp på en aggregerad yta av som mest 4,9 miljoner kvadratkilometer.

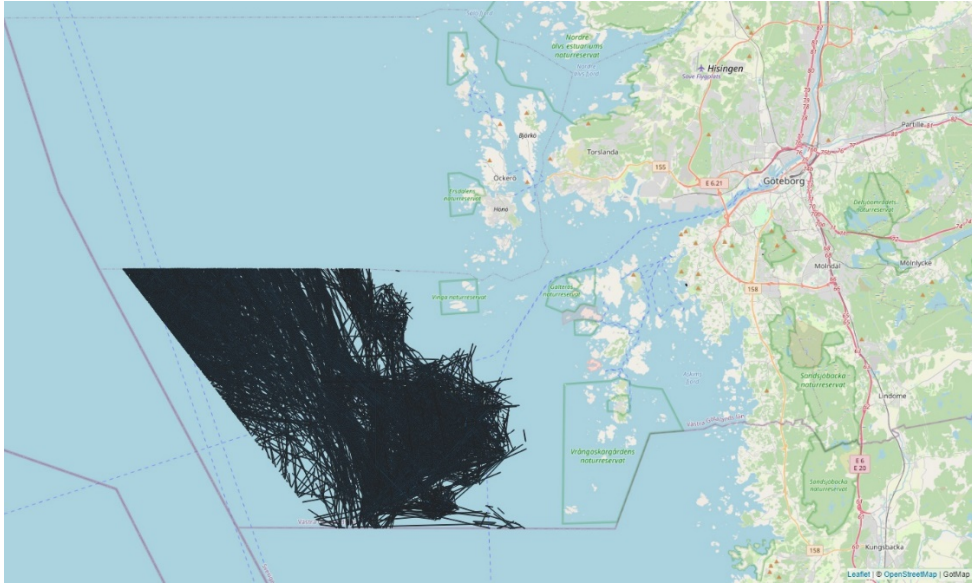
Koldioxidutsläpp per km²: $0,58 \cdot 10^9 / 4,9 \cdot 10^6 = 118$ ton / kvadratkilometer

I bilden nedan (figur 5) finns Göteborgs trålningsvatten med en presumtiv indragning av trålningsgränsen västerut beskrivet.



Figur 5. Göteborgs trålningsvatten med indragen trålningsgräns 1 nautisk mil västerut.

Storleken på det blå ifyllda området är 36,8 km² vilket utgör 14,688083 % av den totala ytan, och det motsvarar det tänkta åtgärdsområde där trålning inte längre kommer att vara tillåten.



Figur 6. Registrerade tråldrag i Göteborgs stad år 2020 - 2021.

Figur 6 visar trålningsdrag inom Göteborgs Stads gränser med den totala längden 14 403 955 meter. Om man drar ifrån den del av längden som innefattar räktrålning och pelagial flyttrålning och multiplicerar med en typisk bredd på en trål (40 m) så får man en samlad yta på 574 253 478 m² som har trålats i Göteborgs Stad. Om man tar 14,688083 % på denna hela area blir det tänkta åtgärdsområde där trålning inte längre kommer att vara tillåten 84,3 km² stort.

Låg värdering: Den sparade miljökostnaden blir då $118 \text{ ton} / \text{km}^2 \times 84,3 \text{ kvadratkilometer} \times 1000 \text{ kilogram} \times 1,44 \text{ kronor} / \text{kilogram} = 14\,324\,256 \text{ kronor}$

Hög värdering: Den sparade miljökostnaden blir då $118 \text{ ton} / \text{km}^2 \times 84,3 \text{ kvadratkilometer} \times 1000 \text{ kilogram} \times 7 \text{ kronor} / \text{kilogram} = 69\,631\,800 \text{ kronor}$

Nuvärdesvärderingen av nyttan med den eliminerade miljökostnaden, 2021 - 2030 (10 år, diskonteringsränta 3,5%) blir då: **123 298 705 - 599 368 705 kronor**

Kostnadseffektivitet åtgärd indragen trålningsgräns

Åtgärden behöver inte kosta mer än vad nuvarande resurser för att kontrollera efterlevnad av trålningsgränsen. Här antas en omställningskostnad på 30 000 kronor. Per kvadratkilometer blir den 815 kronor.

Detta medför att kostnadseffektiviteten blir: $815 \text{ kronor} / 118\,000 \text{ kilogram} =$
0,007 kronor per kilogram koldioxid

Return of investment åtgärd indragen trålningsgräns

Investering åtgärd: 30 000 kronor

Nytta: **599 miljoner kronor**

ROI: 599 368 705 kronor per 30 000 kronor = 18 645

6.3.2. Dikespluggning av torvmossar

Torvmossar utgör fyra procent av den totala skogsytan i Sverige och släpper ut mer koldioxid än den svenska personbilsflottan.

Det antas här att dikespluggningen är billig och kan utföras med fiberväv och timmer så blir anläggningskostnaden 20 000 kronor per hektar.

En torvmosse släpper ut 15 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar (Jordbruksverket, 2014)

Miljökostnaden per hektar och år blir då:

Låg värdering: $15 \times 1000 \text{ kilogram} \times 1,44 \text{ kronor per kilogram} = 21\,600 \text{ kronor}$

Hög värdering: $15 \times 1000 \text{ kilogram} \times 7 \text{ kronor per kilogram} = 105\,000 \text{ kronor}$

Göteborgs Stad förvaltar 14 000 hektar skog och om det antas att 4 % av denna yta är gamla dikade mossar blir denna yta 560 hektar. Då blir den årliga miljökostnaden lågt värderat $560 \text{ hektar} \times 21\,600 \text{ kronor per (ha år)} =$
12 096 000 kronor / år

och högt värderat $560 \text{ hektar} \times 105\,000 \text{ kronor per (ha år)} =$ **58 800 000 kronor / år**

Nuvärdesvärderingen av nyttan med den eliminerade miljökostnaden, 2021 - 2030 (10 år, diskonteringsränta 3,5%) blir då: **104 - 506 miljoner kronor**

Kostnadseffektivitet

Åtgärdskostnad: 20 000 kronor per hektar, Minskade koldioxidekvivalenter: $15 \times 1000 \text{ kilogram} / \text{år} \times 10 \text{ år} = 150\,000 \text{ kilogram}$

Kostnadseffektivitet: $20\,000 / 150\,000 \text{ kronor per kilogram} =$ **0,13 kronor per kilogram**

Return of investment

Åtgärdskostnad: 20 000 kronor per hektar

Värderad nytta minskade koldioxidekvivalenter under perioden 10 år: $105\,000 \text{ kronor per (hektar år)} \times 10 \text{ år} = 1\,050\,000 \text{ kronor per hektar}$

ROI: $1\,050\,000 \text{ kronor} / 20\,000 \text{ kronor} =$ **52,5**



Miljöförvaltningen

Box 7012, 402 31 Göteborg

Telefon, växel: 031-365 00 00

E-post: miljoforvaltningen@miljo.goteborg.se