

## Bilaga 1H, Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vendelån

Uppsala kommun har en viktig roll i att genomföra åtgärder och samverka i åtgärdsarbetet för att uppnå god ekologisk och kemisk status i sjöar och vattendrag i enlighet med EU:s ramdirektiv för vatten.

För att kommunens sjöar och vattendrag även i framtiden ska vara fungerande ekosystem som har vatten av god kvalitet behöver kommun och andra berörda aktörer samverka. Rapporten visar en samlad bild av omfattningen av åtgärder som behöver genomföras inom en vattenförekomst. Åtgärder föreslås inom hela kommungeografin oavsett markägande. Rapporten är ett underlag som visar på var det finns behov av samverkan mellan kommun, markägare, verksamhetsutövare eller andra intressenter i vattenvårdsarbetet.

För åtgärdsarbetet behövs väl underbyggda underlag med högre detaljeringsnivå än det som tas fram av Vattenmyndigheterna, de gör det möjligt att på lokal nivå prioritera och planera nödvändiga åtgärder. Denna rapportbilaga är ett lokalt åtgärdsunderlag som används i kommunens löpande åtgärdsarbete, både på egen mark och i samverkan med andra aktörer. Åtgärder kan göras på initiativ av både markägare och kommun, de finansieras ofta till stor del av statliga bidrag.

Rapporten syftar till att ge tillräckligt många och kostnadseffektiva *förslag på åtgärder* för att minska påverkan från avrinning från jordbruksmark och dagvatten från tätortsbebyggelse, liksom från punktkällor som avloppsreningsverk, större hästgårdar, enskilda avlopp och industrier.

I rapporten ges också *förslag på åtgärder* för att förbättra möjligheten till spridning och rörlighet av både växter och djur längs med vattendraget, samt åtgärder för att förbättra åns/sjöns naturliga hydrologi (naturlig storlek och flöde) och morfologi (naturlig utformning).

### Lokala åtgärdsunderlag finns för följande vattendrag:

- 1A.** Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Hågaån, WRS 2019
- 1B.** Uppsala dagvattenplan, WRS 2019
- 1C.** Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån. Del 1 - Ekologisk och kemisk status, påverkansanalys, beting samt förslag till kunskapshöjande åtgärder, WRS 2020.
- 1D.** Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisåns huvudfåra, WRS 2024
- 1E.** Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Sävjaån, WRS 2021
- 1F.** Rapport Landskapsanalys Tämnrån, Tyréns 2021
- 1G.** Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vattholmaån, WRS 2022
- 1H.** Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vendelån, WRS 2023

I Handlingsplan för vattenprogrammet 2024-2026 finns framtagande av lokala åtgärdsunderlag för Fyrisåns huvudfåra (revidering), Björklingeån, Jumkilsån, Sävåån och Olandsån med som åtgärder.



# Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vendelån

**Uppsala kommun**

Färdig handling, 2023-02-17

TITEL	Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vendelån
RAPPORTNUMMER	2022-1777-A
BESTÄLLARE	Uppsala kommun
UPPDRAGSANSVARIG	Ebba af Petersens, WRS
FÖRFATTARE	Malin Smith, Jenny Näslund, Linus Halvarsson, Victoria Eriksson Russo, Preetam C Hernefeldt, Barbro Beck-Friis, Peter Ridderstolpe, Lukas Rehn, Tove Gannholm, Ebba af Petersens, Hannes Öckerman och Dimitry van der Nat, WRS.
GRANSKNING	Jonas Andersson och Daniel Stråe, WRS
UTGÅVA/STATUS	Färdig handling
DATUM	2023-02-17
OMSLAGSBILD	Jenny Näslund, WRS
FOTON	Alla fotografier i rapporten tagna av WRS om inget annat anges

## Sammanfattning

Kommunen har en nyckelroll i arbetet med att nå miljö kvalitetsnormerna för vattenförekomsterna som finns inom kommunen. För arbetet behövs välunderbyggda handlingsplaner, så kallade åtgärdsprogram, som gör det möjligt för kommunen att prioritera och planera nödvändiga åtgärder. Denna rapport är ett underlag till ett lokalt åtgärdsprogram för sju vattenförekomster i Vendelåns avrinningsområde som delas av Uppsala och Tierps kommuner. Beställare av arbetet har varit stadsbyggnadsförvaltningen på Uppsala kommun. Rapporten och dess bilagor ska fungera som beslutsunderlag för själva åtgärdsplanen och ska underlätta för Uppsala och Tierps kommuner att besluta vilka vattenvårdsåtgärder som ska prioriteras och implementeras för att för att miljö kvalitetsnormerna för god ekologisk och kemisk status ska närmas.

Avrinningsområdet till de sju vattenförekomsterna som ingår i Vendelån är 385 km<sup>2</sup> stort och domineras av skogsmark, men rymmer också 107 km<sup>2</sup> jordbruksmark samt urbana ytor i tätorterna Björklinge, Örbyhus, Tobo och Vattholma.

Enligt Vattenmyndighetens statusklassning för tredje förvaltningscykeln, 2017–2021, bedöms samtliga sju vattenförekomster ha måttlig ekologisk status (daterat 2022-11-25 i VISS). De huvudsakliga lokala problemen är övergödning och hydromorfologisk påverkan.

### Övergödning

I den tredje förvaltningscykeln (2017–2021) beräknar Vattenmyndigheten betinget för ingående vattenförekomster inom Vendelåns avrinningsområde till drygt 2,7 ton fosfor per år, vilket är nästan dubbelt så mycket som de knappt 1,4 ton fosfor per år som tidigare beräknats av Naturvatten (Naturvatten AB, 2020). Jämfört med det av Naturvatten beräknade åtgärdsutrymmet verkar de nya betingen i VISS dock orimligt höga. För vattenförekomsterna Vendelån mynningen – Sävastabäcken, Vendelån: Fyrisån – Toboån och Vendelån – Sävastabäcken överstiger de nya betingen i VISS åtgärdsutrymmet, det vill säga betingen är högre än vad som är möjligt att åtgärda. För Vendelån: Fyrisån-Tassbäcken är betinget endast 3 kg P mindre per år än åtgärdsutrymmet. I klartext betyder detta att dessa fyra beting inte går att uppnå även om all mänsklig aktivitet i avrinningsområdena upphör. Denna utredning använder i stället ett arbetsbeting som valdes som det högsta värdet av antingen halva åtgärdsutrymmet eller det av Naturvatten beräknade betinget. Arbetsbetinget för minskad tillförsel av fosfor till vattenförekomsterna i Vendelåns avrinningsområde blir därmed cirka 1 860 kg per år. Det i förfrågningsunderlaget formulerade kravet att föreslå åtgärder motsvarande 150 % av fosforbetingen har således övergivits.

Utredningen har analyserat och bearbetat befintliga data, men också tagit fram nya såsom förekomst, lokalisering och storlek på hästgårdar för att kunna beräkna fosfortillförsel därifrån, samt beräknade föroreningsmängder i dagvattnet från tätorterna. Näringsförluster för jordbruksmarken har beräknats med underlag från SMED PLC7 utifrån jordartsfördelning och för Mälardalen typisk fördelning av grödor. Näringsförluster för skog och övrig öppen mark har beräknats med uppgifter från Havs- och Vattenmyndigheten.

Den samlade fosfortillförseln från punktkällor och diffusa källor till Vendelån beräknas till drygt 10 ton per år. Näringsförluster från jordbruksmarken står med knappt 9 ton per år för nästan 87 % av fosfortillförseln till recipienterna. Skogsmark ger det näst största fosforbidraget och står för cirka 5 % av belastningen. Bidraget från dagvatten uppgår till 140 kg vilket motsvarar cirka 1,4 % av tillförseln. Näringsförluster från öppen mark uppgår också till cirka



1,4 % av den totala fosfortillförseln. Enskilda avlopp motsvarar cirka 3 % av fosfortillförseln och hästgårdar motsvarar cirka 1 % av totalbelastningen till recipienterna.

Rapporten pekar ut 30 åtgärdsförslag i utredningsområdet för avskiljning av fosfor från jordbrukslandskapet. Tio av åtgärderna prioriteras högst och tjugo har fått näst högst prioritet. Åtgärderna har prioriterats utifrån en översiktlig analys av avskiljningspotential, juridisk och teknisk genomförbarhet samt kostnadsbild. Åtgärder av prioritet 1 och 2 beskrivs i detalj i Bilaga 1. Fosforavskiljningen för åtgärdsförslagen för jordbruksmark uppskattas till cirka 750 kg fosfor per år.

Åtgärderna för enskilda avlopp handlar om att åtgärda de avlopp som har bristfällig eller okänd rening, vilket beräknas kunna ge en minskning av fosfortillförseln med cirka 60 kg fosfor per år. Åtgärder för förbättrad gödselhantering på hästgårdar uppskattas kunna avskilja 40 kg per år.

Sammanlagt bedöms alla åtgärdsförslag för punktkällor och diffusa källor kunna avskilja cirka 850 kg fosfor per år vilket är cirka 46 % av arbetsbetinget.

### Hydromorfologi

De hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna för en vattenförekomst kan beskrivas som de fysiska livsbetingelser som både vattenlevande och landlevande organismer i eller i närheten av vattenmiljön behöver. Dessa inkluderar tillstånd som möjliggör spridning och rörlighet av växter och djur (*konnektivitet*), vattenflöden och vattenståndsförändringar (*hydrologisk regim*) samt den fysiska formen hos ån eller sjön (*morfologiskt tillstånd*). Vendelåns vattenförekomster har idag mestadels dålig, och i vissa fall otillfredsställande, status med avseende på hydromorfologiska kvalitetsfaktorer.

För att uppnå god status med avseende på hydromorfologi behöver bland annat konventionellt brukande av jord och skog upphöra längs merparten av åsträckan med tillhörande sjöar. Då detta i många fall utgör ett orealistiskt åtgärdsbehov och strider mot andra samhällsintressen har denna utredning avgränsats till att i första hand ta fram åtgärdsförslag för vandringshinder i syfte att förbättra kvalitetsfaktorn *konnektivitet* (Bilaga 2). Ett antal åtgärder för kvalitetsfaktorerna *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* ges dock (Bilaga 3) men är inte heltäckande för att uppnå åtgärdsbehovet.

Efter fältbesök och inmätningar vid alla kända vandringshinder identifierades totalt två åtgärdsplatser med vandringshinder för fisk. För dessa två vandringshinder fanns redan förstudier framtagna med varierande detaljeringsgrad. WRS arbete bestod av att gå igenom dessa förstudier och tillsammans med egna observationer och inmätningar ge en bedömning av framtagna åtgärdsförslag. Åtgärderna har även prioritetsordnats utifrån genomförbarhet, kostnad och ekologisk effekt av åtgärd.

En åtgärd vid Järstadammarna ges prioritet 1 då hindret ligger långt nedströms och en åtgärd skulle öppna upp en stor del av Vendelåns huvudfåra och sidofåror. Vår bedömning är att det så kallade alternativ 4 i förstudien är det mest fördelaktiga alternativet. Förslaget innebär att en slitsränna anläggs i en befintlig stensatt fåra intill en före detta fiskodling. Alternativet bedöms innebära den minsta påverkan på kulturmiljön samtidigt som genomförbarheten bedöms som god. Det är viktigt att skapa lockvatten som underlättar för fisken att hitta upp i rännan, exempelvis genom en ledrist, genom att styra flöden och/eller lägga ut stenar som riktar strömmen mot slitsrännan.

En åtgärd vid Tegelsmoräsjön ges prioritetsordning 2, framför allt då vandringshindret ligger långt uppströms och genomförandet kan vara något komplicerat på grund av sämre

tillgänglighet. I övrigt bedöms åtgärden som relativt lätt och kostnadseffektiv att genomföra. Vår bedömning är att principidén från förstudien bör följas och att en ny spont anläggs som utlopp till sjön. Sponten föreslås få en flackare utformning än idag för att kvarhålla en högre vattennivå vid lågflöden. Nedströms sponten skapas en sjönacke med grusad dikesbotten för att möjliggöra fiskvandring.

Parallellt kan åtgärder för förbättrad hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd genomföras där åtgärdsvilja hos lokala markägare och dikningsföretag finns. Totalt har 33 sådana åtgärder identifierats under utredningsarbetet, i form av återställande av sänkta sjöar, anläggande av våtmarker och meandring av vattendrag. För att uppnå god status med avseende på dessa två kvalitetsfaktorer krävs dock än mer omfattande åtgärder. Det finns även ett behov av inventering av fiskfauna, samt genomförande av andra biotopförbättrande åtgärder i ån, exempelvis restaurering och skapande av strömsträckor och leklokaler.

# Innehåll

1	Inledning .....	9
1.1	Bakgrund och syfte .....	9
2	Vendelån och dess avrinningsområde .....	10
2.1	Allmän beskrivning .....	10
2.2	Limniska värden .....	14
2.3	Natura 2000-områden och naturreservat .....	14
2.4	Ekologisk status .....	16
2.4.1	Biologiska kvalitetsfaktorer .....	16
2.4.2	Fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer .....	17
2.4.3	Hydromorfologiska kvalitetsfaktorer .....	18
2.5	Förbättringsbehov .....	20
2.5.1	Fosfor .....	20
2.5.2	Hydromorfologi .....	23
3	Underlag .....	24
3.1	Underlag punktkällor .....	24
3.1.1	För fosfor .....	24
3.2	Underlag diffusa källor .....	24
3.3	Underlag hydromorfologi .....	25
4	Metod .....	26
4.1	Metod för beräknad tillförsel från punktkällor .....	26
4.1.1	Enskilda avlopp .....	26
4.1.2	Hästgårdar .....	30
4.2	Metod för beräknad tillförsel från diffusa källor .....	31
4.2.1	Jordbruksmark, skogsmark, sankmark och öppen mark .....	33
4.2.2	Dagvatten från tätortsbebyggelse med mera .....	35
4.3	Metod för hydromorfologi .....	37
4.3.1	Avgränsning .....	37
4.3.2	Metod konnektivitet .....	38
4.3.3	Metod hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd .....	39
5	Fosfor .....	39
5.1	Punktkällor .....	39
5.1.1	Enskilda avlopp .....	39
5.1.2	Reningsverk .....	42
5.1.3	Hästhållning .....	44
5.1.4	Miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden .....	49
5.2	Diffusa källor .....	53
5.2.1	Jordbruksmark .....	55
5.2.2	Skogsmark och sankmark .....	55

5.2.3	Öppen mark.....	55
5.2.4	Atmosfärisk deposition av fosfor.....	55
5.2.5	Dagvatten .....	56
5.3	Genomförda åtgärder inom utredningsområdet .....	56
5.3.1	Åtgärder avseende punktkällor.....	56
5.3.2	Platsspecifika åtgärder inom jordbruket.....	57
5.3.3	Dagvattenåtgärder .....	63
5.3.4	Övriga genomförda åtgärder enligt Vattenmyndigheten .....	63
5.4	Redan planerade åtgärder inom utredningsområdet .....	63
5.4.1	Planerade åtgärder inom jordbruket.....	63
5.4.2	Redan planerade dagvattenåtgärder .....	66
5.5	Nettotillförsel av fosfor och beting .....	68
6	Hydromorfologi .....	70
6.1	Fiskfauna.....	70
6.2	Befintliga vandringshinder .....	73
6.3	Åtgärdade vandringshinder .....	76
6.4	Nedströms vandringshinder .....	76
7	Åtgärdsförslag .....	77
7.1	Kunskapshöjande åtgärder .....	77
7.1.1	Fysikalisk-kemiska parametrar .....	77
7.1.2	Biologiska parametrar – fisk .....	78
7.1.3	Hydromorfologiska parametrar.....	78
7.2	Åtgärder för fosfortillförsel från punktkällor.....	79
7.2.1	Åtgärder för enskilda avlopp .....	79
7.2.2	Åtgärder för reningsverk .....	81
7.2.3	Åtgärder för hästgårdar.....	81
7.2.4	Åtgärder för miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden	84
7.3	Åtgärder för fosfortillförsel från diffusa källor .....	84
7.3.1	Åtgärder för jordbruksmark .....	84
7.3.2	Åtgärder för tätortsbebyggelse.....	89
7.4	Åtgärder för hydromorfologi.....	89
7.4.1	Åtgärder för konnektivitet.....	89
7.4.2	Åtgärder för hydrologisk regim och morfologi.....	91
7.4.3	Biotopförbättrande åtgärder.....	94
7.5	Övriga åtgärder.....	94
7.5.1	Strukturkalkning av jordbruksmark.....	94
7.5.2	Skyddszon/kantzon/buffertzon .....	95
7.5.3	Övriga jordbruksåtgärder .....	96
7.5.4	Spårning av felkopplade avlopp som belastar dagvattennätet .	96
7.5.5	Tillsyn/info miljöfarliga verksamheter.....	97
7.5.6	Ökade krav vid planläggning .....	97
7.5.7	Fiskeförbud.....	97



8	Genomförande av åtgärder – väg framåt.....	97
8.1	Åtgärder för punktkällor .....	97
8.2	Åtgärder för diffusa källor .....	97
8.3	Åtgärder för konnektivitet.....	100
8.4	Åtgärder för hydrologisk regim och morfologi .....	100
8.5	Nås förbättringsbehovet för fosfor? .....	101
9	Referenser .....	102
	Bilaga 1. Platsspecifika åtgärdsförslag för minskad fosforbelastning	
	Bilaga 2. Identifierande vandringshinder och platsspecifika åtgärdsförslag för konnektivitet	
	Bilaga 3. Platsspecifika åtgärdsförslag för hydrologisk regim och morfologi	

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund och syfte

Vendelån utgör ett biflöde till Fyrisån och avvattnar ett 385 km<sup>2</sup> stort område. Enligt Vattenmyndighetens statusklassning uppnår Vendelån varken god ekologisk status eller god kemisk status. De huvudsakliga lokala problemen är övergödning och påverkan på konnektivitet och morfologiskt tillstånd. Problemen beskrivs vidare nedan i avsnitt 2.4. Det samlade fosforbetinget, det vill säga det behov av minskad belastning som finns för alla vattenförekomster i Vendelåns avrinningsområde är 1860 kg fosfor per år.

I arbetet med att förbättra de ekologiska och kemiska förhållandena och nå miljökvalitetsnormerna i Sveriges vattenförekomster har landets kommuner en nyckelroll. Vattenmyndigheten tillhandahåller principiella åtgärdsförslag, men dessa anses inte kunna ligga till grund för beslut om prioriteringar och genomförande av åtgärder. Enligt beslut i översiktsplanen (ÖP 2016) ska Uppsala kommun därför ta fram underlag till lokala åtgärdsprogram för vattenförekomsterna inom kommunen.

Denna rapport utgör ett underlag till ett lokalt åtgärdsprogram för Vendelån. Uppdraget har utförts åt Uppsala kommun, i nära samarbete med Tierps kommun.

Rapporten syftar till att ge kvantitativt relevanta och kostnadseffektiva åtgärdsförslag för avrinning från jordbruksmark och dagvatten från tätortsbebyggelse, liksom för punktkällor som avloppsreningsverk, större hästgårdar, enskilda avlopp och industrier. I rapporten ges också förslag på åtgärder för att förbättra konnektiviteten i vattendraget, alltså möjligheten till spridning och rörlighet av både växter och djur längs med vattendraget, samt åtgärder för att förbättra åns naturliga hydrologi och morfologi.

Åtgärdsförslagets potentiella reningseffekter, tekniska och juridiska genomförbarhet samt kostnadsbild redovisas i rapporten på en översiktlig nivå och är tänkta att ligga till grund för åtgärdsprioriteringar.

Vattenmyndigheten har i sin tredje förvaltningscykeln (2017–2021) beslutat att Vendelåns vattenförekomster ska uppnå god ekologisk status till 2027 eller 2033. Kvalitetskravet god kemisk ytvattenstatus ska uppnås med undantag för de överallt överskridande ämnena polybromerade difenyleter och kvicksilver samt kvicksilverföreningar.

De förbättringsbehov och lokala beting som använts är baserade på rapporten *Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån. Del 1- Ekologisk och kemisk status, påverkansanalys beting samt förslag till kunskapshöjande åtgärder* (Naturvatten AB, 2020) och uppgifter ur VISS .

Med utgångspunkt i de beting som tagits fram för Vendelåns delavrinningsområden har målsättningen i uppdragsbeskrivningen ursprungligen varit att ta fram åtgärdsförslag motsvarande 150 % av behovet. Motivet till att lämna ett överskott av förslag har varit att ta höjd för att en del åtgärdsförslag, av ett eller annat skäl, i slutänden sannolikt inte kommer att kunna genomföras. Då dock betingen för många vattenförekomster i praktiken inte kan uppnås eftersom de överstiger åtgärdsutrymmen har detta mål övergivits i utredningen.

## 2 Vendelån och dess avrinningsområde

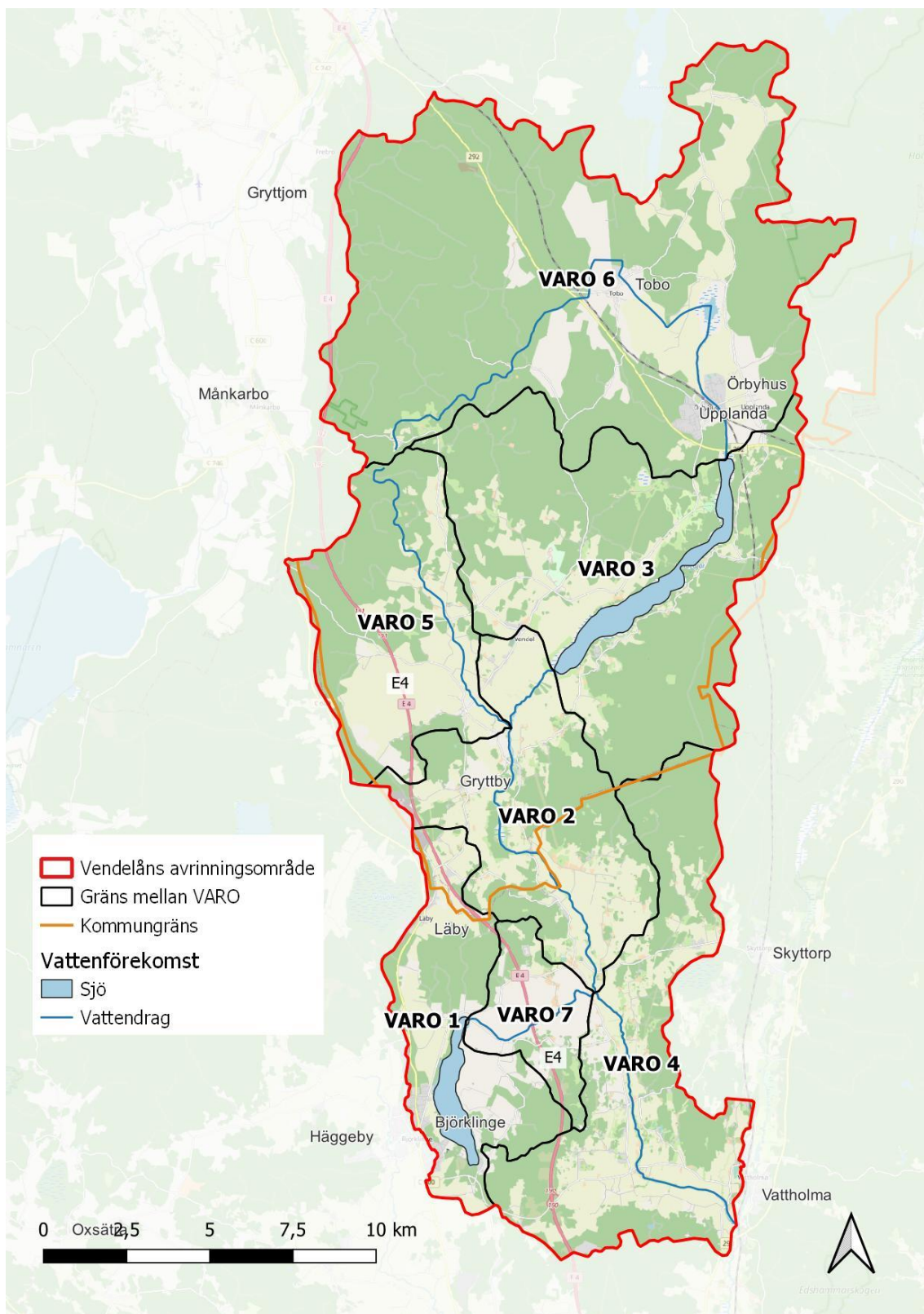
### 2.1 Allmän beskrivning

Vendelån tillhör Fyrisåns västra källområde som innefattar Tegelsmoraån, Vendelsjön och Vendelån. Det östra källområdet, Fyris Östra källor, består av Dannemorasjön och Vattholmaån med tillflöden.

Vendelån är cirka 20 km lång och rinner från Vendelsjöns utlopp förbi socknarna Viksta och Tensta till Vattholma. Vid Lena kyrka rinner Vendelån och Vattholmaån samman och bildar Fyrisån. Vendelån har två biflöden: Tassbäcken som mynnar i ån strax söder om Vendelsjöns utlopp och Sävstabäcken som avvattnar källsjön Långsjön och mynnar i Vendelån söder om Viksta.

För att förstärka grundvattnet i Uppsalaåsen, där Uppsala vatten tar råvatten till dricksvatten för staden, infiltreras vatten från Fyrisån. För att uttag ska få ske ur Fyrisån måste flödet vara minst 500 l/s. Uppsala Vatten har vattendom på att överleda vatten från Tämnrån till Vendelån via Tassbäcken för att förstärka vattenföringen i Fyrisån sommartid. I vattendomen anges en maximal pumpning från Tämnrån på 1000 l/s och max 15 miljoner m<sup>3</sup>/år.

Vendelåns avrinningsområde inkluderar sju vattenförekomster som ligger i Tierps och Uppsala kommuner (Figur 1). Avrinningsområdet inkluderar även en liten del i öster som ligger i Östhammars kommun. Totalt är avrinningsområdet 385 km<sup>2</sup> stort och utgörs till största delen av skogsmark (237 km<sup>2</sup>). Jordbruksmark utgör 107 km<sup>2</sup> av avrinningsområdets areal och förekommer framförallt allt i de mellersta och södra delarna av avrinningsområdet och längs med huvudfåran och större biflöden. I området finns mindre andelar öppen mark (31 km<sup>2</sup>), vattenytor (6 km<sup>2</sup>) samt urbana ytor (4 km<sup>2</sup>) som utgörs av Tobo, Örbyhus och delar av Björklinge och Vattholma.



Figur 1. Vendelåns avrinningsområde med de sju vattenförekomsterna och deras vattenförekomstavrinningsområden (VARO). Se Tabell 1 för närmare beskrivning av respektive vattenförekomst. Bakgrundskarta: © OpenStreetMap, bidragsgivare.

Vattenförekomsterna som ingår i Vendelåns avrinningsområde listas med fullständiga namn i Tabell 1. För att underlätta lokaliseringar av respektive vattenförekomst har vi i denna utredning valt att namnge vattenförekomsterna med varsitt nummer från 1–7. Varje vattenförekomstavrinnsområde (VARO) visas i Figur 1 och Tabell 1. Vendelåns åsträcka är uppdelad i två vattenförekomster: Vendelån Sävastabäcken-Tassbäcken (VARO 2) och Vendelån mynningen–Sävastabäcken (VARO 4).

*Tabell 1. Ingående namn på vattenförekomster och ID-nummer enligt VISS. Vattenförekomstavrinnsområden (VARO) visas samt beräknat lokalt fosforbeting för respektive vattenförekomst som tidigare beräknats av Naturvatten (Naturvatten AB, 2020). Se Figur 1 för lokalisering av respektive vattenförekomst VARO.*

Benämning	Namn	ID (VISS)	Vatten-kategori	VARO area (km <sup>2</sup> )	Sträcka (km)	Tidigare beting (kg P/år)
VARO 1	Långsjön - Björklinge	WA44093658	Sjö	30	-	50-200
VARO 2	Vendelån Sävastabäcken-Tassbäcken	WA59463288	Vattendrag	43	10	470
VARO 3	Vendelsjön	WA61712830	Sjö	76	-	0
VARO 4	Vendelån mynningen–Sävastabäcken	WA74075127	Vattendrag	53	10	230
VARO 5	Fyrisån-Tassbäcken	WA78639506	Vattendrag	39	13	260
VARO 6	Fyrisån – Toboån	WA82404349	Vattendrag	132	20	60
VARO 7	Sävastabäcken	WA86156703	Vattendrag	13	5	170
<b>Totalt</b>				<b>385</b>	<b>58</b>	<b>1390</b>

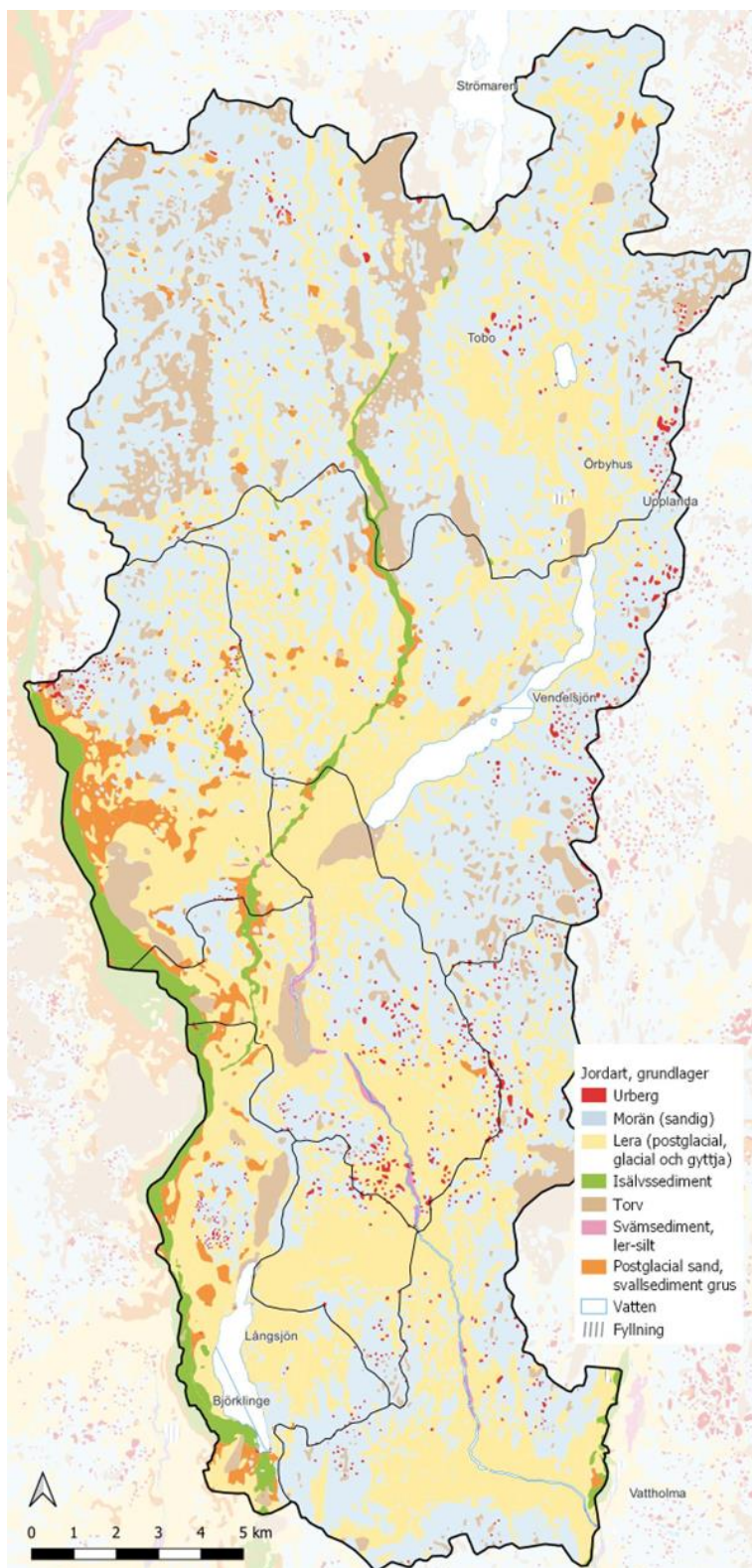
I Vendelåns avrinningsområde finns utpekade områden av riksintresse för kulturmiljövård enligt miljöbalken. Följande områden omfattas (Riksantikvarieämbetet, 2018):

- Tobo bruk är Upplands enda bruksmiljö med en löst grupperad byggelsestruktur från 1600-talet.
- Vendel ligger i ett odlingslandskap i centralbygd, präglad av förhistoriska och medeltida stormannaätter, med unika fornlämningsmiljöer, stormannakyrka och medeltida slottsanläggning. Miljön har genom vetenskapshistoriskt viktiga undersökningar kommit att ge namn åt en av järnålderns huvudperioder, s.k. Vendeltid.
- Sätuna utgör ett herrgårdslandskap med karaktäristisk struktur och med arkitekturhistoriskt intressant bebyggelse från 1700- och 1800-talen.
- Området nedströms Vansta tillhör ”Gamla Uppsala samt Fyrisåns och Björklingeåns dalgångar”; ett större område av riksintresse som har stor betydelse för rikets historia med kontinuitet sedan bronsåldern.

