



Tvåstegsdiken

- Fördelar, nackdelar och möjligheter

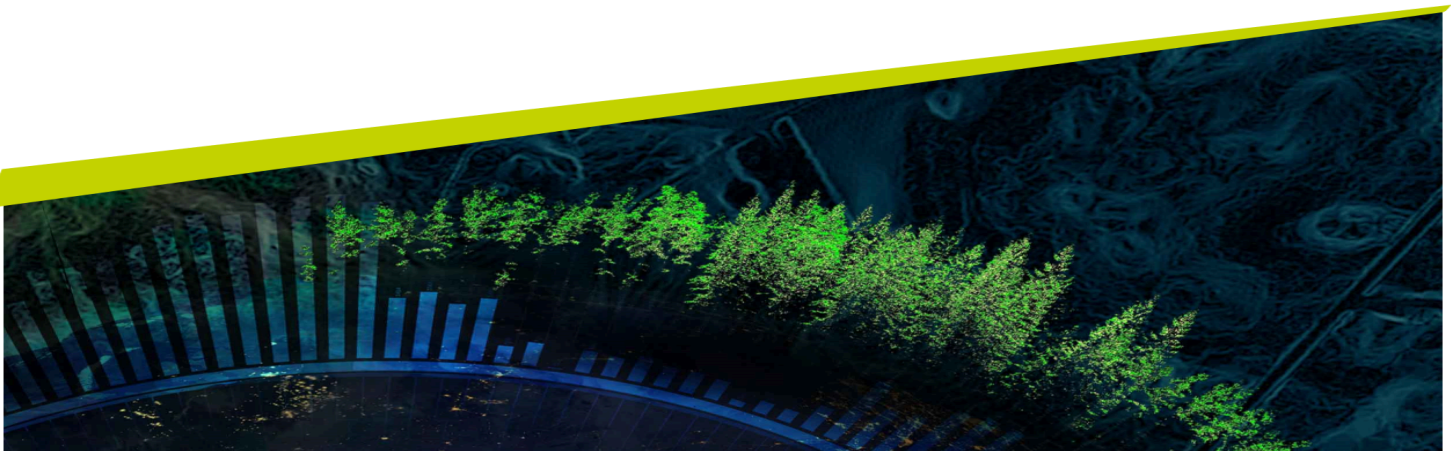
Johannes Ahlvin

Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Landskapsingenjörsprogrammet



Tvåstegsdiken - Fördelar, nackdelar och möjligheter

Two stage ditches - Advantages, disadvantages and possibilities

Johannes Ahlvin

Handledare: Frida Andreasson, SLU. Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Åsa Bensch, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp. Examensarbete/Självständigt arbete

Nivå och fördjupning: Grundnivå

Kurstitel: Självständigt arbete i Landskapsarkitektur - Landskapsingenjörsprogrammet

Kurskod: EX0841

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Kursansvarig institution: Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Utgivningsort / år: Alnarp, 2025

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd eller med Creative Common-licens. Bilder och figurer utan angiven bildkälla är skapade eller tagna av författaren.

Nyckelord: Tvåstegsdiken, kväve, fosfor, sedimentering, övergödning, dagvattenlösningar

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Rinnande vatten har alltid haft en väldigt lugn inverkan på mig. När jag var liten tillbringade jag mycket tid sittande på granngårdens bro över ån som passerade våra hus. Här metade jag öring eller bara dinglade med benen. Porlandet, alarna och de små plasken är fortfarande något jag internt visualiserar i stunder då verkligheten kan kännas svår att hantera. Oftast tar det inte så lång tid att åter hitta balansen där jag står efter dessa pauser.

Det har knappast varit någon rät linje från start till slut, men dock en spännande process att få fördjupa sig inom ett område som berör just vatten i rörelse.

Sammanfattning

Diken är en viktig del i avvattningen av våra landskap världen över, både i jordbrukslandskap såväl som i städer. De bidrar med transport, rening och hantering av överskottsvatten. De kan även vara element för arkitektoniska uttryck och forma hur en plats upplevs. På en global nivå blir städerna allt mer förtätade samtidigt som nederbörd blir vanligare och mindre förutsägbara. Samtidigt som städerna kämpar med förtätning är svenska kuster och vattendrag fortfarande långt ifrån eftersträvsvärd ekologisk status. Denna studie studerar synergi mellan dagvattenhanteringssystem och naturliga reningsverk i form av tvåstegsdiken. Syftet med studien är att beskriva vilka effekter tvåstegsdiken kan ha på sedimentering av kväve/fosfor, men även att undersöka tvåstegsdikens potential som dagvattenlösning i stadslandskap och redogöra relevanta för/nackdelar som hade kunnat uppstå i samband med detta. Studien tar sig an att besvara två frågeställningar främst genom en litteraturstudie och i korrespondens med 2 tjänstemän: en marinbiolog och en GIS-ingenjör, men beskriver även ett befintligt tvåstegsdike i södra Sverige. Slutligen presenteras ett enklare utformningsförslag för hur ett tvåstegsdike hade kunnat se ut och i vilket stadslandskap i Malmö det hade kunnat implementeras. Forskning tyder på att tvåstegsdiken har många fördelar jämfört med konventionella svackdiken när det kommer till upptag av kväve och fosfor, men höga flöden riskerar även frisättning av löst reaktivt fosfor. Detta kan utgöra ett hot för akvatiska ekosystem, vilket bör uppmärksammas vid planering och projektering.

Nyckelord: tvåstegsdike, kväve, fosfor, sedimentering, övergödning, dagvattenlösningar

Abstract

Ditches are an important nature based drainage system, playing a vital role in both agricultural and urban settings worldwide. They facilitate water transport, purification, and general management of excess water. Additionally, ditches can serve as elements of architectural expression, shaping the perception of a place. On a global scale, cities are becoming increasingly dense, while intense and unpredictable rainfall events are more common. As urban areas grapple with densification, Swedish coasts and waterways remain far from achieving desirable ecological status. This study explores the synergy between stormwater management systems and natural purification solutions in the form of two-stage ditches. The purpose of the study is to evaluate the effects of two-stage ditches on the sedimentation of nitrogen and phosphorus. Furthermore, it aims to assess the potential of two-stage ditches as stormwater solutions in urban environments and outline the relevant advantages and disadvantages that could arise in this context. The study addresses its research questions primarily through a literature review and correspondence with specialized professionals, complemented by a site visit to an existing two-stage ditch in southern Sweden. Finally, a basic design proposal is presented, illustrating how a two-stage ditch could be implemented in a specific urban landscape in southern Sweden.

Research suggests that two stage ditches offer significant advantages over conventional ditches in terms of nitrogen and phosphorus uptake. However, high water flows may lead to the release of soluble reactive phosphorus, posing a threat to aquatic ecosystems—a factor that should be carefully considered during planning and design. Two stage ditches require more physical space than a conventional ditch, therefore it could be a challenge to find room for them in urban areas.

Key words: two-stage ditch, nitrogen, phosphorus, sedimentation, eutrophication, stormwater solutions

Innehållsförteckning

1.	Inledning	6
1.1.	Syfte och frågeställningar.....	9
1.2.	Begreppslista.....	10
1.3.	Avgränsningar.....	11
2.	Metod	11
2.1	Litteraturstudie.....	11
2.2	Platsbesök / Utformningsförslag.....	12
3.	Att mäta kväve / fosfor och dess effekter	12
3.1.	Fosfor.....	15
3.2.	Kväve.....	17
3.3.	Analys av mätningar, styrdokument & föreskrifter.....	17
4.	Blågröna dagvattenlösningar	18
4.1.	Långsiktigt hållbar dagvattenhantering.....	18
4.2.	Sedimentering.....	22
5.	Tvästegsdiken	23
5.1	Tvästegsdiken i teorin	23
5.2	Vegetation i tvåstegsdiken	28
5.3	Tvästegsdiken i praktiken.....	28
5.4	Platsbesök - tvåstegsdike i Tullstorp.....	29
6.	Förslag över plats för tvåstegsdiken i stadslandskapet	36
7.	Resultat	38
7.1	Ritningar på utformningsförslag.....	38
7.2	Beräkningar.....	43
8.	Diskussion	44
8.1	Resultatdiskussion	44
8.2	Metoddiskussion	45
8.3	Generell diskussion	46
9.	Slutsats	48
10.	Referenser	49
	Tack	55

1. Inledning

(Begreppslista finns på sidan 10)

Övergödning

Eutrofa våtmarker och vattendrag är ett globalt problem (Mitsch & Gosselink 2015). Enligt Jordbruksverket (2022) kommer 39% av kväve och 41% av fosforutsläppen i Sveriges kustnära från enskilda avlopp, reningsverk och industri som inte är direkt kopplade till jordbruk. Resterande andel näringsutsläpp sker till allra största del från jordbruket. Under kraftiga regn när reningsverk eller ledningsnät blir överbelastade släpps ofta orenat avloppsvatten ut i kanaler, bäckar och diken (VaSyd 2024). Dagvatten och avloppsvatten leds i 40% av fallen genom samma avloppssystem, vilka kallas "kombinerade system", om dagvattnet och spillvattnet leds i separata system kallas dessa "duplikatsystem" (Svenskt Vatten 2019). Bräddvatten tenderar att innehålla miljöfarliga ämnen, organiskt material samt näringsämnen såsom kväve och fosfor. I vatten kan kvävet form vara löst, oorganiskt i form av nitrat, nitrit och ammonium. Men kväve kan också vara bundet till organiskt material, exempelvis bladmassa (Sveriges vattenmiljö 2023). Dessa föroreningar kommer främst från bräddat spillvatten och sedimentbundna partiklar som samlats i ledningar (Bingman 1993). Suspenderade partiklar är både organiska och oorganiska partiklar som fungerar som bärare av näringsämnen. Dessa kan orsaka betydande miljöskador när de sedimenterar (Sveriges vattenmiljö 2023). I figur 1 nedan syns bild på en flod där kraftig algblomning har skett på grund av övergödning.



Figur 1. En eutrof flod i England. Rik algblomning vilket bidrar till syrefattig miljö.

Bildkälla: Commons.wikimedia - N.Chadwick:

<https://www.geograph.org.uk/profile/3101>

Enligt Malmö Stad (2024) skedde under år 2023 bräddningar som motsvarar 875 000 kubikmeter avloppsvatten i Öresund. Därefter uppmättes höga nivåer av näringsämnen i vattnet (Hydén 2024). Mängden fosfor sommartid och kväve vintertid översteg önskad status i södra delarna av Öresund (Vatteninformation Sverige 2024). Vissa förorenade partiklar kan transporteras men i mer stilla vatten tenderar partiklarna att sjunka till botten som sediment. Ett överskott av näringsämnen i vatten leder till omfattande alg tillväxt. När algerna dör sjunker de ner till botten. Här bryts det organiska materialet ner av mikroorganismer vilket innebär en hög förbrukning av syre. Om stora mängder organiskt material bryts ner samtidigt under en period kan detta resultera i syrebrist (Sveriges miljömål 2023.a). Sedimentpartiklar som hamnar på botten i vattendrag kan lätt ackumulera över tid, eller flytta på sig ytterligare vid högre flöden beroende på typ och plats för vattendraget i fråga (SGU 2018).

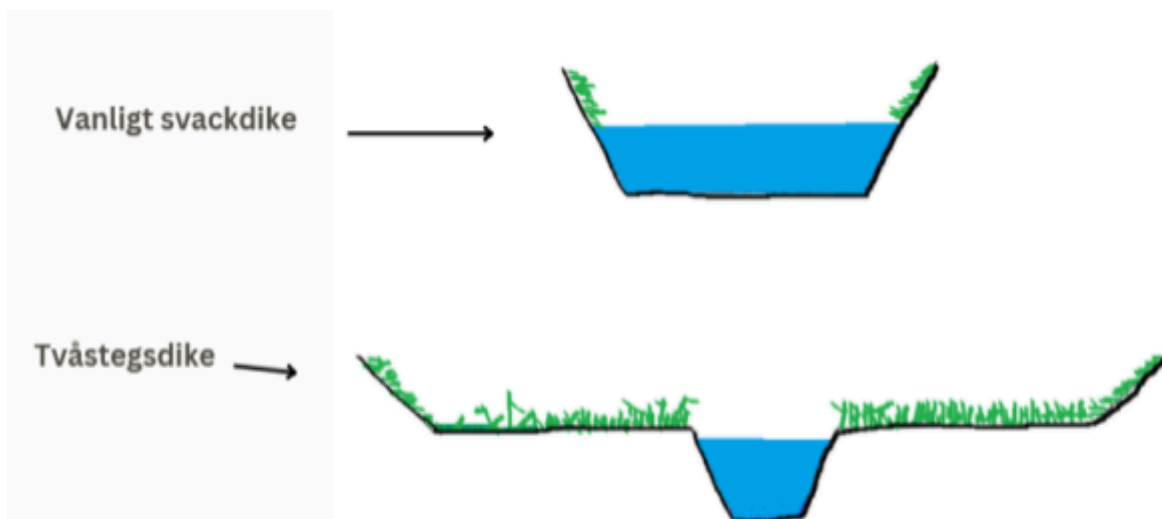
I takt med ökad urbanisering ökar mängden hårdgjorda ytor där dagvatten inte kan infiltrera på plats (Karras & Reid 2016). Detta vatten samlas ofta i slutna VA-system, med syfte att avleda vattnet bort från bebyggelsen snarast möjligt. När urbana områden expanderar sätter detta allt högre press på avloppsledningarna, vilket innebär en ökad risk för att deras kapacitet överskrids (Stahre 2004). När det pratas om hållbar dagvattenhantering syftar exempelvis Karras och Reid (2016) på anpassningar till klimatförändringar som efterliknar och integrerar naturens egna processer, med det primära målet att förbättra och förebygga skyddet mot översvämningar och överbelastningar i avloppsneten. De visar också att i de bostadsområden där hållbar dagvattenhantering har införts avlastas ledningssystemen så pass att risken för översvämningar har minskat betydligt (Karras och Reid 2016). Denna lösning ger även fördelar under torra perioder, exempelvis genom att bidra till rekreativ möjligheter och förbättrad vattenkvalitet.

År 2017 tillfördes svenska kuster totalt 108 190 ton kväve och 3 300 ton fosfor. Detta förändrar balansen mellan olika vattenlevande varelser och bidrar till rubbade ekosystem där vissa arter gynnas, andra missgynnas (Havs och vattenmyndigheten 2014). För att avlasta volymen dag- och bräddvatten som transporteras genom avloppssystem finns möjligheten att anlägga gröna infrastrukturer, som exempelvis dagvattendammar eller svackdiken.

Tvåstegsdiken

Diken används som en långsam avledare av vatten från plats A till plats B (Svenskt vatten 2019). Tvåstegsdiken kan ses som en vidareutveckling av konventionella svackdiken (figur 2), där man strävar efter att efterlikna naturliga bäckar och åar genom att gräva två plana terrasser - så kallade svämplaner, en på vardera sida om dikets mittfåra. Tvåstegsdiken anläggs ofta med flackare slänter än ett konventionellt dike samt med en meandrande mittfåra (Hodaj et al. 2017). En visuell jämförelse mellan dessa 2 typer av diken finns i figur 2.