I arbetet med att hitta möjliga åtgärdsplatser tas hänsyn till riksintressen för kulturmiljövård.

Enligt SGU:s jordartskarta dominerar marken i avrinningsområdet av morän och lera, med inslag av berg i dagen, torvmark och svallsediment. Odlingslandskapen med de finkorniga jordarterna postglacial lera och gyttejlera samt partier med glacial lera återfinns längs åstråken, främst i mellersta och södra delen av avrinningsområdet. Högre upp i terrängen dominerar moränmarker, där det även förekommer inslag av berg i dagen. Uppsalaåsen med isälvssediment finns i västra delen av avrinningsområdet. Jordarterna redovisas översiktligt i Figur 2, där likartade jordarter återges med samma färg på grund av figurens begränsade upplösning.





Figur 2. Jordarter (grundlager förenklad) inom Vendelåns avrinningsområde med gränser för delavrinningsområden för ingående vattenförekomster. Källa: SGU.



## 2.2 Limniska värden

Vendelån är ett av två biflöden från norr. Där ån rinner samman med Vattholmaån bildas den nordliga delen av Fyrisåns huvudfåra, som fortsätter söderut mot Uppsala och Mälaren. I Vendelåns avrinningsområde finns sjöarna Långsjön och Vendelsjön som är klassade som vattenförekomster, samt Tegelsmorassjön (Kyrksjön) som är klassad som övrigt vatten.

De tre sjöarna har alla olika karaktär. Långsjön vid Björklinge är en djup åsgravsjö på Uppsalaåsen. Sjön har ett stort grundvattentillflöde och ger en god livsmiljö för arter som trivs i kalkrika miljöer (Brunberg och Blomqvist, 1998). Långsjön bedöms vara en av länets finaste sjöar med höga limniska värden. Tillsammans med omgivande mark anses den ha högsta naturvärde (klass I) i Uppsala läns naturvårdsprogram (Länsstyrelsen Uppsala län, 1987). Långsjön ingår i riksintresse för naturvård med anledning av dess speciella vattenkemiska sammansättning och unika vattenvegetation med bland annat kransalger. Sjön har även högt vetenskapligt värde då undersökningar har utförts i sjön sedan 1950 (Naturvårdsverket, 2004).

Den största sjön inom Vendelåns avrinningsområde är den mycket grunda och näringsrika slättsjön Vendelsjön. Sjön karakteriseras av igenväxning med stora vassbälten och kraftig utredning av flytblads- och undervattensvegetation. Då sjön troligtvis aldrig sänkts av är det en naturlig process som påskyndas av näringstillförsel från omgivande mark (Brunberg och Blomqvist, 1998). Den är även en mycket attraktiv fågellokal med flera hundra häckande fåglar. Då Vendelsjön till stora delar är orörd bedöms den ha höga limniska värden, ha mycket höga naturvärden (klass II) enligt naturvårdsprogrammet och vara ett särskilt värdefullt objekt (klass 1) enligt våtmarksinventeringen (Länsstyrelsen Uppsala län, 1987; Brunberg och Blomqvist, 1998; Naturvårdsverket, 2009). Vendelsjön med omgivande våtmarker är även utsett som riksintresse för naturvården (Naturvårdsverket, 2006) och området öster om Vendelsjön är landskapsbildskyddsområde.

I det flacka slättlandskapet norr om Vendelsjön ligger den grunda och igenväxande Tegelsmorassjön, som under åren har sänkts av flera gånger. Sjön utgör en attraktiv fågelsjö med mycket höga naturvärden (klass II) och höga våtmarksvärden (klass 2) (Länsstyrelsen Uppsala län, 1987; Naturvårdsverket, 2009).

Av de vattendrag som finns inom Vendelåns avrinningsområde har delar av åns nedre del, mellan Gödåker och Järsta, bedömts ha mycket höga naturvärden (klass II). Här utgör ån en erosionssänka och har partier med både sankmarker och forsar. Områdets limniska värden bedöms som höga, bland annat då det finns en öppen vandringsled för fisk från Järsta hela vägen upp till Tegelsmorassjön.

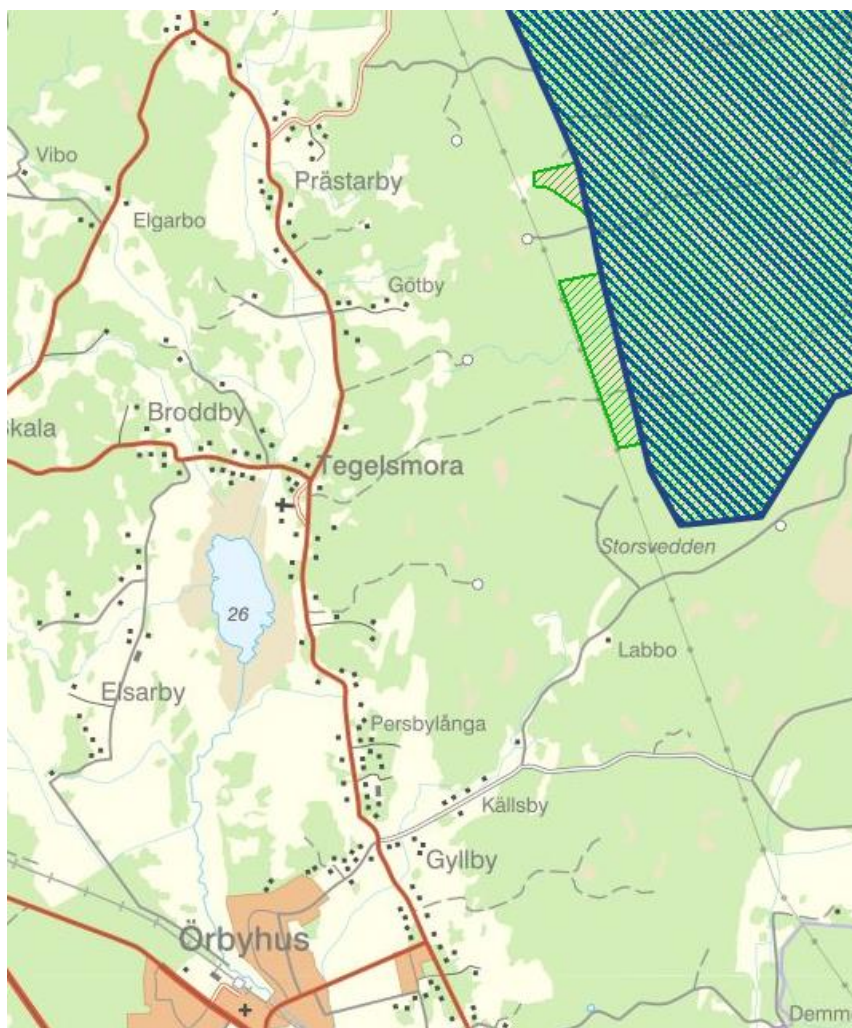
## 2.3 Natura 2000-områden och naturreservat

### Natura 2000-områden

Natura 2000 är EU:s nätverk för att skydda värdefulla naturområden i enlighet med de så kallade naturvårdsdirektiven (art- och habitatdirektivet och fågeldirektivet). Direktivens syfte är att säkerställa den biologiska mångfalden inom EU genom att motverka utrotningen av djur och växter och stävja att deras livsmiljöer förstörs (Naturvårdsverket, 2017, 2020).

Florarna är ett av cirka 4 000 Natura 2000-områden i Sverige där åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka miljön i området kräver ett särskilt tillstånd (Naturvårdsverket, 2017). Endast en liten del av Natura 2000-området ligger i Vendelåns avrinningsområde (cirka 340 hektar) (Figur 3). Det ligger längst upp i den nordöstra delen av Toboåns avrinningsområde. Området är främst utpekad för dess utbredda naturliga förekomst av våtmarker (Naturvårdsverket, 2021).

Området är ett så kallat *särskilt bevarandeområde* (SAC; Special Areas of Conservation) som fastställs utifrån art- och habitatdirektivet (EUR-Lex, 2020).



Figur 3. Florarnas Natura 2000-område (blått) och naturreservat (grönt) går delvis in i Vendelåns avrinningsområde (Naturvårdsverket, 2021).

### Naturreservat

Invid Långsjöns nordöstra strand finns Djurgårdens naturreservat. Det är litet, endast 21 hektar (Figur 4). Syftet med naturreservatet är att bevara biologisk mångfald, tillgodose behov av område för friluftsliv och att vårda och bevara värdefulla naturmiljöer. Landskapsbilden är ett öppet landskap med utsiktsplatser. Till värdefulla naturmiljöer räknas specifikt odlingslandskap och betesmark (Naturvårdsverket, 2021).



Figur 4. Djurgårdens naturreservat visas som grönstreckat. Brunstreckat område är utpekad som landskapsbildsskyddsområde (Naturvårdsverket, 2021).

Andra naturreservat som helt eller delvis ligger i Vendelåns avrinningsområde är Yttröskogens och Knaperbergets naturreservat. Yttröskogens naturreservat är 57 hektar stort och ligger nära Månkarbo, ungefär en mil väster om Örbyhus. Knaperberget, som delvis rinner mot annan recipient, ligger också nära Månkarbo. Det är endast 19 hektar stort. Syfte med reservaten är framför allt att vårda och bevara värdefulla naturmiljöer och bevara biologisk mångfald.

Direkt angränsande till Djurgårdens naturreservat finns ett 100 hektar stort område som är utpekad som landskapsbildsskyddsområde (Figur 4). Det finns även fler landskapsbildsskyddsområden inom avrinningsområdet för Vendelån, framför allt omkring Vendelsjön.

## 2.4 Ekologisk status

Enligt Vattenmyndigheten är beslutad miljö kvalitetsnorm för samtliga sju ingående vattenförekomster i Vendelåns avrinningsområde god ekologisk status 2033 samt god kemisk status. Vattenförekomsternas återhämtning tar tid och åtgärder bör sättas in så snart som möjligt för att nå målet. Tidsfristen till 2033 motiveras med att det inte är tekniskt möjligt att uppnå tidigare, delvis på grund av kunskapsbrist. Enligt Vattenmyndighetens statusklassning för tredje förvaltningscykeln, 2017–2021, bedöms samtliga sju vattenförekomster ha *måttlig* ekologisk status (daterat 2022-11-25 i VISS). De huvudsakliga lokala problemen är övergödning och hydromorfologisk påverkan, som beskrivs vidare nedan i avsnitten 2.4.1 till 2.4.3. En sammanfattning av statusklassningen för de sju vattenförekomsterna ges i Tabell 2.

### 2.4.1 Biologiska kvalitetsfaktorer










































































































För sex av vattenförekomsterna klassas de biologiska kvalitetsfaktorerna för ekologisk status till måttliga på grund av parametern fisk. Detta är en expertbedömning som baseras på bristande konnektivitet (måttlig status) och att morfologiskt tillstånd är klassat till måttlig status eller sämre. Bedömningen är att påverkan från vandringshinder och grävningar i vattendraget

påverkar fiskbeståndet så mycket att förutsättningarna för ett varierat och långsiktigt hållbart fisksamhälle inte finns. Bedömningen har god säkerhet med undantag för Vendelsjön där den bedöms som osäker. För Långsjön är parametern fisk ej klassad. Vendelsjöns status med avseende på makrofyter är sämre än god, baserat på en ekologisk kvot på 0,64.

De övriga biologiska kvalitetsfaktorerna för vattenförekomsterna klassas till god eller hög eller är inte klassade (Tabell 2).

Tabell 2. Sammanfattning av statusklassning för de sju vattenförekomsterna inom Vendelåns avrinningsområde. Källa: VISS (Länsstyrelserna m.fl., 2022). Vita celler indikerar faktorer som endast bedöms för sjöar och således inte har en klassning för vattendrag.

	Ekologisk status	Kemisk status
	Hög	God
	God	
	Måttlig	
	Otillfredsställande	
	Dålig	Uppnår ej god
	Ej klassad	Ej klassad

VARO	Namn	Vatten-kategori	Status		Ekologisk status - Biologisk					Ekologisk status - Fysikalisk kemiskt			Ekologisk status - Hydromorfologi				
			Ekologisk status	Kemisk status	Kemisk status utan överallt överskridande ämnen	Växtplankton*	Påväxt kiselalger	Bottenfauna	Makrofyter*	Fisk	Näringsämnen	Ljusförhållanden*	Försurning	Särskilda förorenande ämnen	Konnektivitet	Hydrologisk regim	Morfologiskt tillstånd
1	Långsjön - Björklinge	Sjö															
2	Vendelån Sävastabäcken-Tassbäcken	Vattendrag															
3	Vendelsjön	Sjö															
4	Vendelån mynningen-Sävastabäcken	Vattendrag															
5	Fyrisån-Tassbäcken	Vattendrag															
6	Fyrisån - Tobaån	Vattendrag															
7	Sävastabäcken	Vattendrag															

\* Faktorer som endast bedöms för sjöar.

## 2.4.2 Fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer

För sex av vattenförekomsterna klassas den biologiska kvalitetsfaktorerna näringsämnen till måttlig. Endast i Vendelsjön har faktorn näringsämnen bedömts till hög status, med avseende på totalfosfor (Tot-P). Klassningen för Vendelsjön har baserats på mätdata från flera år, men överensstämmer inte med den påverkansanalys som gjorts för sjöns avrinningsområde med

avseende på näringsämnen. Säkerheten i klassningen bedöms som hög (> 80 % sannolikhet att status är högre än god).

För Sävastabäcken och Fyrisån-Tassbäcken är klassningen en expertbedömning som baseras på extrapolering av vattenförekomster av samma typ och med samma påverkan där tillräckligt med provtagningsdata finns för en bedömning. Dessa liknande vattenförekomster i länet har betydande påverkan och når inte god ekologisk status på grund av faktorerna näringsämnen, kiselalger eller totalfosfor. Expertbedömningen har god säkerhet.

För vattenförekomsterna Vendelån Sävastabäcken-Tassbäcken, Vendelån mynningen–Sävastabäcken och Fyrisån-Toboån baseras klassningen på uppmätta halter, referensvärden och ekologisk kvot. Endast klassningen för Vendelån mynningen–Sävastabäcken bedöms vara säker. Klassningen för Långsjön har baserats på mätdata från flera år, och stämmer väl överens med den påverkansanalys som tagits fram för avrinningsområdet med avseende på näringsämnen. Osäkerheten i klassningen bedöms som låg.

För Vendelsjön har även faktorn ljusförhållande klassats som måttlig baserat på tre augustimätningar av siktdjupet mellan 2007 och 2012.

### 2.4.3 Hydromorfologiska kvalitetsfaktorer

De tre hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna *konnektivitet*, *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* ingår i den ekologiska statusen. Konnektivitet kan ses som en beskrivning av tillståndet i vattenförekomsten som möjliggör spridning och rörlighet av både växter och djur längs med vattendrag, längs grunda vatten i sjöar men även till omkringliggande mark. Den hydrologiska regimen beskriver vattenflödet och vattenståndsförändringar. Det morfologiska tillståndet ses som den fysiska formen hos vattenförekomsten och inkluderar exempelvis djup- och formförhållanden, bottensubstratet, svämplan med mera.

Alla kvalitetsfaktorer och dess ingående parametrar relaterar till ett referensförhållande som är det tillstånd som vattenförekomsten uppvisar vid ”ingen eller mycket liten mänsklig påverkan” (Havs- och vattenmyndigheten, 2019a). Exempelvis kan ett konstruerat dämme vid utloppet av en sjö påverka statusklassningen av konnektivitet upp- och nedströms negativt men inte en naturligt förekommande tröskel i en å, även om tröskeln skulle begränsa spridningen av fisk och organismer i vattendraget. På samma sätt påverkar inte snabba flödesförändringar under en kraftig vårflod statusklassningen för hydrologisk regim. Däremot gör förändrade flöden vid hårdgörning eller markavvattning det.

Vid sammanvägning av kvalitetsfaktorernas parametrar ska parametern med sämst status vara utslagsgivande för klassificering av *konnektivitet* och för *hydrologisk regim*. För statusbedömning av *morfologiskt tillstånd* utgör istället ett genomsnitt av ingående parametrar kvalitetsfaktorernas statusklassning.

Statusklassningen för varje enskild parameter visas för de sju ingående vattenförekomsterna i Vendelåns avrinningsområde i Tabell 3. Många av de ingående parametrarna för respektive kvalitetsfaktor är ej klassade.

För fem vattendrag i Vendelåns avrinningsområde har Vattenmyndigheten gjort bedömningen att alla har negativ hydromorfologisk påverkan som medför sämre status än god. Med undantag för *Fyrisån-Tassbäcken*, som har måttlig status för kvalitetsfaktorerna *konnektivitet* och *hydrologisk regim*, så har alla tre hydromorfologiska kvalitetsfaktorer klassats som otillfredsställande eller dålig i de fall de är klassade (Tabell 3).



Även avrinningsområdet två sjöar har negativ påverkan på hydromorfologi. Långsjön har inte klassats med avseende på *konnektivitet*, medan Vendelsjön bör ha god status efter att vandringshindret i sjöns utlopp har åtgärdats (se avsnitt 6.3). Båda sjöarna bedöms ha hög status för *hydrologisk regim*. *Morfologiskt tillstånd* i sjöarna har bedömts till måttlig. För Vendelsjön visar kvalitetsfaktorn på god status, men eftersom i princip alla sjöar i Uppsala län är påverkade av sjösänkningar eller höjningar (Länsstyrelserna m.fl., 2022) gjordes en expertbedömning att statusen var sämre än god (måttlig) (Tabell 3).

Tabell 3. Sammanfattande statusklassning av hydromorfologiska parametrar för vattendrag (ovan) och sjöar (nedan) inom Vendelåns avrinningsområde enligt VISS.

VARO	Vattenförekomst vattendrag	Konnektivitet		Hydrologisk regim				Morfologiskt tillstånd					
		Upp- och nedströms	Sidled och svämplan	Specifik flödesenergi	Volymavvikelse	Avvikelse i flödets förändringstakt	Vattenståndets förändringstakt	Vattendragsfårens form	Vattendragets planform	Vattendragsfårens bottenstrat	Död ved i vattendrag	Strukturer i vattendraget	Vattendragsfårens kanter
02	Vendelån Sävastabäcken - Tassbäcken	Dålig		Dålig				Otillfredsställande					
04	Vendelån mynningen - Sävastabäcken	Dålig		Dålig				Otillfredsställande					
05	Fyrisån-Tassbäcken	Måttlig		Måttlig				Otillfredsställande					
06	Fyrisån – Toboån	Ej klassad		Dålig				Otillfredsställande					
07	Sävastabäcken	Ej klassad		Dålig				Dålig					

VARO	Vattenförekomst sjöar	Konnektivitet		Hydrolog. regim			Morfologiskt tillstånd				
		Långgående konnektivitet	Konnektivitet till närområde och svämplan	Vattenståndsvariation	Avvikelse vinter- och sommarvattenstånd	Vattenståndets förändringstakt	Förändring av sjöars planform	Bottenstrat i sjöar	Strukturer på det grunda vattenområdet	Närområdet runt sjöar	Svämplanets strukturer och funktion
01	Långsjön	Ej klassad		Hög			Måttlig*				
03	Vendelsjön	Måttlig		Hög			Måttlig*				

\* Nästan alla sjöar i Uppsala län är påverkade av sänkningar eller höjningar. På grund av denna påverkan har morfologiskt tillstånd satts till sämre än god status. Det är en bedömning med låg säkerhet och ytterligare utredningar krävs för att säkerställa klassningen (Länsstyrelserna m.fl., 2022).

\*\* Vandringshindret i Vendelsjöns utlopp är åtgärdat. Parametern bedöms därför ha minst god status.



## 2.5 Förbättringsbehov

### 2.5.1 Fosfor

Förbättringsbehov avseende övergödningsparametrar beskriver mängden närsalter, i det här fallet fosfor, som behöver minska för att vattenförekomsterna ska kunna uppnå god ekologisk status. Den minskade fosformängden brukar ofta benämnas ”beting”.

Naturvatten i Roslagen AB (Naturvatten AB, 2020) har tagit fram fosforbudgetar och beräknat beting för att vattenförekomsterna ska ges möjlighet att uppnå god ekologisk status. De beräknade fosforbetingen för utredningens vattenförekomster finns sammanställda i Tabell 1, avsnitt 2.1. För detaljerad metodbeskrivning för framräknande av beting hänvisas till Naturvattens rapport (2020).

I de fall det varit möjligt har både totalt beting och lokalt beting för vattenförekomsterna tagits fram. Det totala betinget beskriver hur mycket mängden tillförd fosfor behöver minska, beräknat utifrån mätdata för vattenförekomsten, det vill säga det ackumulerade betinget eller förbättringsbehovet. Det lokala betinget är det beting som kvarstår efter att god status för fosfor uppnåtts i uppströms belägna vattenförekomster. Enligt Naturvattens beräkningar har de sju vattenförekomsterna inom utredningsområdet ett totalt lokalt beting på knappt 1,4 ton fosfor per år (Tabell 1 och Tabell 4). Vattenförekomsterna Långsjön och Vendelsjön har enligt Naturvatten ett lokalt beting på 0 kg fosfor per år. För Långsjön görs dock bedömningen att den observerade fosforhalten i sjön beror på vattenutbyte med Uppsalaåsen. Fosfortillflödet från Långsjöns avrinningsområde bedöms behöva minska med 50–200 kg fosfor per år för att inte påverka vattenförekomster nedströms Långsjön.

I den tredje förvaltningscykeln (2017–2021) i VISS finns sedan årsskiftet 2021/2022 nya formulerade förbättringsbehov för Sveriges vattenförekomster. För vattenförekomsten i utredningsområdet beräknas betinget till drygt 2,7 ton fosfor per år (Tabell 4) i stället för de knappt 1,4 ton fosfor per år som beräknades av Naturvatten (Naturvatten AB, 2020). Detta beror på att Vattenmyndigheterna i den tredje förvaltningscykel har omfördelat beting från vattenförekomster med mycket högt beting, som inte bedöms kunna åtgärdas lokalt, till uppströms belägna vattenförekomster. I Vendelåns fall handlar det om ett stort beting kring Uppsala tätort som har fördelats ut på vattenförekomsterna uppströms.

Utöver beting har Naturvatten även beräknat åtgärdsutrymme för vattenförekomsterna baserat på modellberäkningar inom SMED (PLC6.5). Bedömningen baserades på en acceptabel totalbelastning som för vattendrag motsvarar dubbla bakgrundsbelastningen och för sjöar bakgrundsbelastningen multiplicerad med faktorn 1,8. Resultatet acceptabel belastning motsvarar gränsen för betydande näringspåverkan enligt Vattenmyndighetens definitioner (övergång från god till måttlig status). Åtgärdsutrymmet utgörs av nuvarande modellerad totalbelastning minus acceptabel belastning. Syftet med att utöver beting redovisa även åtgärdsutrymmet är att visa i vilka områden eventuellt kompletterande beting eller kompensationsåtgärder är möjliga, med hänsyn till belastningssituationen.

Jämfört med det av Naturvatten beräknade åtgärdsutrymmet verkar de nya betingen i VISS orimligt höga. För vattenförekomsterna Vendelån mynningen–Sävstabäcken, Vendelån: Fyrisån – Toboån och Vendelån: Sävstabäcken överstiger de nya betingen i VISS åtgärdsutrymmet. För Vendelån: Fyrisån-Tassbäcken är betinget endast 3 kg P per år mindre än åtgärdsutrymmet (Tabell 4).

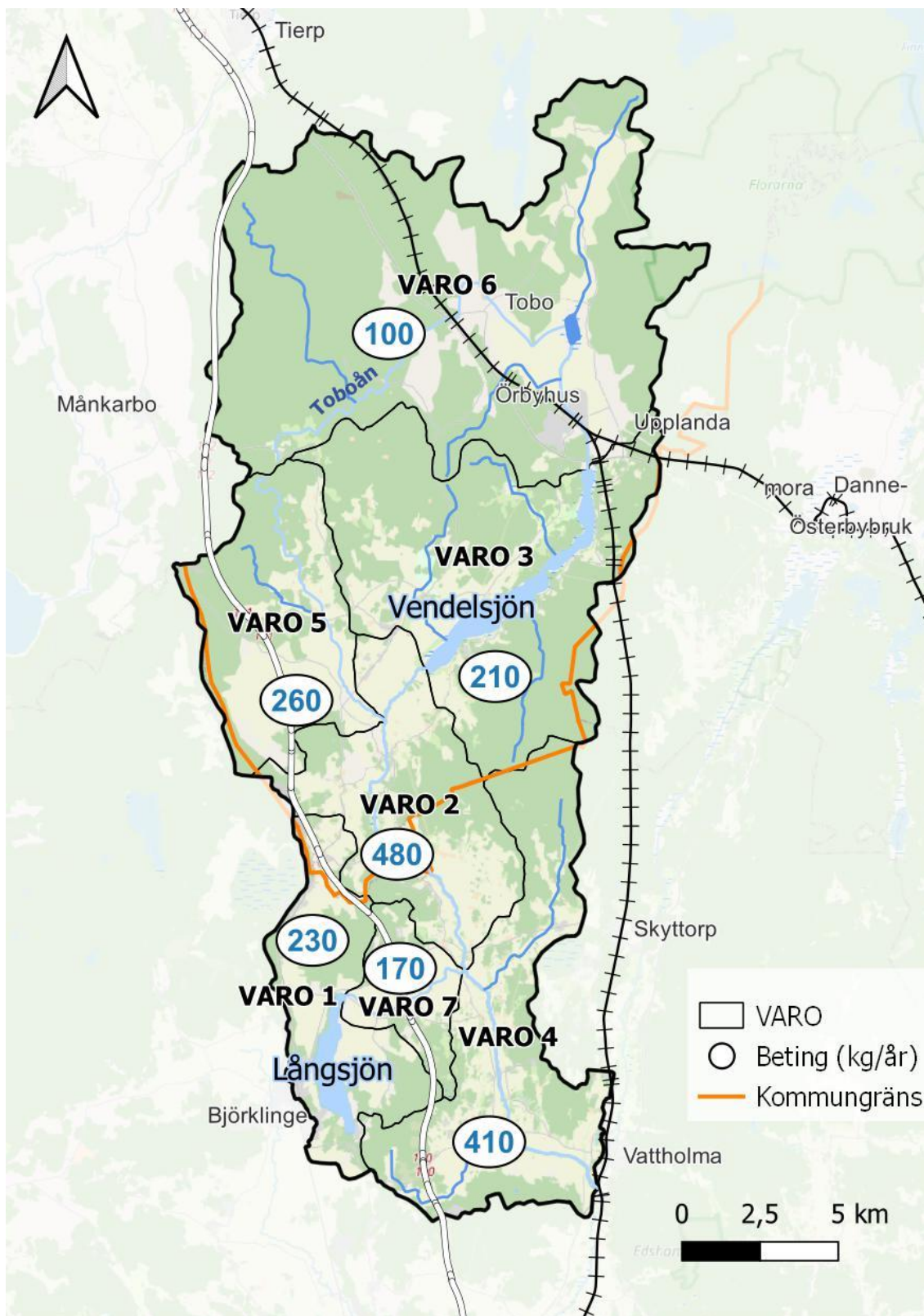
I klartext betyder detta att dessa fyra beting inte skulle uppnås även om all mänsklig aktivitet i avrinningsområdena upphör. Åtgärder för avskiljning av fosfor från jordbruket och dagvatten

baseras dessutom till stora delar på sedimentation, och eftersom ungefär hälften av fosfor föreligger i löst form innebär det att en realistisk avskiljningsgrad ligger i häraden kring 50 %. Så även om allt vatten som är påverkat av mänsklig aktivitet behandlades, skulle fosfortillförseln i detta vatten endast minska med 50 %.