Syftet med denna utformning är enligt Jordbruksverket (2013) bland annat att minska risken för uttorkning och erosionsskador, men Speir et al. (2020) menar också på att de extra svämplanerna hos ett tvåstegsdike förhindrar "peak flooding" vilket innebär en kapacitetsbegränsning där diket svämmer över på omkringliggande ytor vid kraftiga nederbörd och de flöden som uppkommer i och med dessa. Vid "peak flooding" rinner vattnet istället upp över tvåstegsdikets översta kanter och iväg från själva anläggningen, vilket kan orsaka oönskade vattensamlingar på andra platser. Tvåstegsdikens utformning möjliggör uppfång av finkornigt sediment, särskilt i dikets innerkurvor (Världsnaturfonden 2018). Avskiljningskapaciteten i svackdiken påverkas av hur de utformas; kortare diken med utlopp genom brunn eller bräddavlopp i dikets botten tenderar att fånga större partiklar som sand samt föroreningar bundna till grövre material. Däremot har längre diken med strypt utlopp förmågan att avskilja både grövre och finare partiklar, vilket leder till en högre effektivitet i att fånga partikelbundna föroreningar (Stockholm vatten och avfall u.å). I ett tvåstegsdike ackumulerar kväve på svämplanerna, där kan det omhändertas genom olika processer i den naturliga kvävecykeln (Hallberg 2024).



Figur 2. Jämförelse mellan ett konventionellt svackdike och ett tvåstegsdike med extra svämplaner på vardera sida om mittfåran.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med studien är att beskriva vilka effekter tvåstegsdiken kan ha på sedimentering av kväve/fosfor. Forskningen som är gjord idag har i utslutande skett på de tvåstegsdiken som finns i jordbrukslandskap och de läckage som sker från jordbruket. Ifall det existerar studier av tvåstegsdiken i stadslandskap har vid färdigställandet av denna studie inte kunnat bekräftas. Studien fokuserar på tvåstegsdikens sedimentering av partikelbunden fosfor samt totalkväve i form av ammonium, nitrat, organiskt bundet kväve samt kvävgas. Detta på grund av att kväve och fosfor tar olika former genom de naturliga kemiska processer som kan ske i ett tvåstegsdike (Hallberg 2024). Detta arbete kommer att ge ett förslag på hur implementering av ett tvåstegsdike inom Malmö kan se ut, samt redovisa vilka effekter tvåstegsdiken har för vattenkvalitet och dagvattenhantering. Målet med studien är att få överblick över den data som finns tillgänglig och se vilka för- respektive nackdelar som kommer med implementering av tvåstegsdiken.

Frågeställningen är:

1. I vilken utsträckning kan tvåstegsdiken bidra till att fånga upp kväve och fosfor, och vad kan detta innebära för tvåstegsdikens hållbarhet och effektivitet på lång sikt?

1.2 Begreppslista

Absorption

Förmågan att uppta eller suga upp exempelvis en vätska, såsom vatten.

Adsorption

När ett ämne, exempelvis i form av vätska, fastnar på ytan av ett annat material eller en annan vätska

Bräddningar

Under kraftiga regn när reningsverk eller ledningsnät blir överbelastade kan orenat avloppsvatten släppas ut (VaSyd 2024).

Bräddvatten

Avloppsvatten från bad, disk och tvätt som leds i VA-system och via utlopp släpps ut i exempelvis kanaler och vattendrag vid överbelastning (VaSyd 2024).

Dagvatten

Tillfälligt flöde av vatten ovan mark, exempelvis efter snö eller regn

Denitrifikation

Omvandling av kväveföreningar genom nedbrytning (Nationalencyklopedin u.å.b).

Eutroft vattendrag

Näringsrikt vattendrag som producerar mycket organiskt material, vilket senare sjunker till botten och bidrar till syrebrist. (Östersjön u.å.).

Grävatten

Avloppsvatten från bad, disk och tvätt

Mannings tal

Friktionsparameter som beror på bottenmaterial i ett dike (Persson et al. 2014).

Primärproduktion

Ett process där organiska ämnen skapas ur icke organiska (Nationalencyklopedin u.å.a).

Sediment

Fast material som sjunker till botten i en vätska, till exempel på grund av gravitation

Stadslandskap

Urban miljö, område bestående av tät bebyggelse

Terrass

Undergrund som markmaterial eller vegetation vilar på

Våt Perimeter

Totala kontaktytan mellan vatten och kontaktmaterial i ett dike

Öppna dagvattensystem

Diken eller kanaler med strävan att efterlikna naturliga vattensystem, till skillnad från rör under mark (Svenskt vatten 2019).

1.3 Avgränsningar

Studien kommer inte att fokusera på biodiversitet och ekologi trots att dessa aspekter är något man bör ta hänsyn till i största möjliga mån vid stadsbyggnad. Inte heller anläggningsråd, planteringsråd eller skötselråd kommer att behandlas i någon vidare utsträckning. Fokus är att undersöka tvåstegsdikens kapacitet att reducera näringsämnena kväve och fosfor, som ofta är orsak till övergödning i slutrecipienter (Sveriges miljömål 2017). Själva utformningsförslaget är begränsat till en plats i Malmö, men skulle likväl kunna implementeras i övriga Skåne eller platser med lerbaserade moränjordar.

2. Metod

2.1 Litteraturstudie

Initialt var tanken att utföra intervjuer med tjänstemän vid sidan av litteraturstudien, till exempel hos regionala VA-organisationer eller entreprenadfirmor med erfarenhet av tvåstegsdiken. Dock ströks detta i och med risker för att tidsplanen i sådant fall riskerade att brytas. Detta eftersom intervjustudier innebär att studien blir beroende av respondenters och informanternas tillgänglighet (Funck & Karlsson 2021). Även behovet av att säkerställa att de förmedlar signifikant kunskap och erfarenhet som inte är färgade av personliga åsikter fick idén att framstå som onödigt riskfylld. Huvudfokus har därför varit litteraturstudier.

Kurslitteratur från landskapsingenjörsprogrammet på SLU, Alnarp har använts till viss del. E-böcker, vetenskapliga artiklar har tillhandahållits via sökningar i Scopus, Epsilon och The water research foundation. Många vetenskapliga artiklar har hittats genom att studera källhänvisningar i befintliga studentarbete. Vissa artiklar och studentarbeten från exempelvis amerikanska universitet kräver att man registrerar sitt lärosäte hos dem för att få tillgång till litteratur, detta är inte alltid möjligt, trots användande av VPN. Detta innebär referenser via sekundärkällor i vissa fall, och anges som sådana. Analyser av rapporter, myndighetspublikationer, dagspress och övriga småtryck har också förekommit, främst av svenska publikationer men även utländska, främst från USA (figur 3). Dessa har i huvudsak tagits fram via Google Scholar och vanliga Google-sökningar.

2.2 Platsbesök / Utformningsförslag

Utformningsförslaget utgår från en plats i Malmö där ett tvåstegsdike hade kunnat bidra med avskiljning av näringsämnen innan dagvatten och gråvatten leds till avloppsreningsverk. I studien redovisas platsbesök vid ett befintligt tvåstegsdike i Tullstorp, Trelleborgs kommun.

Redovisning av platsbesök i Tullstorp sker genom bilder och kommentarer från författaren. Syftet med besöket är att ge inspiration till utformningsförslaget genom att undersöka växtval, utformning och generell status på själva diket, hur det är skött, ifall det är igenvuxet samt jämföra de olika sträckorna av konventionellt dike som övergår till tvåstegsdike. Detta ger också ett långsiktigt perspektiv eftersom diket anlades för mer än 10 år sedan.

Ifall det hade funnits exempel på tvåstegsdiken i stadslandskap hade dessa varit mest intressanta för studien och en prioritet, men istället valdes ett tvåstegsdike i Tullstorp på grund av geografiska placering och det faktum att projektet anses framgångsrikt (Havs och vattenmyndigheten 2016).

3. Att mäta kväve / fosfor och dess effekter

Som nämnt tidigare överstiger mängden fosfor sommartid och kväve vintertid önskad status i södra delarna av Öresund under senaste mätningen (VISS 2024). Hur mäts detta?

För att ta reda på status över Öresunds kustnära vatten kan man vända sig till Länsstyrelsen som ansvarar för onlineverktyget VISS. Jonas Gustafsson¹ på länsstyrelsen poängterar att datan som finns i VISS inte är den enda data som används för statusklassning i Öresund utan en kombination av olika övervakningsprogram hjälper till att fastställa slutgiltig status. Detta beskrivs som lättillgänglig data eftersom länsstyrelsen tillhandahåller den och den går att analysera i exempelvis Excel-dokumentation. Diagram som visar mängden fosfor uppmätt vintertid är begränsad till just vintertid eftersom det var den datan som fanns lättillgänglig som excelfiler och inte i databaser som kräver kraftig administration och kommunikation med myndigheter för att få tillgång till. Sharkweb är exempel på en sådan tjänst, där länsstyrelsen skickar ut data som bearbetas med verktyg och program som tillhandahålls av SMHI (SMHI u.å). Från denna databas skickar länsstyrelsen vidare data till konsulter som analyserar med hjälp av digitala klassningsverktyg.

Länsstyrelsen använder följande beskrivningar för att klassificera status på kustvatten, se tabell 1.

¹ Jonas Gustafsson, marinbiolog på länsstyrelsen Skåne. Mailkorrespondens 2024-11-25

Tabell 1. Tabell som förklarar status utifrån kustvatten enligt VISS.

<ul style="list-style-type: none"> • Ej god Röd
<ul style="list-style-type: none"> • Otillfredsställande (Orange)
<ul style="list-style-type: none"> • Måttlig (Gul)
<ul style="list-style-type: none"> • God (Grön)

Ifall 100% ses som ett naturligt, helt orört vatten med föredömlig ekologisk status skulle man förslagsvis kunna dela in dem enligt en procentskala (tabell 2) för att förenkla tolkningen. Notera att denna tabell är ett förslag från författaren för att kvantifiera de olika statusklassningarna:

Tabell 2. Tabell som visar tolkningsförslag på data från VISS.

Statusklassning	Föreslagen procentskala (förtydligande)
<ul style="list-style-type: none"> • Ej god/dålig: 	<ul style="list-style-type: none"> • 0-25%
<ul style="list-style-type: none"> • Otillfredsställande: 	<ul style="list-style-type: none"> • 25-50%
<ul style="list-style-type: none"> • Måttlig: 	<ul style="list-style-type: none"> • 50-75%
<ul style="list-style-type: none"> • God: 	<ul style="list-style-type: none"> • 75-100% •

I figur 3 nedan syns sammanställning av ekologisk status för södra Öresunds kustnära vatten, med de statusklassningar som redovisas i tabell 1.

Ekologisk status - Fysikalisk-Kemiska kvalitetsfaktorer ?

Syrgasförhållanden	■ Hög
Ljusförhållanden	■ Måttlig
Näringsämnen	■ Måttlig
Totalmängd kväve - sommar	■ Måttlig
Totalmängd kväve - vinter	■ Måttlig
Totalmängd fosfor - sommar	■ Dålig
Totalmängd fosfor - vinter	■ Otillfredsställande
Löst oorganiskt kväve (DIN) - vinter	■ Måttlig
Löst oorganiskt fosfor (DIP) - vinter	■ Måttlig
Särskilda förorenande ämnen	■ God
Koppar	■ God

Figur 3. Södra m Öresund Sex parametrar för näringsämnen varav värdena för fosfor är otillfredsställande både sommar/vintertid.

Källa: VISS <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA67667475>

Södra Öresund är en kuststräcka som sträcker sig från södra Falsterbo i söder till Klagshamn i norr. Här har tvåstegsdike i utformningsförslag (figur 18, 19 sin slutrecipient. I figur 4 på sidan 15 syns kartering av kuststräckan i fråga.

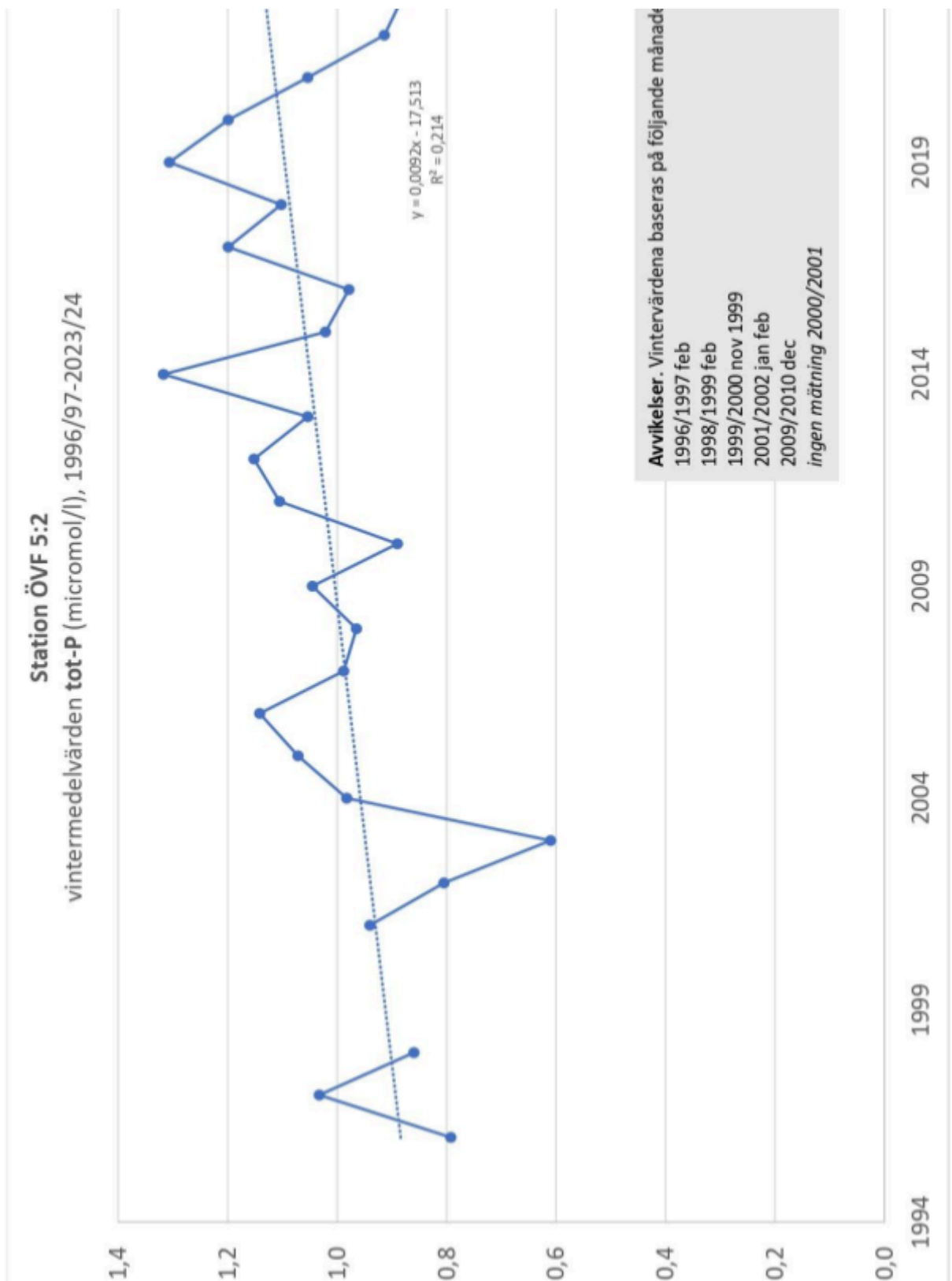


Figur 4. Södra Öresund. Ett område som sträcker sig från Klagshamn i norr till Falsterbo i söder.
Källa: VISS <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA67667475>

3.1 Fosfor

En bidragande faktor till övergödning är överbelastning av fosfor vid kustnära hav och sjöar, detta på grund av utsläpp från jordbruket och enskilda avlopp som är okontrollerade (Naturskyddsföreningen (2021). Boström (1988) nämner att fosfor ofta binds till fina partiklar, såsom lera och järnoxider. Detta gör det möjligt för partiklarna att sedimentera vid reducerad vattenhastighet. Enligt VISS (2024) och föreskrifterna från Havs- och vattenmyndigheten (HVMFS 2019:25) används koncentrationer av totalfosfor (tillsammans med andra näringsämnen) för att klassa vattenförekomsternas status under olika säsonger. I figur 5 på sida 16 visas ett diagram över totalmängd fosfor vintertid redovisat i mikromol/liter utan specifikt referensvärde för god respektive dålig status, mätningarna är utförda av Öresunds Vattenvårdsförbund, men vi ser trendlinjer och hur mängderna har förändrats under en 30-årsperiod. Trendlinjen visar på en linjär ökning av mängden fosfor vintertid sedan 1996. Värt att notera är att diagrammet enbart visar mätningar på en specifik mätstation under en specifik tid på året, dock visar majoriteten av mätningarna på olika mätstationer i Öresund på samma trend (Gustafsson²). Denna data är personligen utskickad från Jonas Gustafsson på vattenstrategiska enheten på länsstyrelsen, visualiserad i ett exceldokument.