För avrinningsområden där det nya betinget i VISS överstiger eller är i nivå med den antropogena påverkan har uppdraget omformulerats från att förslag motsvarande 150 % av betinget ska tas fram till att förslag som motsvarar det högsta värdet av antingen *halva* den antropogena påverkan eller det i VISS angivna betinget. Detta har bedömts vara en rimlig kompromiss (Figur 5).

*Tabell 4. De av Naturvatten i Roslagen beräknade fosforbetingen, de nya betingen enligt den tredje förvaltningscykeln (2017–2021) i VISS och åtgärdsutrymme som beräknas finnas i vattenförekomsternas avrinningsområde samt halva åtgärdsutrymmet och de för denna utredningen föreslagna betingen. De i den tredje förvaltningscykel i VISS formulerade betingen som är jämbördiga med eller överstiger åtgärdsutrymmet är understruken.*

<b>VARO</b>	<b>Namn</b>	<b>P-beting Naturvatten (kg/år)</b>	<b>P-beting VISS III (kg/år)</b>	<b>Åtgärds- utrymme (kg/år)</b>	<b>1/2 åtgärds- utrymme (kg/år)</b>	<b>Föreslag et P- beting (kg/år)</b>
1	Långsjön	0 (50–200)	220	453	230	<b>230</b>
2	Vendelån Sävastabäcken- Tassbäcken	470	480	966	480	<b>480</b>
3	Vendelsjön	-	210	371	190	<b>210</b>
4	Vendelån mynningen- Sävastabäcken	230	<u>850</u>	823	410	<b>410</b>
5	Vendelån: Fyrisån- Tassbäcken	260	<u>380</u>	383	190	<b>260</b>
6	Vendelån: Fyrisån – Toboån	60	<u>230</u>	205	100	<b>100</b>
7	Vendelån: Sävastabäcken	170	<u>360</u>	348	170	<b>170</b>
<b>Summa</b>		1390	2730	3550	1770	<b>1860</b>



Figur 5. Förslag till fosforbeting per vattenförekomst i Vendelåns avrinningsområde. Bakgrundskarta © OpenStreetMap, bidragsgivare.

## 2.5.2 Hydromorfologi

Vid klassning av ekologisk status är de hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna underordnade de andra kvalitetsfaktorerna. Först om biologiska kvalitetsfaktorer visar minst god status och fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer visar på hög status ska hydromorfologiska kvalitetsfaktorer bli utslagsgivande för vattenförekomstens ekologiska status. Det bör dock understrykas att goda hydromorfologiska betingelser ofta är en nödvändig förutsättning för att uppnå god status för de biologiska kvalitetsfaktorerna. En mer naturlig hydromorfologi ger nödvändiga habitat och förutsättningar för fisk och andra vattenlevande organismer.

För de hydromorfologiska parametrar (Tabell 3) som har en klassning och tillräckliga underlag har åtgärdsbehovet beräknats som krävs för att dessa parametrar ska uppnå god status. Det totala åtgärdsbehovet som har kunnat beräknats för alla sju vattenförekomster presenteras i Tabell 5.

Tabell 5. Åtgärder som krävs för att nå god status för de hydromorfologiska parametrar som har klassificerats för Vendelåns sju vattenförekomster.

Parameter	Åtgärd för god status	Kvantitet
<u>För vattendrag och sjöar</u>		
<i>Konnektivitet: upp- och nedströms</i>	Åtgärda alla artificiella vandringshinder i avrinningsområdet så att minst 75 % av alla vandringsbenägna fiskarter enligt referensförhållandet kan passera.	2 st*
<u>För vattendrag (totalt 58 km)</u>		
<i>Specifik flödesenergi</i>	En viss sträcka av vattendragen behöver utgå från markavvattningsföretag eller upphöra att vara tydligt rätat.	43 km
<i>Vattendragsfårans form och Vattendragsfårans kanter</i>	En viss sträcka av vattendragen behöver upphöra att påverkas genom grävning, rensning eller markavvattning.	42 km
<i>Vattendragets närområde</i>	En del av närområdet (definierat som inom 30 meter från vattendraget) behöver upphöra att utgöras av anlagda ytor eller brukad mark**.	16 km
<i>Svämplanets strukturer och funktion runt vattendrag</i>	En del av svämplanet behöver upphöra att utgöras av anlagda ytor eller brukad mark**.	20 km
<u>För sjöar</u>		
<i>Svämplanets strukturer och funktion runt sjöar</i>	Delar av svämplanet behöver upphöra att utgöras av anlagda ytor eller brukad mark**.	
	För Vendelsjön:	0,04 km <sup>2</sup>
	För Långsjön:	0,81 km <sup>2</sup>

\* I VISS anges Järstadammarna och Vendelsjöns utlopp som vandringshinder. Vendelsjön har åtgärdats men denna utredning bedömer även Tegelsmorassjöns utlopp som ett partiellt vandringshinder, som inte är karterat i VISS.

\*\* Som brukad mark räknas kalhyggen, aktivt brukad åkermark och fruktodling (men inte bete och slåttervall). Som anlagda ytor räknas hårdgjorda ytor tillhörande exploateringar av olika slag, t.ex. bebyggelse, hus, väg eller järnväg.

Flertalet hydromorfologiska parametrar har inte klassats men kan fortfarande utgöra åtgärdsbehov. Dessa inkluderar:

För vattendrag:

- ✓ *Konnektivitet upp- och nedströms för Fyrisån-Toboån och Sävstabäcken*
- ✓ *Konnektivitet i sidled och till svämplan*
- ✓ *Vattenståndets förändringstakt*
- ✓ *Vattendragets planform*
- ✓ *Vattendragsfårans bottensubstrat*
- ✓ *Död ved i vattendrag*
- ✓ *Strukturer i vattendraget*

För sjöar:

- ✓ *Längsgående konnektivitet för Långsjön*
- ✓ *Konnektivitet till närområde och svämplan*
- ✓ *Vattenståndsvariation*
- ✓ *Förändring av sjöns planform*
- ✓ *Bottensubstrat i sjöar*
- ✓ *Strukturer på det grunda vattenområdet*

Behovet av förbättringar för att uppnå god hydromorfologi är stort enbart utifrån klassade parametrar. Samtidigt står åtgärderna ofta i konflikt med annan markanvändning. En avgränsning av uppdragets hydromorfologiska arbete har därför varit nödvändig, vilken beskrivs i avsnitt 4.3.1.

## 3 Underlag

Nedan presenteras det underlagsmaterial som använts för utredningen.

### 3.1 Underlag punktkällor

#### 3.1.1 För fosfor

För beräkning av fosfortillförsel från punktkällor till Vendelån har underlag om enskilda avlopp, hästgårdar, reningsverk och andra punktkällor använts. Framförallt har följande underlag använts:

- Uppgifter om enskilda avlopp (status, lokalisering med mera) från Miljöförvaltningarna i Uppsala och Tierps kommuner.
- Dokumentation av utsläppskontroller från Husby avloppsreningsverk för åren 2016–2020 (Miljökontoret Tierp, 2022).
- Tillgänglig dimensioneringsdata och belastningsdata för Hovgårdsbergs avloppsreningsverk (Miljökontoret Tierp, 2022).
- Uppgifter från slamtömningsregistret i Tierps kommun.
- Schablonsiffror för föroreningsbelastning från Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd (HVMFS 2016:17) om små avloppsanläggningar för hushållspillvatten.
- Ortofoton och allmänt tillgängliga kartor, hemsidor och annat underlag för identifiering av hästgårdar.
- Länsstyrelsens register över potentiellt förorenade områden och tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter.

### 3.2 Underlag diffusa källor

Vid beräkning av tillförsel av fosfor till de tio recipienterna har olika GIS-underlag bearbetats och använts för att representera avrinningsområdenas olika markanvändningstyper. Underlag som används i utredningen för beräkning av fosfortillförsel från diffusa källor är:

- SMHI:s avrinningsområden (VARO 2016) för respektive vattenförekomst.
- Dagvattenverksamhetsområden och dagvattenledningsnät för tätorterna Björklinge och Vattholma från Uppsala Vatten och Avfall AB.
- Dagvattenledningsnät och verksamhetsområden för tätorterna Tobo och Örbyhus från Tierps Energi och Miljö (TEMAB).
- Markhöjdmodell GDS-Höjddata, grid 2+ © Lantmäteriet via geodatasamverkan.
- Årsmedeldygnstrafik (ÅDT) från nationell vägdatabas (Trafikverket, 2022).
- Jordbruksverkets jordbruksblock för år 2021, inkluderande stödberättigade befintliga våtmarker (Jordbruksverket, 2021a).



- Nationell jordartskarta, raster 25x25m, representerande egenskaper i åkermarkens matjord (Jordbruksverket, 2015a).
- Våtmarksdatabasen för identifiering av befintliga anlagda våtmarker (SMHI, 2020a).
- Lantmäteriets GSD-vägkarta i vektorformat (daterad 2020-05-28). Heltäckande GIS-lager för markanvändning my\_riks användes för skogsmark, sankmark, öppen mark och vattenytor medan lager vl\_riks användes för större vägar inom området (Lantmäteriet, 2020).
- SMED rapport Nr 5 år 2019, *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark* (Johnsson m.fl., 2019).
- Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20 med typhalter (mg/l) för läckage från skogsmark, sankmark och öppen mark (Havs- och vattenmyndigheten, 2019b).
- Specifik avrinning (mm/år) inom SMHI:s delavrinningsområden för perioden 1981-2010 (medelvärde) (SMHI, 2020b).
- Atmosfärisk fosfordeposition (kg/km<sup>2</sup>) på vattenytor inom avrinningsområdena (Karlsson och Pihl Karlsson, 2018).

### 3.3 Underlag hydromorfologi

Både GIS-underlag, tryckt material och muntliga uppgifter har använts för att kartera och utreda potentiella åtgärdsplatser för förbättrad hydromorfologisk status. De främsta källorna inkluderar bland andra:

- Länsstyrelsernas Biotopkarteringsdatabas (2018) med data om vandringshinder.
- SMHI:s dammregister (2013) med geografisk och hydrologisk information om dammar.
- Historiska kartor; häradsekonomiska kartan 1859-1863 och 1901-1906, ekonomiska kartan 1952 och 1978 från Lantmäteriet (2022).
- Damminventeringsprotokoll från Länsregistret (Länsstyrelsen, 1987).
- SMHI:s register över sänkta och torrlagda sjöar (1995).
- Svenskt elfiskeregister (SERS) och Nationellt Register över Sjöprovfisken (NORS) (SLU, 2021a, 2021b)
- Rapporter av särskild betydelse för utredningsarbetet innefattar den så kallade "Vattenbibeln" *Vatten i Uppsala län 1997* (Brunberg och Blomqvist, 1998), *Fria vandringsvägar i Mälars- och Hjälmarvattendrag* (Länsstyrelserna, 2009) och *Fysisk restaurering av akvatiska miljöer - Vattendrag och sjöar med kantzon och våtmarker* (Degerman och Näslund, 2021).
- Intervjuer och samtal med representanter för Föreningen Tegelsmorassjön och markägare vid Järstadammarna.



## 4 Metod

Den övergripande metodiken för att beräkna belastning från punktkällor och diffusa källor och ta fram och prioritera åtgärdsförslag har bestått i att:

- Analysera data om enskilda avlopp i avrinningsområdet erhållna från miljöförvaltningarna i Uppsala och Tierp, se avsnitt 4.1.1 och 5.1.1.
- Studera data på utsläpp från avloppsreningsverk, se avsnitt 5.1.2.
- Studera förekomst, lokalisering och storlek på hästgårdar, se avsnitt 0 och 5.1.3.
- Beräkna diffus fosfortillförsel från jordbruksmark utifrån underlagsmaterial från Jordbruksverket och SMED, se avsnitt 4.2.1.
- Kartering av urban markanvändning och modellering av fosfortillförsel via dagvatten från tätorter och E4:an med modellverktyget Stormtac (2022), se avsnitt 0.
- Undersöka identifierade och potentiella vandringshinder för fisk, se avsnitt 6.2 och 6.3.
- Beräkna förbättringspotential för enskilda avlopp och hästgårdar, se avsnitt 5.1 och 7.2.
- Identifiera strategiska platser och föreslå åtgärder för minskad tillförsel av fosfor från jordbruksmark genom kartanalys och fältbesök och sedan beräkna avskiljningspotential, se avsnitt 7.3 och Bilaga 1.
- Prioritera åtgärder för minskad tillförsel av fosfor utifrån beting, kostnadseffektivitet, avskiljningspotential och genomförbarhet, se avsnitt 8 och Bilaga 1.
- Beskriva platsspecifika åtgärdsförslag för minskad tillförsel av fosfor, se Bilaga 1.
- Föreslå, beskriva och prioritetsordna åtgärder för fri passage vid identifierade vandringshinder, se avsnitt 7.4.1 och Bilaga 2.

### 4.1 Metod för beräknad tillförsel från punktkällor

Punktkällorna inkluderar enskilda avlopp, reningsverk, hästhållning samt förorenade områden och tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter. Uppgifter om enskilda avlopp har erhållits från Miljöförvaltningen i Uppsala och från Miljö- och hälsoskyddsenheten i Tierp. I avsnitt 4.1.1 beskrivs vilka antaganden som gjorts och hur tillförseln av fosfor från enskilda avlopp har beräknats. Uppgifter om utsläpp från reningsverk har inhämtats från dokumentation av utsläppskontroller. Förekomst, lokalisering och bestämning av storlek på hästgårdar har gjorts genom studier av ortofoton samt genom besök i området, och detta beskrivs i avsnitt 0. För bedömning av fosforbelastning från övriga punktkällor har utgått från Länsstyrelsens register över potentiella och konstaterade förorenade områden samt tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter.

#### 4.1.1 Enskilda avlopp

##### Belastningsberäkning

Beräkningar av utsläpp av fosfor från hushåll med enskilda avloppsanläggningar till Vendelån har gjorts utifrån typ av avloppsanläggning, närvarograd och avstånd till recipient. För beräkningarna har schablonvärden använts.

Inkommande mängder fosfor till avloppsanläggningarna har beräknats utifrån de schablonsiffror för innehåll i avloppsvatten som anges i de allmänna råden för små avloppsanläggningar (Havs-

och vattenmyndigheten, 2016a) och av SMED (SMED, 2011). Eftersom de flesta människor tillbringar viss tid av dagen utanför hemmet, t.ex. då de arbetar, har hemmavaron antagits vara 65 % för permanentboende. Antalet boende i varje fastighet har antagits vara 2,4 personer utifrån SCB:s nationella statistik. För fritidshus har en närvaroegrad på 49 % för en person räknats fram utifrån SMED:s antagande om 180 persondagar (personer x dagar) per år för fritidshus. Detta motsvarar en närvaroegrad på 21 % per person om det istället är 2,4 personer som nyttjar fritidshuset. Schablonsiffror för beräkning av inkommande belastning anges i Tabell 6.

Tabell 6. Schablonsiffror som använts för beräkningar av inkommande fosforbelastning till enskilda avloppsanläggningar.

	Permanentboende	Fritidsboende
Specifik P-belastning WC+BDT (g/pers. dygn)	1,7	1,7
Specifik P-belastning BDT (g/pers. dygn)	0,15	0,15
Närvaroegrad (%)	65	49*
Antal personer/hushåll	2,4	1,0
Mängd till reningsanläggning (kg P/hushåll och år)	0,97	0,31

\*beräknat utifrån 180 persondagar per år med 100 % hemmavaro.

För beräkning av fosforreduktion i olika typer av avloppsanläggningar har schablonsiffror enligt Tabell 7 använts.

Tabell 7. Reduktion av fosfor i olika avloppsanläggningar för enskilda avlopp. Avskiljning i procent av inkommande belastning (Svenska Miljö Emissions Data, 2011).

Anläggningstyp	Reduktion i anläggning (%)
<b>WC+BDT</b>	
A Enbart slamavskiljning, stenkista eller motsvarande	15
B Infiltration/markbädd	50
C Minireningsverk	80
E Markbädd med fosforfälla	80
F Sluten tank för WC + infiltration/markbädd för BDT	95
<b>BDT</b>	
G Torrtoalett och enkel/ingen BDT-rening	90
H Torrtoalett och BDT-rening	95
<b>Övrigt</b>	
I Ej indraget vatten	100

### Status på anläggningar

I underlagsmaterialet från Uppsala kommun finns en mängd uppgifter om vilken typ av anläggning som finns på fastigheten. Utifrån informationen i underlaget kategoriserades anläggningarna in i någon av de åtta anläggningstyperna i Tabell 7. Kategoriseringen har skett per hushåll och följande antaganden har gjorts:

- Markbädd, infiltration och minireningsverk har antagits ta emot både BDT- och WC-avlopp, om inget annat anges.

- Anläggningar för WC, BDT eller WC och BDT som är noterade med ”förbud” har antagits kategori A (enbart slamavskiljning, stenkista eller motsvarande).
- Torra system för fritidsboende och andra icke-permanenta boenden som är noterade med ”ej klassad” utan information om BDT-hantering har antagits tillhöra kategori G (Torrtoalett och enkel/ingen BDT-rening).
- Torra komposterande system utan information om BDT-hantering, oberoende av bostadstyp, har antagits tillhöra kategori G.
- Hushåll utan indraget vatten har antagits inte heller ha något avlopp.

För den del av avrinningsområdet som ligger i Tierps kommun har separat underlag erhållits för enskilda avloppsanläggningar. De antaganden som gjorts för anläggningarna i Uppsala kommun gäller även för anläggningarna i Tierps kommun. Samtliga anläggningar kategoriserades enligt Tabell 7. Innan kategorisering kunde ske behövde underlaget från Tierps kommun bearbetas enligt nedan.

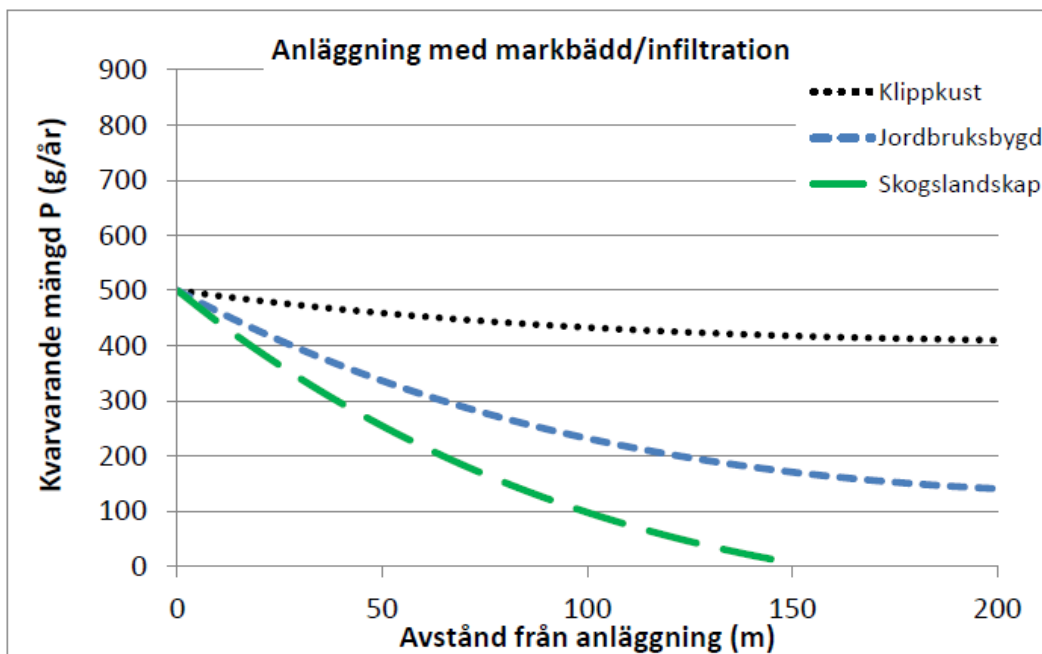
1. Kommunens mest heltäckande underlag om små avlopp i Tierp erhöles i excelformat. Information av avlopp matchades med ett kartlager med adresser i kartverktyget GIS.
2. Underlaget behövde sedan rensas och kompletteras med information från kommunens slamtömningsregister eftersom viss information om enskilda avlopp saknades i kommunens avloppsregister.
3. Ett antal extra antaganden behövde göras för kategorisering av avloppen i Tierps kommun på grund av bristfälligt underlag. Vissa hushåll med avlopp finns till exempel registrerade i kommunens register för avlopp, men inte i slamregistret, och vice versa.

### **Retention**

Behandlat vatten från en enskild avloppsanläggning tas ofta emot av omgivande mark. I marken sker ytterligare avskiljande processer som kvarhåller fosfor, så kallad retention. Retentionen kan vara betydande och reducerar då risken för påverkan på yt- och grundvatten. Beräkningarna har utförts så att retentionen i marken beror av avstånd till Vendelån, liksom till Vendelåns anslutande biflöden. Antagen retention är baserad på en rapport om markretention för enskilda avlopp och beskrivs i Tabell 8 och Figur 6 (Ridderstolpe m.fl., 2017). Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten och baseras på en omfattande litteraturgenomgång. Ytterligare ett antagande som gjorts är att alla enskilda avlopp i avrinningsområdet för Vendelån ligger i ”jordbruksbygd”, vilket motsvarar medelhög retention. Eftersom en stor del av Vendelåns avrinningsområde består av skogslandskap och en del av avloppen ligger i dessa delar, är den totala retentionen sannolikt något större än antaget i beräkningarna.

Tabell 8. Retention (kg P/år) i olika landskapstyper och vid olika avståndsintervall till närmaste sjö, vattendrag, anslutande biflöde eller jordbruksdike. Baserad på en omfattande litteraturgenomgång (Ridderstolpe m.fl., 2017).

Avstånd till recipient (m)	Retention (kg P/hushåll och år)		
	Klippkust	Jordbruksbygd	Skogslandskap
0-20	0	<b>0,05</b>	0,05
20-100	0,05	<b>0,20</b>	0,30
>100	0,08	<b>0,25</b>	0,40



Figur 6. Kvarvarande mängd fosfor i avloppsvattnet efter utsläpp till mark från ett hushåll med markbaserad anläggning. Baserad på litteraturgenomgång (Ridderstolpe m.fl., 2017).

#### Utsläpp av fosfor från enskilda avlopp till Vendelån

Den utsläppta mängden fosfor per hushåll har beräknats enligt följande:

$Mängd\ fosfor\ [kg/år] = Belastning\ per\ hushåll\ och\ år * antal\ hushåll * (1 - reduktion\ i\ anläggningen - retention\ i\ mark)$

## 4.1.2 Hästgårdar

### Inventeringsmetod

Det finns inget heltäckande register över hästgårdar, antal hästar eller var hästar finns, vare sig nationellt eller regionalt. Det beror bland annat på att den person som är registrerad ägare till hästen ofta bor på en annan plats än där hästen finns.

Hästgårdar har lokaliserats genom sökningar på internet och via ortofoto över avrinningsområdet för Vendelån, där fastigheter med ridbanor, hästtransporter och gödselplattor eftersökts. Möte med hästägare med god lokalkännedom har hållits för att bekräfta och revidera gjorda iakttagelser. Antal hästar per gård har uppskattats utifrån uppgifter på hemsidor, storlek på stall och rastgårdar, antal hästtransporter och räknade hästar på plats.

### Beräkningar

Utifrån ett antal antaganden har beräkningar gjorts för mängd producerad fosfor i hästgödsel, fördelning mellan stall, rastfällor/bete nära stallet respektive sommarbete, samt hur mycket fosfor som uppskattas läcka ut till Vendelån årligen.

I beräkningarna har vi utgått från följande:

- Hästarna är till 70 % hästar och 30 % ponnyer (Jordbruksverket, 2005)
- Varje hästs träck och urin innehåller 8,9 kg fosfor per år från hö, hösilage, kraftfoder, mineraler och strömedel (Jordbruksverket, 2013)
- Allt fosfor i fodret hamnar i gödseln, nästan all fosfor återfinns i träcken.
- Gödseln hanteras på gödselplatta eller i container. Av den gödseln läcker 2 % till Vendelån (egen bedömning)
- 8 timmar daglig utomhusvistelse (33 % av dygnet) i beten nära stallet och rastfällorna under 9 månader (höst, vinter, vår).
- 50 % daglig mockning i rastfällor och beten som används under höst–vinter–vår, genomsnitt över säsongen och mellan gårdarna (egen bedömning).
- Fosforläckage till Vendelån från vinterbeten och rastfällor uppskattas till 20 %.
- 90 dagars sommarbete som inte mockas, och där ingen tillskottsutfodring sker.
- Om sommarhagarna är stora, antalet hästar inte är för högt och ingen tillskottsutfodring sker så har det antagits att det är balans mellan upptag av fosfor genom bete och återförd fosfor genom gödseln.

Vid beräkning av möjlig minskning av fosforbelastningen från hästgårdar till Vendelån har vi utgått från ovanstående antaganden, men gjort vissa förändringar. Detta beskrivs i avsnitt 7.2.2.





Figur 7. Rasthagarna är svåra att mocka på vintern när det är fruset.

## 4.2 Metod för beräknad tillförsel från diffusa källor

Vid beräkning av teoretisk fosfortillförsel från land till recipient sammanställdes tillgängligt GIS-underlag för olika typer av markanvändning inom området. Den diffusa näringstillförseln från land är beroende av flertalet faktorer och lokala förutsättningar. Markanvändning, topografi, markens läckagekoefficient, jordart och fosforhalter i marken samt klimatfaktorer är några av de styrande faktorerna för transporten av näringsämnen. Vid bearbetning av överlappande GIS-underlag prioriterades markytor enligt följande prioritetsordning: verksamhetsområde för dagvatten, Jordbruksverkets jordbruksblock följt av markskikt från GSD-väggkartan (skogsmark, sankmark, öppen mark och vattenytor). I öppen mark ingår generellt obrukade grönytor, väggkanter, tomter och gårdar i glesbygd. I Tätorterna Björklinge, Vattholma, Örbyhus och Tobo karterades områden för dagvatten enligt nästa stycke. Vissa ytor utanför tätorterna räknas enligt väggkartan som ”bebyggelseområde”. Dessa kategoriserades som mindre förorenande villaområden i beräkningsprogrammet Stormtac (2022) och hanterades som dagvattenalstrande ytor. Motorvägen E4:an kategoriserades också som dagvattenalstrande.

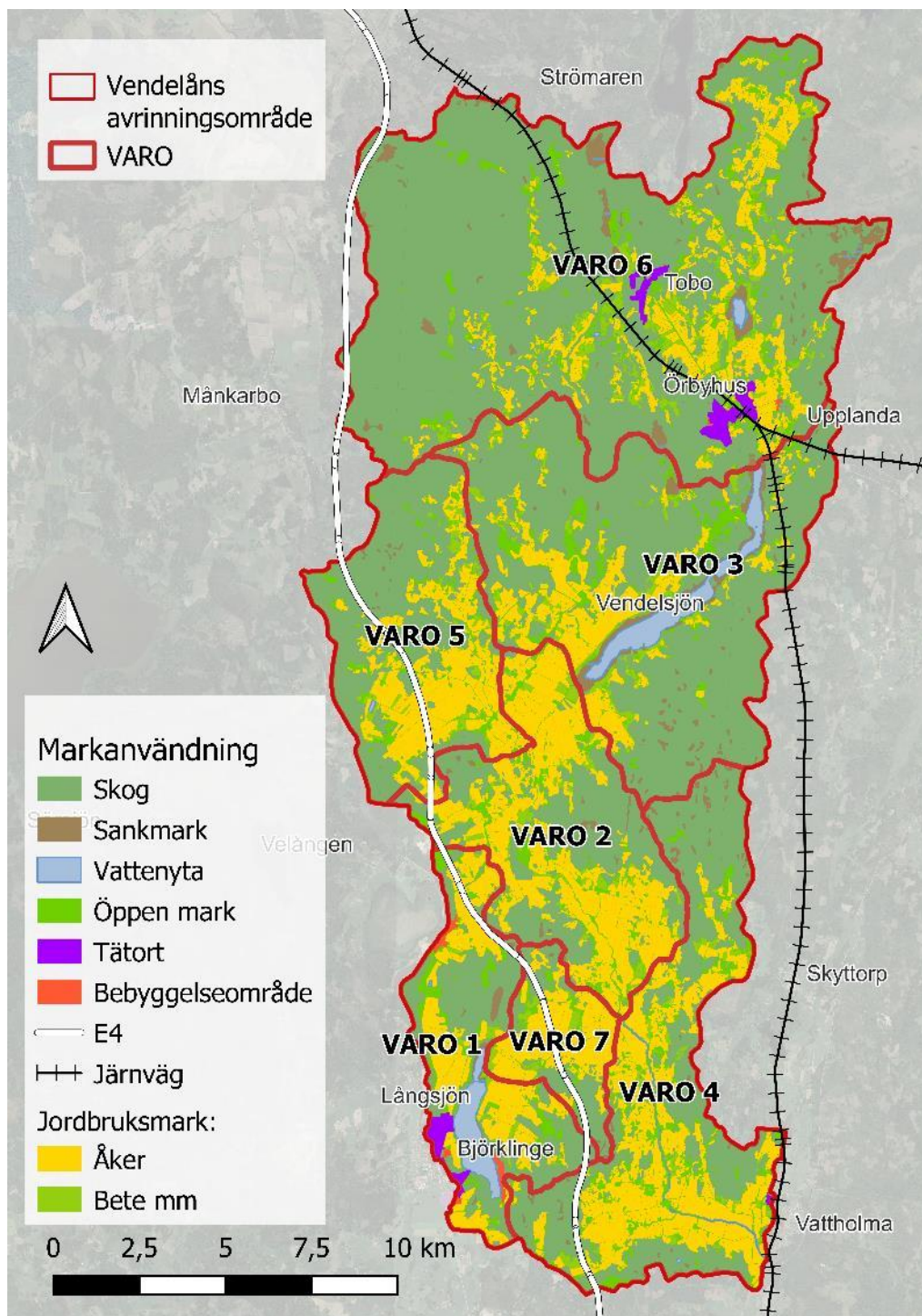
För Björklinge och Vattholma erhöles underlag för verksamhetsområden för dagvatten. För samtliga tätorter erhöles också underlag för dagvattenledningsnät. Dessa användes för att definiera vart dagvatten alstras i tätorterna. Utöver underlaget gjordes en viss handpåläggning för att inkludera närliggande villafastigheter i Tobo och Örbyhus enligt Googles satellitbilder. Det sammansatta området för dagvattenalstrande ytor kallas härnäst för ”tätort och dagvattenalstrande ytor” i figurer och text. Dagvattenberäkningar togs fram genom markkartering av tätorterna och föroreningsmodellering i Stormtac (2022).