² Jonas Gustafsson, länsstyrelsen Skåne, mailkorrespondens 2024-11-24



Figur 5 visar totalmängd fosfor mätt i mikromol / liter, under 30-årsperiod från mätstation ÖVF 5:2 i södra Öresund. Trendlinjen visar på ökning av mängden kväve i vattnet vintertid.

3.2 Kväve

Den teknik som krävs för att rena kväve i reningsverk är mer komplex än tekniken för fosforrening, eftersom processen styrs av bakterier blir den temperaturberoende och generellt är kvävepartiklar känsliga för störningar såsom temperaturförändring (Fyrisåns vattenförbund 2024).

SMHI (2023) och Jordbruksverket (2020) beskriver att reningsverk kan omhänderta upp till 98% av den fosfor de tar emot, men att få bukt med kvävet är betydligt svårare. Reduktion på 70% är minimum enligt lag, men de flesta reningsverk brukar ligga mellan 70-90% (Naturvårdsverket 2022). Newcomer et. al. (2016) menar att när kväve transporteras i löst form och inte sedimenterar direkt, har det en förmåga att bindas till partiklar eller organiskt material och därmed följa samma sedimentationsmönster som fosfor.

Havs och vattenmyndigheten (2019) klassificerar svenska kustvatten utifrån gränsvärden för totalkväve vintertid samt sommartid. Suspenderade organiska sediment har visat sig öka oxidation av ammoniak (NH_3). Detta är en förening med känd toxicitet för vattenlevande arter (Loperfido 2014). Ammonium (NH_3^-) oxiderar och ändrar form till nitrat när det når vattendrag och slutreceptier. Oxidering av 1 gram kväve i ammoniumform behöver omkring 4 gram syre för att denna process ska kunna ske (Heathwaite 1993). Detta är en anledning till problem med syrefria botten i svenska vattendrag och slutreceptier, i synnerhet i Östersjön, Finska viken och Rigabukten (Sveriges miljömål 2023b).

3.3 Analys av mätningar, styrdokument och föreskrifter

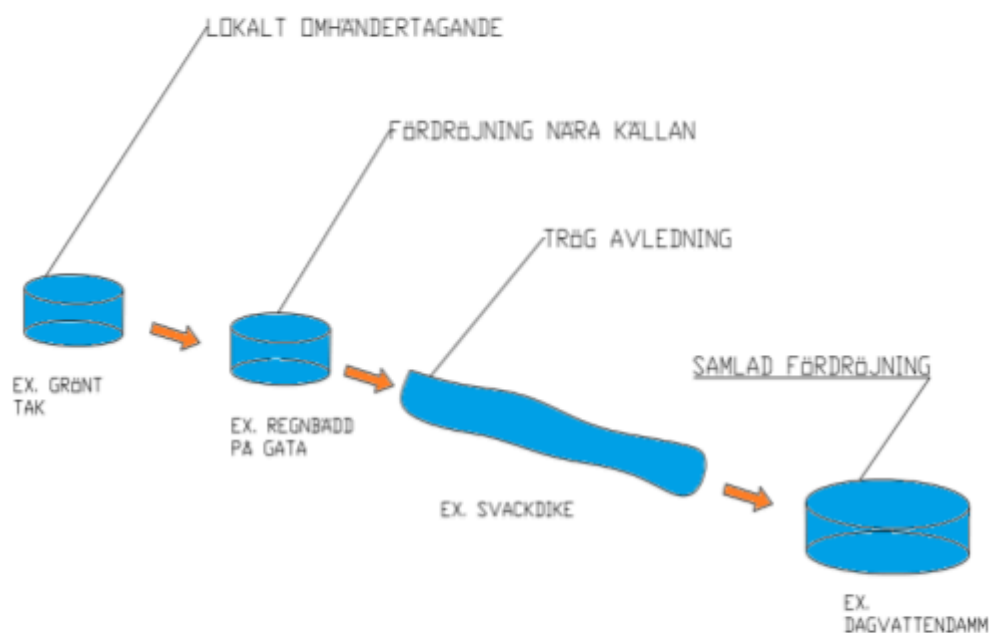
Att mäta nivåer av näringsämnen i vattendrag är komplext och det finns en mängd olika parametrar att ta hänsyn till. I Sverige arbetar man enligt EU-direktiv genom samverkan mellan länsstyrelser och vattenmyndigheter (VISS 2024). Resultatet av de mätningar som görs redovisas är offentliga och redovisas utan att man behöver kontakta myndigheter för att få tag på dem. Jonas Gustafsson³ på länsstyrelsen i Skåne poängterar att det inte bara är nivån av näringsämnen som anger ekologisk status, utan även salthalt, surhetsgrad, syrehalt, mängd tungmetaller, temperatur som spelar roll för slutgiltig klassificering. Enligt Havs- och vattenmyndigheten (2019) finns det utrymme för förbättringar av Öresunds vattenkvalitet eftersom kemisk status inte har nått upp till önskade värden (VISS 2024). Detta bekräftar Skånes miljömål (2022) i samlad forskning om Skånes miljömål för hav och kust. De påpekar även att bräddningar faktiskt står för en tämligen liten påverkan på svenska kusters övergödning, utan att det är enskilda avlopp, industri, reningsverk och jordbruk som har störst påverkan på omkring 70%, medan cirka 25% av utsläppen sker naturligt.

³ Jonas Gustafsson, länsstyrelsen Skåne, mailkorrespondens 2024-11-26

4. Blågröna dagvattenlösningar

4.1 Långsiktigt hållbar dagvattenhantering

En långsiktigt hållbar dagvattenhantering innebär omhändertagande, fördröjning och lagring av regn- och smältvatten. Målet är att efterlikna naturens naturliga sätt att hantera nederbörd genom processer som infiltration -när vatten tränger ner genom markytan, perkolations - när vatten rör sig genom jordlager, ytavrinning, samt avledning av vatten från punkt A till punkt B (Stahre 2004). Hållbar dagvattenhantering kan även innebära att man förebygger ytavrinning i bebyggda miljöer, fördröjer dagvatten nära källan och renar vattnet ifall det finns behov för detta (Sveriges miljömål 2023c). En central del av hållbar dagvattenhantering är lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), där vattnet hanteras direkt där det faller. Detta bidrar till att jämna ut flödestoppar till recipienter och minska de föroreningar som når dem. Att låta detta ske i öppna system kan i sin tur leda till utökad engagemang hos medborgare, vilka kan vara både positivt och negativt inställda till de synliga dagvattenlösningar på markytan som inte leds under mark i VA-rör (Stahre 2004). Dessa lösningar har fungerat som pedagogiska, multifunktionella inslag i stadsmiljön sedan tidigt 2000-tal och är numera en officiell del i regeringens etappmål. (Naturvårdsverket 2018). Figur 6 på sidan 18 visar exempel på olika lösningar för hållbar dagvattenhantering. Visualiseringen är baserad på (Stahre 2004).



Figur 6 visar exempel på olika lösningar för hållbar dagvattenhantering. Visualiseringen är baserad på (Stahre 2004).

Lokalt omhändertagande (LOD) avser en strategi där dagvatten hanteras direkt på den aktuella fastigheten istället för att avledas till det konventionella dagvattensystemet eller avloppsnätet. Genom att tillämpa LOD kan belastningen på kombinerade avloppssystem, där spillvatten och dagvatten leds gemensamt, samt avloppsreningsverk minskas (Stahre 2004). I kombinerade system kan höga vattenflöden annars leda till behov av bräddning, vilket innebär att obehandlat vatten släpps direkt ut i recipienten för att förhindra översvämningar (Svenskt vatten 2019).

Tvåstegsdiken kategoriseras som "trög avledning". Om botten av diket fylls med exempelvis makadam ökar infiltrationskapaciteten och diket kan därmed även kategoriseras som "fördröjning nära källan". Ett svackdike kan i sin tur leda till en damm där vattnet genomgår "samlad fördröjning" (Stahre 2004).

Trög avledning innebär ett dagvattensystem i form av ett dike med låg längslutning, eller en öppen överbyggnad under hårdgjord yta. Detta för att skapa låg flödes hastighet vilket tillåter partiklar att sjunka och fastna som sediment på botten (Blecken u.å. 75–76). I städer kan man ofta se kombinationer av olika lösningar på samma plats då det inte alltid räcker med 1 dagvattenlösning för att ge effektivt resultat, utan kombinationer av olika system ger lättare en helhetstäckande lösning för maximerad nytta (Sevab 2023). Diket kan i sin tur vara avsiktligt beklätt med vegetation eller inte, beroende på vad man har för specifika önskemål kring diket funktioner. Även tvåstegsdiken är exempel på *trög avledning* av dagvatten.



Figur 7 (Vänster) Lokalt omhändertagande av dagvatten i form av stuprör som leder dagvatten från tak direkt till gräsmatta. Malmö 2023



Figur 8 (Höger) Svackdike med kraftig vegetation (lågt mannings tal) och hinder i form av stenkista, detta hinder bromsar flödes hastigheten på dagvatten samtidigt som det kan fungera som en bro över diket. Exempel på trög avledning Bildkälla: Jonathan Malmberg, boverket. Författare innehar publiceringsrätt. Boverket (2019). Hämtad 2025-02-28

Fördröjning nära källan kan innebära olika system där avledning av dagvatten minimeras (Naturvårdsverket 2019). Fokus i dessa fall är att omhänderta och bearbeta vattnet så nära uppkomstplatsen som möjligt. Exempel på detta kan vara en genomsläpplig markbeläggning som leder vatten till närliggande plantering, eller en nedsänkt regnbädd i ett stadslandskap. (Blecken u.å. 2016). I exempel från Östersunds kommuns tekniska handbok beskriver att dessa typer av lösningar där man omhändertar dagvattnet så nära källan som möjligt är de lösningar som bör prioriteras i första hand (Östersunds kommun 2025). Ifall dessa lösningar implementeras slipper man avleda och transportera dagvattnet någon annanstans.



Figur 9. Nedsänkta regnbäddar som även fungerar som farthinder. Vellinge 2022

Samlad fördröjning - Dessa anläggningar karaktäriseras av sin storskalighet och integreras oftast i park- och rekreationsområden. Exempel på sådana lösningar inkluderar temporära vattenuppdämningar, fördröjningsdammar i olika storlekar samt våtmarker. Dessa kan vara lämpliga lösningar när det råder platsbrist ovan mark, och traditionella ledningsnät avleder större mängder vatten till en och samma plats inom ett avrinningsområde (Stahre 2004).



Figur 10. Exempel på samlad fördröjning - Dagvattendamm i Malmö, 2023

Enligt Peter Stahres definition är anläggningar som skapar *samlad fördröjning* av dagvatten, liksom *fördröjning nära källan* och *trög avledning*, företeelser som används på allmän platsmark. *Lokalt omhändertagande av dagvatten* är däremot något som sker i liten skala - på privat mark. (Stahre 2004). Tillsammans med traditionella ledningsnät kan ovan nämnda exempel för dagvattenhantering kombineras och därmed skraddarsys helhetslösningar för en specifik plats eller ett specifikt område. Med andra ord kan en anläggning ha flera funktioner och det är möjligt att kombinera olika lösningar beroende på vilket syfte man vill att ens anläggning ska fylla. (Svenskt vatten P105. 2011).

Synen på dagvatten som enbart en del av avloppshanteringen är ett föråldrat perspektiv, vilket härstammar från en tid då dagvatten och avloppsvatten transporterades i kombinerade ledningssystem. För att uppnå en långsiktigt hållbar dagvattenhantering bör dagvatten inte enbart betraktas som en fråga om något som behöver avledas eller omhändertas; utan en fråga om vatten som resursmedel (Naturvårdsverket 2024). Även Sörelius (2023) uttrycker att dagvatten bör behandlas som en resurs, vilket kan bidra till att förändra städernas kvalitet och skapa mervärden i både urbana såväl som rurala miljöer. I fallet med tvåstegsdiken kan dessa bidra till omhändertagande av dagvatten, ökad rening av kväve och fosfor, samtidigt som de bidrar med pedagogiska inslag i stadsbilden, vars tillhörande träd och buskar kan bidra med rekreativa värden (Nilsson 2021).

4.2 Sedimentering

Marginella ökning av näringsämnen såsom fosfor kan leda till omfattande problematik (Lannergård (2021)). Dessa problem kan leda till algbloomningar vilka i sin tur bidrar till syrefria botten och rubbning av ekosystem (Havsmiljöinstitutet 2024).

För kustvatten bedöms fosforhalter genom varierade ekologiska kvalitetsparametrar, gränser anges med hänsyn till vattenkvalitetens inverkan på biodiversiteten (Havs och vattenmyndigheten 2019). Hur man går tillväga för att samla in datan som inför statusklassningarna förklaras vidare under mailkonversation med Jonas Gustafsson⁴ på länsstyrelsen Skåne:

“Den data som använts för att statusklassa näringsämnen, finns tyvärr inte tillgänglig i t.ex. excelfiler. Den finns istället i en nationell databas ([Sharkweb](#) hos SMHI) och från denna databas skickas data till ett digitalt klassningsverktyg som hjälper oss att räkna fram statusen i de olika delområdena. Den senaste statusklassningen gjordes för ca 5 år sedan (ny klassning är på gång inom kort) och kan hittas i [VISS](#).

Av tillgänglig data finns t.ex. näringsämnesdata från ett övervakningssystem som kallas recipientkontroll. Vi har sammanställningar från knappt 30 års recipientkontroll i Öresund, utförd av Öresunds Vattenvårdsförbund. OBS! Kom dock ihåg att detta inte är den enda data som används för statusklassning i Öresunds olika vattenförekomsterna. Från vissa mätstationer finns även data från andra övervakningsprogram”.

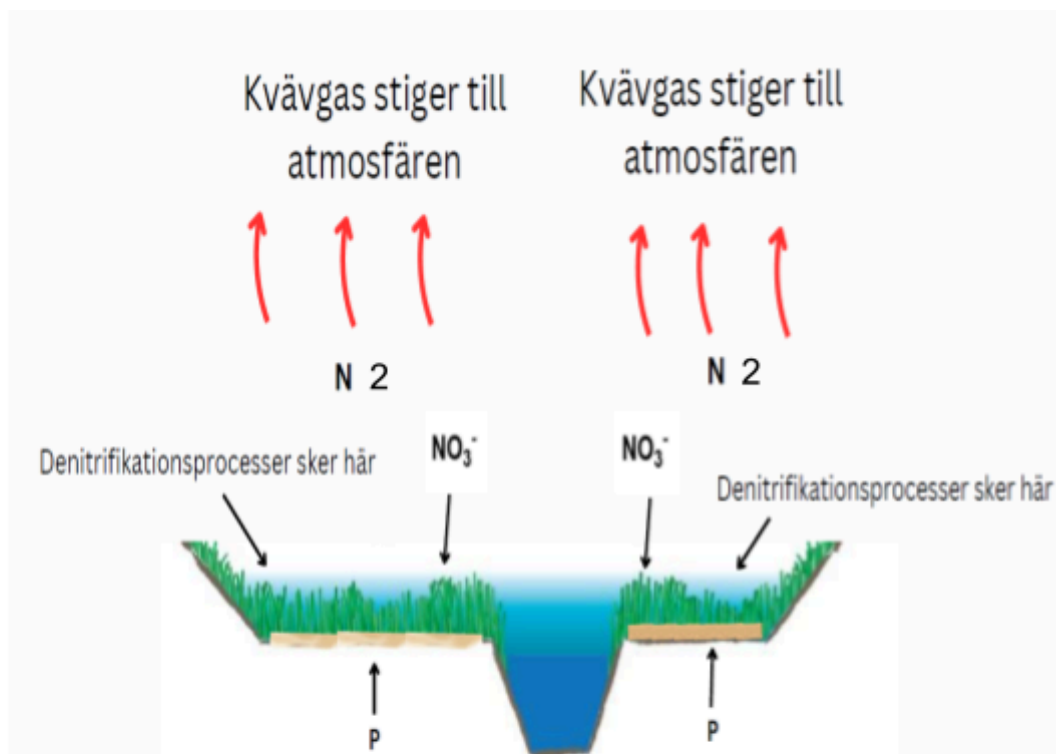
⁴ Jonas Gustafsson, marinbiolog på länsstyrelsen Skåne. Mailkorrespondens 2024-11-21

5. Tvåstegsdiken

5.1 Tvåstegsdiken i teorin

Sökningar i databaserna Scopus och The water research foundation gav inga träffar på “two stage ditch*”, “urban”, “city”, men däremot flertalet träffar på enbart “two stage ditch**”. Google Scholar gav 290 000 svar på 0,1 sekunder vid sökningen “two stage ditch”. Resultaten var dock inte begränsade till tvåstegsdiken, utan artiklar innehållande forskning kring konventionellt utformade diken kategoriserades också som träffar. Litteraturen visade varierande träffar kring hur effektivt tvåstegsdiken utförde denitrifikationsprocesser, särskilt under de första åren efter anläggning.

Figur 7 på sidan 24 är en visualisering av denitrifikation på ett tvåstegsdikes svämplaner, i bottensediment märkt “P” sker även sedimentering sker på svämplanerna. Det är dessa processer man utfört mätningar på i litteraturen som undersökts inför denna studie. Visualiseringen är baserad på mätningar utförda i Hodaj et al. (2017) och Hallberg (2024).



Figur 11. Visualisering av fosforsediment som fastnat på svämplaner, samt processer i kvävecykeln som sker, i huvudsak på tvåstegsdikets svämplaner.

Hodaj et al. (2017) beskriver att den totala mängden nitrat som transporteras av ett vattendrag under en viss tid kan mätas i kg/dag eller ton/år (massa per tidsenhet). Detta kan beskrivas som "nitratbelastning". Tungt nederbörd bidrar till högflöden. Då kan mängden nitrat som belastar vattendraget öka eftersom vattenvolymen ökar. I den litteratur som studerats inför denna studie är det vanligt förekommande att mäta "nitratkoncentration", vilket är ett sätt att visa hur mycket nitrat som finns i en specifik volym vatten vid ett specifikt tillfälle. Nitratbelastning och nitratkoncentration är två parametrar som är hjälpsamma att ha i åtanke vid analys av tvåstegsdikens näringsupptag.

Speir et al. (2020) gjorde mätningar på ett cirka 6 km långt tvåstegsdike under 2017-2019 och noterade att det faktiskt inte fanns några som helst tecken på denitrifikationsprocesser i dikenas svämplaner ett år efter anläggning. Diket uppgraderades från ett konventionellt dike till ett tvåstegsdike, där cirka 0,6 kilometer anlades 2007, ytterligare 3,7 kilometer 2017 och resterande 2,7 kilometer 2018. Speir et al (2020) visade dock på en ökning av denitrifikation på 27% jämfört med tidigare konventionella dike i den del av anläggningen som var 3 år gammal eller äldre. Studien betonar att återhämtningen av denitrifikationsprocesser hos tvåstegsdiken i jordbrukslandskap kan ta tid efter konstruktion, beroende på hur snabbt organiskt material ackumuleras. Tvåstegsdiket reducerade den totala fosforbelastningen nedströms, men totalmängd suspenderat material på svämplanerna varierade beroende på vegetationsstadiet på svämplanerna vid de olika mätpunkterna i tvåstegsdikets kontrollsträcka. Längs en av kontrollsträckorna ökade belastningarna av totalfosfor med 78%, jämfört med sträckorna med konventionellt dike. Dock varierar effektiviteten beroende på faktorer som marktyp, vegetation och underhåll. Speir et al. (2020) poängterade att denitrifikationsprocesser sker i desto större utsträckning ju mer etablerad vegetationen är.

Mahl et al. (2015) utvärderade "kvävereduktionskapaciteten" och fördelarna för vattenkvaliteten hos 6 tvåstegsdiken i mellänvästra USA där tvåstegsdiken hade anlagts mellan 1 och 7 år innan studien ägde rum. Tvåstegsdiken minskade signifikant koncentrationerna av fosfor och även grumligheten i ytvattnet, samt mängden kväve nedströms. Däremot var påverkan på minskningar i ammoniumbelastning begränsade och/eller specifika för enskilda sträckor i de olika diken och var inte helt konsekventa för dikets totala sträcka. Kväveminskning uppmättes som minskad både under normalflöde och under den tid svämplanerna var helt vattentäckta. I denna studie hade tvåstegsdikena liten effekt på kvävebelastningen under det första året. Vid mätningar hade dock svämplanerna med etablerad vegetation ökat kväveupptaget med 2–13 %. Kväveupptaget korrelerade med hur lång tid svämplanerna var översvämmade per översvämningsstillfälle.

Hallberg (2024) gjorde en studie på 10 svenska tvåstegsdikens förmåga att minska nedströms mängd fosfor och kväve genom denitrifikationsprocesser och sedimentering. Samtliga studier gjordes på diken i jordbrukslandskap. Denitrifikationen stod för 33 % av kvävereduktionen i sedimenten på svämplanerna. Fosforreduktionen var högre än för kväve och skedde främst via sedimentation av partikulärt fosfor, samtidigt ökade risken för frisättning av löst reaktivt fosfor vid frekventa översvämningar. Löst, reaktivt fosfor utgör ett betydligt större hot mot akvatiska ekosystem jämfört med fosfor bunden till partiklar, främst på grund av dess höga biologiska tillgänglighet och omedelbara möjlighet att främja primärproduktion (Jordbruksverket 2008). Detta leder i sin tur till ökad mängd organiskt material, såsom algblomningar, vilket slutligen leder till övergödning och syrebrist (Sveriges miljömål 2023.a). Hallberg (2024) visade att ju oftare terrassen låg under vatten, desto mer ökade denitrifikationen. Det tål också att sägas att de skånska diken som testades låg på moränlera med högt inslag av silt, vilket visade på minimal erosion jämfört med de diken som var anlagda på sandig jord. Hodaj et al (2017) utförde liknande undersökningar i delstaten Indiana i USA som gav snarlikt resultat, med fosforavskiljning på 65%. Rent konkret betyder detta att det i tvåstegsdiken sker en minskning av sedimenttransporten med 65% jämfört med ett konventionellt format dike (Hodaj et al. 2017). Jurries (2003) undersökte olika konventionella svackdiken och fick fram att de kan bidra med 29-80% fosforavskiljning, vilket är ganska breda penseldrag, men det är olika typer av data som studerats vilket kan försvåra redovisning av tydliga, specifika siffror. Som beskrivs i Jurries (2003). Detta gäller diken på minst 61 meter långt med vattendjup på minst 10 cm, gräshöjd på cirka 15 cm. Dikets tvärsnittsarea framgår inte i Jurries (2003), enbart flödes hastigheten vilken är cirka 0,46 meter / sekund. Jurries (2003) har också baserat sin rapport på konventionella diken där den potentiella mängden nitrat (NO_3^-) som upptas beskrivs som 39-89%. I samma rapport beskrivs också olika tillvägagångssätt för att mäta näringsupptag i diken och felmarginaler som man bör ta hänsyn till. Exempel på dessa undantag är infiltration av näringsämnen i dikets botten, som transporteras bort från diket utan att tas upp av växter eller genomgå några vidare kemiska processer.

Både Hallberg (2024) samt Powell och Bouchard (2010) visade på ökad; näst intill dubbel mängd denitrifikation i tvåstegsdiken jämfört med vanliga diken. Svämplanerna ökade upptag av nitrat, men detta minskade inte den totala nitratkoncentrationen i vattnet längre nedströms. Enligt Hallberg (2024) berodde detta på att ytterligare processer såsom inflöde från grundvatten och som tidigare nämnt; infiltration av näringsämnen i dikets botten påverkade vattnets nitratnivåer (Hodaj et al. 2017) Enligt Svec et al. (2005) innebär detta att det pågår flöde i mittfåran året runt. I både Hallberg (2024) och Hodaj et al. (2017) är mängden nitrat som tar sig upp på svämplanerna betydligt lägre än den mängd som finns i mittfåran.

Hodaj et al. (2017) menar också att tvåstegsdikets förmåga att hålla kvar och minska mängden nitrat är direkt kopplad till hur ofta svämplanerna befinner sig under vatten, samt vilken typ av vegetation som finns i diket. De uppmätte att mängden nitrat som ansamlas i det 200 meter långa diket fluktuerade mellan 0-1100 kg/dag, vilket faktiskt innebär att just detta tvåstegsdike hade en denitrifikationsnivå på 0% vissa dagar. Hodaj et al (2017) beskriver även att naturliga processer för fosforrening är mer komplicerad än reningen för kväve. Ackumuleringen styrs av sedimentation, men även adsorption, absorbering och biologiskt upptag från växter. I Hodaj et al. (2017) är mätningarna utförda i delstaten Indiana i USA, där de massiva jordbrukslandskapen till största del består av ler och siltjordar, vars jordegenskaper inte nödvändigtvis kan likställas med - men däremot jämföras och uppfattas som likvärdiga när det kommer till jordstruktur för tvåstegsdiken i skånska landskap på grund av liknande struktur i lerjorden. Mätningar i denna studie bekräftade att tvåstegsdiket hade en betydande effekt på minskningen av uppmätt fosfor, både under växtsäsongen och resten av året. Det faktum att totalmängd fosfor på dikets svämplaner minskade signifikant under båda säsongerna och att kontrollsträckan inte visade några betydande minskningar under växtsäsongen stärker antagandet som Hodaj et al. (2017) hävdar; nämligen att minskningen av total mängd fosfor drivs av sedimentbundna fosforpartiklar som sedimenterar på svämplanerna vid just högfloden. Med detta i åtanke finns det belägg för att en sommar med mycket torka påverkar mängden fosforupptag negativt.

Christoffer, S, F et al. (2017) har utfört en studie som skiljer sig lite från de andra; genom att kombinera empiriska mätningar av näringsämnesreduktion från tvåstegsdiken i Mellanvästra USA med simuleringar från verktyget Soil Water Assessment Tool (SWAT), modellerades implementeringen av tvåstegsdiken i dike "A" - 25%, "B" - 50% och "C" 100% av huvudvattenströmmarna i ett specifikt avrinningsområde. Resterande vattenströmmar är konventionella diken eller floder utan extra svämplaner. Implementeringen avsåg ett dike med sträckor som anlades mellan 5-10 år innan själva mätningarna ägde rum, vilket resulterade i en minskning av den totala årliga exporten av nitratkväve med A - 2%, B - 5% och C - 10%. Tvåstegsdiken visade sig vara ännu mer effektiva för att minska totalfosfor, där reduktionerna för A var 12%, B - 20% och C - 31%. Christoffer, S, F et al. (2017) diskuterar tvåstegsdikens potentiella minskning av den totala årliga exporten av nitratkväve från ett avrinningsområde med 2-10 %, beroende på hur stor del av sträckan som är ett tvåstegsdike. Enligt Christoffer, S, F et al. (2017) bör tvåstegsdiket utgöra mellan 25-100 % av huvudvattenströmmarnas längd i respektive avrinningsområde.

Sammanfattningsvis indikerar forskningen att tvåstegsdiken kan vara en effektiv åtgärd för att minska kväveförluster nedströms, särskilt där svämplanens höjd och frekvensen av översvämningar sker mer än $\frac{1}{3}$ av tiden över ett år (Hallberg 2024). Jämfört med konventionella diken bidrar tvåstegsdiken med ökad minskning av fosforläckage nedströms, samt bättre förmåga att hantera skyfall och översvämningar. Dock med faktumet i åtanke att de nyare dikena inte bedrev några signifikanta kvävecykelprocesser alls första året (Mahl et al. 2015 & Hodaj et al. 2017). Hodaj et al. (2017) hävdar, som sagt att minskningen av total mängd fosfor nedströms drivs av sedimentbundna fosforpartiklar som sedimenterar på svämplanerna vid just *högflöden*. Med detta i åtanke finns det belägg för att en sommar med mycket torka påverkar mängden fosforupptag negativt, samtidigt som denitrifikationsprocesser även riskerar att minska i utsträckning.

5.2 Vegetation i tvåstegsdiken

Växternas rötter tenderar att skapa ett slags tredimensionellt nätverk vilket bidrar till minskad risk för erosion (Blecken 2019). Träd och buskar har en förmåga att fånga upp regn i bladverket och därmed öka regnvattnets avdunstning, hålla öppna porer under markytan, vilket ökar infiltrationsförmågan, samt suga upp vatten genom rötterna via osmotiskt tryck (Sjöman & Slagstedt 2015). Kangas (2003) förklarar att användandet av växter, örtartade såväl som vedartade, har påtaglig effekt för ökad stabilitet och förstärkt jordstruktur. Ifall dessa planteras på fel platser, i för hög utsträckning eller sköts på fel sätt kan de dock ge motsatt effekt och bidra till bristande funktion och underhåll. Detta leder till ökade skötselkostnader och arbetsbörda (Jordbruksverket 2013). Om man exempelvis väljer träd eller buskar som inte fungerar på ståndorten och därmed dör, eller planterar växter som är spridningsbenägna eller riskerar att skugga ut mer än önskvärt är detta exempel på åtgärder som skulle kunna göra mer skada för ett dike än nytta, både ekologiskt och ekonomiskt. I Sveriges miljömål (2023a) förklaras det att träd och buskar på väl valda platser i ett dike bidrar till varierade miljöer för vattenlevande organismer. Detta på grund av variationer i form av beskuggning längs med diket.

5.3 Tvåstegsdiken i praktiken

Det kan finnas olika skäl till att man vill variera en sträcka med både tvåstegsdike konventionellt dike, dock menar Jordbruksverket (2013) att detta kan leda till en flaskhals och översvämningar vid i det konventionella diket på grund av den betydligt mindre bredden och våta perimetern. Den våta perimetern kan beskrivas som den totala kontaktytan mellan vatten och kontaktmaterialet i diket, sett från en tvådimensionell geometrisk sektionfigur. Detta kan vara en viktig detalj att hålla koll på för att inte riskera översvämningar och skador på diket eller omkringliggande byggnader och anläggningar. Ett bräddavlopp leder vatten när nederbörd överstiger en viss mängd, avloppet i sin tur kan leda till en fördröjningsdamm eller en nedsänkt regnbädd med biofilter. Detta skulle kunna vara en lösning på detta problem som uppkommer vid kombinerad dikessträcka.

Tvåstegsdiken skulle teoretiskt sätt kunna avlasta reningsverken med att omhänderta kväve, förutsatt att svämplanerna är dimensionerade i lämplig bredd, höjd från mittfåran och med adekvat släntlutning på omkringliggande kanter för att förhindra erosion eller ras (Hallberg 2024). Djupet på mittfåran bör påverka frekvensen för hur ofta och hur länge svämplanerna faktiskt är översvämmade, och därmed mängden kväve som kan omhändertas. Detta eftersom att ju mindre vatten som ryms i mittfåran - desto större blir mängden vatten som stiger upp över mittfårans kanter och upp på svämplanerna.