GIS-bearbetningen resulterade i den markkarteringskarta som ses i Figur 8.

Den diffusa fosfortillförseln redovisas i denna utredning fördelat på jordbruksmark, skogsmark, sankmark, öppen mark och dagvatten (främst tätort och E4:an). Utöver detta redovisas även



mängden atmosfärisk fosfordeposition på vattenytor inom avrinningsområdet. Bruttobelastningen beräknades för de diffusa källorna, det vill säga den teoretiska näringsbelastningen som tillrinne respektive VARO årligen. Den näringsreduktion som befintliga åtgärder bidrar med inom respektive VARO dras sedan ifrån bruttobelastningen så att en nettobelastning erhålls, vilken redovisas i avsnitt 5.5. Befintliga åtgärder inkluderar två stödberättigade våtmarker på jordbruksmark.



Figur 8. Karterad markanvändning i Vendelåns avrinningsområde. Kartan har sammanfogats enligt beskrivningen ovan. Järnväg visas i orienterande syfte.

## 4.2.1 Jordbruksmark, skogsmark, sankmark och öppen mark

Jordbruksblocken för år 2021 innehåller den stödberättigande jordbruksmarken enligt EU:s definition med indelning av ägoslag: ”åker”, ”åkermark med långliggande vall” alternativt ”åkermark med permanenta grödor”, ”betesmark” och till mindre andel definierat som ”okänt” och stödberättigade ”våtmarker”. Vid beräkning av fosfortillförsel från dessa områden grupperades ägoslagen ”betesmark”, ”åkermark med långliggande vall”, ”åkermark med permanenta grödor” och kategorin ”okänt” till en enda kategori som i beräkningar har hanterats som betesmark. Fortsättningsvis benämns denna kategori som ”bete/övrig åkermark” i denna rapport. Marken i denna kategori bedöms som mindre produktiv jordbruksmark med lägre läckagekoefficient. Mark tillhörande kategorin åker bedöms som mer produktiv åkermark och räknas därmed separat och benämns fortsättningsvis som ”åker”.

I SMED:s arbete med beräkning av den svenska åkermarkens näringsförluster till omgivande hav som används vid rapportering till HELCOM:s PLC7 (Pollution Load Compilation) har noggranna beräkningsmodeller tagits fram (Johnsson m.fl., 2019). I denna utredning har SMED:s framtagna läckagekoefficienter för aktuell region (region 6, Mälar- & Hjälmabygden) används vid beräkning av jordbruksmarkens (”åkermark” samt ”bete/övrig mark”) årliga tillförsel av fosfor. Modellerna bygger bland annat på klimatdata, fosforhalter i marken, jordartsförhållande (förutom organiska jordar), markens lutning samt grödor som odlas (Johnsson m.fl., 2019). Modellens resultat är förväntade normalläckage för olika grödor, jordarter och regioner inom Sverige.

Flerfaktorer som påverkar fosforläckage från jordbruksmark ändras med åren, bland annat nederbörd, avrinning, temperatur och val av gröda. Förutom nederbörd och avrinningsförhållanden inom jordbruksmarken har jordartens egenskaper stor betydelse för fosforläckage. Områden med lerjordar, som ger upphov till makroporer i markprofilen och områden med hög erosionskänslighet har generellt högre fosforläckage. Vid beräkning av fosforförlust för ”åker” och ”bete/övrig åkermark” användes markens jordartsfördelning (Jordbruksverket, 2015a) och tillhörande läckagekoefficient (Johnsson m.fl., 2019). Jordarterna integrerades i jordbruksblocken genom att identifiera den centrala jordarten i varje block med hjälp av QGIS. För fosforläckage från ”åker” användes därefter jordartens genomsnittliga läckagekoefficient och för ”bete/övrig mark” användes läckagekoefficient för vall. Underlag kring fosforläckage relaterat till olika grödor har inte använts i denna utredning och anses inte vara relevant då val av grödor kan förändras snabbt över tid.

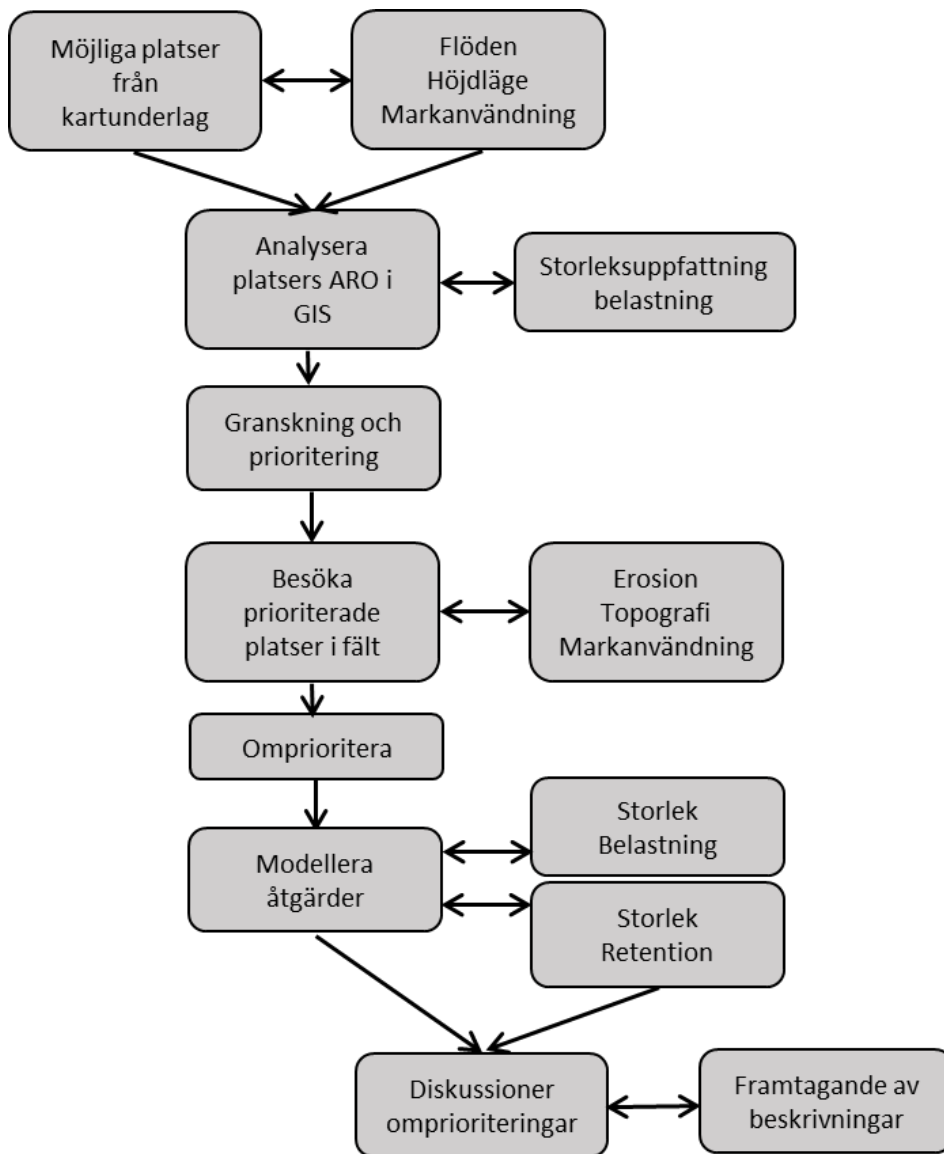
Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20 anger för regionen typiska fosforläckage från skogsmark, sankmark och öppen mark som typhalt i mg per liter (Havs- och vattenmyndigheten, 2019b), vilket tillsammans med den specifika avrinning (mm/år) för området (SMHI, 2020b) användes vid beräkning av fosforläckage för dessa tre markkategorier.

### Val av åtgärdsplatser

Arbetet med att ta fram åtgärdsplatser i jordbrukslandskapet har gjorts stegvis med prioriteringar och omprioriteringar. Till att börja med har tillrinningsområdet undersökts i kartunderlag där vattendragens storlek och läge, markanvändning och möjligheten att skapa åtgärder analyserats. Platspecifika åtgärdsförslag formulerades i en ”bruttolista” och åtgärderna gavs en preliminär prioritet. Prioritetsklassningen gjordes enligt en fyrgradig skala med högsta prioritet (1) till lägst prioritet (4), där prioritet 4 innebär att åtgärdsförslaget avfärdades. Genom samma metod som för hela Vendelåns avrinningsområde erhöles en storleksuppskattning av fosforbelastning vid platsen för förslagen. Därefter har platsbesök utförts på de platser som bedömts mest lovande (åtgärder med preliminär prioritet 1 och 2).

Vid platsbesöken har förslagens lämplighet undersökts bland annat utifrån topografiska förhållanden, släntlutningar och eventuella spår av erosion samt mer specifik nuvarande markanvändning och genomförbarhet. Eventuell justering av lokalisering och/eller av tillrinningsområde gjordes baserat på observationer i fält. Belastning och åtgärdernas potentiella fosforreduktion har därefter beräknats och ett slutligt förslag till prioritet fastställts. En ”nettlista” sammanställdes med åtgärdsförslag som fått prioritet 1 och 2.

I Figur 9 visas hur processen vid framtagande av åtgärdsförslag sett ut.



Figur 9. Beskrivning av arbetsgången för framtagande av åtgärdsplatser.

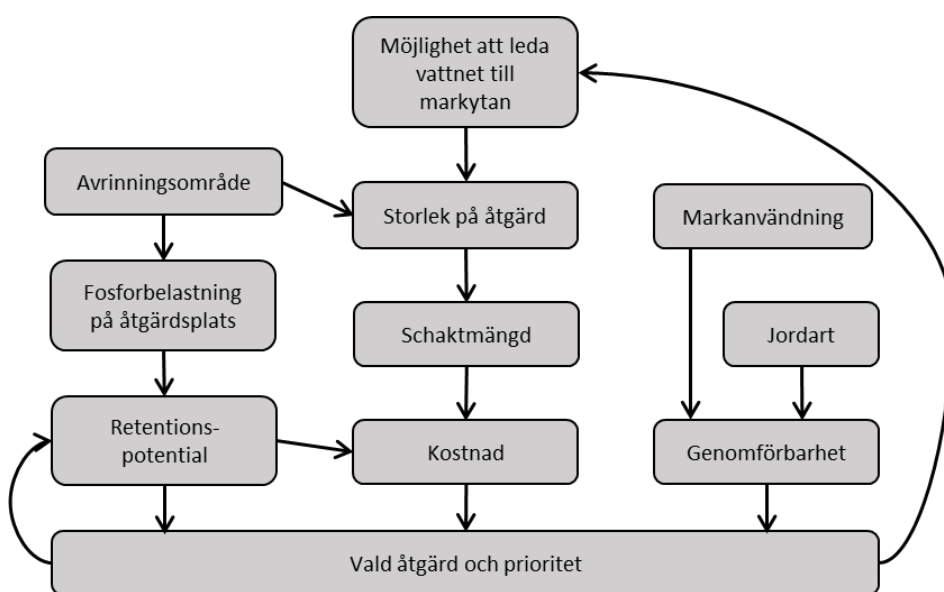
Åtgärdsförslag av prioritet 1 och 2 presenteras mer detaljerat i Bilaga 1, där fosforavskiljningsförmåga, genomförbarhet och kostnadseffektivitet mer beskrivs och illustrationer visar på lokalisering i landskapet. Platser med prioritet 3 bör ses som möjliga åtgärder att fortsätta arbetet med för god ekologisk och kemisk status, efter genomförande av åtgärderna av prioritet 1 och 2.

#### Val av åtgärdstyp och prioritering av åtgärder

De parametrar som vägts in vid val av åtgärdsplats och åtgärdstyp samt prioriteringsordning framgår av diagrammet i Figur 10. Grundläggande är att det ska finnas flödesvägar i form av

öppna diken eller täckdiken till platsförslaget från tillrinnande jordbruksmark. Topografi, markanvändning och jordart analyserades initialt för att lokalisera platser där det i teorin fanns möjlighet att anlägga en åtgärd för uppsamling av dräneringsvatten från jordbruksmark. Storleken på åtgärden har baserats på bland annat avrinningsområdets storlek och markanvändning. Vid platsletandet har hänsyn tagits till schaktbehovet för åtgärderna då detta påverkar kostnaden starkt. Schaktmängder har beräknats efter fältbesök då vattennivåer i diken eller täckdiken har mätts i. En samlad bedömning av genomförbarhet har gjorts genom att väga in ytterligare aspekter, så som påverkan på markavvattningsföretag, modifieringsbehov av befintlig infrastruktur, åtkomst för skötselåtgärder, eventuella markföroreningar, kommunalt markinnehav, masshanteringsantagande och möjliga synergieffekter.

De parametrar som givits störst vikt vid prioriteringen av åtgärdsförslag har varit den teoretiska fosforavskiljningen för åtgärden och åtgärdens bedömda genomförbarhet utifrån lokalspecifika förhållanden. Betinget i respektive VARO har även spelat in vid prioriteringen. I avsnitt 7.3.1, där åtgärdstyperna beskrivs i detalj, beskrivs också metodiken kring val av specifik åtgärdstyp.



Figur 10. Konceptuell skiss över vilka parametrar som vägts in vid val av åtgärder och prioritering av dessa.

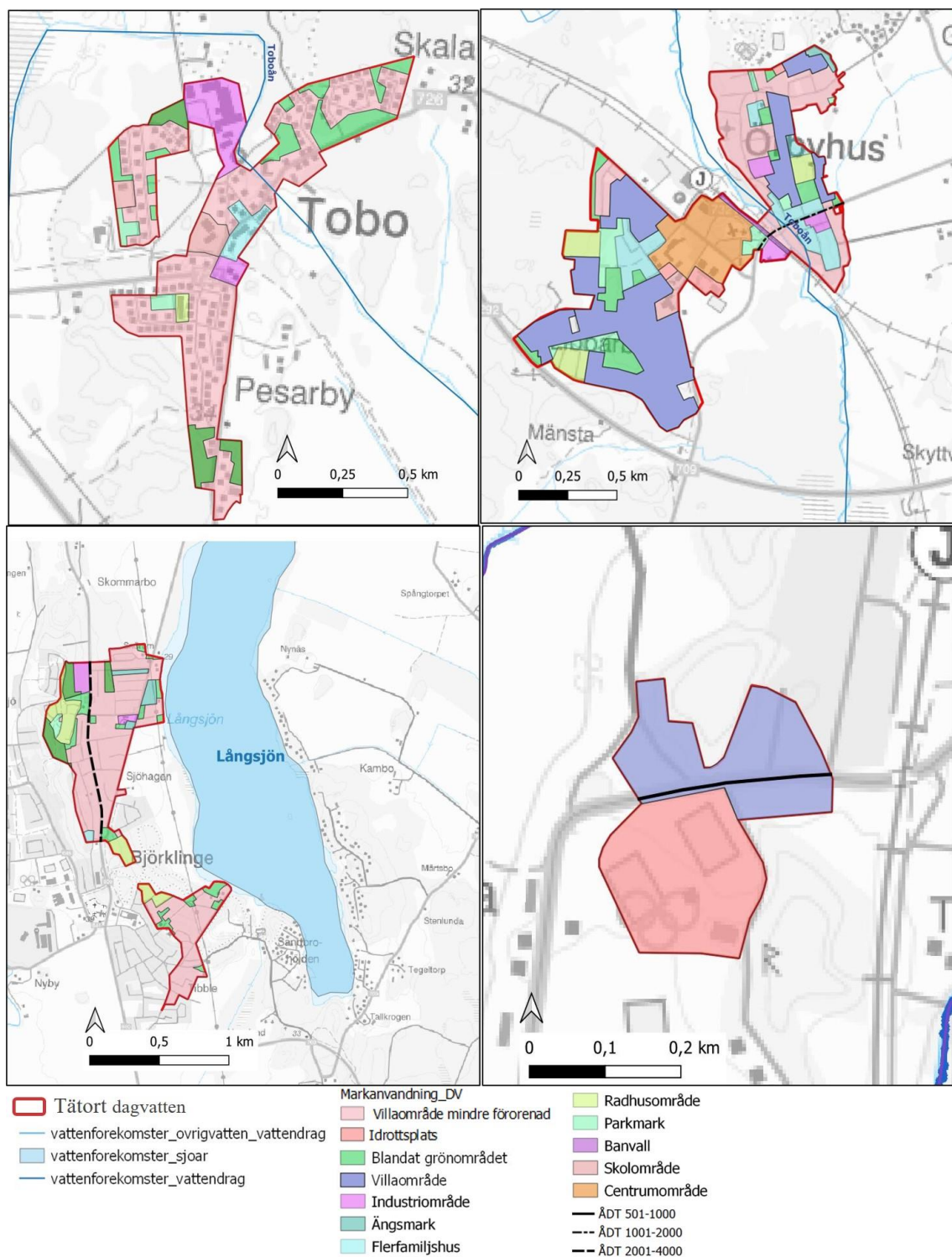
Vi vill belysa att det är av stor betydelse att i ett tidigt skede diskutera och förankra åtgärdsförslag med berörda markägare för att åtgärder ska bli genomförda och bidra med positiva effekter för recipienten och miljön. Detta eftersom de flesta åtgärder för jordbruksmark är frivilliga. Effektivast är om myndigheter kan bistå lantbrukaren med rådgivning om konkreta åtgärder som lantbrukaren kan genomföra direkt utan att det påverkar ekonomin negativt. Ofta finns det skäl till att åtgärder som föreslås inte blir genomförda. Dessa skäl kan vara lagstiftning, regelreningsverk kring EU-stöd, åkermarkens värde, oro för påverkan på grannfastigheter och brist på tid eller pengar. Åtgärder som inte inkräktar på produktionen och dessutom får stöd för merkostnaden har störst chans att bli genomförda. I Bilaga 1, avsnitt 9 redogörs för vilka stöd som kan sökas.

#### 4.2.2 Dagvatten från tätortsbebyggelse med mera

Dagvattenberäkningar har gjorts för tätortsbebyggelse, E4:an och vissa villaområden utanför tätort.



Marken inom tätort (Figur 8) delades in i en mer detaljerad markanvändning (Figur 11). Markkarteringen gjordes genom att studera ortofoton och Google street view. Vägar med årsdygnsmedeltrafik (ÅDT) 1 000 eller mer kategoriserades separat. Vägarnas area och placering uppskattades utifrån sträckningar och bredder angivna i lager 'GSD-Väggkartan'.



Figur 11. Karterad markanvändning inom tätorterna i Toba, Öbyhus och delar av Björklinge och Vattholma (bilden nere till höger) som avbördar mot ingående vattenförekomster. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet (topo-webb)

Inom tätorterna består marken främst av villaområden följt av industriområde, blandat grönområde och flerfamiljshusområde (Tabell 9).



Tabell 9. Markanvändning som har ingått i dagvattenberäkning uppdelat per vattenförekomst-avrinningsområde (VARO). Där mark ingår i tätort anges det i tabellen med ortsnamn.

Markanvändning	VARO 01 Björklinge (ha)	VARO 02 - (ha)	VARO 04 Vattholma (ha)	VARO 05 - (ha)	VARO 06 Tobo Örbyhus (ha)	VARO 07 - (ha)	Summa (ha)
Banvall					1,0		1,0
Skogsmark	5,5				3,9	1,2	11
Blandat grönområde	6,6				7,0	9,0	23
Centrumområde						14	14
Flerfamiljshusområde	0,5				1,9	11	14
Idrottsplats			3,5			2,1	5,6
Industriområde	3,0				5,1	2,9	11
Parkmark	0,8				1,3	5,7	7,8
Ängsmark	2,6					0,6	3,2
Radhusområde	8,8				0,8	6,1	16
Skolområde					2,8	2,0	4,8
Villaområde						45	45
Villaområde, mindre förorenat*	63		3,1		34	25	130
Väg 5 (E4) (ÅDT 7 800)	12	3,3	9,0	19	7,5		64
Väg 4 (ÅDT 3 700)	1,0						1,0
Bebyggelse ej tätort	53					6,4	59
<b>Summa</b>	<b>160</b>	<b>3,3</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>66</b>	<b>130</b>	<b>410</b>

\* Markanvändningskategorin har använts för villaområden utan dagvattenledningsnät

## 4.3 Metod för hydromorfologi

### 4.3.1 Avgränsning

Vendelån och dess biflöden är starkt påverkat av historiska ingrepp från bland annat dämmen, dikning och markavvattning för jordbruk. Alla sju vattenförekomster i avrinningsområdet har därför idag sämre än god status för de allra flesta hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna.

För att uppnå god status enligt Sveriges implementering av EU:s vattendirektiv krävs bland annat att en stor del av Vendelåns åsträcka, drygt 70 %, upphör vara rätad, dikad, rensad och markavvattnad. Drygt 30 % av dess närområde och svämplan behöver därtill upphöra utgöras av anlagda ytor eller aktivt brukad mark (se avsnitt 2.5.2). Utöver detta tillkommer stora osäkerheter i att sex av fjorton hydromorfologiska parametrar är oklassade för alla vattenförekomster.

För att i realiteten uppnå god status med avseende på *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* krävs alltså betydande förändringar av markanvändningen kring åfåran, vilket ofrånkomligen skulle medföra stora intressekonflikter. Åtgärderna bedöms vara av sådan magnitud att de varken ryms inom detta uppdrag eller kan anses vara genomförbara inom en överskådlig framtid.

Inför nästa förvaltningscykel pågår dessutom ett arbete med att se över uppdelningen av vattenförekomster. Inom Uppsala län kommer troligen antalet vattenförekomster bli fler då vattendrag kommer att få en ökad segmentering och vissa sjöar som idag klassas som övrigt vatten kommer att bli vattenförekomster. Detta ska möjliggöra att vissa vattenförekomster att

klassas som Kraftigt Modifierade Vattendrag (KMV) (Berglund, 2022, pers. komm.), för vilka ekologisk potential ska uppnås istället för ekologisk status. Det är alltså möjligt att målbilden för vissa av Vendelåns vattenförekomster, i form av miljö kvalitetsnormer, kan komma att ändras framöver.

Med detta som bakgrund inriktades uppdraget för hydromorfologi huvudsakligen på åtgärder som medför god status för kvalitetsfaktorn *konnektivitet (upp- och nedströms)*. I praktiken innebar detta kartering av vandringshinder och framtagande av åtgärder för passage av fisk (Bilaga 2). Dock har även en översiktlig utredning gjorts för möjliga åtgärder för förbättrad *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* (Bilaga 3). Beskrivna åtgärder bedöms dock varken uppfylla behovet för att nå god status för *hydrologisk regim* eller *morfologiskt tillstånd*.

#### 4.3.2 Metod konnektivitet

1. En GIS-databas framarbetades med en preliminär sammanställning av vandringshinder från digitala databaser (SMHI, 2013; Länsstyrelserna, 2018).
2. Ytterligare information om vandringshinder erhöles från beställaren. I detta fall fanns sedan tidigare förstudier med förslag till åtgärder för de två vandringshinder som identifierades.
3. Kompletterande information om vandringshinder gjordes även med hjälp av skriftliga källor, främst med hjälp av *Vatten i Uppsala län* (Brunberg och Blomqvist, 1998).
4. Ytterligare komplettering av kända vandringshinder gjordes med hjälp av historiska kartor från arkiv tillhörande Rikets allmänna kartverk, Lantmäteristyrelsen och Lantmäterimyndigheterna (Lantmäteriet, 2022) samt damminventeringsprotokoll från Länsregistret (Länsstyrelsen, 1987).
5. Eventuella vattendomar som påverkar vandringshindren inhämtades.
6. En bedömning av fiskfauna och de limniska värdena i Vendelån och biflöden sammanställdes med grund i de inventeringar som finns registrerade i SERS och NORS (SLU, 2021b, 2021a), samt icke-registrerade provfisken beskrivna i *Vatten i Uppsala län* (Brunberg och Blomqvist, 1998).
7. Vid ett vandringshinder kontaktades markägarna för dämnet och för ett annat vandringshinder kontaktades den lokala sjöföreningen för att få ytterligare lokalkännedom vandringshindren. De fick även möjlighet att ge synpunkter kring potentiella åtgärdsförslag.
8. Platsbesök genomfördes för att undersöka de fysiska förutsättningarna för fiskvägar och andra åtgärds möjligheter. Vid varje platsbesök gjordes inmätningar av nivåer på dikesbotten, vattenyta, mark och dämmen med avvägningsinstrumentet GeoMax Zenith35 Pro. Vandringshindren dokumenterades med fotografier och fältprotokoll med observationer kring utformning, vattenföring, markförhållanden, kulturmiljö med mera.
9. Efter fältbesök gjordes för varje vandringshinder en bedömning av de förstudier som fanns framtagna sedan tidigare. Utifrån tidigare förstudier och egna underlag togs sedan ett konkret åtgärdsförslag fram.
10. Varje åtgärdsförslag beskrivs i Bilaga 2. Åtgärdsförslagen tar bland annat hänsyn till genomförandepotential (markägarförhållanden, jordart, topografi, tillgänglighet, eventuell berörd vattendom eller markavvattningsföretag, intressekonflikter, hävd och kulturmiljö), en kostnadsuppskattning (investering, drift och stödmöjligheter) och

bedömd effekt av åtgärd (på konnektivitet, fiskfauna, rekreation och eventuella negativa effekter).

#### 4.3.3 Metod hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd

1. En översiktlig kartering av utredningsområdet har gjorts genom att bland annat jämföra äldre historiska kartor från 1859-1869 (Lantmäteriet, 2022) med dagens ortofoton. Även båtlandsområden för markavvattningsföretag användes för att identifiera historiska ändringar av sjöar och vattendrag.
2. Denna kartografiska undersökning kompletterades information från *Vatten i Uppsala län* (Brunberg och Blomqvist, 1998).
3. Åtgärder från karteringen av diffus tillförsel av fosfor från jordbruksmark som avfärdades ur reningssynpunkt, men ansågs kunna bidra till en förbättrad hydromorfologi, identifierades.
4. Därefter togs en bruttolista med dessa åtgärder fram som bidrar till förbättrad status för hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd, se Bilaga 3.
5. Utbredningen av exempelvis återställande av avsänkta sjöar har anpassats utifrån dagens förutsättningar. Förslag till höjning av vattenytan har utgått från att inte påverka eventuell omkringliggande åkermark negativt och är nödvändigtvis inte kopplat till en återställning av naturliga nivåer innan avsänkning.
6. Åtgärderna beskrivs i Bilaga 3 översiktligt utifrån tillgängligt kartmaterial. De har prioriterats utifrån genomförbarhet, främst topografi och eventuell påverkan på jord- eller skogsbruk, men ej besökts i fält. Det har vägts in som en positiv aspekt om åtgärderna kan innebära mervärden ur rekreationssynpunkt.

Utöver åtgärder i Bilaga 3 har det vid arbetet med framtagande av åtgärder för diffus tillförsel av fosfor tagits hänsyn till hur åtgärdsförslagen kan utformas för att bidra till förbättrad *hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd*. Dessa utformningar för förbättrad hydromorfologi har integrerats i åtgärdsförslagen i Bilaga 1.

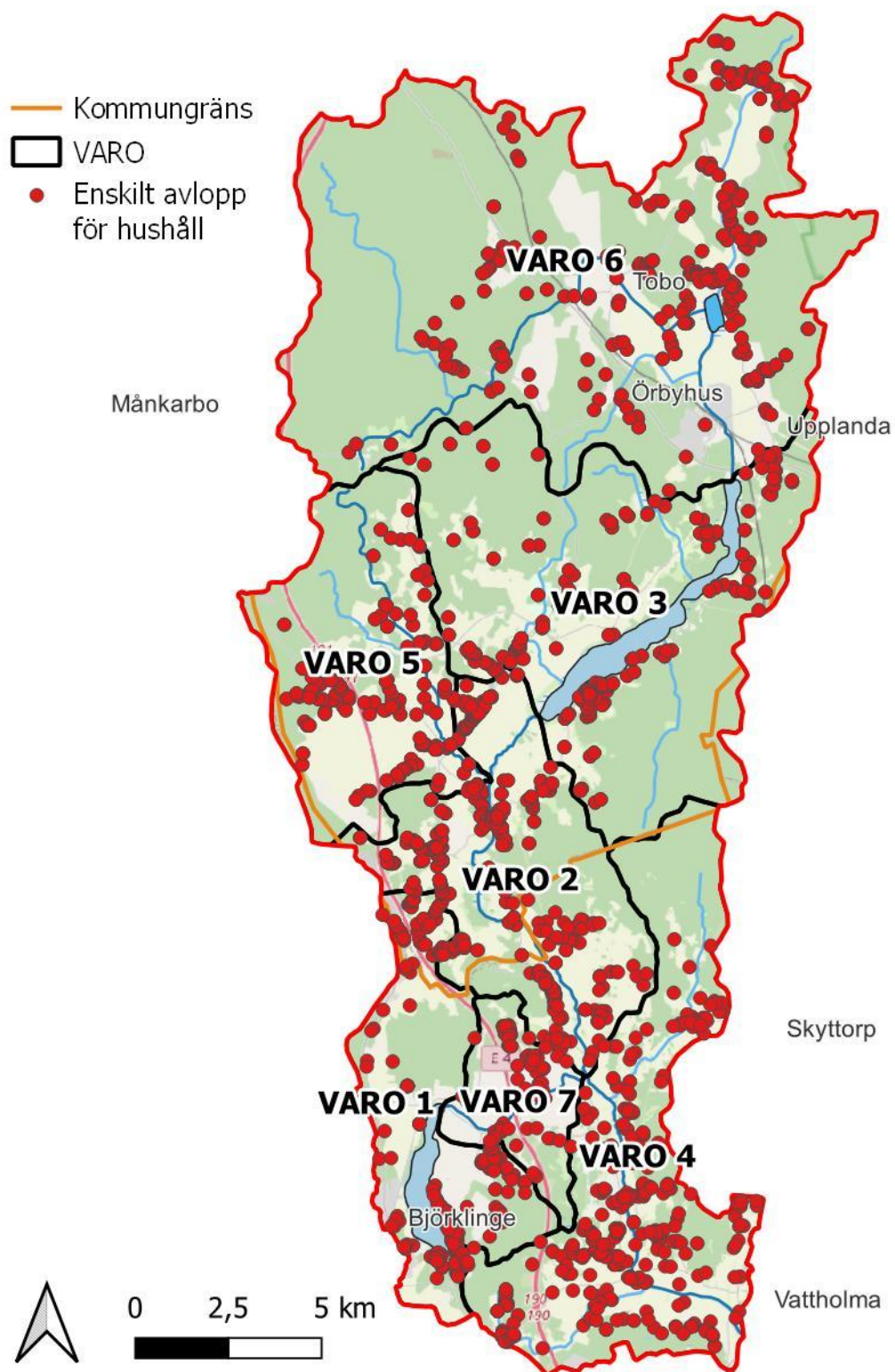
## 5 Fosfor

I detta avsnitt beskrivs den beräknade belastningen av fosfor från punktkällor och diffusa källor till Vendelån.

### 5.1 Punktkällor

#### 5.1.1 Enskilda avlopp

Enligt underlag från Uppsala och Tierp kommuner finns 1599 hushåll med enskilda avlopp i Vendelåns avrinningsområde (se Figur 12). Av dessa ligger 752 stycken i Uppsala kommun och 847 stycken i Tierps kommun. Där avståndet från avloppen är 20 meter eller mindre till Vendelån eller anslutande biflöden förväntas endast begränsad retention av näringsämnen ske i marken. Totalt ligger 35 hushåll inom det avståndet. Inom avståndet 20–100 meter finns 227 stycken hushåll med enskilda avlopp. För dessa avlopp förväntas retention ske i marken i större utsträckning. Resterande avlopp ligger mer än 100 meter från Vendelån eller dess biflöden och beräknas ha en retention i mark motsvarande jordbruksbygd. Antalet enskilda avlopp i respektive delavrinningsområde samt fördelning mellan de olika kommunerna visas i Tabell 10.



Figur 12. Hushåll med enskilda avlopp inom Vendelåns avrinningsområde. De svarta linjerna visar gränser för respektive VARO och orange linje är kommungränsen mellan Uppsala och Tierp. Bakgrundskarta © OpenStreetMap, bidragsgivare.

Tabell 10. Antal hushåll med enskilda avlopp i Vendelåns avrinningsområde fördelat på delavrinningsområde (VARO) och kommun.

Avrinningsområde	Hushåll med enskilda avlopp Uppsala	Hushåll med enskilda avlopp Tierp	Hushåll med enskilda avlopp totalt
VARO 1	190	36	226
VARO 2	123	203	326
VARO 3	0	193	193
VARO 4	348	0	348
VARO 5	0	135	135
VARO 6	0	280	280
VARO 7	91	0	91
<b>Summa</b>	<b>752</b>	<b>847</b>	<b>1599</b>

#### Utsläpp av fosfor från enskilda avlopp till Vendelån

De enskilda avloppen inom Vendelåns avrinningsområde beräknas, med hänsyn taget till retention i mark, belasta Vendelån med cirka 320 kg fosfor årligen, se Tabell 11. Om alla avlopp leddes ut direkt från anläggningen till vattendrag via ledningar och ingen retention således kunde ske, skulle belastningen av fosfor från de enskilda avloppen vara ungefär dubbelt så stor.

Tabell 11. Beräknade årliga mängder fosfor från enskilda avlopp som belastar Vendelån.

Typ av reningsanläggning	Antal hushåll	Belastning (kg/år)	Reduktion anläggning (%)	Utsläpp från anläggning (kg/år)	Retention (kg/år)	Till Vendelån (kg/år)
Enbart slamavskiljning	167	162	15	137	40	98
Infiltration/markbädd	909	880	50	440	219	221
Minireningsverk	128	124	80	25	25	0
Fosforfälla Infiltration/markbädd	14	14	80	2,7	2,7	0
Sluten tank + infiltration BDT	228	221	95	11	11	0
Torrtoalett och enkel/ingen BDT-rening	30	9	90	0,9	0,9	0
Endast BDT m rening	103	32	95	1,6	1,6	0
Ej indraget vatten	20	0	100	0,0	0,0	0
<b>Summa</b>	<b>1 599</b>	<b>1 440</b>		<b>618</b>	<b>300</b>	<b>319</b>

I Tabell 12 nedan redovisas beräknad tillförsel av fosfor från enskilda avlopp inom Vendelåns avrinningsområde fördelat per VARO och kommun samt totalt.

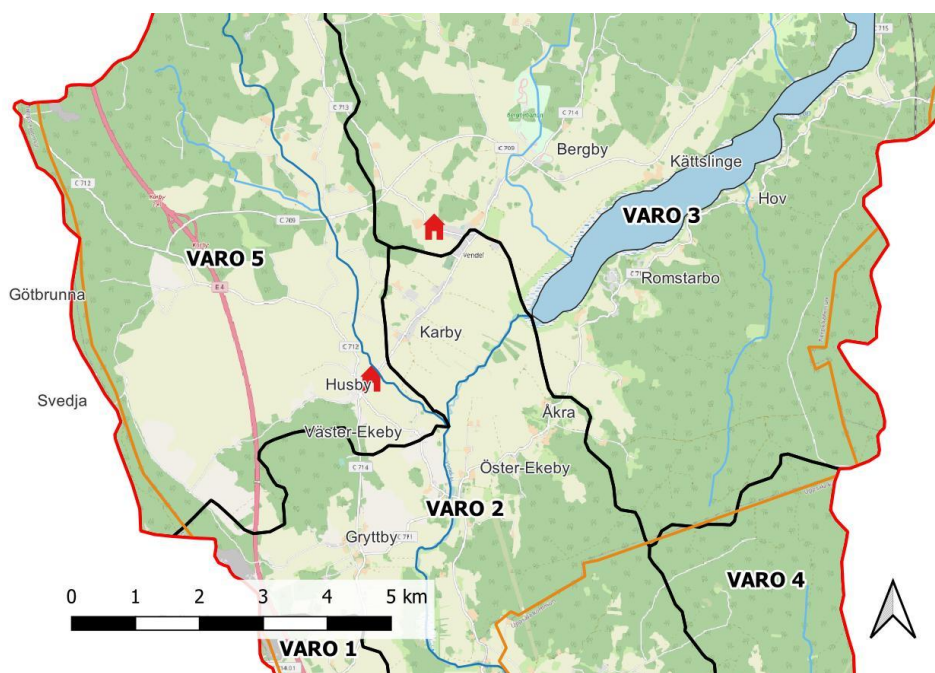


Tabell 12. Beräknad årlig tillförsel av fosfor från enskilda avlopp inom avrinningsområdets olika VARO till Vendelån fördelat mellan Uppsala och Tierps kommuner.

Avrinningsområde	Kg P/år Uppsala	Kg P/år Tierp	Kg P/år totalt
VARO 1	11	9	20
VARO 2	27	47	74
VARO 3	0	39	39
VARO 4	69	0	69
VARO 5	0	34	34
VARO 6	0	73	73
VARO 7	10	0	10
<b>Summa</b>	<b>117</b>	<b>202</b>	<b>319</b>

### 5.1.2 Reningsverk

Inom Vendelåns avrinningsområde finns två mindre avloppsreningsverk - Husby reningsverk och Hovgårdsbergs reningsverk (Figur 13). Information om dem sammanfattas nedan.



Figur 13. Lokalisering av avloppsreningsverken i Husby och Hovgårdsberg (röda hus-symboler).

#### Husby avloppsreningsverk

Husby reningsverk är en U-verksamhet som ligger på fastighet Husby 19:2. Fastigheten ligger inom avrinningsområdet för Vendelån–Tassbäcken (VARO 5).

Enligt erhållit underlag från miljökontoret i Tierp är Husby reningsverk dimensionerat för 175 pe. Antal anslutna år 2012 var 48 pe. Utnyttjad kapacitet var då alltså 27 %. Länsstyrelsens beslut från 1986 anger att haltkrav för utgående vatten från verket är 20 mg BOD<sub>7</sub> per liter och 0,8 mg P-tot per liter. Reningsprocessen utgörs av biologisk rening och kemisk rening i biotorn. Reningsstegen utgörs av försedimentering, biobädd, slutsedimentering och slamsilo.

I Tabell 13 visas inkommande halter och mängder BOD<sub>7</sub>, totalfosfor och totalkväve till avloppsreningsverket fördelat mellan åren 2016–2020 (Miljökontoret Tierp, 2022). Resultat av provtagning på utgående behandlat avloppsvatten från åren visas i Tabell 14. Mellan tre och fyra provtagningar har skett per år. Inkommande mängd totalfosfor var i medeltal 90 kg årligen men årsmedelvärden varierar mellan knappt 30 och 240 kg.

Tabell 13. Halt och mängd BOD<sub>7</sub>, totalfosfor och totalkväve i inkommande avloppsvatten, mellan 2016 och 2020 årsvis (Miljökontoret Tierp, 2022). Beräknade medelvärden för åren.

Inkommande	Enhet	2016	2017	2018	2019	2020	Medel
BOD <sub>7</sub>	mg/l	56	97	528	138	670	300
Tot-P	mg/l	2,3	3,8	60	6,3	79	30
Tot-N	mg/l	32	37	59	55	88	54
BOD <sub>7</sub>	kg/år	1 559	662	2 090	855	*	1 290
Tot-P	kg/år	65	26	236	39	*	90
Tot-N	kg/år	877	241	233	342	*	420

\* Värden saknas.

Mängden utgående totalfosfor i renat avloppsvatten från reningsverket var i medeltal knappt 10 kg per år under åren 2016–2020. Årsmedelvärden har varierat från knappt 4 kg till 20 kg. Utöver det har sannolikt utsläpp av bräddvatten skett men inget underlag har erhållits angående bräddvatten. Utgående halter och mängder BOD<sub>7</sub>, totalfosfor och totalkväve enligt provtagningar från åren 2016 till 2020 sammanfattas i Tabell 14. Mätvärdena baseras på åtta provtagningar per år. Reningsgrad redovisas i Tabell 15.

Tabell 14. Resultat av provtagning på utgående behandlat avloppsvatten från åren 2016-2020 (Miljökontoret Tierp, 2022) samt beräknade medelvärden. Resultat redovisas för BOD<sub>7</sub>, totalfosfor och totalkväve i halter och mängder.

Utgående	Enhet	2016	2017	2018	2019	2020	Medel
BOD <sub>7</sub>	mg/l	7,6	11,6	17,8	21,1	19,6	16
Tot-P	mg/l	0,74	0,62	0,91	0,84	0,78	0,8
Tot-N	mg/l	28,3	35,3	29,5	32	34,1	32
BOD <sub>7</sub>	kg/år	212,2	79,6	70,3	130,6	*	120
Tot-P	kg/år	20,6	4,2	3,6	5,2	*	10
Tot-N	kg/år	786,4	241,2	116,9	197,9	*	340

\* Värden saknas.

Tabell 15. Reningsgrad för BOD<sub>7</sub>, totalfosfor och totalkväve.

Reningsgrad	Enhet	2016	2017	2018	2019	2020	Medel
BOD <sub>7</sub>	%	86	88	97	85	95	90
Tot-P	%	68	84	98	87	95	86
Tot-N	%	10	5	50	42	50	31

### **Hovgårdsbergs avloppsreningsverk**

Hovgårdsbergs avloppsreningsverk ligger på fastigheten Hamra 1:1. Verket är en C-anläggning och tar alltså emot avloppsvatten med en föroreningsmängd som motsvarar mellan 200 och 2000 pe. Hovgårdsbergs avloppsreningsverk är dimensionerat för 250 pe. Halkraven på utgående avloppsvatten är 15 mg BOD<sub>7</sub> per liter och 0,5 mg P-tot per liter (Miljökontoret Tierp, 2022).

Anläggningen är ett Biovac-system och ligger under markytan. Avloppsvattnet genomgår en satsvis behandling i två steg via en mottagningstank – biologisk och kemisk rening i varsin reaktor. Renat avloppsvatten släpps via ett dike och en kulvert som tillhör Hovgårdsberg Prästgårdens diktningföretag (Miljökontoret Tierp, 2022).

Reningsverket har haft inkörningsproblem på grund av ett felbygge. Felbygget är enligt miljökontoret i Tierp (2022) ett resultat av felaktiga ritningar. Verket har även driftsvårigheter på grund av igensatta pumpar (tvättlappar i toaletter).

Inga slutsatser bedöms kunna dras från erhållna mätdata från verket angående årlig utsläppsmängd av fosfor.

### **5.1.3 Hästhållning**

#### **Fosfor i hästgödsel**

En vuxen häst avger lika mycket fosfor med träck och urin som den tar upp med fodret. Fosformängden i den vuxna hästens träck och urin beror således på hur mycket den äter, vilket i sin tur beror på hästens storlek och hur den används. Det är i träcken som fosfor återfinns (Ögren, 2013).

Enligt Jordbruksverket är tumregeln att en 500 kg tung häst producerar 8–10 ton gödsel per år. Varje ton gödsel innehåller cirka 1 kg fosfor vilket innebär att 8–10 kg fosfor genereras per häst och år. Från en ponny i lätt träning är mängden gödsel betydligt mindre och mängden fosfor drygt 5 kg per år.

#### **Fosforläckage från hästgårdar**

Kännetecknande för många hästgårdar är att fosformängden i hästgarna ackumuleras. Det beror på att det inte sker något uttag av fosfor från hästhagen. Det hästarna äter återförs till marken med eventuellt fosforöverskott från tillskottsfoder i form av hö och kraftfoder. Många hästgator är dessutom hårt upptrampade och saknar vegetation, speciellt vid grindhål och utfodringsplatser. I en studie har man från ett antal rastfällor för hästar i Uppsalatrakten gjort mätningar på fosforläckage (Parvage, 2015). Rastfällorna har haft varierande lerhalt och olika antal hästar. Den bedömda tillförda mängden fosfor i rastfällorna per hektar var 60 kg/år, vilket kan jämföras med den tillåtna mängden organiska gödselmedel på åkermark som är 22 kg per hektar och år för (SJVFS, 2015). I studien framkom att fosforläckage från rastfällorna var i genomsnitt 1,1 kg per hektar. Från åkermark i denna region kan förlustnivån variera mellan 0,09–1,5 kg/hektar och år med medelvärdet 0,87 kg/hektar och från vanlig betesmark är medelvärdet 0,1 kg fosfor per hektar, Tabell 16. För att inte överskrida den maximala gränsen för spridning av fosfor med stallgödsel på 22 kg så kan man ha en hästäthet på max 2,5 hästar per hektar (Larsson, M., 2018). Ofta är hästätheten högre, inte sällan det dubbla. Mockning i rastgator är den viktigaste åtgärden för att motverka ackumulering av fosfor i rastgarna.





Figur 14. Med många hästar i små rasthagar blir det stort markslitage.

Tabell 16. Beräknat fosforläckage från hästgårdar vid olika markanvändning.

Markanvändning	Fosforläckage
	kg P/ha år
Hästrastfällor (Parvage, M. M. m.fl., 2011)	1,1
Betesmark (Brandt, M. och Ulén, B., 1988)	0,1
Åkermark (Jordbruksverket, 2008)	0,4

Faktorer som påverkar fosforläckage från betesmark är framför allt närhet till vattendrag, skötsel av hagar och hästtätheten. Andra faktorer som också spelar in är jordart, topografi, ytvattenhantering (om ytvatten rinner in i hagen från omgivningen) och dräneringsförhållanden med öppna och täckta diken samt skyddsåtgärder för kvarhållning av avrinnande vatten och fosfor.

Om vuxna hästar på sommarbete inte tillskottsodras, är det balans mellan upptag av fosfor och återförd fosfor genom gödseln. Däremot kan en rumslig omfördelning ske inom hagen.

### Resultat

I inventeringen identifierades 70 hästgårdar inom Vendelaåns avrinningsområde. Femton av dessa bedöms medföra särskilt hög risk för fosforläckage, på grund av närhet till diken och vattendrag som leder till Vendelån.



Figur 15. Lokalisering av de 70 hästgårdar som hittades inom Vendelåns avrinningsområde vid genomförd inventering.

Det totala antalet hästar inom Vendelåns avrinningsområde uppskattades till cirka 300 stycken. Avståndet från rasthagar till närmaste vattendrag varierar mellan två meter och 2 400 meter med medelavstånd på cirka 550 meter. Femton gårdar har rasthagar som ligger närmare än 100 meter



från vattendrag. Avståndet från gödselplatta/container till närmaste vattendrag ligger mellan 0 och 2 400 meter med medelavstånd på knappt 600 meter, och där tio stycken ligger närmare än 100 meter till vattendrag (Tabell 17).

Tabell 17. Uppskattat antal hästgårdar, hästar, hästtäthet och avstånd mindre än 100 meter från gödselplats och rasthagar till vattendrag inom Vendelåns avrinningsområde, uppdelat på vattenförekomst-avrinningsområden (VARO).

ARO	Hästgårdar	Hästar	Rasthagar	Hästtäthet	Rasthage <100 m från vattendrag	Gödselplats <100 m från vattendrag
	antal	antal	hektar	hästar/ha rasthage	antal gårdar	antal gårdar
VARO 1	8	43	6	7	1	0
VARO 2	14	75	12	6	2	0
VARO 3	6	19	2	9	1	0
VARO 4	14	57	9	6	3	3
VARO 5	10	39	6	6	2	3
VARO 6	18	79	11	7	6	4
VARO 7	0	0	0	0	0	0
<b>Summa</b>	<b>70</b>	<b>312</b>	<b>46</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>10</b>

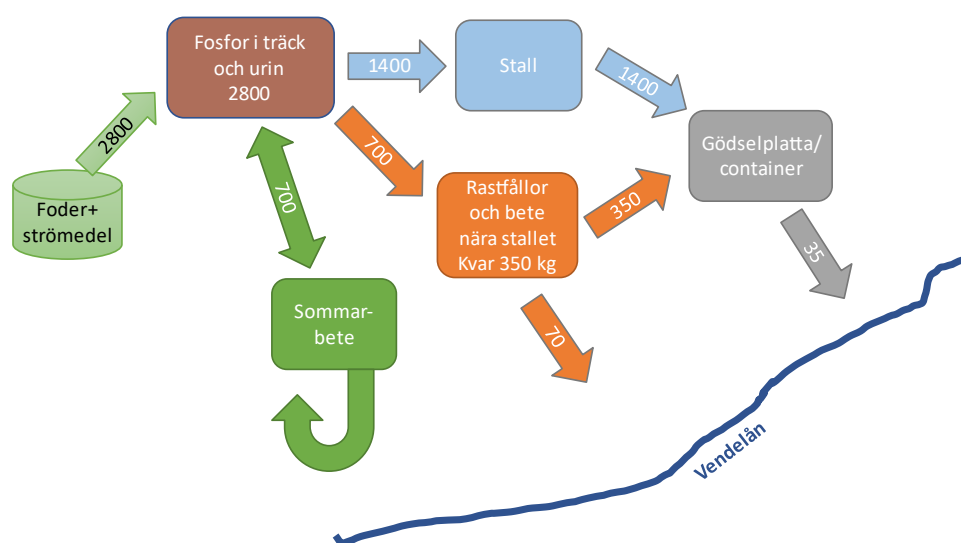
Gödseln från hästgårdar i Vendelåns avrinningsområde innehåller cirka 2,8 ton fosfor per år. Av detta antas cirka hälften hamna inne i stallet och flyttas vidare till gödselplatta, en fjärdedel hamna i rastfällor och beten nära stallet, och en fjärdedel hamna ute på sommarbetet (Figur 16). Rastgårdar och beten nära stallet antas mockas till 50 % (se avsnitt 0). Läckage från gödselhantering och rastgårdar beräknas till cirka 105 kg/år (Tabell 18). I Tabell 19 visas den beräknade belastningen från hästgårdarna uppdelat per delavrinningsområde (VARO).

Tabell 18. Uppskattad årlig fosforbudget i kg för hästhållningen inom Vendelåns avrinningsområde (ARO) beräknat för 312 hästar.

Fosforbudget hästhållning	Totalt kg P/år
Träck och urin totalt	<b>2 800</b>
Till gödselplatta/container (mockning inne och ute)	1 700
Kvar i rastfällor och beten nära stallet efter mockning	350
Gödsel i hage sommarbete	680
Läckage gödselplatta	35
Läckage från rastfällor och beten nära stallet	70
<b>Totalt läckage från hästverksamheten</b>	<b>105</b>

Tabell 19. Uppskattat årligt läckage från hästverksamheten i Vendelåns avrinningsområde, uppdelat per uppdelat på vattenförekomst-avrinningsområden (VARO).

Avrinningsområde	Antal hästar	Läckage kg P/år
VARO 1	43	14
VARO 2	75	25
VARO 3	19	6
VARO 4	57	20
VARO 5	39	14
VARO 6	79	26
VARO 7	0	0
Summa	312	105



Figur 16. Fosforbudget (kg/år). Uppskattad mängd fosfor i träck och urin från hästar i Vendelåns avrinningsområde årligen, hur denna mängd fördelas till stall, rastfällor/bete nära stallet samt till sommarbete, och hur mycket fosfor som uppskattas läcka ut till Vendelån. I beräkningarna har för sommarbetet antagits en balans mellan upptag av fosfor genom bete och återförd fosfor genom gödseln.

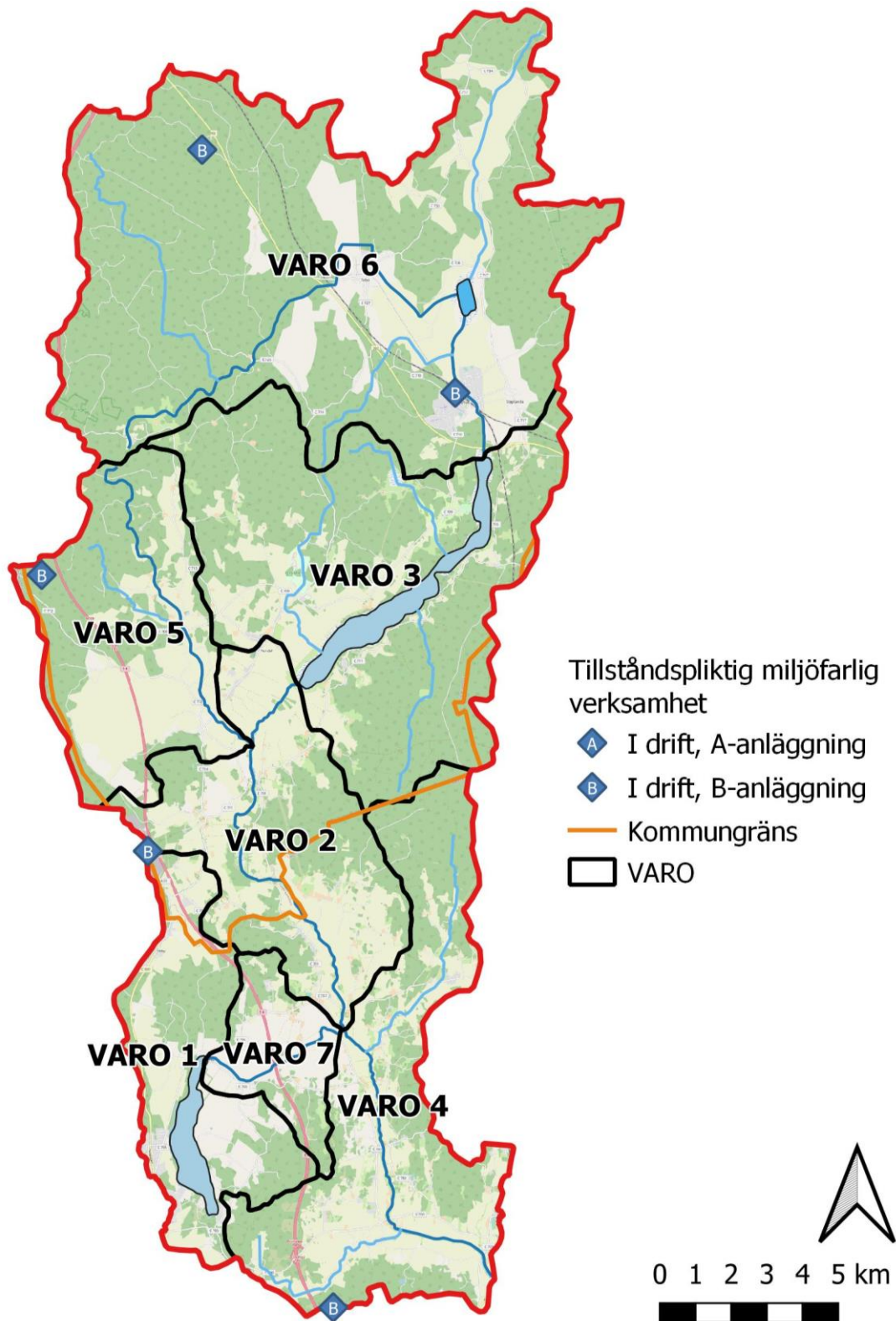
I Figur 16 visas att cirka 350 kg fosfor blir kvar i rasthagarna efter 50 % mockning. Av dessa bedöms 20 % läcka ut i Vendelån vilket motsvarar 70 kg P per år. Fosfor som är kvar i rasthagarna ackumuleras dels i rasthagarna, dels i omgivande mark dit ytvatten och dräneringsvatten leds. Den totala arean för rasthagarna är cirka 50 hektar, vilket innebär att varje hektar rasthage läcker 1,4 kg fosfor. Det är något högre än studien av Parvage (2015) från Hågaån som angav 1,1 kg P/ha.

Hästätheten bedöms vara cirka 7 hästar per ha i rasthagarna. Men det bör poängteras att det finns en stor osäkerhet i denna siffra då hästantal och rastyta endast bedömts utifrån flygbilder över området. Dessutom kan antalet hästar variera över tid.

#### **5.1.4 Miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden**

Inom Vendelåns avrinningsområde redovisar Länsstyrelsen fem tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter (Länsstyrelserna, u.å.) (Figur 17). Samtliga av dessa har prövningskategori B. Verksamheterna omfattar en industri där ytbehandling av metall och plast förekommer, en avfallsanläggning för deponering av icke-farligt avfall samt tre grus- och bergtäkter. Ingen av dessa verksamheter bedöms släppa ut mer än oväsentliga mängder fosfor till Vendelån.

Avfallsanläggningen Gatmot har två verksamheter för tillfället: Återvinningscentral och sluttäckning av deponi (deponering avslutades 2008, sluttäckning pågår nu sedan 2014). Alla ytor inom deponin avrinner via diken till en lakvattendamm dit även lakvattnet från deponin rinner. Vatten från lakvattendammen pumpas sedan till kommunens reningsverk (totalt pumpades 54 m<sup>3</sup> under 2021) och belastar således inte Vendelsjön eller Vendelån.



Figur 17. Det finns fem tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter, samtliga B-anläggningar, i Vendelåns avrinningsområde (Länsstyrelserna, u.å.). Bakgrundskarta: ©OpenStreetMap, bidragsgivare.

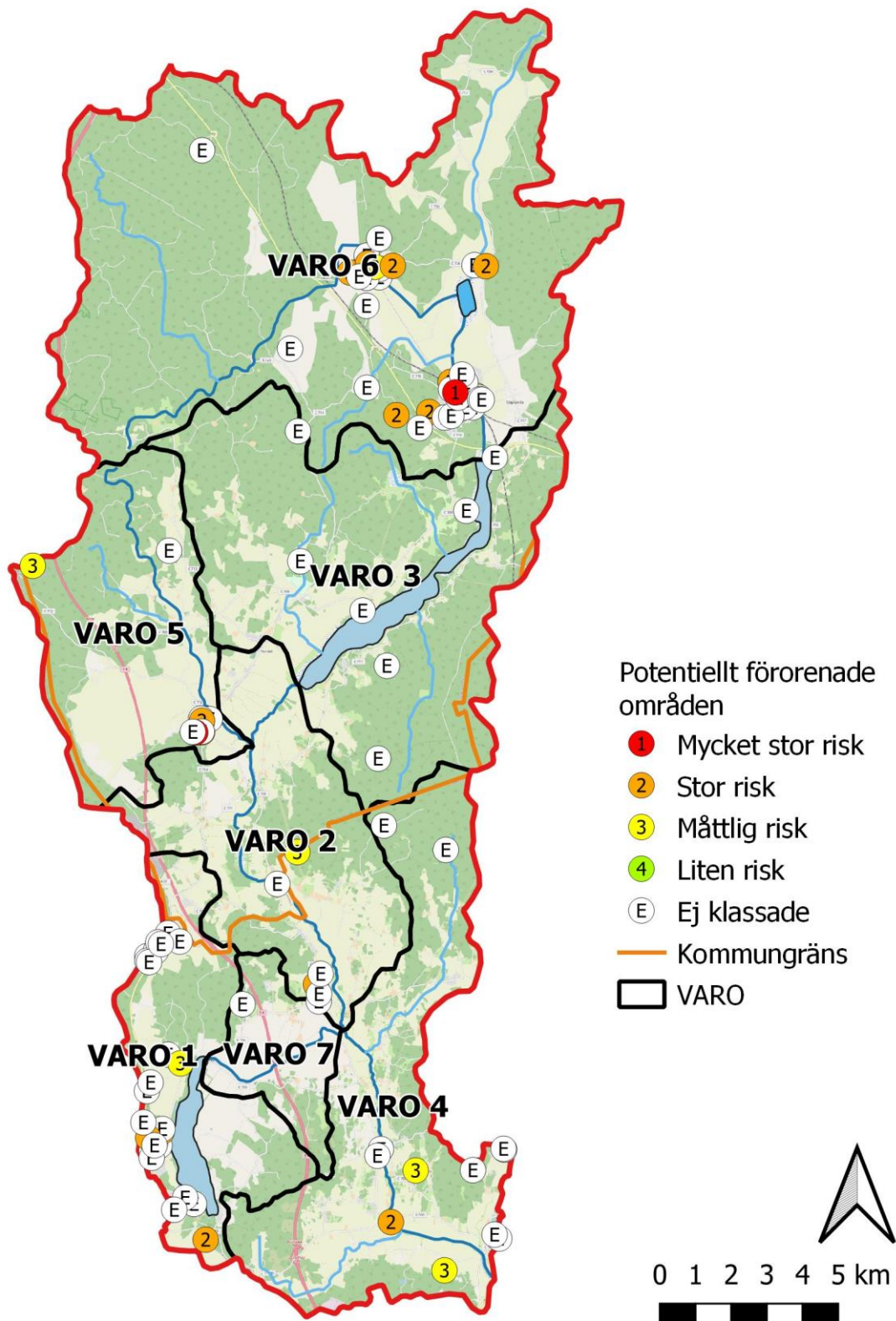
Det finns 101 områden som enligt Länsstyrelsens karta över förorenade områden är potentiellt eller konstaterat förorenade inom Vendelåns avrinningsområde (Länsstyrelserna, u.å.) (Figur 18). Det handlar om fyra avloppsreningsverk, avfallsdeponier för icke-farligt och farligt avfall,

bilverkstäder och bilskrotar, plantskolor, skjutbanor, diverse industrier med mera. Två områden har bedömts med mycket hög risk – en verkstadsindustri med halogenerade lösningsmedel och en metallindustri. Bortsett från avloppsreningsverken så bedöms inga av dessa förorenade områden bidra till fosforbelastningen i Vendelån. Avloppsreningsverken ska enligt kartlagret ligga i Husby, Örbyhus och Tobo (Tierps kommun) samt Läby (Uppsala kommun). Läby avloppsreningsverk är idag nedlagt och inte i bruk. Reningsverken i Tobo och Örbyhus är anslutna till ett reningsverk utanför Vendelåns avrinningsområde i Tierp. De avloppsreningsverk som idag är i bruk och ligger i Vendelåns avrinningsområde beskrivs i avsnitt 5.1.2.