Flödesberäkningar och dimensioneringar bör göras för att säkerställa att diket kan omhänderta den avrinning som förväntas ske i avrinningsområdet. Det kan vara en praktisk fördel att spara plats i urbana sammanhang genom att anlägga det konventionella diket där utrymmet för dikes bredd är begränsat eftersom konventionella diken kräver mindre utrymme än tvåstegsdiken (Jordbruksverket 2013).

Jordbruksverket (2013) hävdar att det i princip är ofrånkomligt att anlägga ett tvåstegsdike till en lägre kostnad än ett konventionellt dike. Detta på grund av att mer jord behöver schaktas och därmed behöver större andel mark tas i anspråk. Ifall schaktmassor kan användas på plats och inte behöver transporteras till deponi kan detta spara upp till 100 000 kr / km dike (Jordbruksverket 2013). Dock så bör denna siffra variera beroende på bredden hos diket i fråga. Den ekonomiska fördelen ligger främst i de minskade underhållskostnaderna. I ett exempel från USA uppskattade man underhållskostnaden för tvåstegsdiken till strax över 40 kronor per meter. Med ett underhållsintervall på 30 år kunde den initiala investeringen ses som återbetald inom 14 år (Jordbruksverket 2013). Enligt VISS (2020) är en uppskattad schablonkostnad för anläggning av ett tvåstegsdike 360 kr/löpmeter. Jordbruksverket (2013) beskriver ett medelvärde på 252 kr/löpmeter vilket baseras på data från USA enligt undersökningar utförda 2012. Det bör dock understrykas att detta är generaliseringar lämpliga för ett planeringsstadium och mer utförliga kalkyler bör genomföras innan faktiska projekt äger rum.

5.4 Platsbesök - tvåstegsdike i Tullstorp

Ålholmen är ett litet geografiskt område längs Tullstorpsån, en å som rinner genom flera kommuner, däribland Trelleborgs kommun. I denna kommun ligger tätorten Anderslöv, belägen cirka två kilometer från Ålholmen. I detta område förenade man 15 markägare att gemensamt höja den ekologiska statusen längs med ett vattendrag där ekologisk status var klassad som "ej god" genom att anlägga ett flertal tvåstegsdiken och våtmarker (Tullstorpsån 2020). Finansieringen av anlagda tvåstegsdiken längs med Tullstorpsån erhöles på flera olika sätt. Under mars 2020 beviljades projektet stöd genom Lokala vattenvårdsprojekt (LOVA) med en summa om 4,4 miljoner kronor för att möjliggöra ytterligare restaureringsåtgärder. Parallellt erhöles cirka 5 miljoner kronor från landsbygdsprogrammet för miljöinvesteringar (Tullstorpsån 2020). Dessa ekonomiska medel har använts för att anlägga tvåstegsdiken och genomföra kantavplaning längs en fem kilometer lång sträcka av Tullstorpsån. Vidare har finansieringen möjliggjort skapandet och restaureringen av våtmarker samt implementeringen av biotopförbättrande åtgärder (Tullstorpsån 2020). Ifall markägarna själva får finansiera framtida skötselåtgärder återstår att se, då det inte framgår i studerade rapporter.

Beslutet att besöka Ålholmen togs eftersom

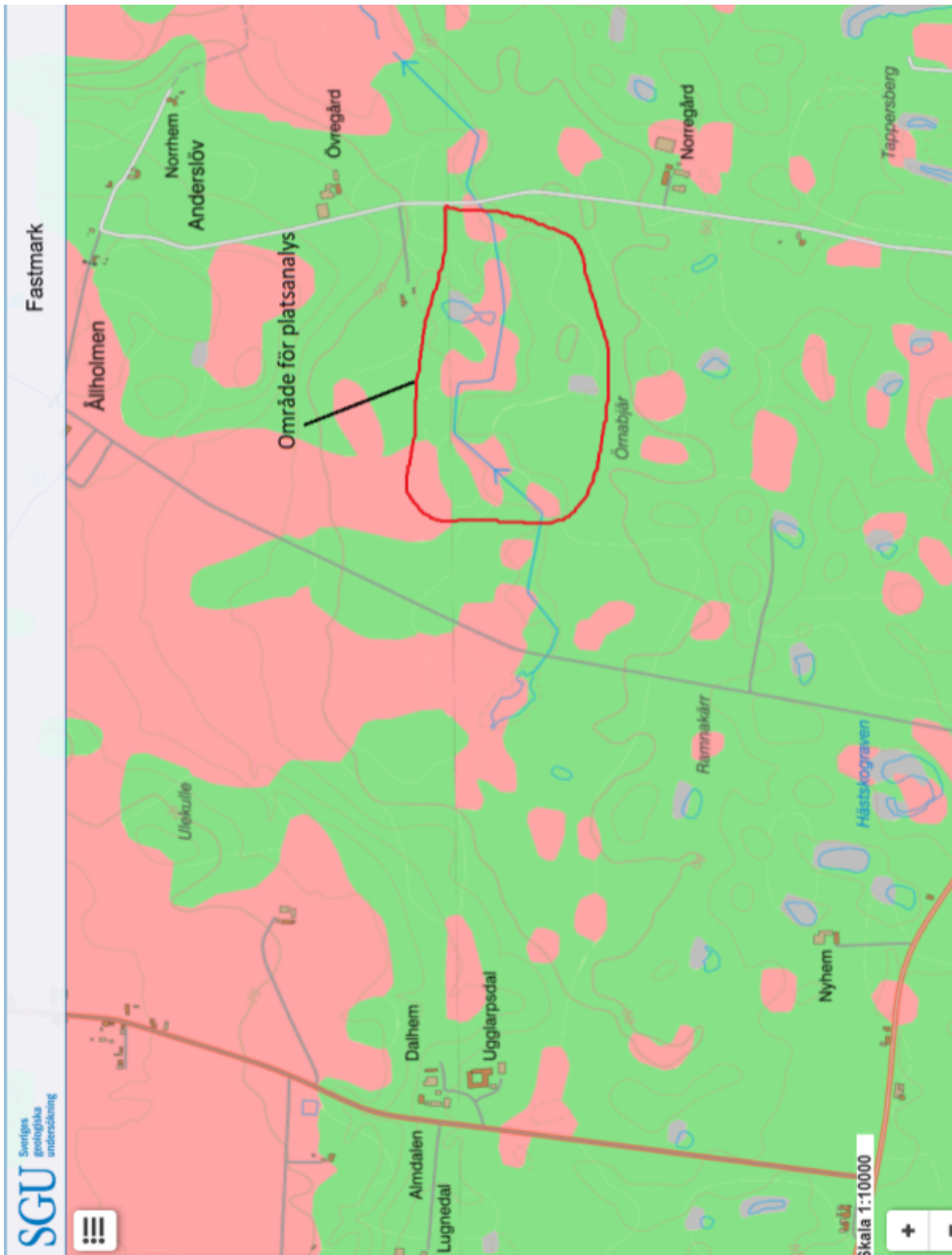
Fram till 2024 kunde stöd för anläggning av tvåstegsdiken beviljas till markägare eller personer med markägarens tillstånd. Stödets omfattning kunde vid tiden för projektet uppgå till 100% av de stödberättigande kostnaderna, beroende på både dikets placering och dess förväntade effekt på miljön (Jordbruksverket 2024).

I figur 12 och 13 på sidan 31 och 32 syns kartor över Skåne och Anderslöv, där det befintliga tvåstegsdike som undersöktes under studien är beläget. Tvåstegsdiket i Tullstorp besöktes 2024-12-15 och var vid denna tid väldigt vattenfyllt, detta på grund av en intensiv regnperiod i 3 dagar innan besöket ägde rum.

Bild 10, 11 och 12 förklarar och analyserar detaljer från platsen som anses vara intressanta. I figur 11 visas även skillnaden i bredd på ett konventionellt dike och ett tvåstegsdike, där tvåstegsdiket hade mer örtartad vegetation än det konventionella diket. Det visades tydligt att större volymer av vatten ryms i tvåstegsdiket och den positiva påverkan detta har i förebyggande hantering av översvämningar. De planterade trädens etablering lämnar övrigt att önska då majoriteten av träden är i dåligt skick. Orsaken till detta undersöktes inte vidare. Tvåstegsdiket är omringat av ett kuperat jordbrukslandskap, cirka två kilometer från Anderslöv, som är den närmast belägna tätorten.



Figur 12. Karta över Skåne med markering där studerat tvåstegsdike ligger. Även kommun/landskapsgränsen är markerad i rött
Bildkälla: Skapad av Fred, J. Redigerad av författaren.
Creative commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Fred_J



Figur 13. Område för enkel platsanalys i Anderslöv, Trelleborgs kommun. GIS-data tillhandahållet av Sveriges geologiska undersökning (SGU) Redigerat av författaren.

Länk och koordinater:

<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-fastmark.html?zoom=-751562.775624,6120299.579575,1931310.775624,7649590.420425>



*Figur 14. Kaveldun, (Typha lathifolia alt. angustifolia). Ifall dessa är planterade eller har självsått sig är oklart. Men de brukar vara indikatorer på kväverik mark (Hushållningssällskapet (2007).
Ålholmen Anderslöv 2024-12-20.*



Figur 15. Övergång mellan konventionellt dike till tvåstegsdike. Bild tagen efter några dagar med mycket regn vilket har översvämmat både mittfåran och svämplanerna. Anderslöv 2024-12-20.



Figur 16. Planterade rader med kärrek (Quercus palustris) och skogsek (Quercus robur) klibbal (Alnus glutinosa) och lönn (Acer platanoides) fanns längst med diket och tillhörande våtmarker. Ålholmen Anderslöv 2024-12-20.

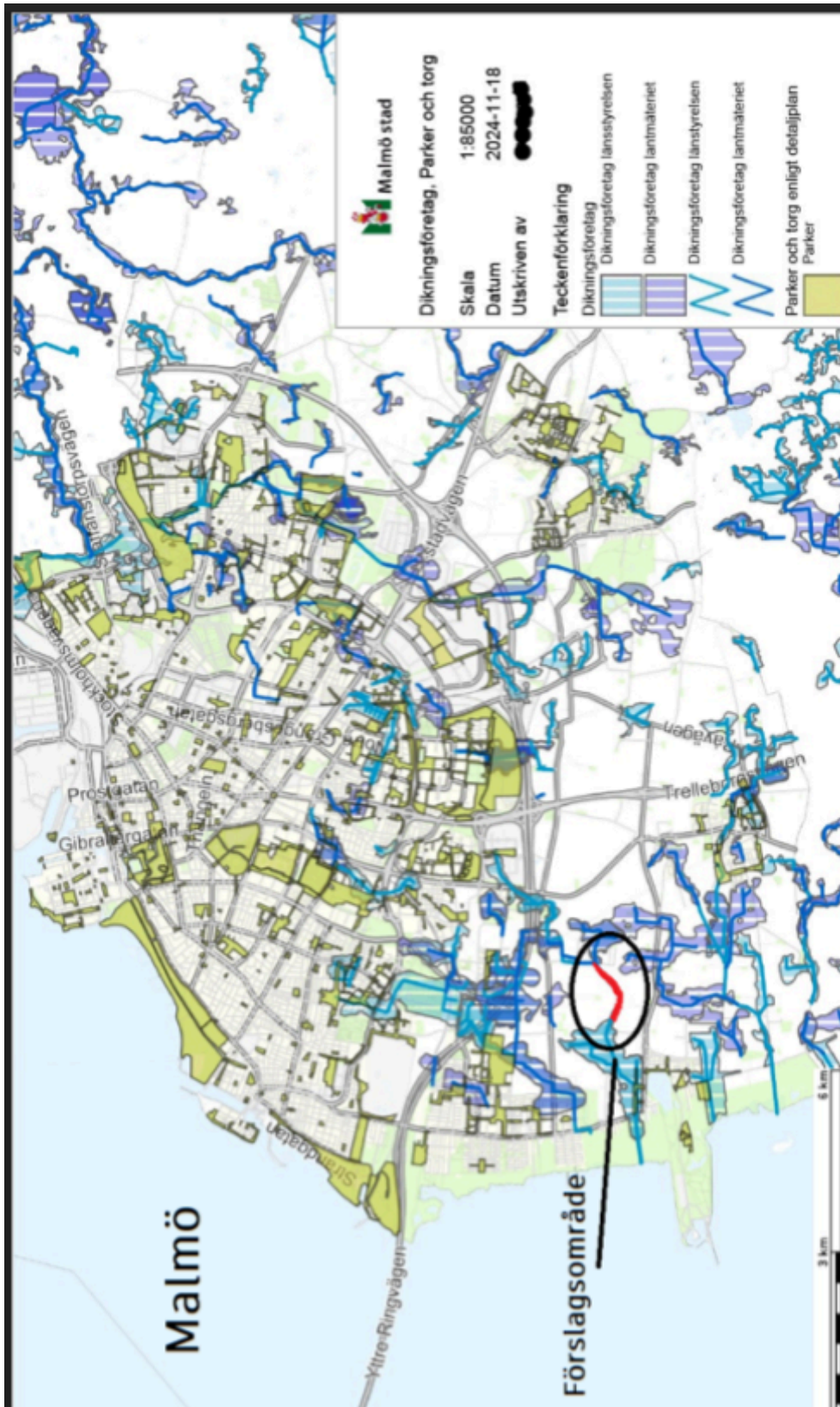
6. Förslag över plats för tvåstegsdike i stadslandskapet

Som en del av detta arbete har ritningsförslag i form av en sektionsritning och en planritning utformats. Dessa har syftet att illustrera och visualisera hur tvåstegsdiken kan implementeras i praktiken för att förbättra vattenkvaliteten, hantera flöden och främja biologisk mångfald.

I detta arbete används tvåstegsdiket som en utbyggnad av ett redan befintligt dikningsföretag. Listor över dessa dikningsföretag har tillhandahållits av GIS-ingenjör på Fastighets & gatukontoret hos Malmö stad.

I urvalsprocessen valdes befintliga diken inom Malmö eftersom det under utbildning på Landskapsingenjörsprogrammet i Alnarp skett sporadisk kontakt med Malmö Stad, både under arbetets gång, samt i tidigare projekt. Att få tag i kartmaterial genom dem var en smidig process eftersom rätt kontaktperson på rätt avdelning i organisationen omgående kunde skicka det material som behövdes. Tidigare i arbetets gång fanns två frågeställningar, men frågeställning nummer två ströks sent under arbetets gång på grund av brist på litteratur och material för att besvara denna. Att välja ett dike i ett mer tätbebyggt område hade passat ifall frågeställning nummer 2 hade bibehållits, men eftersom dikets placering inte har någon särskild betydelse i senare skedet av arbetet valdes diket utmed slätterfält i Klagshamn, sydvästra Malmö - se figur 13.

Förslagsområdet i figur 13 har genomsnittlig nederbördsmängd på 818 mm/år (SMHI 2024). Enligt SGU (2024) är jordarten en morängrovlera med låg genomsläpplighet. Det poängteras dock att deras data kring genomsläpplighet är en stark förenkling. Enligt SGU (2024) finns det inga kända tecken på föroreningar i området för utformningsförslaget. Ritningsförslagen (figur 14 och 15) är inte belägna med några specifika koordinater, utan tanken är att de ska representera valfri sträcka längs med det cirka 700 meter långa diket, där placering av valda växter är förslag snarare än riktlinjer. Höjdsättningen är inte den faktiska höjden mätt i meter över havet för den egentliga platsen i fråga, utan en påhittad siffra på 10 meter över havsnivå har valts enbart för att kunna redovisa höjdskillnader i diket.