Det kan påtalas att växtskyddsmedel som används i växthus har påträffats i ytvatten nedströms växthus på flertal platser i landet, bland annat enligt en rapport om svenska växthusvatten från Hushållningssällskapet Skåne (2019). Det innebär att plantskolor vars odling inte sker i helt täta system även kan läcka fosfor. Med dagens kunskapsläge kan sådant läckage till Vendelån inte kvantifieras.

Ett av de potentiellt förorenade områdena är ett flygfält norr om Långsjön. Området är markerat som flygplats och flygfältet syns tydligt i ortofoto. Då flygplatsen eftersöktes (2022-05-02) var platsen inte markerad som flygplats i kartor (exempelvis Google Maps och Eniro). Flygplatsen dök inte heller upp i sökningar på Google. Platsen antags inte användas för närvarande och bedöms inte bidra till fosforbelastningen i Vendelån.



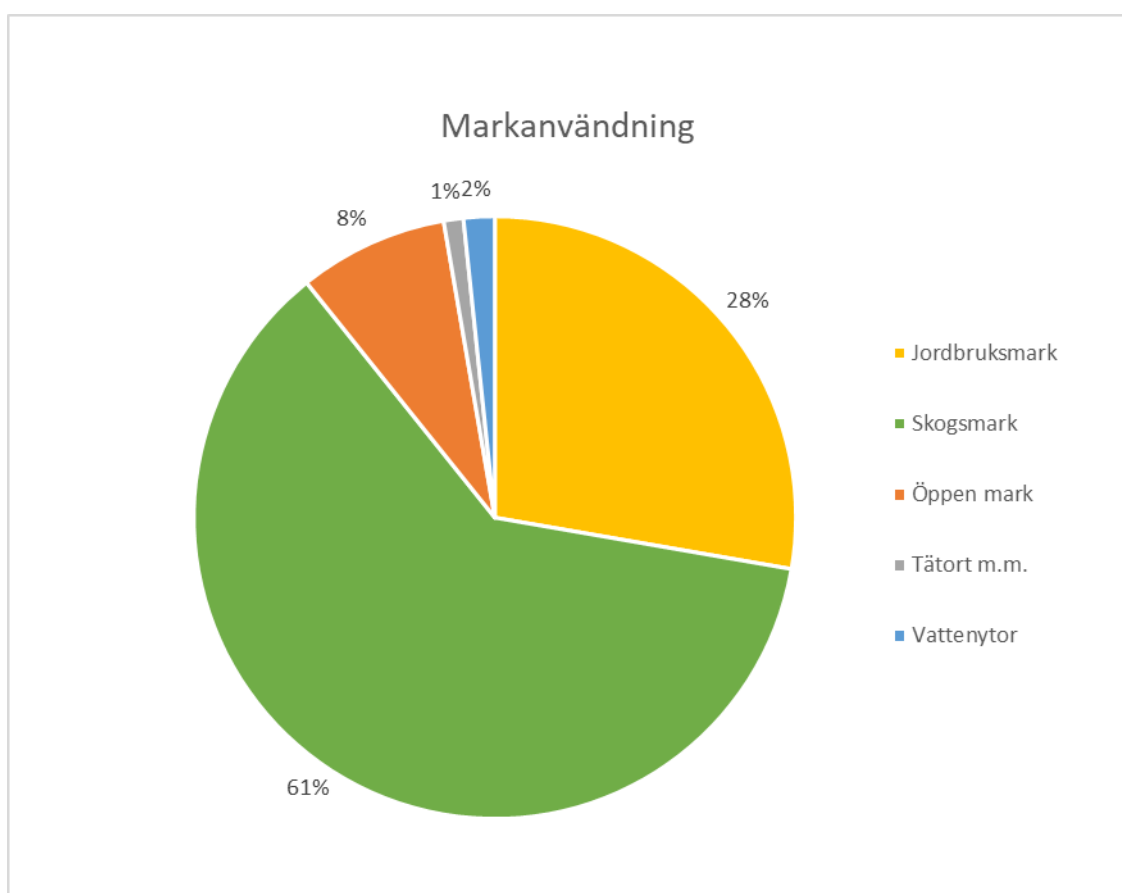


Figur 18. Potentiella och konstaterade förorenade områden inom Vendelåns avrinningsområde. Två områden är klassade med mycket hög risk (röd nr. 1). Källa: (EBH-kartan, 2021). Bakgrundskarta ©OpenStreetMap, bidragsgivare.

## 5.2 Diffusa källor

I detta avsnitt redovisas modellerad tillförsel av fosfor från diffusa källor. Delavsnitten är indelade i jordbruksmark, skogsmark och sankmark, öppen mark, atmosfärisk deposition på vattenytor och slutligen dagvatten.

Vendelåns totala avrinningsområde uppgår till 385 km<sup>2</sup>. Figur 19 och Tabell 20 åskådliggör översiktligt hur markanvändningen fördelas inom området och respektive VARO. Skogsmark utgör den största andelen (60 %) av markanvändningen och dominerar övergripande i avrinningsområdet. Jordbruksmark är den näst vanligaste markanvändningen (30 %) och dominerar framförallt längs vattendrag. I avrinningsområdets nordvästra del och öster om Vendelsjön dominerar skogsmark. Öppen mark utgör en något mindre del än jordbruksmarken och vattenytor än mindre. De områden som bidrar med dagvatten motsvarar totalt cirka 1 % av markanvändningen, där Österbybruk (VARO 7–10) bidrar med störst fosfortillförsel (se avsnitt 5.2.5).



Figur 19. Fördelning av markanvändning inom Vendelåns avrinningsområde. Den totala ytan är 385 km<sup>2</sup>. I tårbiten "tätort m.m." ingår även E4:an och ytor kategoriserade som bebyggelseområde i Figur 8.

Tabell 20. Markanvändning fördelat på vattenförekomstavrinningsområde (VARO) i Vendelåns avrinningsområde.

VARO	Jordbruks- mark ha	Skogsmark ha	Öppen mark ha	Dagvatten tätort m.m.* ha	Vattenytor ha	Totalt ha
VARO 1	993	1225	380	157	236	2991
VARO 2	2211	1645	413	3	0	4272
VARO 3	1399	5373	524	0	346	7642
VARO 4	2047	2627	565	16	23	5277
VARO 5	1353	2196	283	19	4	3854
VARO 6	1959	10 168	822	199	33	13 181
VARO 7	706	429	104	13	0	1252
<b>Totalt</b>	<b>10 669</b>	<b>23 663</b>	<b>3090</b>	<b>407</b>	<b>642</b>	<b>38 470</b>
<b>Andel (%)</b>	<b>28</b>	<b>62</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

\*Här ingår även E4:an och ytor kategoriserade som bebyggelseområde i Figur 8.

Tabell 21 visar fördelningen av fosforbelastning för de diffusa källorna. Sammantaget uppgår den modellerade fosforbelastningen för hela området till 9,9 ton per år, där jordbruksmark är den största bidragande källan och står för 91 % av den diffusa belastningen. Den diffusa fosforbelastningen är som störst från VARO 4, VARO 2 och VARO 6. Det beror på att det finns störst andel åkermark i dessa områden. Belastningen är lägst men fortfarande relativt stor från VARO 7 och VARO 1. Dessa sistnämnda avrinningsområdena domineras av skogsmark.

Tabell 21. Fosforbelastning (kg/år) för diffusa källor per vattenförekomstavrinningsområde (VARO) i Vendelåns avrinningsområde: jordbruksmark, skogsmark, öppen mark, tätort (inklusive E4:an) samt atmosfärisk deposition av fosfor.

VARO	Jordbruks- mark kg/år	Skogs- mark* kg/år	Öppen mark kg/år	Dagvatten tätort m.m. kg/år	Atm. deposition kg/år	Totalt kg/år
VARO 1	840	29	17	47	12	950
VARO 2	1 900	40	18	2,5	0	2 000
VARO 3	1 100	130	23	0	17	1 300
VARO 4	1 900	63	25	9,3	1	2 000
VARO 5	990	53	13	15	0	1 100
VARO 6	1 500	250	36	90	2	1 900
VARO 7	680	10	5	11	0	703
<b>Totalt**</b>	<b>9 000</b>	<b>570</b>	<b>140</b>	<b>174</b>	<b>32</b>	<b>9 900</b>
<b>Andel (%)</b>	<b>91</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

\*Inklusive sankmark

\*\* Avrundat till två värdesiffror.

Åtgärder som redan vidtagits inom området, exempelvis odlingsfria kantzoner och strukturkalkning, är inte inräknade i denna beräkning. Det gäller även den rening som sker i anlagda våtmarker inom jordbrukslandskapet samt dagvattendammar. Befintliga åtgärders avskiljningsförmåga och deras bidrag till rening redogörs för i avsnitt 5.3. Den rening som åtgärderna bidrar med har räknats bort från den externa bruttobelastningen för att få fram en nettobelastning, vilket beskrivs i avsnitt 5.5.

I följande avsnitt redovisas beräknad bruttobelastning av fosfor för Vendelåns avrinningsområde indelat per markanvändningskategori.

### 5.2.1 Jordbruksmark

Av utredningsområdets totala area på 385 km<sup>2</sup> upptar jordbruksmarken 107 km<sup>2</sup> (cirka 30 %), fördelat på åkermark och bete/övrig åkermark utifrån jordbruksblockdata från Jordbruksverket (Jordbruksverket, 2021a). Som tidigare beskrivits varierar andelen jordbruksmark mellan de ingående VARO. Sett till respektive områdes markanvändning finns mest jordbruksmark i VARO 2, 4 och 6 men mycket jordbruksmark finns även i övriga VARO.

Totalt beräknas jordbruksmarken årligen bidra med cirka 9 ton fosfor till Vendelån. Åkermarken står för cirka 8,6 ton per år. Åkermarkens läckagekoefficient för Vendelåns avrinningsområde är i medel 0,91 kg P/ha och år. Lerjordar dominerar Åkermarken domineras av lerjordar som är de jordar som har högst modellerat fosforläckage för fosfor. I fallande ordning är det ”silty clay loam”, ”silty clay” och ”clay loam” som dominerar. Medelfosforläckaget för regionen är 0,87 kg/ha och år enligt SMED (Johnsson m.fl., 2019). Avrinningsområdets beräknade läckagekoefficient för åkermark är mycket likt medelfosforläckaget för regionen.

Av jordbruksmarkens årliga tillförsel av fosfor utgör bete/övrig åkermark en mindre del, 440 kg per år. Medelfosforläckaget för denna markkategori beräknades till 0,32 kg P/ha och år för området. Detta är jämförbart med SMED:s beräknade medelläckage för regionen av vall på 0,36 kg P/ha och år (Johnsson m.fl., 2019). Likt åkermarken i området dominerar lerjorden ”silty clay loam” även på mark brukad som bete/övrig åkermark.

### 5.2.2 Skogsmark och sankmark

Skogsmark och sankmark bidrar också med fosfor även om det specifika läckaget är litet. För regionen är fosforhalten i avrinnande vatten från dessa marktyper 0,013 mg/l (Havs- och vattenmyndigheten, 2019b). Beräknat med en specifik avrinning (medel av perioden 1991-2020) för området på 185 mm/år (SMHI, 2020b) resulterar det i en tillförsel på cirka 0,024 kg P/ha och år för skogs- respektive sankmark. Inom utredningsområdet finns cirka 240 km<sup>2</sup> skogs- och sankmark där merparten är skogsmark. Marken bidrar årligen med en fosfortillförsel motsvarande 570 kg. Utbredningen av skogs- respektive sankmark varierar mellan de olika VARO men är generellt större längre norrut och öster om Vendelsjön.

### 5.2.3 Öppen mark

Öppen mark är den mark som inte ingår i någon av de övriga markkategorierna. Generellt representerar öppen mark obrukade grönytor och vägkanter samt glesbebyggda områden utanför verksamhetsområde för dagvatten. Öppen mark omfattar totalt cirka 30 km<sup>2</sup>, vilket är en mindre andel (8 %) av områdets markanvändning. Fosfortillförseln från öppen mark beräknades på samma sätt som för skogs- och sankmark, fast baserat på en medelhalt på 0,024 mg/l. Detta resulterade i en fosfortillförsel på 0,044 kg/ha och år motsvarande en total årlig belastning på 130 kg.

### 5.2.4 Atmosfärisk deposition av fosfor

För årlig atmosfärisk deposition av fosfor användes siffran 5 kg/km<sup>2</sup>, vilket används inom HELCOM vid beräkning av deposition av fosfor till Östersjön (Karlsson och Pihl Karlsson, 2018). Då utredningsområdet ligger i nära anslutning till Östersjön anses denna siffra vara representativ även här. Den beräknade vattenytan i avrinningsområdet är 640 hektar vilket motsvarar cirka 2 % av området. Den totala belastningen är blir då 32 kg per år. Atmosfärisk deposition av fosfor kan variera mycket enligt Karlsson och Phil Karlsson (2018), vilket gör

beräkningen osäker, men samtidigt är belastningen från atmosfäriskt deposition liten i jämförelse med bidragen från andra källor.

### 5.2.5 Dagvatten

Belastningen av dagvattenburen fosfor beräknades för tätorterna Örbyhus, Tobo och de delar av Björklinge och Vattholma som avbördas mot Vendelån (Figur 11). Beräkningarna gjordes med beräkningsverktyget Stormtac (2022). Verktyget använder sig av markanvändningsspecifika avrinningskoefficienter och schablonhalter för ett flertal markanvändningsslag och vanligt förekommande dagvattenföreningar. Belastningen anges som ett spann (osäkerhet).

Som indata i Stormtac användes markanvändningen (Figur 11) och årsmedelnederbörd. Årsmedelnederbörden sattes till 700 mm/år då den varierar mellan 686 och 706 mm/år inom området (SMHI, 2022).

Fosforbelastningen via dagvatten beräknades till  $140 \pm 40$  kg/år (Tabell 22), fördelat på de sex VARO:n som tätorterna och sammanhållen bebyggelse återfinns inom.

Tabell 22. Fosforbelastning via dagvatten per vattenförekomstavrinningsområde (VARO) beräknat med Stormtac (2022) v.22.1.1.

VARO nr	Fosforbelastning kg/år
1	40±12
2	0,4±0,1
3	
4	4,0±1,0
5	4,0±1,0
6	84±25
7	3,0±1,0
<b>Summa</b>	<b>140 ± 40</b>

## 5.3 Genomförda åtgärder inom utredningsområdet

### 5.3.1 Åtgärder avseende punktkällor

Tillsyn av enskilda avlopp pågår kontinuerligt och bristfälliga avlopp åtgärdas som ett resultat av den tillsynen. När VA-verksamhetsområden utökas och enskilda avlopp ansluts till de kommunala reningsreningsverken minskar utsläppen från enskilda avlopp lokalt och det utsläpp som ändå sker hamnar på en annan plats via utgående vatten från reningsverket. I beräkningarna av avloppens påverkan på Vendelån har utgått från kommunernas register över status på enskilda avlopp eller slamregister, och därmed bör hänsyn ha tagits till eventuella tidigare åtgärder rörande enskilda avlopp.

Reningsverkens reningsresultat sammanfattas i årssammanställningar och eventuella brister bör uppmärksammas i samband med detta. Begränsningsvärde för utsläpp (oftast mätt som en halt) finns i reningsverkens utsläppstillstånd.

Tillsyn av miljöfarlig verksamhet görs av kommunen och länsstyrelsen. Alla verksamheter som måste ha tillstånd för att bedriva sin verksamhet är skyldiga att årligen lämna in en miljörapport. Vid misstanke om att den miljöfarliga verksamheten inte följer bestämmelser i miljöbalken anmäls detta till Polismyndigheten eller Åklagarmyndigheten.



### 5.3.2 Platsspecifika åtgärder inom jordbruket

Inom avrinningsområdet för Vendelån finns idag sju anlagda våtmarker. De finns i VARO 1, 4, 5 och 6 och har lokaliserats via SMHI:s våtmarksdatabas (SMHI, 2022), jordbruksblock (Jordbruksverket, 2021b), rapporter tillhandahållna av Fyrisåns Vattenförbund och GIS-analys i kombination med fältbesök. De befintliga våtmarkerna benämns i denna rapport på liknande sätt som föreslagna åtgärder med tillägget *-bef-* för befintlig. Exempelvis benämns den befintliga fosfordammen vid Golvasta i VARO 4 som *04-bef-01*.

I denna utredning har markanvändning tagits fram och fosfortillförsel beräknats till de sju befintliga våtmarkerna enligt tidigare beskriven metodik. Våtmarkernas potentiella avskiljning av fosfor har beräknats på olika sätt beroende på den befintliga våtmarkens syfte eller utformning enligt nedan (om inte annat anges):

- Fosfordammar vars yta utgör mer än 0,1 promille av dess tillrinningsområde antas avskilja 50 % av den beräknade fosfortillförseln.
- Våtmarker med huvudsyfte biologisk mångfald eller som har okänt syfte har antagits avskilja 2 kilogram fosfor per hektar våtmarksyta och år eller högst 30 % av den beräknade fosfortillförseln.

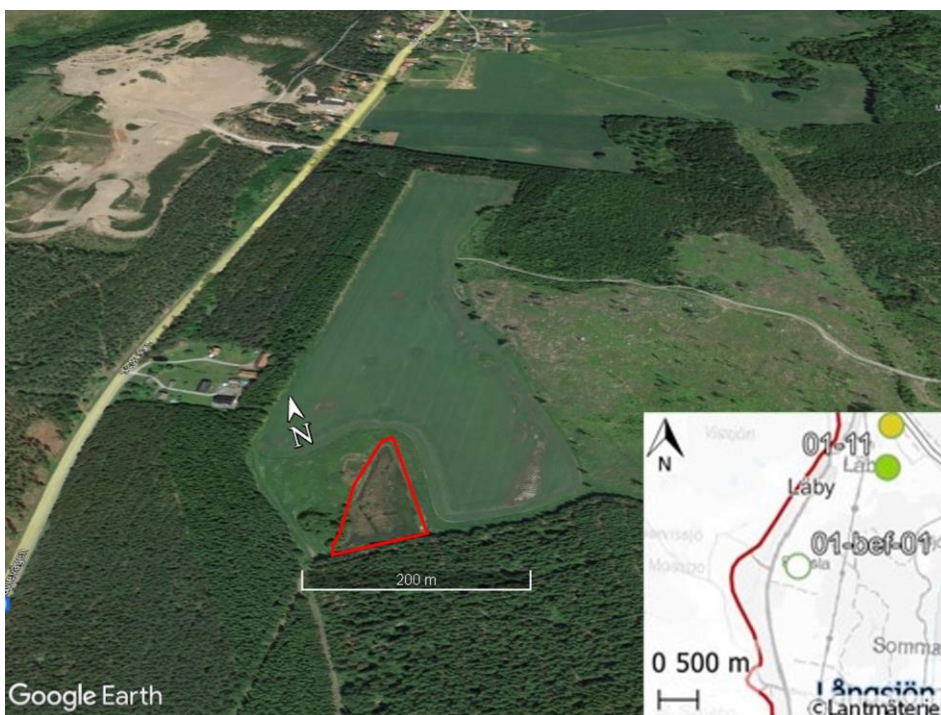
Våtmarkernas utformning och beräknade potentiella fosforavskiljning sammanfattas i Tabell 23 och de beskrivs mer ingående nedan.

*Tabell 23. Anlagda våtmarker för biologisk mångfald och näringsreduktion. Platsernas tillrinningsområden, årlig fosfortillförsel samt potentiella avskiljning har karterats och beräknats.*

WRS namn	VARO	Åtgärdsyta (ha)	Tillrinningsområde (ha)	Beräknad fosfortillförsel (kg/år)	Beräknad potentiell avskiljning (kg/år)
01-bef-01	1	0,75	68	13	2,2
01-bef-02	1	0,065	oklart	-	0,1
04-bef-01	4	0,47	1300	245	8
05-bef-01	5	3,3	43	2	0,7
06-bef-01	6	1,9	21	2	0,6
06-bef-02	6	1,0	10	0,3	0,1
06-bef-03a & b	6	0,32	52	13	6,7

#### Rossla våtmark (01-bef-01)

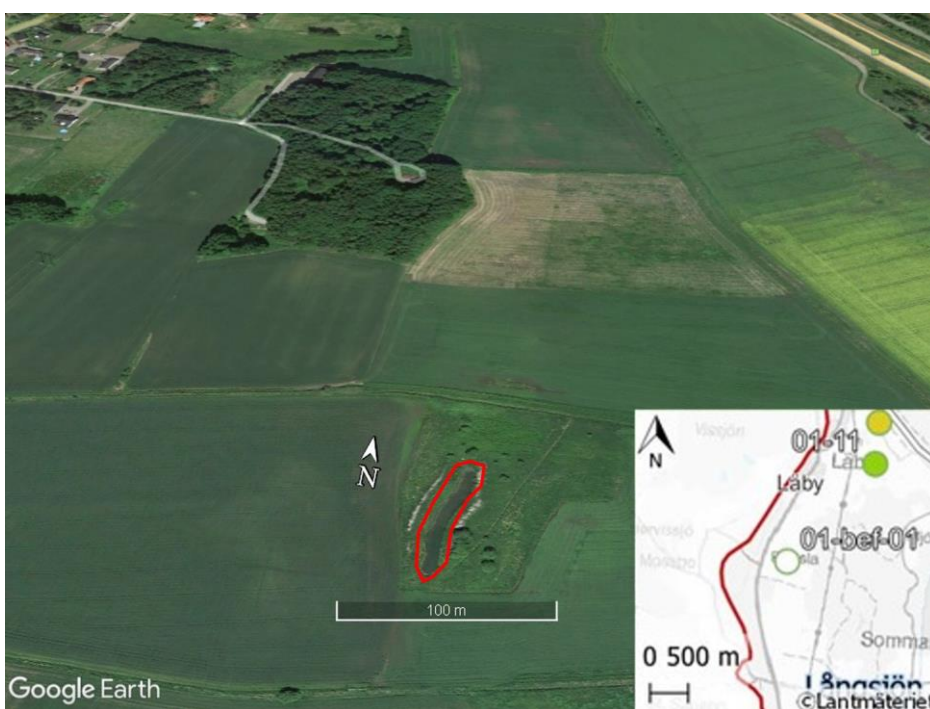
Söder om byn Läby på fastigheten Uppsala Rossla 1:1 finns en våtmark anlagd år 2008. Våtmarken är cirka 0,75 hektar stor (SMHI, 2022). Våtmarken har anlagts med biologisk mångfald som huvudsyfte. Tillförseln av fosfor har beräknats till cirka 13 kg/år. Figur 20 visar den anlagda våtmarken vid Rossla.



Figur 20. Den anlagda våtmarken i VARO1 vid Rossla, här kallad 01-bef-01. Våtmarken markeras av den röda polygonen.

#### Våtmark vid Läby (01-bef-02)

Vid Läby finns en våtmark med oklart syfte och oklart tillrinningsområde (Figur 21). Våtmarken upptäcktes vid GIS-analys och fältbesök. Anläggningen har uppskattats till 0,065 hektar. För att beräkna fosforavskiljningen har en avskiljning på 2 kilogram fosfor per hektar våtmarksyta och år antagits vilket ger en fosforavskiljning på 0,1 kg/år. Eftersom syftet med våtmarken är oklart föreslås åtgärd 01-11 på platsen, se vidare i Bilaga 1.



Figur 21. Den anlagda våtmarken i VARO1 vid Läby, här kallad 01-bef-02 och på samma plats finns den föreslagna åtgärden 01-11. Våtmarken markeras av den röda polygonen.

### Golvasta fosfordam (04-bef-01)

Vid Nyvallabäcken på fastigheterna Uppsala Golvasta 1:1 och Uppsala Tensta-brunna 3:2 finns en fosfordamm som anlades under 2021 (WEREC, 2021a), se Figur 22. Fosfordammen är cirka 0,89 hektar stor varav 0,44 hektar utgörs av vattenyta. Dammen har ett stort tillrinningsområde om 1300 hektar och andelen åker i tillrinningsområdet är cirka 35 % (WEREC, 2021a). Avskiljningen i dammen uppskattades av WEREC till 17–19 % av den fosfor som kommer till dammen (WEREC, 2021a). Enligt samma metod som tidigare nämnts för VARO och åtgärder uppskattas Nyvallabäcken transportera cirka 245 kilogram fosfor per år i dammens avrinningsområde. Anläggningen hanterar endast ett delflöde från Nyvallabäcken som uppskattades till 20 % av medelflödet i bäcken. Avskiljningen av fosfor i anläggningen beräknades till 8 kg/år. Figur 23 visar den anlagda fosfordammen vid Golvasta.



Figur 22. Den anlagda våtmarken i VARO4 vid Golvasta, här kallad 04-bef-01. Våtmarken markeras av den gröna polygonen.

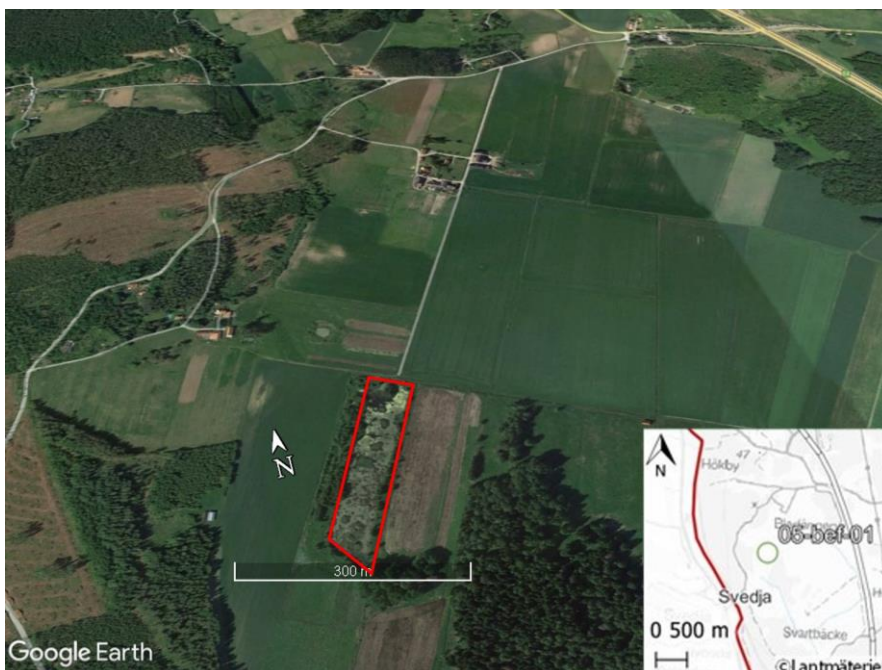




Figur 23. Golvasta fosfordamm vid slutbesiktning 22-07-26. Källa: (WEREC, 2021a).

#### **Gyllerboda våtmark (05-bef-01)**

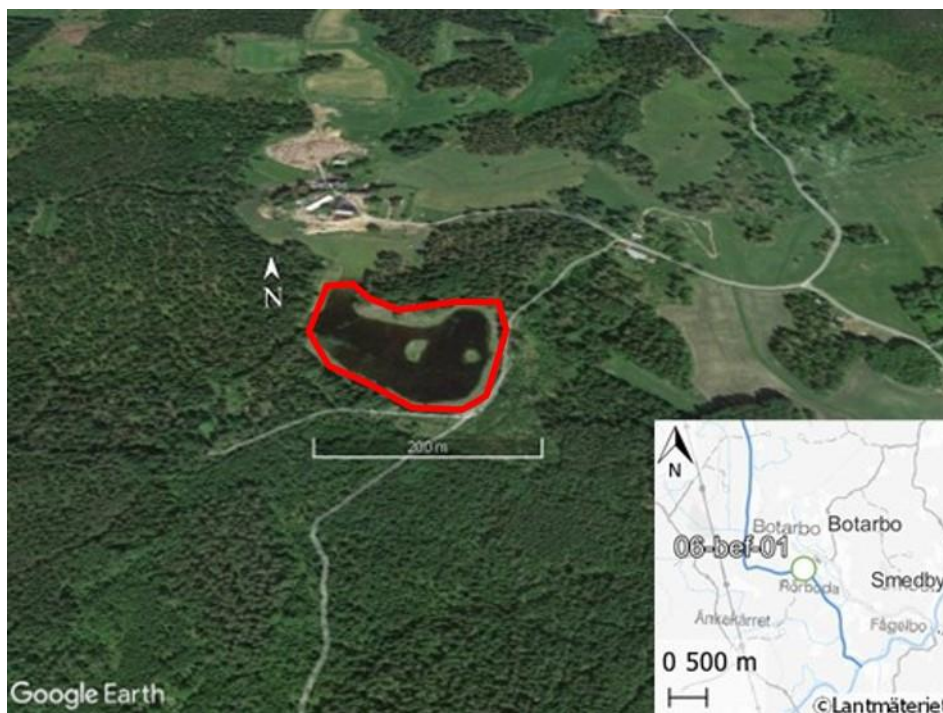
På fastigheten Tierp Gyllerboda 1:4 finns en befintlig våtmark som är cirka 3,6 hektar stor (Figur 24). Tillförseln av fosfor till våtmarken har beräknats till 2 kg/år och våtmarken uppskattas avskilja 0,7 kg/år.



Figur 24. Den anlagda våtmarken i VARO5 vid Gyllerboda, här kallad 05-bef-01. Våtmarken markeras med röd polygon.

### Botarbo våtmark (06-bef-01)

Sydväst om Tobo på fastigheterna Tierp Botarbo 7:1 och Tierp Botarbo 1:3 finns en våtmark anlagd under 2018 med jordbruksstöd (SMHI, 2022). Våtmarken är cirka 1,8 hektar stor (SMHI, 2022) Våtmarken har anlagts med biologisk mångfald som huvudsyfte (SMHI, 2022). Tillförseln av fosfor är ca 2 kg/år och våtmarken beräknas avskilja 0,6 kg/år. Figur 25 visar den anlagda våtmarken vid Botarbo.



Figur 25. Den anlagda våtmarken i VARO6 vid Botarbo, här kallad 06-bef-01. Våtmarken markeras av den röda polygonen.

### Broddby våtmark (06-bef-02)

Öster om Tobo, på fastigheten Tierp Broddby 2:19 finns en befintlig våtmark som är cirka 1 hektar stor (Figur 26). Tillförseln av fosfor till våtmarken är 0,28 kg/år och våtmarken beräknas avskilja 0,1 kg/år.

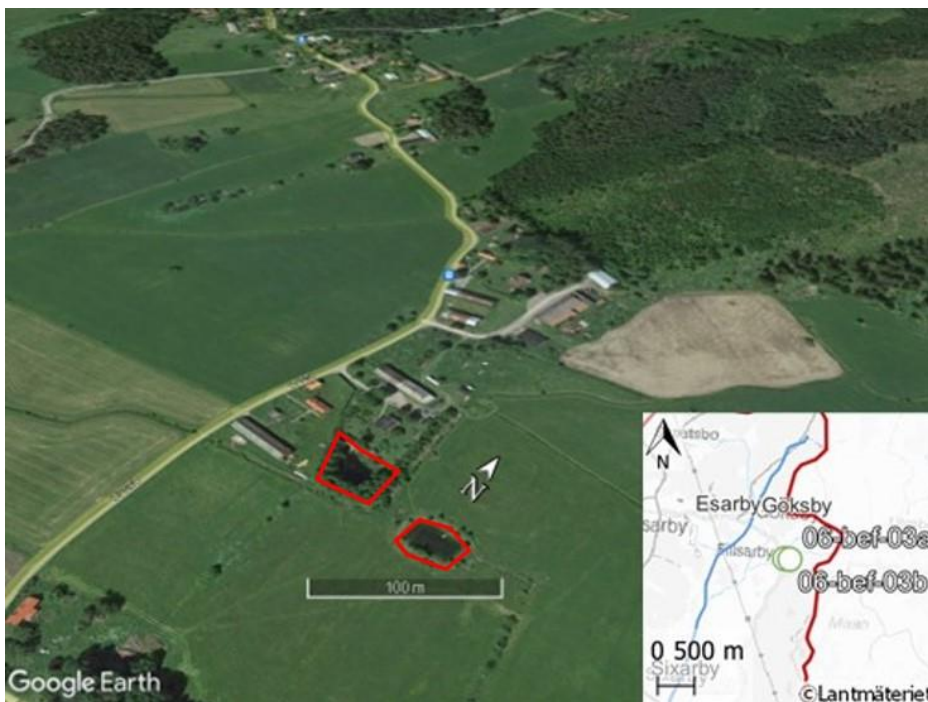




Figur 26. Den anlagda våtmarken i VARO6 vid Brodby, här kallad 06-bef-02. Våtmarken markeras av den röda polygonen.

#### Fillsarby dammar (06-bef-03a och 06-bef-03b)

På fastigheten Tierp Fillsarby 4:20, öster om väg 734 finns två befintliga dammar. Transporten av fosfor från dammarnas avrinningsområde beräknas till 13 kg/år. Dammarnas syfte är oklart men de antas vara fosfordammar och beräknas avskilja 6,7 kilogram fosfor per år. Eftersom dammarnas funktion är okänd och de beräknas avskilja en relativt stor mängd fosfor bör de undersökas mer för att se om deras effekt kan optimeras.



Figur 27. Den anlagda våtmarken i VARO2 vid Fillsarby, här kallad 06-bef-03a och 06-bef-03b. Våtmarkerna markeras med röda polygoner.

### 5.3.3 Dagvattenåtgärder

Inga befintliga anläggningar för rening av dagvatten finns i de undersökta tätorterna. Befintlig avskiljning uppskattas därmed till noll.

Längs E4:an finns ett flertal dagvattendammar och vägdiken. Befintlig rening modellerades i Stormtac (2022) motsvara vägdiken längs den sträckning av E4:an som går genom Vendelåns avrinningsområde. I Tabell 24 redovisas hur många kg fosfor som förväntas renas i befintliga dammar och diken från E4:an.

Tabell 24. Modellerad avskiljning av fosfor i vägdiken och dagvattendammar utmed E4:an.

<b>VARO</b>	<b>Avskiljning i vägdiken och dammar från E4:an Kg P/år</b>
VARO 1	6,8
VARO 2	2,4
VARO 3	0
VARO 4	5,4
VARO 5	12
VARO 6	5,4
VARO 7	7,8
<b>Totalt</b>	<b>40</b>

### 5.3.4 Övriga genomförda åtgärder enligt Vattenmyndigheten

Åtgärder som genomförts i eller omkring vattenförekomsterna för att förbättra vattenkvalitén och för att uppnå de fastställda miljökvalitetsnormerna enligt Vattenmyndigheten finns redovisade i VISS. Totalt 67 genomförda åtgärder finns registrerade (VISS, 2022-11-23), främst åtgärder för att minska tillförseln från jordbruksmark (Länsstyrelserna m.fl., 2022) .

Genomförda åtgärder i jordbrukslandskapet är miljöskyddsåtgärder, ekologisk odling (utan bekämpningsmedel), skyddszoner (till exempel gräsbevuxna eller oskördade) och extensiv vallodling. Då effektiviteten för dessa åtgärder är svårt att beräkna, och att effekterna antas vara små, görs inget avdrag från betingen för dessa åtgärder.

Vattenmyndigheten listar även möjliga åtgärder som ej är genomförda ännu. Dessa åtgärdsförslag överlappar till stor del de åtgärder som föreslås i denna utredning.

## 5.4 Redan planerade åtgärder inom utredningsområdet

Det finns fyra planerade åtgärder inom Vendelåns avrinningsområde varav tre jordbruksåtgärder och en dagvattenåtgärd. Eftersom åtgärden redan har kommit långt i planeringsprocessen bör fortsatt arbete med dessa åtgärder ges hög prioritet.

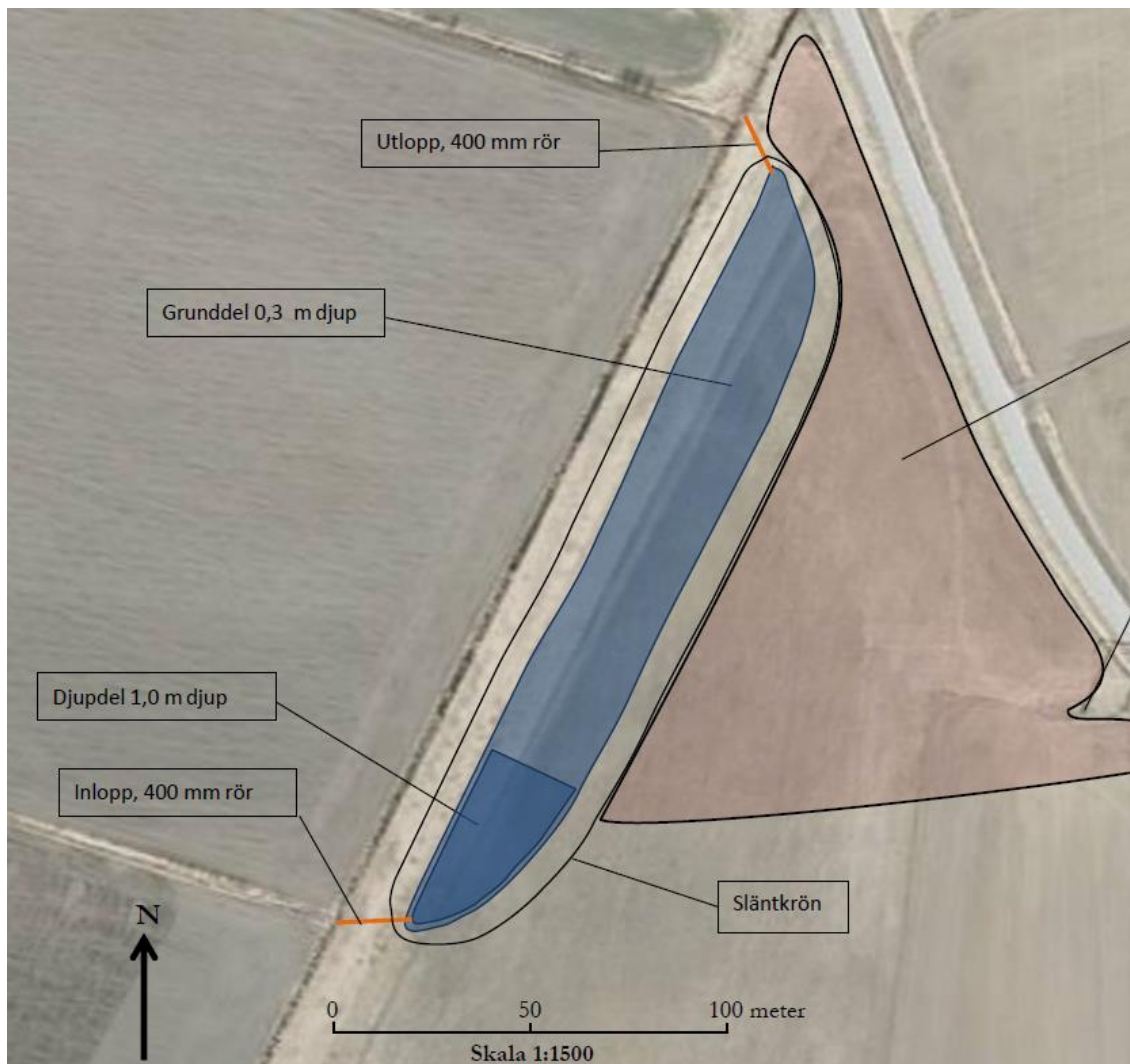
### 5.4.1 Planerade åtgärder inom jordbruket

Det finns tre åtgärder inom utredningsområdet för Vendelån som redan är planerade/förprojekterade. Dessa åtgärder har fokus näringsreduktion. För samtliga tre åtgärder föreslås fortsatta utredningar och/eller alternativa åtgärder. Redan planerade åtgärder namnges med VARO-numer-pla-åtgärdsnummer, till exempel 07-pla-01.

#### Vansta fosfordamm (07-pla-01)

Söder om Sävstabäckens mynning i Vendelån på fastigheten Uppsala Vansta 13:1 planeras för en fosfordamm med cirka 270 hektar tillrinningsområde (WEREC, 2021b, u.å.). Fosfordammen planeras att anläggas som en sidodamm och kommer rena ett delflöde från diket. Observera att

tillrinningsområdet förmodligen är större då ett cirka 230 hektar stort område på andra sidan E4:an verkar ledas med täckdikning till området. Det totala planerade våtmarksområdet är 1,25 hektar varav den planerade vattenytan utgör 0,60 hektar (WEREC, u.å.). Eftersom tillrinningsområdet förmodligen är dubbelt så stort kan flödet i diket ha fördubblats jämfört med när förslaget tog fram och därför bör åtgärdsförslaget ses över för att säkerställa att det inte är underdimensionerat. Förväntad rening i dammen är inte specificerad.



Figur 28. Den planerade fosfordammen vid Vansta, åtgärd 07-pla-01. Bild: WEREC, 2021b.

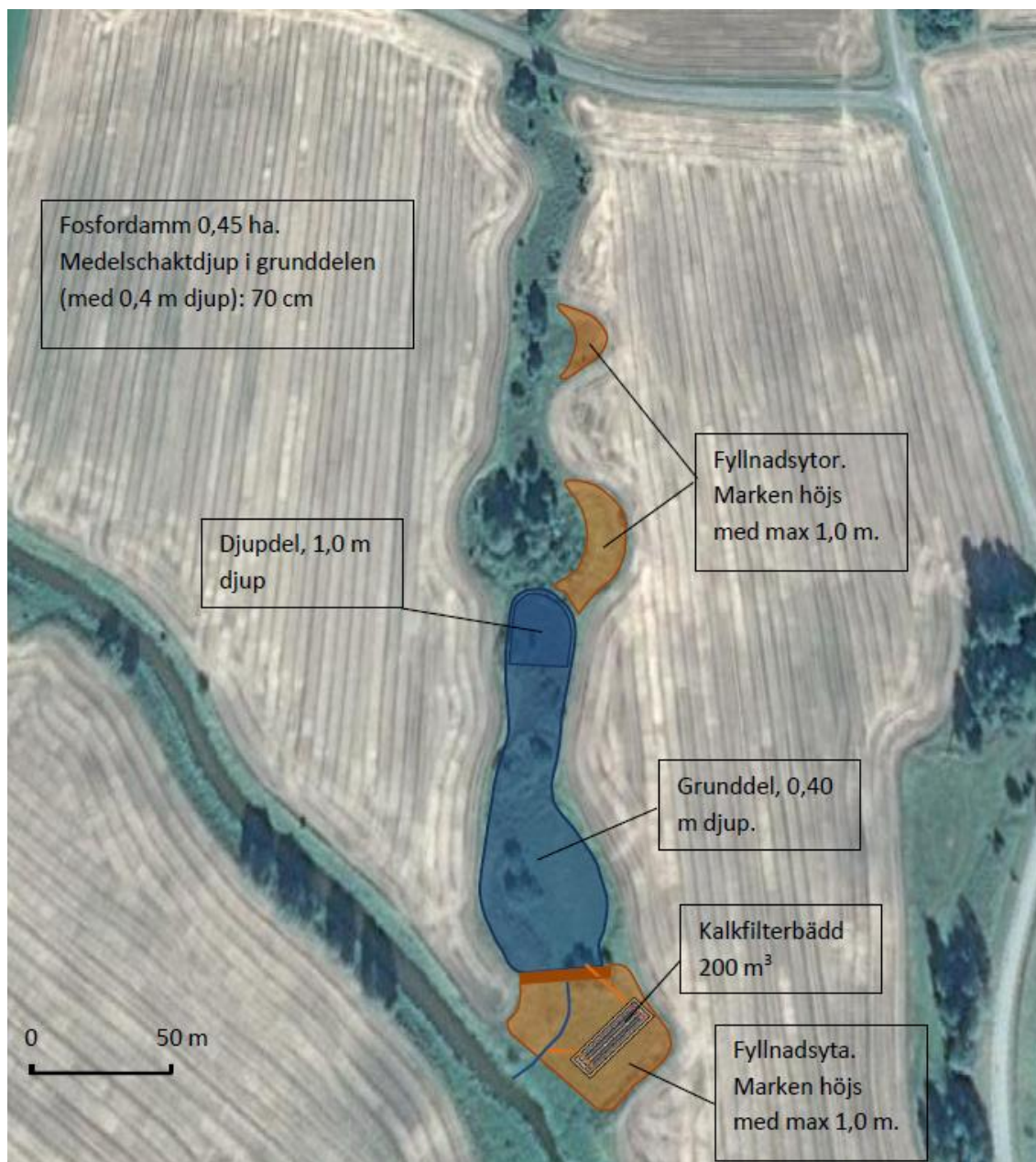
#### Kunsta fosfordamm (04-pla-02)

Väster om Vattholma tätort på fastigheten Uppsala Kunsta 2:1 väster om Lena kyrka, planeras för en fosfordamm med kalkfilterbädd (Figur 29). Dammens tillrinningsområde är cirka 310 hektar (WEREC, u.å.). Andelen åker i tillrinningsområdet uppges vara cirka 60 %. Det totala förprojekterade våtmarksområdet är 0,99 hektar varav 0,45 hektar utgörs av den planerade vattenytan. I utloppet av dammen planeras för en kalkfilterbädd. Dammen uppges kunna avskilja cirka 18 kg fosfor per år och kalkfilterbädden uppges kunna avskilja 45 % av den fosfor som kommer till bädden (WEREC, u.å.). Det bör utredas om den föreslagna dammen kan påverka dikningsföretaget Kunsta df. En bedömning av befintliga naturvärden bör också göras.

Dammen planeras i en befintlig meandrande dalgång med ett uträtat dike. Meandring i diket skulle kunna återskapas utan att ta omkringliggande åkermark i anspråk (se åtgärd 04-15 i



Bilaga 3). Det bör undersökas om åtgärderna kan kombineras. Åtgärden ligger nära Vattholma tätort och skulle kunna bidra med rekreation om ett promenadstråk anlades.

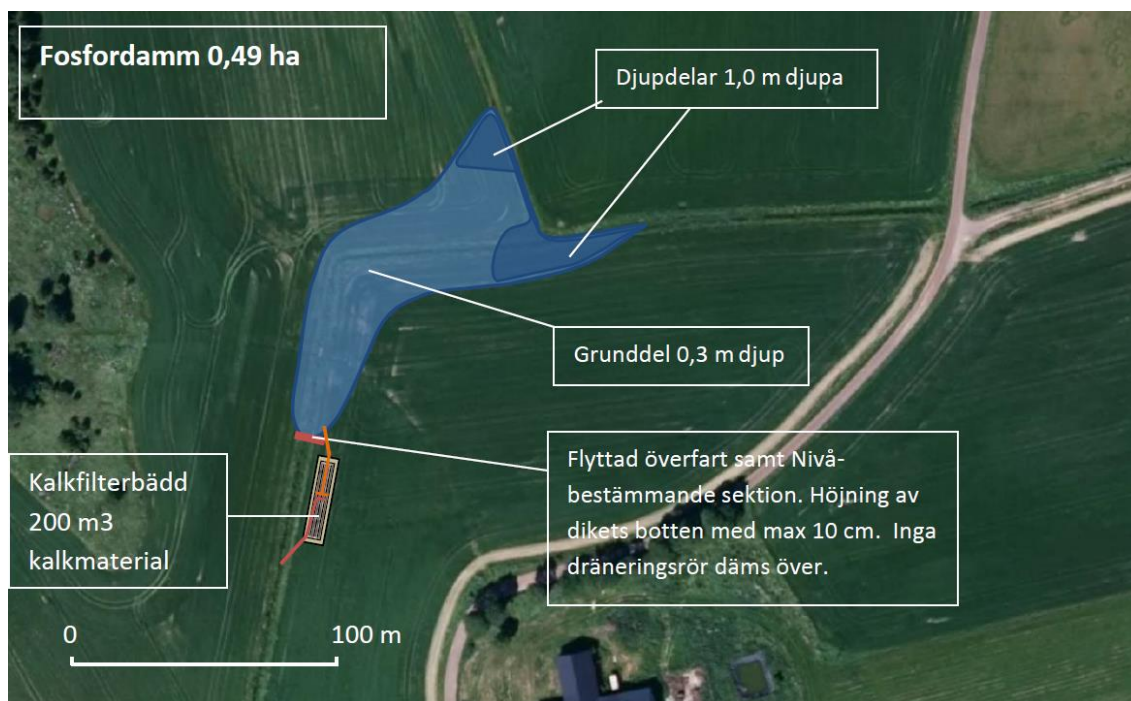


Figur 29. Den planerade fosfordammen vid Kunsta, åtgärd 04-pla-02. Bild: WEREC, u.å.

#### Norrvallby fosfordamm (02-pla-01)

Vid Vallbybäcken på fastigheten Uppsala Viksta-Vallby 3:1 planeras för en fosfordamm med tillrinningsområde på ca 480 ha (WEREC, u.å.). Området ligger öster om Vendelån och öster om Viksta kyrka. Andelen åker i tillrinningsområdet är ca 65 %. I utloppet av dammen planeras för en kalkfilterbädd (Figur 30). Dammens totala våtmarksområde planeras vara 1,09 hektar varav 0,49 hektar utgörs av planerad vattenyta. Dammens beräknas avskilja ca 27 kg fosfor per år och kalkfilterbädden uppges avskilja 45 % av den fosfor som kommer till bädden (WEREC, u.å.).

Som alternativ till åtgärden vid Norrvallby föreslås åtgärden 02-17 cirka 200 m uppströms 02-pla-01, se Bilaga 1. Åtgärderna skulle också kunna kombineras för att minska intrånget i åkermark vid 02-pla-01.



Figur 30. Översiktlig planritning över fosfordammen och kalkfilterbädden vid Norrvallby, åtgärd 02-pla-01. Bild: WEREC, u.å.

#### 5.4.2 Redan planerade dagvattenåtgärder

##### Dagvattendamm vid Örbyhus (06-pla-01)

Vid Örbyhus på fastigheten Tierp Libbarbo 8:1 planeras en dagvattendamm (WSP, 2021), se Figur 31. Syftet med dammen är att rena dagvatten från ett 72 hektar stort område innan det leds vidare till Toboån. Den sammanvägda avrinningskoefficienten för området är 0,32. I dagvattendammar avskiljs främst partikulära föroreningar (Larm och Blecken, 2019). Andelen partikulär fosfor uppgår till 50–80 % i dagvatten (Luleå Tekniska universitet, 2017). Reningseffekten av fosfor uppges bli cirka 50 % (WSP, 2021).

Exempel på utformning och utbredning av dagvattendammen för att uppnå 3 800 m<sup>2</sup> permanent area ses i Figur 32. Dammens totala reglervolym föreslås bli knapps 5 500 m<sup>3</sup>.

Utöver ytan för permanent vattenyta tillkommer yta för slänter, utrymme i anslutning till dammarna för skötsel och drift.



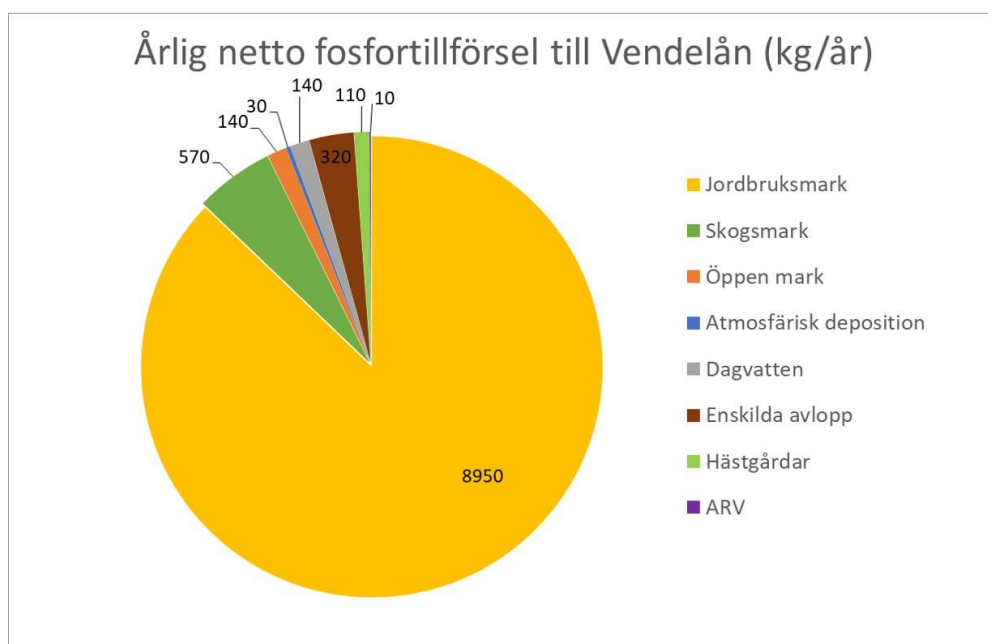


## 5.5 Nettotillförsel av fosfor och beting

Nettotillförseln av fosfor till recipienterna efter avdrag för avskiljning i befintliga våtmarker i beräknas till drygt 10 ton per år. Fördelningen mellan de olika källorna redovisas i Tabell 25 och Figur 33.

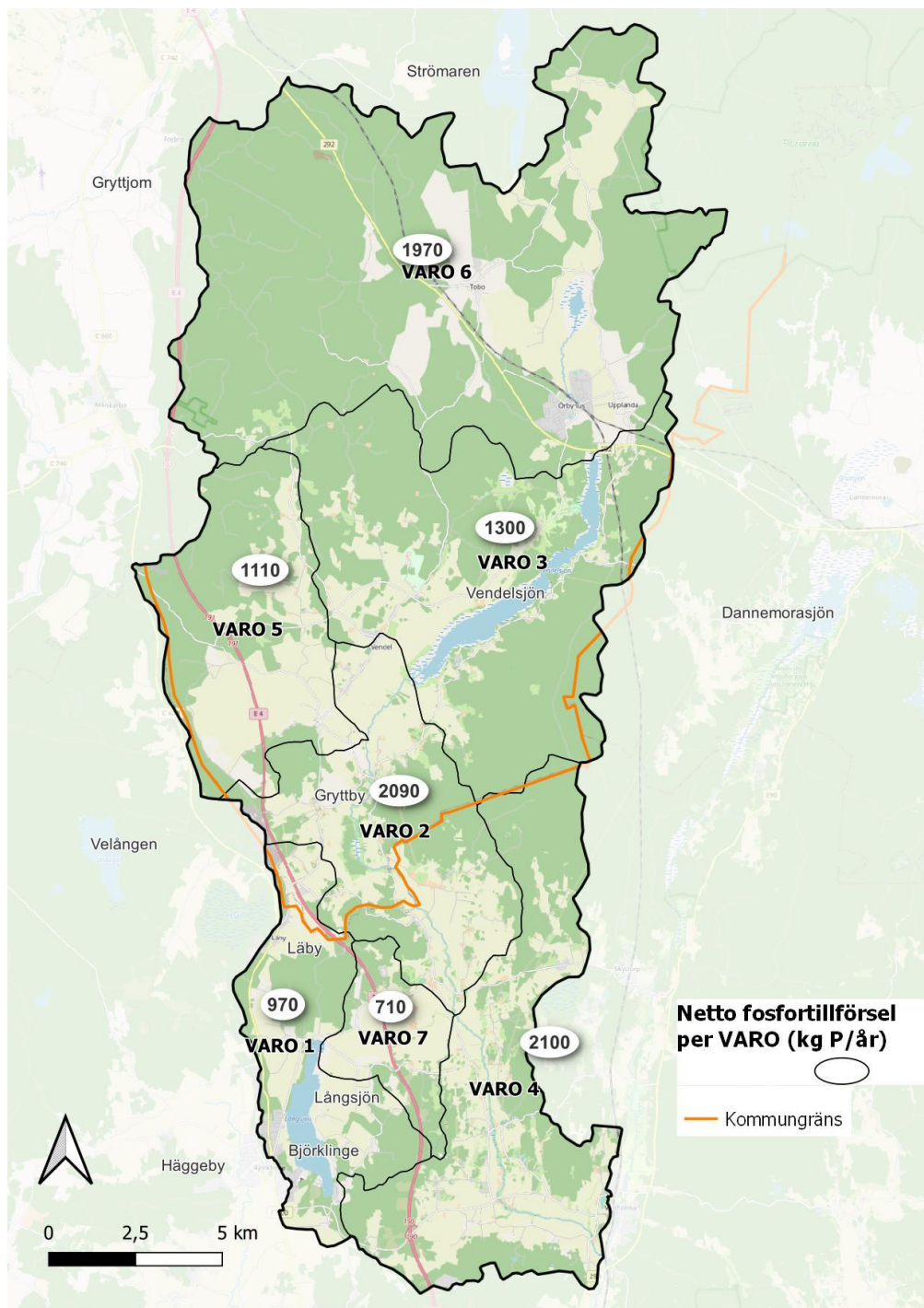
Tabell 25. Summerad bruttofostillförsel från diffusa och punktkällor, avskiljning i befintliga dammar och vägdiken och resulterande netttofostillförsel från utredningsområdet till Vendelån i kg per år.

Brutto P-tillförsel diffusa källor (kg/år)	Brutto P-tillförsel punktkällor (kg/år)	Summa brutto (kg/år)	Avskiljning bef. åtg. (kg/år)	Netto (kg/år)
9 880	430	10 310	60	<b>10 250</b>



Figur 33. Fördelning av årlig nettotillförsel av fosfor (kg/år) mellan olika diffusa källor och punktkällor i Vendelåns avrinningsområde med hänsyn till avskiljning i befintliga dammar och vägdiken.

Beräknad nettobelastning av fosfor per VARO visas i Figur 34.



Figur 34. Nettobelastning av fosfor från per VARO från diffusa- och punktkällor. Bakgrundskarta © OpenStreetMap, bidragsgivare.

Det samlade lokala betinget för alla vattenförekomster, inom utredningsområdet, uppgår till 1,8 ton P/år (se avsnitt 2.5.1). I utredningens uppdrag anges att de framtagna åtgärderna för minskad externfosfortillförsel ska motsvara 150 % av betinget. Detta för att minska risken för att förbättringsbehovet inte uppnås då åtgärder visar sig vara svåra att genomföra av skäl som i nuläget är okända. De relativa beting som redovisas i Tabell 26 anger vilken andel av nettotillförseln från avrinningsområdena som behöver avskiljas för att uppnå betingen.

Tabell 26. Netto fosfortillförsel (kg/år), fosforbeting (kg/år), fosforbeting om 150 % av betingen ska uppnås (kg/år), samt relativt beting i procent som ska uppnås per VARO.

VARO	Netto P-tillförsel (kg P/år)	P-beting 100 % (kg P/år)	P-beting 150 % (kg P/år)	Relativt beting	Relativt beting 150 %
1	970	230	345	24%	36%
2	2 093	480	720	23%	34%
3	1 302	210	315	16%	24%
4	2 102	410	615	20%	29%
5	1 110	260	390	23%	35%
6	1 970	100	150	5%	8%
7	705	170	255	24%	36%
<b>Summa</b>	<b>10 300</b>	<b>1 860</b>	<b>2 790</b>	<b>18%</b>	<b>27%</b>

## 6 Hydromorfologi

### 6.1 Fiskfauna

I det nationella registret över sjöprovfisken (NORS) (SLU, 2022a) och databasen för svenskt elfiskeregister (SERS) (SLU, 2022b) finns standardiserade och utförda fisken registrerade. De senaste fiskinventeringarna som genomförts i Vendelåns avrinningsområde är från tidigt 1990-tal och 2000-tal, vilket innebär att kunskapen om idag förekommande arter är osäker. Nya inventeringar och/eller provfisken kan behövas för att kunna ta fram förslag för biotopförbättrande åtgärder.