Figur 17. Förslagsområde, cirka 700 meter långt. Lantmäteriet och Länsstyrelsen är ägare av kartlagret/informationen om dikningsföretag. Bildkälla: Malmö Stads Fastighets & Gatukontor

7. Resultat

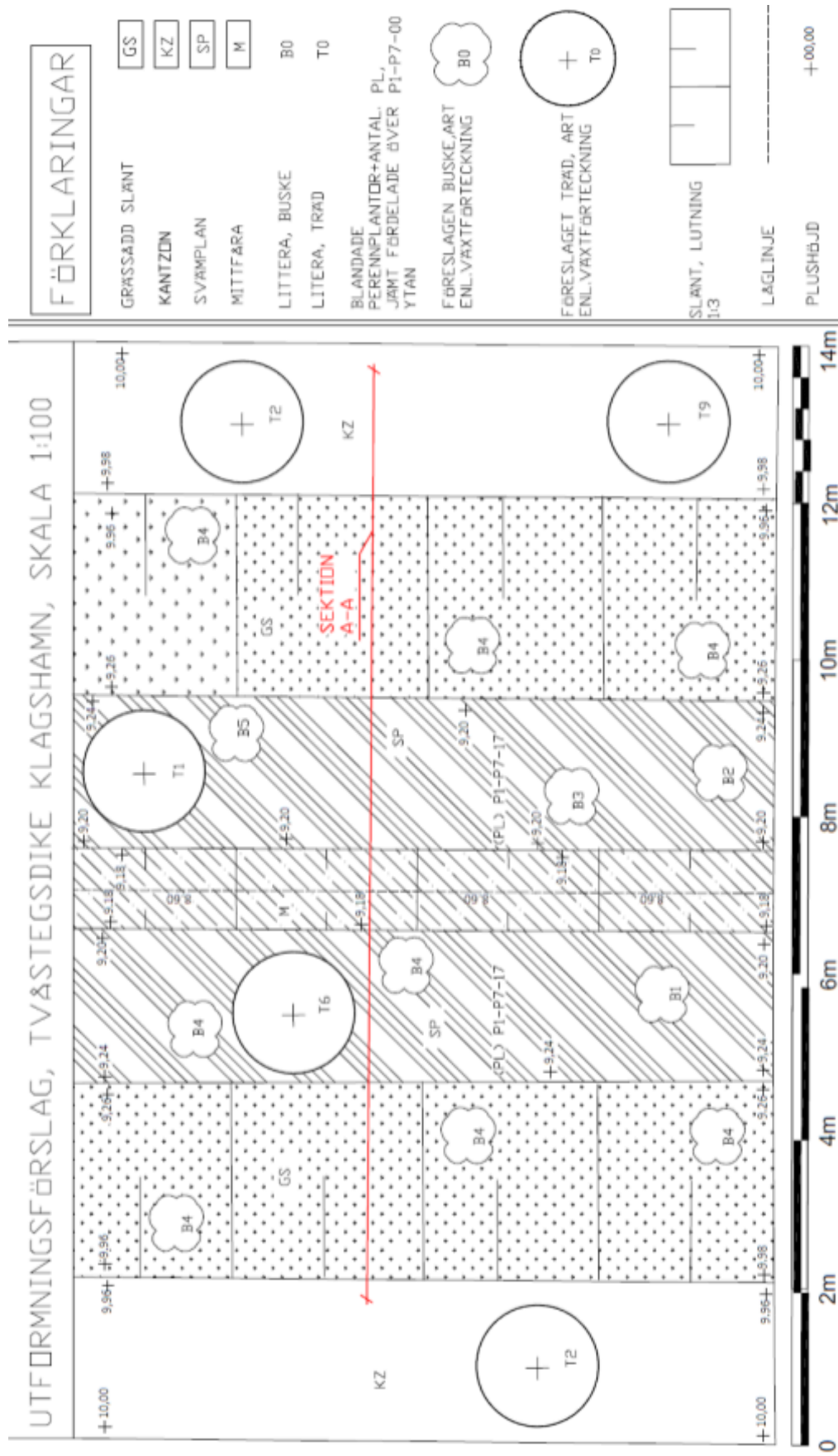
7.1 Ritningar på utformningsförslag

Mannings tal är i detta projekt = 15 vilket innebär "dike eller kanal med riklig vegetation" enligt Svenskt Vatten (2019). Terrasserna tar upp 75% av flödet vid högvatten, mittfåran tar upp 25%. Jordbruksverket (2013) hade i sina exempel diken där mittfåran tar upp 40% och terrasserna 60% och menade även på att svämplanernas bredd bör överstiga cirka 3-5 gånger mittfårans dagbredd. I samtliga ritningsförslag är svämplanerna 4 gånger bredare än mittfåran. (Figur 21, 22). I Hedin och Kivivuori (2015) anges att lutningen på slänten närmast mittfåran i det besökta tvåstegsdiket i Tullstorp är 1:3. Denna lutning används även för samtliga slänter i denna studie. I likhet med Tullstorpsåprojektet projekterades samtliga delar av diket inom ramarna för hur tullstorpsdiket anlades. Svämplanerna i denna studie på nivån 0,6 meter över dikesbotten, 3 meters bredd på svämplanerna och släntlutning 1:3 till befintlig marknivå (Hedin och Kivivuori, 2015). Grundare botten innebär högre mannings tal, men eftersom det på svämplanerna kommer att planteras växtmaterial direkt förblir mannings tal 15. Detta är enligt Lidström⁵ en schablonsiffra som inte bör ses som en exakt parameter, men i framtagandet av mannings tal för projektet i denna studie har det tagits höjd för oväntade flöden, samt växtmaterial som etableras dåligt och därmed inte lyckas stoppa flödet lika väl som etablerade växtmaterial. Hur detta låga mannings tal påverkar möjligheten till upptag av kväve och fosfor är svårt att besvara i nuläget, men hade varit intressant att mäta något år efter växtetablering. Lägre mannings tal leder till lägre flöde, vilket ökar mängden kväve, minskar mängden syre och ökar möjligheten till denitrifikation på svämplaner (Hallberg 2024). Lägre flöden innebär också att större partiklar kan sedimentera på svämplaner och i mittfåran, detta eftersom ju långsammare vattnet flödar - desto större partiklar har möjlighet att sjunka till botten som sediment. Att hitta ett optimalt flöde kan vara komplext, men utan att riskera alltför syrefria miljöer kan det vara bra att hålla mannings tal lågt i ett tvåstegsdike likt detta. På detta sätt kan näringsämnen kvarhållas/omhändertas i diket, vilket minskar transporten av näringsämnen till slutrecipienten. Detta bidrar i sin tur till att motverka övergödning i Södra Öresund.

I tabell 3 och 4 på sidan 41 och 42 redovisas växtförteckning för utformningsförslaget.

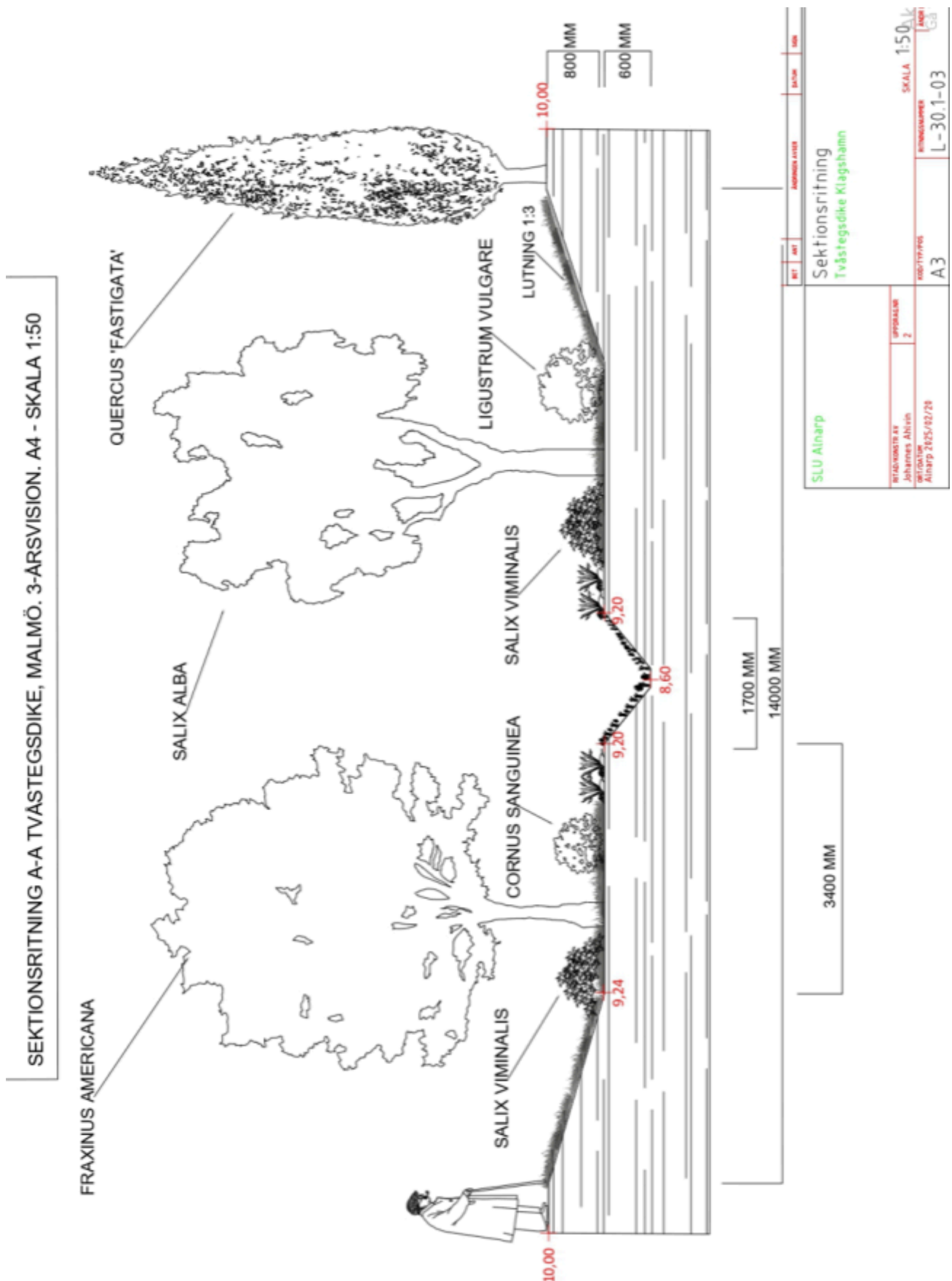
Beräkningar på antalet växter har gjorts genom att multiplicera dikets längd med det antal buskar, träd och perenner som syns på planritningen. Kolumn benämnd "Anmärkningar" finns för att kunna lägga anmärkningar under beställningsfasen; detta för att göra växtlistan ännu mer verklighetsförankrad.

⁵ Viveca Lidström - Dagvattenutredare. Kurs: Grönblå Infrastruktur, SLU. Föreläsning 21:a september 2023.



Figur 18. Plan, tvåstegsdike Malmö. Original i A3.

Figur 19. Sektion A-A, tvåstegsdike Malmö.



Tabell 3. Växtförteckning till utformningsförslag för tvåstegsdike Malmö.

VÄXTFÖRTECKNING – TVÅSTEGSDIKE MALMÖ

Littera	Namn, vetenskapligt – svenskt	kvalitet/storlek	c-c (cm)	antal	Anmärkning
TRÄD					
T1	<i>Salix alba</i>	Hst 4x 18–20 K	500	19	
T2	<i>Quercus robur</i> 'Fastigata'		300	19	
T3	<i>Ulmus</i> 'New horizon'	Hst 4x 18–20 K	500	19	
T4	<i>Larix laricina</i>		500	19	
T5	<i>Picea glauca</i> 'Albeta Globe'	Sol 150–175 K	400	19	
T6	<i>Fraxinus americana</i> 'Autumn purple'	Hst 4x 25–30 K	500	19	
T7	<i>Sorbus x intermedia</i>	Hst 4x 20–25 K	500	19	
T8	<i>Sorbus</i> (Comixta-gruppen) 'Birgitta' E	Hst 3x 16–18 K	500	19	
T9	<i>Sorbus</i> 'LEGEND' Erik ®	Hst 4x 18–20 K	500	19	
T10	<i>Pterocarya fraxinifolia</i> FK UPPSALA E	Hst 3x 16–18 K	700	19	
T11	<i>Picea pungens</i>	Sol 300–350 K	500	19	
T12	<i>Betula pubescens</i>	Hst 4x 20–25 K	500	19	
BUSKAR					
B1	<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>kamtschatica</i>	Busk Co 3,5 I	200	30	
B2	<i>Salix viminalis</i>	Busk 3,5 I Co	200	45	
B3	<i>Taxus farmen</i>	Busk 40–50	400	40	

Tabell 4. Växtförteckning till utformningsförslag för tvåstegsdike Malmö, perenner. Saknar littera eftersom de ska fördelas jämnt över ytan.

VÄXTFÖRTECKNING – TVÅSTEGSDIKE MALMÖ FORTS.

BUSKAR

B4	<i>Taxus repandens</i>	Busk 40-50	300	40	
B5	<i>Ligustrum vulgare</i> var. <i>italicum</i> 'Atrovirens'	Solitär 3x kl 150-175	300	80	
B6	<i>Cornus sanguinea</i>	Busk C3- C3,5	1 m	45	

PERENNER

P1	<i>Bistorta officinalis</i>	A-kval. C		200	
P2	<i>Bergenia cordifolia</i>	A-kval. C		200	
P3	<i>Calimagrostis acutiflora</i> 'Karl Foerster'	A-kval. C		200	
P4	<i>Filipendula rubra</i>	A-kval. C		200	
P5	<i>Carex muskingumensis</i>	A-kval. C		200	
P6	<i>Filipendula ulmaria</i>	A-kval. C		200	
P7	<i>Festuca rubra</i>	Frösådd		200	

7.2 Beräkningar av flöden och flödes hastighet

Samtliga formler och begrepp är tagna från Persson et. al. (2014) samt formelblad tillhandahållna i kursen "Grönblå infrastruktur, TN0361" vid Sveriges lantbruksuniversitet.

Flödesberäkning med hjälp av mannings formel: $Q = m \cdot r^{2/3} \cdot s^{1/5} \cdot A =$

Mått för tvärsnittsarea och våt perimeter har framtagits med hjälp av AutoCAD:s funktion "egenskaper". Där beskrivs dimensioner och mått för de objekt man skapat. Hydrauliska radien har sedan beräknats efter dessa mått genom att dividera tvärsnittsarean med den våta perimetern ($A / P = R$). (Lidström⁶).

Total tvärsnittsarea för dissektion (A) = 24 meter

Mannings tal: Friktionsparameter som beror på bottenmaterial i ett dike (**M**) = 15

Våt perimeter: Totala kontaktytan mellan vatten och kontaktmaterial i ett dike (**P**) = 15

Hydraulisk radie: Kvoten mellan tvärsnittsarea och våt perimeter (**R**) = $(A/P) = 24 / 15 = 1,6$ meter

Flöde: Den mängd vätska som passerar ett tvärsnitt per tidsenhet (**Q**) (Mätt i m^3/s)

Längslutning (S) = 0,002 ‰

Flöde: (Q) = $15 \cdot 1,6^{2/3} \cdot 0,002^{1/2} \cdot 24 = 22,0233 \approx 22 m^3/s$.

Hastighet (V): (m / s) = $Q (m^3/s) / A (m^2) = 0,13/0,5 \approx 0,92 m / s$

$V \approx 0,92 m/s$.

$0,92 m/s < 1,5 m/s =$ Ej risk för erosion (Lidström⁷)

Flödet på 0,92 m/s innebär väldigt låg risk för erosion då schablongränsvärdet för erosionsrisk startar vid 1,5 m/s.

⁶ Viveca Lidström - Dagvattenutredare. Kurs: Grönblå Infrastruktur, SLU. Distansföreläsning 21:a september 2023.

⁷ Viveca Lidström - Dagvattenutredare. Kurs: Grönblå Infrastruktur, SLU. Distansföreläsning 21:a september 2023.

8. Diskussion

8.1 Resultatdiskussion

I ritningsförslaget finns det två arter på vardera svämplan: *Fraxinus americana* och *Salix alba*. Enligt Sjöman och Slagstedt (2015) ska dessa arter, likväl som andra arter i växtlistan kunna hantera kortvariga översvämningar eftersom deras naturliga ståndorter är rika på markfukt. *Alnus glutinosa* (klibbal) är en inhemsk art som trivs vid vatten men som också är kvävefixerande, vilket innebär att den har rotknölar som lever i symbios med kvävefixerande bakterier. Dessa knölar fångar luftburet kväve som sedan används som näring för trädets tillväxt (Skogskunskap 2024). Den släpper sina blad gröna med kvävet i behåll, vilket kan vara en fördel om man naturligt vill kvävegödsla omkringliggande mark men i detta fall vill man göra sig av med kvävet i största möjliga mån för att omvandla det till luftburet kväve, inte vice versa. I detta scenario väljs därför klibbalen bort som växtval för att visa hur viktigt det kan vara att man tänker i flera steg när det kommer till växtval och dagvattenanläggningar som skapas för specifika syften. *Salix alba* har i detta fall valts om ett av de träd som används mest i projektet då det bör kunna hantera ståndorten bra, och dessutom är snabbväxande och kompenserar för sina koldioxidutsläpp från plantskola, transport och etablering efter cirka 4 år (Sjöman et. al. 2023).

I figur 22 och figur 23 har släntlutningar på 1:3 (33,3%) använts. Detta för att hitta ett mellanting mellan 1:4 och 1:2 som är ganska låg respektive kraftig lutning. Lägre lutning än 1:4 innebär att diket tar mer plats, och snävare lutning än 1:2 innebär betydlig risk för ras och erosionssskador och gör det svårare för örtartade växter att etableras (Jordbruksverket (2013). I verkliga planeringsskeden bör specifika krav, funktioner och mål som finns för diken utformas tidigt i planeringsskede för att diket ska kunna uppfylla sitt eller sina syften på bästa möjliga sätt och bli långsiktigt hållbart, samt skötas med kontinuitet så att kostnader kan minimeras.

Jordbruksverket (2013) och Sotir (1996) menar på att buskar och träd har lika stor hållfasthetspotential och förmåga att binda jord så länge respektive rötter är >5mm. Men med tanke på skuggan som faller från trädkronor och buskage när de befinner sig så nära mittfåran kan de ersatts med grässådd i detta fall (Sveriges miljömål 2023). Utformningsförslaget visar ett dike på cirka 700 meter (figur 20). Diket i utformningsförslaget har alltså inte en optimal längd för hantering av höga flöden efter kraftiga skyfall.

8.2 Metoddiskussion

Studien är interdisciplinär och berör många delområden, breda sökningar efter information har skett och det finns en variation i hur väl studiens olika innehållsdelar har kunnat studeras. Vid användning av rapporter och tryck från företag eller organisationer finns det risk att informationen är vinklad. Att använda sig av källor som baseras på referenslistan i befintliga artiklar kan resultera i att man finner ytterligare publikationer som vidare förstärker och bekräftar det perspektiv som artikelförfattaren avsett att belysa. Detta visar på en risk för att studien inte är objektiv utan delvis driven av sökningar på ett specifikt resultat; exempelvis tvåstegsdikens positiva påverkan på upptag av kväve och fosfor.

Rapporten från Jordbruksverket (2013) var en väldigt hjälpsam källa, särskilt i studiens uppstart. Dock är den 12 år gammal, och många andra studier har skett sedan dess. I rapporten är inställningen till tvåstegsdiken överväldigande positiv, vilket är viktigt att uppmärksamma eftersom Jordbruksverket mellan 2015-2022 erbjöd ersättning för markägare som planerade anläggning av tvåstegsdike på sina ägor då detta kategoriseras som en miljöinvestering. Programmet finansierades gemensamt av EU och den svenska staten (Sveriges Riksdag 2015).

Ekologisk och kemisk statusdata från VISS (2024) var på många sätt svårtolkad och det krävdes ordentlig kommunikation och konsultering med länsstyrelser, handledare och kunniga kamrater för att göra den greppbar för någon som inte har rötter i varken limnologi eller marinbiologi.

Ekonomisk och ekologisk vinst bör med fördel kalkyleras för att ytterligare stärka och jämföra argument för eller emot anläggningen av ett tvåstegsdike. I diken där man önskar högre upptag av fosfor med hjälp av sedimentering hade mittfåran kunnat vara grundare, och svämplanerna legat i låg lutning mot mittfåran för att dela in dem i torrare, respektive blötare zoner. Tvåstegsdiken i kombination med dagvattendamm för sedimentation ger möjlighet för fosforupptaget att öka ytterligare. Detta förutsatt att det finns ett tydligt projekterat självfall, till exempel efter inloppet till ett bräddavlopp (VISS 2019).

Ytterligare forskningsunderlag kommer att behövas innan det dras definitiva slutsatser kring frågeställningarna och tvåstegsdikens framtida roll i svenska stadslandskap. Denna uppsats skulle kunna fungera som en vägledning för en hittills ganska oprövad dagvattenlösning i urbana miljöer. Huruvida dikens längd kan påverka näringsupptag är en faktor som bör granskas ytterligare. Rimligtvis borde ett längre dike med längre kontakttid mellan vatten och sediment innebära större chanser för fosfor att sedimentera med partiklar. Långsam flödes hastighet innebär anaeroba förhållanden; vilket gynnar ökad denitrifikation (Mitch & Gosselink 2015). Huruvida detta kan påverkas av längden på vattendraget framgår inte. Minimering av vattennivå vid högflöden ska enligt uppnås vid dikeslängder på 2 kilometer (Jordbruksverket 2013).

8.3 Generell diskussion

Huruvida man väljer att försöka locka människor till platsen i utformningsförslaget med rekreativa värden som "lockbete" eller om man sätter funktionalitet och besparing av plats först kan vara olika från projekt till projekt, och i olika dikningsföretag har man säkerligen olika sätt att se på saken beroende på platsens förutsättningar och andra viktiga faktorer. Ifall tvåstegsdiken är värda att implementera inom svensk stadsbyggnad kan bero på vilken funktion man vill att det ska fylla och vilken plats man har till sitt förfogande. Tvåstegsdiken är dyrare att anlägga (Jordbruksverket 2013) än ett konventionellt svackdike. Men genom denna studie visar majoriteten av forskningen att tvåstegsdiken oftast är mer effektiva för vattenrening och näringsupptag jämfört med konventionella diken. Det är dock många faktorer som behöver tas i anspråk för att faktiskt säkerställa detta i praktiken, tvåstegsdikens fördelar kommer inte per automatik efter anläggning utan behöver genomtänkt planering och en tydlig målbild för att lyckas. Som nämnt tidigare är frisättning av löst reaktivt fosfor en risk vid höglöden i tvåstegsdiken (Hallberg 2024). Detta är något man bör undvika då det påverkar akvatiskt liv negativt (Jordbruksverket 2008). Jordbruksverket (2013) räknar med underhållsintervall på 30 år för att kunna få tillbaka investeringen efter 14 år, men någon uträkning finns inte med i rapporten. 30 år är väldigt lång tid för underhållsintervall, och i stadslandskap hade dessa med största sannolikhet behövt vara mer frekventa för att ge ett städat intryck och fylla sin funktion.

Att beräkna flöde med inkluderade svämplaner hade inneburit en betydligt högre tvärsnittsarea och våt perimeter, vilket hade inneburit dimensionering för en väldigt högt volymflöde. Huruvida det finns sätt att med mannings formel räkna ut lämpliga dimensioneringar för tvåstegsdikenas svämplaner och ifall detta ger en signifikant skillnad i dikens maxvolym framgår inte i rapporten av Persson et al. (2014). Detta är sannolikt något som behöver undersökas innan diken integreras i stadslandskap. Detta för att förhindra underdimensionering, eventuella översvämningar och erosionsrisker. Ifall svämplanerna och mittfåran är bevuxna med olika typer och mängd vegetation har de också olika mannings tal, vilket kräver en annan uträkning för att beräkna flöde och erosionsrisk.

Tvästegsdikens tillflöden och huruvida dessa kommer från avrinning eller inlopp, har säkerligen en stor roll att spela för ett tvåstegsdikes förmåga att fånga upp näringsämnen, och vara en effektiv och långsiktigt hållbar dagvattenlösning. Förutsatt att marken inte är kontaminerad, nederbörds mängden går att beräkna och jordarten inte är sandbaserad kan det absolut vara möjligt att implementera tvåstegsdiken även i tätare bebyggda områden, så länge platsen tillåter detta rent fysiskt och det inte finns ledningar i backen som konkurrerar om utrymme.

Skånes miljömål (2022) hävdar att en tämligen liten del av föroreningar av kväve och fosfor beror på bräddat spillvatten, varpå man kan ställa frågan huruvida tvåstegsdiken är en lämplig lösning för storskalig minskning av just detta. Tvåstegsdiken som alternativ till minskning av kväve och fosforläckage i närheten av industrier och som inlopp till faktiska reningsverk är något som skulle kunna undersökas.

I Hallberg (2024) hade tvåstegsdiket till viss del negativ påverkan på fosforupptag i och med riskerna för att löst reaktivt fosfor ökade i takt med höglöden (Jordbruksverket 2008). Hallberg (2024) är en svensk studie utförd i Sverige, och resultatet i studien styrker argument för att anlägga diken där vissa sträckor är tvåstegsdiken, resten är konventionella - trapetsformade svackdiken. Därmed kan upptag av både kväve och fosfor ske tämligen separerat, och man kan få fördelar med båda lösningarna i en och samma anläggning utan risk för utsläpp av löst reaktivt fosfor.

Under arbetets gång blev vikten av att klargöra avsaknaden av tvåstegsdiken i svenska stadslandskap tydligt. Fastighets & Gatukontoret på Malmö stad har inga dokumenterade tvåstegsdiken på sin mark. Att signifikanta forskningsresultat missats eller förbisets är en risk i och med den begränsade tidsramen för studien. Dock har ambitionen varit att ha med varierade exempel från olika delar av världen. Detta kan ge studien ökad trovärdighet eftersom klimatförändringar drastiskt förändrar biosfärer, livsmiljöer och ekologiska förutsättningar världen över (Naturvårdsverket u.å.). Studier av platser med annorlunda klimatiska förutsättningar än de skånska kan därför vara viktiga i förberedelserna inför framtida stadsbyggnadsprojekt.

Det kan komma att krävas implementering i stor skala inom ett avrinningsområde för att uppnå betydande minskningar av kväve/fosforbelastning. Stora mängder kväve och fosfor behöver ta långa sträckor och stora volymer tvåstegsdike i anspråk för att kunna genomföra sina kemiska processer och faktiskt minska mängden läckage nedströms. Detta skulle möjligtvis vara lättare att uppnå ifall anläggning av tvåstegsdiken sker i linje med politiska mål, i synnerhet ifall detta sker på allmän platsmark. När det handlar om tvåstegsdiken jordbrukslandskap verkar det viktigaste att få markägare att förenas och sträva mot samma mål och förstå potentiella fördelarna med tvåstegsdiken (Tullstorpsån 2020). Kanske skulle politiker kunna övertygas på liknande sätt.

9. Slutsats

Mätningar före och efter anläggandet av tvåstegsdike i Tullstorp visade på förbättring av ekologisk status från ej god till måttlig (Tullstorpsån 2020). Detta är bara ett av många exempel som belyser fördelarna tvåstegsdiken besitter när det kommer till näringsupptag och minskad övergödning i slutrecipienter. Trots detta utgör risken för frisättning av löst reaktivt fosfor, samt det omfattande utrymme som tvåstegsdiken kräver, betydande hinder för deras implementering i stadslandskap. Ifall risken ses över och plats finns till förfogande är positiva projekt via genomtänkt implementering av tvåstegsdiken i stadsmiljö högst möjligt. Detta ifall det fysiska utrymmet finns, finansiella medel finns att tillgå, och fördelarna väger tyngre än riskerna i projektet.

Tvästegsdiken är, som nämnt tidigare - en oprövad lösning för dagvattenhantering i svenska stadslandskap, men kan fungera som en del i ett nätverk av åtgärder som tillsammans skapar synergi för en effektiv dagvattenhantering. För att uppnå betydande minskningar av kväve och fosfor kan det dock komma att krävas implementering i stor skala, som i exemplet med Tullstorpsån (Tullstorpsån 2020). Detta bör ske i linje med politiska mål, eftersom att i vår tid styrs allt fler beslut mot hållbarhet, och infrastruktur som följer denna norm kan bidra till mer energieffektivitet, minskade utsläpp och bättre resursanvändning. Ifall man fattar politiska beslut utefter hållbara förslag och politiska strategier kan utvecklingen sannolikt bli mer förutsägbar för invånare, investerare och privata aktörer. Detta skulle i sin tur kunna leda till säkrare långsiktiga investeringar och beslutsfattanden. Forskningen pekar på att under rätt förutsättningar, är tvåstegsdiken hållbara lösningar som kan gynna både ekologiska, ekonomiska och samhälleliga intressen. Den fysiska plats de faktiskt kräver är en faktor som kan göra de svårimplementerade i tätbebyggda stadslandskap. Dock är deras förmåga till ökat näringsupptag jämfört med konventionella diken påtaglig. Det är möjligt för tvåstegsdiken att implementeras som försteg till slutrecipient, reningsverk eller avlastande bräddningssystem, där funktionen får ta ut sin fulla rätt och tät bebyggelse inte är ett påtagligt hinder.

10. Referenser

- Blecken, G. (2016). *Kunskapssammanställning Dagvattenrening*. (Rapport: 2016:05). Svenskt vatten.
https://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2016-05.pdf
- Bingman, I. (1993). *Bräddning från avloppsledningar*. (ALLMÄNNA RÅD 93:6. NFS 1993:6). Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/4ac610/globalassets/nfs/1993/ar-93-6.pdf>. [2024-11-25]
- Boström, B. Andersen, J.M. Fleischer, S & Jansson, M. (1988). Exchange of phosphorus across the sediment-water interface. *Hydrobiologia*. 170(1). Sid. 228–246.
doi.org/10.1007/BF00024907
- Christopher, S, F. Tank, J, L. Mahl, U, H. Haw, Y. Arnold, J, G. Trentman, M, T. Sowa, S, P. Herbert, M, E. Ross, J, A. White, M, J. & Royer, T, V. (2017). Modeling nutrient removal using watershed-scale implementation of the two-stage ditch. *Ecological engineering*. (108), sid.358-369.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857417301581?via%3Dihub>
- Funck, E, K. & Karlsson, T, S. (2021). *Handbok för systematiska litteratur- och dokumentstudier inom samhällsvetenskapen*. (Förvaltningshögskolans rapporter nummer 158). Första upplagan.
https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/67445/1/gupea_2077_67445_1.pdf [2024-01-14]
- Fyrisåns vattenförbund. (2024). *Kväve*. (Webbsida)
<https://fyrisan.se/kemi/kvave/> [2024-12-03]
- Grant, M. J. & Booth, A. (2009) A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*. 26(2), sid. 91–108.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x> [24-11-05]
- Gray, D. H. & Sotir, R. B (1996). *Biotechnical and bioengineering slope stabilisation: A practical guide for erosion control*. Wiley & Sons.
- Hallberg, L. (2024). *Floodplain remediation in agricultural streams: - Improved process understanding for reduced eutrophication*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Doktorsavhandling No. 2024:39. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences.
<https://pub.epsilon.slu.se/33360/1/hallberg-l-20240415.pdf>
- Havsmiljöinstitutet (2024). *Övergödning*. (Havet.nu)
<https://www.havet.nu/overgodning-> [2024-11-25]
- Havs och vattenmyndigheten (2012). *Suspenderat material – transporter och betydelsen för andra vattenkvalitetsparametrar*. (SMED Rapport Nr. 102: 2012). Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1133923/FULLTEXT01.pdf> [24-12-09]

- Havs och vattenmyndigheten (2014). *Övergödning*.
<https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/overgodning-och-algblomning/overgodning.html> [24-11-06]
- Havs och vattenmyndigheten (2016). *Utvärdering projektverksamhet "De 5 stora"*. (Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:05)
<https://www.havochvatten.se/download/18.44ebc86154b1fe664a8f84b/1708800060274/rapport-2016-05-de-fem-stora.pdf> [25-01-14]
- Havs- och vattenmyndigheten. (2019). *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. HVMFS 2019:25.
<https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57ce1c145/1576576601249/HVMFS%202019-25-ev.pdf> [24-11-06]
- Heathwaite, A.L. (1993). Nitrogen cycling in surface waters and lakes. *Nitrate - Processes, patterns and management*. John Wiley & Sons limited, Chichester, UK. Sid.116-117.
https://people.wou.edu/~taylors/Monmouth_Hydrogeology/Heathwaite_1993_N_Cycles_Surface_Water.pdf
- Hodaj, A. (2017). Impact of a two stage ditch on channel water quality. *Agricultural Water Management*. Nummer 192, October 2017, Sid. 126-137
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377417302299?fr=RR-2&ref=pdf_download&rr=8ddde2380baabe3d
- Hydén, J. (2024). Öresund klarar inte miljömålen - Övergödning är boven. *Helsingborgs Dagblad*.
<https://www.hd.se/2024-07-01/oresund-klarar-inte-miljomalen-overgodning-ar-boven/>
[24-11-05]
- Jordbruksverket (2013). *Tvåstegsdiken - ett steg i rätt riktning*. (Rapport 2013:15).
https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra13_15.pdf
[2024-11-25]
- Jordbruksverket. (2008). *Fosforförluster från jordbruksmark– vad kan vi göra för att minska problemet?* (Rapport MAT 21 nr 2 / 2007).
2008).https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo08_27.pdf
[2025-01-13]
- Jordbruksverket. (2024). *Miljöinvestering för att anlägga tvåstegsdiken*.
<https://jordbruksverket.se/stod/jordbruk-tradgard-och-rennaring/vatmarker-vattenvard-kalkfilterdiken-och-bevattningsdammar/stod-fran-perioden-2015-2022-inom-vattenkvalitet-vatmarker-dammar-diken-och-dranering/anlagga-tvastegsdiken> [2025-02-19]
- Jurries, Dennis (2003). *Biofilters (Bioswales, Vegetative Buffers & Constructed Wetlands): For Stormwater Discharge Pollution Removal*. State of Oregon - Department of Environmental Quality. <http://www.deq.state.or.us/wq/stormwater/docs/nwr/biofilters.pdf> [2024-12-17]
- Kangas, P.C. (2003). *Ecological engineering: principles and practice*. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers.

- Karras, M. Read, E.R (2016). *Kostnads- nyttoanalys av införandet av hållbar dagvattenhantering som riskreducerande åtgärd mot översvämning - med fokus på monetär värdering av ekosystemtjänster*. (Rapport 5028, Lund 2016). Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds universitet.
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8890616&fileId=8890617>
- Killpack, S. Bucholz, D. (2022). *Kväve i miljön - Denitrifikation*. University of Missouri. Specialprojektnummer: 89-EWQI-1-9203. United States Department of agriculture.
<https://extension.missouri.edu/publications/wq255>
- Lannergård, E, E. (2021). *Phosphorus transport in the landscape: Integrating high-frequency monitoring, phosphorus geochemistry and modelling to improve water management*. Doktorsavhandling No. 2021:84. Sveriges lantbruksuniversitet.
https://pub.epsilon.slu.se/26171/1/lannergard_e_e_211119.pdf
- Loperfido, J, V. (2014). Surface Water Quality in Streams and Rivers: Scaling and Climate Change. *Comprehensive Biotechnology* Volym 4. Sid. 87-105.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123821829000645> [2024-12-23]
- Mahl, H, U. Tank, J, L. Roley, S, S. Davis, R, T. (2015). Two stage ditch floodplains enhance N-removal capacity and reduce turbidity and dissolved P in agricultural streams. *Journal of the american water resources association*. Sid. 923-940.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1752-1688.12340>
- Malmö stad (2024) Bräddningar, tabell. [2024-11-18]
<https://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimatanpassning/braddningar/table/>
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. (2015). *Wetlands*. (5:e upplagan). John Wiley & Sons. 146, 179.
- Nationalencyklopedin (u.å-a). *Primärproduktion*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/prim%C3%A4rproduktion> [25-01-13]
- Nationalencyklopedin (u.å-b). *Denitrifikation*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/denitrifikation> [25-01-14]
- Naturvårdsverket. (u.å.). *Sveriges naturmiljö i ett förändrat klimat*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatanpassning/sveriges-naturmiljo-i-ett-forandrat-klimat/> [2024-12-27]
- Naturvårdsverket (2017). *Avlopp*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avlopp/> [2024-11-25]
- Naturvårdsverkets författningssamling (2016). *Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse*. Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/globalassets/nfs/2016/nfs-2016-6.pdf>. [24-11-27]
- Naturvårdsverket. (2024). *Hållbar dagvattenhantering*.
<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avlopp/hallbar-dagvattenhantering> [25-02-19].]
- Naturvårdsverket (2022). *Underlag om retentionstillämpning*. (Rapport: NV-05060-22)
<https://www.naturvardsverket.se/4962d9/contentassets/2d351155200549a9b8d1a8d9d59f42ba/2022-06-09-underlag-om-retentionstillampning.pdf> [2025-01-06]

- Naturvårdsverket (2024). *Utvärdering av tvåstegsdiken i Sverige - Från ökad processförståelse till minskad övergödning*. Sveriges Lantbruksuniversitet.
<https://www.naturvardsverket.se/4a52aa/contentassets/59f9433bc3834f61b2c6b1012123bbdd/3.-utvardering-av-tvastegsdiken-i-sverige---slu.pdf> [2024-12-19]
- Naturvårdsverket (2019). *Dagvattenhanteringen idag*. Bilaga 1, Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/contentassets/34e231a6ea91468ba0168816d8e3abd1/bilaga-1-dagvattenhanteringen-idag.pdf> [2025-02-19]
- Nilsson, L. (2021). *Trädens betydelse för kulturella ekosystemtjänster – en översiktlig kunskapssammanställning*. Sveriges lantbruksuniversitet. Självtändigt arbete i landskapsarkitektur. https://stud.epsilon.slu.se/16609/1/nilsson_l_210422.pdf [2025-02-19]
- Newcomer, T, A. Kaushal, S, S.Mayer, P.M. Smith, R, M. & Sivirichi, G, M. (2016). Nutrient Retention in Restored Streams and Rivers: A Global Review and Synthesis. *Water*. 2016, (8) 116. <https://api.drum.lib.umd.edu/server/api/core/bitstreams/1d9404f5-8290-484d-b584-aab15fc6b2d8/content>
- Oesterle. (2023). *Ny metod för att rena avloppsvatten på hållbart sätt*. Forskning.se.
<https://www.forskning.se/2023/11/10/ny-metod-for-att-rena-avloppsvatten-pa-hallbart-satt/>. [2025-02-06]
- Persson, J., Fridell, K., Gustafsson, E,L. & Englund, J, E. (2014). *Att räkna på vatten – en formelsamling för landskapsingenjörer* (Rapport 2014:17). Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
https://pub.epsilon.slu.se/11781/11/persson_j_et_al_150203.pdf
- Powell, K,L.& Bouchard, V. (2010). Is denitrification enhanced by the development of natural fluvial morphology in agricultural headwater ditches? *J. N. Am. Benthol. Soc.* 29 (2), 761–772.
<https://doi.org/10.1899/09-028.1>.
- SMHI (u.å). *Hämta data - SHARKweb*.
<https://shark.smhi.se/hamta-data/>. del av Datavårdskapet för oceanografi och marinbiolog [24-11-28]
- SGU - Sveriges geologiska undersökning. (2024). *Kartvisaren*.
<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-genomslapplighet.html?zoom=-751562.775624.6120299.579575.1931310.775624.7649590.420425>
- SEVAB - Strängnäs energi (2023). *Hållbar hantering av dagvatten*.
<https://www.sevab.com/privat/vatten-avlopp/ditt-avlopp/dagvatten-tatbebyggelse> [24-12-17]
- Sjöman, H. Lind, E. Prade, T. Sjöman, D, J. Levinsson, A. (2023). How green is an urban tree? The impact of species selection in reducing the carbon footprint of park trees in Swedish cities. *Frontiers in Sustainable Cities*. 5-(1182408).
<https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-cities/articles/10.3389/frsc.2023.1182408/full>
- Skånes miljömål. (2022). *Hav i balans samt levande kust och skärgård*.
<https://www.skanesmiljomal.info/bedomningar-2024/hav-i-balans-samt-levande-kust-och-skargard-2024/> [24-11-28]
- Skogskunskap (2024). *Al (Alnus spp.)*
<https://www.skogskunskap.se/skota-lovskog/om-lov/vara-lovtrad/al-alnus-spp/> [24-12-11]
- SMHI. (2023). *Källor till övergödning*.

- <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/havsmiljo/kallor-till-overgodning-1.6011>
[2024-12-03]
- SMHI. (2024). Griddade nederbörd- och temperaturdata - PTHBV
<https://www.smhi.se/data/ladda-ner-data/griddade-nederbord-och-temperaturdata-ptbvv>
[2025-01-06]
- Speir, S, L. Tank, J, L. Mahl, U, H. (2020) *Quantifying denitrification following floodplain restoration via the two-stage ditch in an agricultural watershed*. Ecological Engineering Volume: 155, (1) August 2020,105945.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857420302330>
- Stockholm vatten och avfall (u.å). *Svackdike. [Faktablad]*. Stockholm vatten och avfall.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/svd_h.pdf [24-12-16]
- Stockholm Vatten och Avfall, 2018. *Trög avledning av dagvatten – vägledning för val av lösningar*. Stockholm: Stockholm Vatten och Avfall.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/trogavled_ny_h.pdf
[2025-02-18]
- Stockholm stad. (2021). *Dagvattenhantering riktlinjer - För dagvattenhantering på allmän platsmark*. Trafikkontoret - Stockholm Stad.
- Svec, J,R. Kolka, R,K. Stringer, J,W. (2005). Defining perennial, intermittent, and ephemeral channels in Eastern Kentucky: Application to forestry best management practices. *Forest Ecology and Management*, 214, sid. 171.
https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/jrnl/2005/nc_2005_svec_001.pdf
- Svenskt vatten (2019). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten: Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. (2:a utgåvan, december 2019). ISSN nr: 1651-4947. Svenskt vatten AB.
- Sveriges Riksdag. (2015). Förordning (2015:406) *Om stöd för landsbygdsutvecklingsåtgärder*. Näringsdepartementet RSL.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2015406-om-stod-for_sfs-2015-406/ [25-01-15]
- Sveriges miljömål. (2023a). *Mindre underhåll och mer mångfald med nya åkerdiken*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/larande-exempel/mindre-underhall-och-mer-mangfald-med-nya-akerdiken/>. [24-11-27]
- Sveriges miljömål. (2023b). *Syrefattiga och syrefria bottnar*.
<https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/syrefattiga-och-syrefria-bottnar/>
[24-12-04]
- Sveriges miljömål (2023c). *Dagvattenhantering i befintlig bebyggelse*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/dagvattenhantering-i-befintlig-bebyggelse/> [25-02-05]
- Sveriges geologiska undersökning (2018). *Förorenade sediment – behov och färdplan för en renare vattenmiljö*. SGU-rapport 2018:21 Diarie-nr: 39-2211/2018.
<https://www.naturvardsverket.se/contentassets/c79335c87bc340658bff95d368a27494/s1821-rapport.pdf> [24-12-17]
- Sveriges vattenmiljö (2023). *Kväve*.
<https://www.sverigesvattenmiljo.se/undersoka-vattenmiljo/kvave>

- Sörelius, H. (2023). *Vi måste se dagvatten som en resurs*. RISE forskningsinstitut, intervju. <https://www.ri.se/sv/vi-maste-se-dagvatten-som-en-resurs> [25-02-19]
- Tullstorpsån (2020). *Projektet*. <https://tullstorpsan.se/projektet> [25-02-02]
- Hedin, J. Kivivuori, H. (2015). *Utvärdering Tvåstegsdiken och kantavplaning sträckan Stora Markie-Stävesjö Ålholmens dikningsföretag*. (Rapportnummer / rapportserie saknas). https://tullstorpsan.se/rapporter/Tvastegsdiken_och_kantavplaning.pdf [25-02-12]
- Two stage drainage ditch - Fact sheet https://www.bwsr.state.mn.us/sites/default/files/Two-stage%20Ditch%20Fact%20Sheet%20access.fixed_.pdf
- VA-guiden (2019). *Handläggarstöd för tillsyn på dagvattenanläggningar*. (Version 2019-05-29). Miljösamverkan Halland/Västra Götaland. <https://vaguiden.se/wp-content/uploads/2024/06/Handlaggarstod-for-tillsyn-pa-dagvattenanlaggnigar-2019-05-29-Miljosamverkan.pdf> [24-12-10]
- Va-guiden (2024). *Svackdiken*. <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/svackdike/> [24-11-27]
- Vattenmyndigheterna. (u.å.) *Tillståndet i vattnet*. <https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/tillstandet-i-vattnet.html>. [24-11-27]
- VISS - Vatteninformationssystem Sverige. (2021). *Vattenkartan*. <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399> [24-11-27]
- VISS - Vatteninformationssystem Sverige. (2019) *Kalkfilter*. [25-01-09] <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000721>
- Världsnaturfonden WWF (2018). *Vattendrag och svämplan - Helhetssyn på hydromorfologi och biologi*. [Faktablad]. Världsnaturfonden https://www.lansstyrelsen.se/download/18_1dfa69ad1630328ad7c62da7/1526068564858/Vattendrag%20och%20sv%C3%A4mplan%20-%20WWF.pdf [2024-12-16]
- Östersjön.fi. (u.å.). *Den inre belastningen reglerar eutrofieringen*. https://www.ostersjon.fi/sv-FI/Naturen_och_dess_forandring/Ostersjons_tillstand/Eutrofiering/Intern_belastning [2025-01-15]
- Östersunds kommun. (2025) *Exempel på dagvattenåtgärder*. <https://tekniskhandbok.ostersund.se/> [2025-02-19]

Tack till:

Jonas Gustafsson på Länsstyrelsen Skåne för dina pedagogiska förklaringar till någon som inte är marinbiolog. Tack till Fastighets & Gatukontoret på Malmö stad för datan ni delat med er av. Tack till min programstudierektor Åsa Bensch för uppmuntran under hela studietiden. Tack till Agnes för korrekturläsning och tips. Tack till Kerstin för att du, om än omedvetet, hjälpt mig att få upp ögonen för den gröna näringen. Detsamma till Loka, som dessutom erbjudit hjälp gång på gång. Tack även till den gode herre som, under en väldigt blåsig decemberdag, erbjöd mig lift långt ute på bygden utanför Anderslöv. Ni är alla guld!

Publicering och arkivering:

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

JA, jag, Johannes Ahlvin har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.