Tabell 27 visar en sammanställning av de arter som fångats i Vendelåns avrinningsområde. Totalt har 17 arter av fisk påträffats där abborre, gädda och mört är vanligt förekommande. Braxen, id, nissöga, lake, sarv och sutare ska även finnas i flera vatten. Även bäcknejonöga, gärs, löja, ruda, småspigg och storspigg har påträffats. Samtliga fiskar i Tabell 27 är *livskraftiga* enligt Rödlistan med undantag för lake (*sårbar*) som ska finnas både i de nedre och övre delen av systemet (SLU, 2022c). Icke artbestämd kräfta (flodkräfta eller signalkräfta) har påträffats i Tassbäcken.

Det finns även ett antal inplanterade arter i Vendelåns avrinningsområde som inte utgör en naturlig fauna. Bäckrödingen, som anses vara mycket invasiv, har påträffats vid flera provfisken i Tassbäcken och den tillrinnande Husbybäcken. I Vendelåns nedre del finns inplanterad öring. I början av 1980-talet planterades även lax ut i Långsjön som *put and take* fiske men fisken ska därefter dött ut (Brunberg och Blomqvist, 1998). Information om hur eller om inplanterade arter har påverkat den naturliga endemiska faunan i områdena har inte påträffats.



Tabell 27. Fiskarter som har påträffats vid inventering i Vendelån och dess biflöden. En sammanställning från provfiske, elfiskeinventeringar samt äldre och mer osäkra uppgifter. Åar och sjöar går från nedströms (kolumner till vänster) till uppströms (kolumner till höger). Inom VARO 2 och 7 finns inga provfiske registrerade

Inom VARO nr:		4	7	1	2	5	3	6
Art	Kategori rödlistan	Vendelån mynningen- Sävastabäcken	Sävastabäcken	Långsjön	Sävastabäcken- Tassbäcken	Fyrisån-Tassbäcken (inkl. Husbybäcken)	Vendelsjön	Fyrisån – Toboån
Abborre	Livskraftig			x		x	x	
Braxen	Livskraftig			x			x	
Bäcknejonöga	Livskraftig					x		
Gädda	Livskraftig	x		x			x	x
Gärs	Livskraftig			x				
Id	Livskraftig	x				x		
Lake	Sårbar	x		*				x
Löja	Livskraftig			x				
Mört	Livskraftig	x		x			x	
Nissöga	Livskraftig			x		x		
Ruda	Livskraftig						x	
Sarv	Livskraftig			x			x	
Småspigg	Livskraftig					x		x
Storspigg	Livskraftig			x				
Sutare	Livskraftig			x			x	
Kräfta	<sup>1</sup>					x		
<b>Ej naturligt förekommande arter i Vendelån</b>								
Bäckroding	Främmande art (mycket hög risk för invasivitet)					x		
Öring	Livskraftig	x						

x) Arter som har noterats vid inventeringar genom provfiske och/eller elfiske

\*) Arter som kan förekomma; uppgifter är äldre, osäkra eller muntliga

1) Art obestämd. Flodkräfta är akut hotad medan signalkräftan är en invasiv art

### Asp

Det finns idag inga kända bestånd av Upplands landskapsfisk asp i Vendelåns avrinningsområde. Däremot finns arten i nedströms vatten i Fyrisån och Mälaren (Länsstyrelserna, 2009; Upplandsstiftelsen, 2021a). Förhoppningen är att aspen, om åtgärder mot befintliga vandringshinder genomförs, i framtiden även ska kunna simma upp i Vendelån.

Aspen förekommer främst i sjöar och vattendrag med lågt till måttligt näringsinnehåll. De vandrar upp i strömmande vatten på vårkanten där den letar lämpliga lekplatser över grus- och stenbottnar. Den kan också leka över mer växtrika områden med rent och syrerikt vatten. Eftersom aspen är en vandrande fisk påverkas den starkt negativt av vandringshinder. Den påverkas även negativt av ingrepp i vattenmiljön som damm- och brobyggnationer, muddring, årensning och andra fysiska ingrepp, framför allt i vegetationsrika strandmiljöer (Havs- och vattenmyndigheten, 2016, 2017). Övergödning av vattendrag kan leda till försämrade lekbottnar och reproduktion.



Aspen är en nationellt rödlistad art (*nära hotad*) (SLU, 2022c) och ingår i EU:s art- och habitatdirektiv där den betraktas som skyddsvärd. Det finns ett nationellt åtgärdsprogram för asp med bland annat en prioriteringsplan för åtgärder av vandringshinder (Havs- och vattenmyndigheten, 2016b). En prioriterad åtgärd för ökad rekrytering av asp i bland annat Mälaren pekas ut som nödvändig vid Järstadammarna i Vendelån, men även på ett flertal andra platser nedströms i Fyrisån.

#### **Inventerade strömsträckor för asp**

En kartläggning av vandringshinder och lekområden för fisk inkluderade bland annat sträckan från Vendelåns mynning upp till Vendelsjön (Länsstyrelserna, 2009). De inventerade sträckorna har bedömts och klassificerats utifrån sträckans lämplighet för aspreproduktion där klass 3 representerar ”mycket goda/optimala lekmöjligheter” och klass 0 ”inga lekmöjligheter”.

På denna sträcka finns sex inventerade områden för lekande asp. En lokal på drygt 1 000 m<sup>2</sup> av högsta klass (3) finns i Vendelåns nedre del vid Tensta. Tre av de sex potentiella leklokaler bedöms till klass 2 och utgör totalt drygt 4 000 m<sup>2</sup>; den ena finns direkt nedströms Järstadammarna, den andra direkt uppströms Järstadammarna och den tredje vid Åby. De två sista inventerade leklokaler har således klass 1 (en vid Hånsta och en nedströms Järstadammarna). Inventeringen visar alltså att det finns flera potentiella leklokaler i Vendelåns nedre del, både upp- och nedströms Vendelåns första vandringshinder, Järstadammarna.

Uppströms Vendelsjön finns inga kända inventeringar av lekplatser, strömsträckor eller potentiella reproduktionslokaler för asp.

#### **Fiskevårdsområde**

Det finns en fiskevårdsområdesförening registrerad inom avrinningsområdet som innefattar Tegelsmorasjön, Tegelsmoraån, Vendelsjön, samt Vendelån nedströms Vendelsjön till gränsen för Uppsala kommun (Länsstyrelserna, u.å.) (Figur 35). Fiskevårdsområden skapas för att samordna fiskevård och förvaltning av fiske. Enligt Föreningen Vendelsjön (2022) pågår dock ingen aktivitet inom föreningen.



Figur 35. Utbredning av Vendelsjöns fiskevårdsområdesförening i svart rand runt sjöar och åsträcka. Källa: Länsstyrelserna (u.å.).

## 6.2 Befintliga vandringshinder

Människans nyttjande av sjöar, åar och älvar för exempelvis anläggning av dammar, kvarnar och infrastruktur, samt sjösänkningar, uträtningar och markavvattning har skapat vandringshinder för sötvattenfisken. Mängden fisk i våra vatten skulle vara betydligt större om de kunde utnyttja större områden för vandring och fortplantning än vad som är fallet idag. Fiskars vandringsfas kan ske både under vår och höst då de förflyttar sig mellan lek-, uppväxt- och födoområden, men även för övervintring eller för att undvika temporärt ofördelaktiga förhållanden. Vikten av intakt konnektivitet där fiskar kan röra sig fritt över hela sitt naturliga habitat främjar fiskfaunan direkt och hela den akvatiska mångfalden indirekt (exempelvis stormusslor vars larver sprids med fisk).

I Vendelåns avrinningsområde finns förhållandevis få vandringshinder för fisk jämfört med andra biflöden till Fyrisån. I Biotopkarteringsdatabasen (Länsstyrelserna, 2020), som ger underlag till statusklassningen i VISS, finns två vandringshinder registrerade; Vendelsjöns utlopp och Järstadammarna. En fiskväg har dock anlagts vid Vendelsjöns utlopp år 2020 och anses därmed åtgärdad. Beställaren av detta uppdrag informerade även om ett tredje, troligen partiellt, vandringshinder vid Tegelsmorassjön. Totalt har alltså ett definitivt, ett partiellt och ett åtgärdat vandringshinder identifierats inom avrinningsområdet. Platsbesök genomfördes under juni 2022 vid alla tre platserna. En sammanställning av befintliga vandringshinder finns i Figur 36 och Tabell 28. I Bilaga 2 beskrivs de mer i detalj tillsammans med åtgärdsförslag.

I avsnitt 6.3 beskrivs åtgärdade vandringshinder inom avrinningsområdet och i avsnitt 6.4 beskrivs kortfattat nedströms liggande vandringshinder i Fyrisåns huvudfåra och åtgärder som påverkar konnektiviteten till Vendelån.

Tabell 28. Identifierade vandringshinder inom Vendelåns avrinningsområde med beskrivning av vandringshindrets karaktär och egenskaper. För geografisk placering se Figur 36.

Nr.	Namn	VARO nr.	Typ	Konstruktion	Åtgärds-höjd* (m)	Vandrings-hinder**
04A	Järstadammarna	4	Kvarndamm med två skibord	Betong, sten	1,3	Definitivt
06A	Tegelsmorassjön	6	Spontat dämme	Trä, metall	0,5	Partiellt

\* Åtgärdshöjden är ungefärlig och uppskattas som den höjd som behöver åtgärdas för att den tröskel som vandringshindret utgör ska försvinna. Detta kan exempelvis vara fallhöjden vid ett dämme eller skillnaden i nivå på vattenytan precis uppströms och precis nedströms ett hinder (vid normalvattenföring). Se detaljer för respektive vandringshinder i Bilaga 2.

\*\* Ett vandringshinder definieras som ett hinder om mindre än 5 % av vandringsbenägna fiskarter kan passera. Definitiva och partiella vandringshinder för mört och öring har bedömts i Länsstyrelsernas Biotopkarteringsdatabas (2020). De vandringshinder som inte har en bedömning finns inte i databasen.





Figur 36. Karta över befintliga och åtgärdade vandringshinder inom Vendelåns avrinningsområde.



## 6.3 Åtgärdade vandringshinder

### 03A Vendelsjödammen

Vid Vendelsjöns utlopp genomfördes åtgärder under 2020 för att möjliggöra fiskvandring mellan Vendelån och Vendelsjön. Det tidigare dämnet från 1967 utgjorde ett partiellt vandringshinder (Länsstyrelsen, 1987; Länsstyrelserna, 2018). Ett förslag på nytt dämme som medger fiskpassage tog fram av Upplandsstiftelsen (2019a).

Det gamla dämnet av trä ersattes av en plastspont. I plastsponten skars ett v-format utskov ut för att fisk ska kunna vandra men även för att fortsatt kunna följa gällande vattendom från 1967 (Föreningen Vendelsjön, 2021). Nedströms plastsponten anlades en strömsträcka med naturgrus och sten (Figur 37) för att på så vis bygga bort det gamla vandringshindret. Uppföljning för att se om fiskvägen kommer ge väntad effekt kommer göras genom provfiske, men redan nu har passage av vandrande fisk noterats.



Figur 37. Foto över Vendelsjöns nya utlopp med en plastspont med v-utskov (t.h.) och strömsträcka nedströms av naturgrus och sten (t.v.).

I utredningen (Upplandsstiftelsen, 2019a) togs även åtgärder fram för att täta den tidigare läckande dammvallen till sjön som utgjordes av jordmassor. Läckaget har orsakat erosion och översvämning på åker- och betesmark. En 325 meter lång plastspont trycktes ned vid dammvallen vilket har minskat det diffusa läckaget och leder istället vattnet till sjöns utlopp. Dammvallsrenoveringen gör att vattennivån i sjön kan hållas kvar längre period på våren vilket bedöms motverka sjöns igenväxning, gynna fågellivet och minska näringsläckage från åkrarna (Föreningen Vendelsjön, 2021).

## 6.4 Nedströms vandringshinder

Järstadammarna är det vandringshinder i Vendelåns avrinningsområde som ligger längst nedströms och därmed hindrar fri passage uppströms till Vendelån och nedströms till Fyrisån. I Fyrisåns nedre delar har ett arbete för förbättrad konnektivitet pågått under längre tid för att möjliggöra fri passage för vandringsbenägna arter mellan Ekoln (Mälaren) och Fyrisån. Totalt fyra befintliga eller åtgärdade vandringshinder ligger nedströms Järstadammarna i Fyrisån. Dessa är, i ordning nedströms och uppåt:



- **Islandsfallet** (åtgärdat) ligger längst nedströms i centrala Uppsala. Här anlades en fiskväg i form av slitsränna som togs i bruk 2008 (Länsstyrelserna, 2021). Åtgärden har konstaterats fungera mycket bra som fiskväg för den rödlistade aspen och de flesta andra förekommande fiskarter (Upplandsstiftelsen, 2021a). Flertalet kända leklokaler för asp finns i Fyrisån nedre del och årlig inventering, märkning och utvärdering görs (Länsstyrelserna, 2009; Upplandsstiftelsen, 2021a).
- **Kvarnfallet** (åtgärdat) ligger strax uppströms Islandsfallet och här färdigställdes ett omlöp 2007. Provfiske och fiskekamera visar att fisk passerar men endast ett fåtal individer av asp har noterats de senaste åren (Upplandsstiftelsen, 2021a). Den akut hotade ålen (SLU, 2022c) har vid inventeringar noterats passera både Islandsfallet och Kvarnfallet, även om det rör sig om ett fåtal individer (Upplandsstiftelsen, 2021b).
- **Ulva kvarn** (åtgärdat) ligger strax norr om Uppsala och försågs 2017 med en slitsränna (Länsstyrelserna, 2021). Två år senare noterades den första aspen passera fallet på 350 år.
- **Ekebydammen** (ej åtgärdat) vid Storvreta är därmed det enda kvarstående vandringshindret för fri passage till Vendelån och Järstadammarna. Ekebydammen anses vara en prioriterad åtgärd i åtgärdsprogrammet för asp (Havs- och vattenmyndigheten, 2016b) och Uppsala kommun har tagit fram en förstudie för åtgärdsförslag vid vandringshindret (Tyréns AB och TerraLimno Gruppen AB, 2020).

## 7 Åtgärdsförslag

### 7.1 Kunskapshöjande åtgärder

#### 7.1.1 Fysikalisk-kemiska parametrar

Som framgår av Naturvattens översiktliga redovisning saknas i en del mätdata för bedömning av status. I syfte att komplettera bilden av Vendelåns miljö tillstånd, inte minst som underlag för åtgärdsplanering, har Naturvatten tagit fram ett förslag till förändrat miljöövervakningsprogram för dessa vattenförekomster. Nedan sammanfattas Naturvattens förslag. För en detaljerad redovisning där programmet beskrivs i sin helhet hänvisas till del ett av det lokala åtgärdsprogrammet för Fyrisån (Naturvatten AB, 2020). För att nå god kostnadseffektivitet utformades programmet med olika omfattning och intensitet för olika vattenförekomster (Tabell 29).

Tabell 29. Omfattning av Naturvattens förslag till utökat miljöövervakning sett till kvalitetsfaktorer/parametrar samt undersökningsfrekvenser vid olika övervakningsnivåer

Nivå	Vattendrag	Sjöar
Intensiv	Fysikalisk-kemiska 12 gånger/år Kiselalger 1 gång/år Bottenfauna 1 gång/6 år	Fysikalisk-kemiska 1 gång/år Klorofyll 1 gång/år Växtplankton 2 gånger/6 år Kiselalger 2 gånger/6 år Nätprovfiske 1 gång/6 år Vattenvegetation 1 gång/6 år
Intermediär	Fysikalisk-kemiska 12 gånger/år, vart 6 år Kiselalger 2 gånger/6 år	-
Extensiv	Kiselalger 1 gång/6 år	Fysikalisk-kemiska 1 gång/år, 3 gånger/6 år Klorofyll 1 gång/år, 3 gånger/6 år

I tillägg till de undersökningar som föreslås enligt ovan rekommenderas övervakning av miljöstörande ämnen – metaller, organiska miljögifter – för Vendelsjön och Långsjön – Björklinge enligt nedan (Tabell 30).

Tabell 30. Översikt över förslag till övervakning av miljöstörande ämnen i Vendelsjön och Långsjön - Björklinge (Naturvatten AB, 2020).

Namn	ID	Typ av övervakning
Vendelsjön	WA71444841	Sediment och fisk, 1 gång/6 år
Långsjön - Björklinge	WA61712830	Sediment och fisk, 1 gång/6 år

### 7.1.2 Biologiska parametrar – fisk

Nuvarande status och utbredning av fiskfaunan i åarna och sjöarna är relativt okänd. Mycket av den information som sammanställningen av fiskfaunan i avsnitt 6.1 bygger på är från 1990-talet och början av 2000-talet. Dataunderlaget är alltså i många fall cirka 30 år gammalt. Det finns därför fog för att genomföra nya provfiske och inventeringar både i områdets sjöar och åar.

### 7.1.3 Hydromorfologiska parametrar

För att skapa en bättre bild av Vendelåns hydromorfologiska status krävs inventeringar och karteringar av avrinningsområdet. I statusklassningen för Vendelåns vattenförekomster saknas i många fall underlag. Minst 6 av 14 parametrar är oklassade för de fem vattendrag som är vattenförekomster. För de två sjöarna är motsvarande siffra 5 av 10, se lista nedan.

Oklassade parametrar – vattendrag (6 st.):

- ✓ *Konnektivitet i sidled och till svämplan*
- ✓ *Vattenståndets förändringstakt*
- ✓ *Vattendragets planform*
- ✓ *Vattendragsfårans bottensubstrat*
- ✓ *Död ved i vattendrag*
- ✓ *Strukturer i vattendraget*

Oklassade parametrar – sjöar (5 st.):

- ✓ *Konnektivitet till närområde och svämplan*
- ✓ *Vattenståndsvariation*
- ✓ *Förändring av sjöns planform*
- ✓ *Bottensubstrat i sjöar*
- ✓ *Strukturer på det grunda vattenområdet*

Många av de parametrarna som är klassade bygger dessutom på översiktliga digitala eller modellerade karteringar.

### **Konnektivitet upp- och nedströms**

Utöver parametrar i ovan lista saknas även klassning för parametern *Konnektivitet upp- och nedströms* (motsvaras av *Längsgående konnektivitet* i sjöar) i tre av sju vattenförekomster i Vendelåns avrinningsområde; *Långsjön, Fyrisån-Toboån och Sävastabäcken* (VARO 1, 6 och 7). I VARO 6 har ett vandringshinder kunnat identifieras (06A Tegelsmorasjön) men det har inte skett någon heltäckande inventering. Enligt VISS behöver vandringshindersoninventering genomföras för dessa tre vattenförekomster för att konnektivitetsstatus ska kunna bedömas (Länsstyrelserna m.fl., 2022).

## **7.2 Åtgärder för fosfortillförsel från punktkällor**

### **7.2.1 Åtgärder för enskilda avlopp**

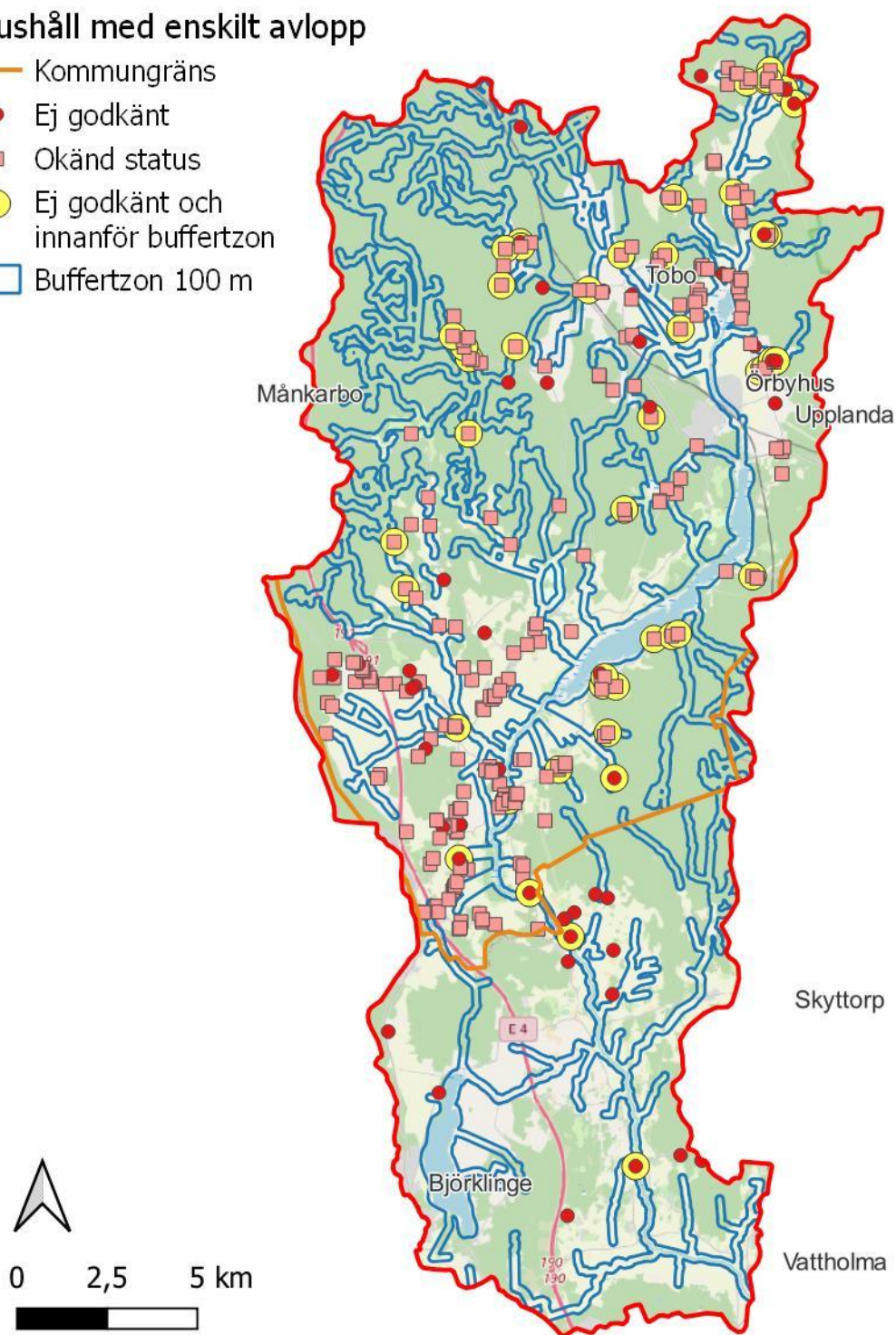
Enligt uppgifter från Uppsala och Tierp kommuner finns det cirka 170 hushåll med enskilda avlopp i Vendelåns avrinningsområde som har bristfällig eller okänd reningsfunktion (kategori A i Tabell 7). När dessa åtgärdas med ny markbädd eller infiltration motsvarande normal skyddsnivå beräknas fosfortillförseln till Vendelån minska med cirka 60 kg per år. Det motsvarar 18 procent av den beräknade fosfortillförseln från enskilda avlopp till Vendelån idag. Vid tillsyn prioriteras de sämsta avloppen först, så detta är någonting som förväntas ske inom de närmaste åren. Åtgärderna görs inte enbart för att förbättra fosforreningen utan även för att minska risken för förorening av dricksvattenbrunnar och minska utsläpp av smittämnen, syreförbrukande ämnen och kväve till vattendragen.

Av de hushåll som har bristfällig eller okänd avloppsvattenrening ligger 30 stycken inom 100 meter från Vendelån eller anslutande biflöden. Dessa är prioriterade att åtgärda. Om dessa 30 avlopp skulle uppgraderas till motsvarande hög skyddsnivå skulle fosforbelastningen till Vendelån minska ytterligare cirka 10 kg årligen. Bedömning av vilka krav som ska ställas på avloppsreningen (t.ex. normal eller hög skyddsnivå) ska dock alltid göras i det enskilda fallet.

Avlopp som bedömts ha bristfällig reningsfunktion (kategori A) är markerade med röda punkter i Figur 38. Eftersom uppskattningar har behövt göras av statusen för vissa avlopp i Tierps kommun (se avsnitt 4.1.1) kan inte position för alla bristfälliga avlopp anges. Av de hushåll som är markerade med en rosa fyrkantig symbol antas hälften vara bristfälliga.

## Hushåll med enskilt avlopp

- Kommungräns
- Ej godkänt
- Okänd status
- Ej godkänt och innanför buffertzonen
- Buffertzonen 100 m



Figur 38. Hushåll med enskilda avlopp som är bristfälliga, okänd status och/eller ligger inom 100 m från Vendelån eller dess biflöden.

I Tabell 31 sammanfattas den potentiella minskningen av fosfor till Vendelån vid genomförande av den första av de två diskuterade åtgärderna, det vill säga åtgärdande av avlopp som inte har något godkänt tillstånd idag till normal skyddsnivå. De flesta hushåll med bristfällig eller okänd avloppsvattenrening ligger sannolikt i VARO 6 (ca 61 st).

Tabell 31. Potentiell minskning av fosforbelastning på Vendelån i och med åtgärdande av bristfälliga enskilda avlopp till markbädd/infiltration eller motsvarande normal skyddsnivå.

Åtgärd	Normal skyddsnivå
Avrinningsområde	Minskning kg P/år
VARO 1	2
VARO 2	15
VARO 3	7
VARO 4	1
VARO 5	9
VARO 6	21
VARO 7	0
<b>Summa</b>	<b>57</b>

### 7.2.2 Åtgärder för reningsverk

Inga åtgärdsförslag har tagits fram för minskad närings- och föroreningsbelastning från reningsverken i Husby och Hovgårdsberg då utsläppen är relativt små i förhållande till den kostnad en åtgärd skulle medföra. För Hovgårdsbergs reningsverk gäller det först och främst att få anläggningen att fungera som det är tänkt. Det är alltid viktigt att minimera inläckage på ledningsnätet för att bibehålla en stabil drift och undvika bräddningar som kan leda till fosforutsläpp, exempelvis genom att tillse att inget dagvatten är kopplat till ledningsnätet.

### 7.2.3 Åtgärder för hästgårdar

Nedan listas en rad generella åtgärder som är svåra att kvantifiera reningen för men som kan ha god effekt på många platser för att minska näringsläckaget. Åtgärdsförslagen utgår från generella åtgärder föreslagna av SLU, Jordbruksverket. Länsstyrelsen, WRS och Hushållningssällskapet (Parvage, 2015, Dahlin, S. & Johansson, G., 2008, Isaksson, J., Eriksson, S. & Hermansson, A., 2017, Hellblom, F. & Rybak, F., 2019, Jordbruksverket, 2017, Owenius, 2012).

- Etablera rasthagar på säkert avstånd från diken och vattendrag.
- Anlägga skyddszoner mot vattendrag för att förhindra jorderosion.
- Anlägga beten med grässorter som är tramptåliga (rödsvingel, ängssvingel och ängsgröe är tramptåliga) och toleranta för fuktiga förhållanden
- Kringdika hagar nära Vendelån, anslutande biflöden eller större jordbruksdiken för att fånga upp ytavrinnande vatten som rinner in eller ut från hagen.
- Anlägga svackdiken för att kvarhålla avrinnande vatten och näringsämnen. Svackdiken är en typ av buffertzon där en gräsbevuxen del av terrängen vid höga flöden fylls med vatten men som i normalfallet är torrlagda. Svackdiket måste dimensioneras efter storleken på hagen.
- Erosionsskydda marken på särskilt utsatta och upp trampade ställen, till exempel vid grindhål, vid foderhäckar och vattenkoppar.



- Ge hästarna tillräckliga ytor för bete och utevistelse – begränsa antalet hästar per hektar till maximalt tre.
- Minimera spill vid utfodring ute.
- Skapa en säker gödselhantering – platta, container, kompostering, spridning, tak över platta.
- Ändra markanvändningen från rasthage till något annat efter 10–20 år.
- Anlägga fosfordammar för att förhindra att näringsrikt vatten når Vendelån.

De föreslagna åtgärderna ovan riktar sig till hästhållarna. Det bästa är om åtgärder på hästgårdar sker på hästhållarnas egna initiativ, men för att detta ska kunna ske behövs en kunskapshöjning bland dessa. Sedan hösten 2020 erbjuder Greppa näringen rådgivning riktad till gårdar med fler än 15 hästar. Rådgivningen är kostnadsfri, sker på frivillig basis och utförs av rådgivare inom Greppa Näringen. Målet är att göra hästhållarna medvetna om hur deras verksamhet påverkar miljön, identifiera vad som görs bra, vad som kan göras bättre, samt ge förslag på åtgärder (Greppa näringen, 2021).

För hästgårdar med mindre än 15 hästar finns idag ingen motsvarande rådgivning, samtidigt som kunskapsbehovet kan vara större bland dessa. För denna grupp finns därför ett behov av att kunskapshöjning, t ex genom ett projekt som drivs av kommunen. Ett exempel på ett sådant initiativ är Oxunda vattensamverkan som med medel från LOVA nyligen har startat ett projekt för hästhållare inom Oxundaåns avrinningsområde. Projektet riktar sig till lite mindre hästgårdar, med bland annat kostnadsfria möten, seminarier, studiebesök och gårdsvisa rådgivningar, där gårdar nära vattendrag och gårdar med hög hästtätet prioriteras.

Inom Vendelåns avrinningsområde finns ett 15-tal hästgårdar som ligger mindre än 100 m från Vendelån, biflöden eller större jordbruksdiken (Tabell 17, avsnitt 5.1.3) där åtgärder är särskilt prioriterade.

För att exemplifiera hur fosfortillförseln till Vendelån kan minskas med åtgärder inom hästgårdar har teoretiska beräkningar gjorts för två olika åtgärder, som beskrivs nedan.

- Ändrad foderstat. Ta foderanalyser och se över foderstaten och åtgärda om det är överutfodring med fosfor. Om fosforförbrukning via foder minskar med 0,5 kg per häst och år på grund av ändrad foderstat kan man minska fosforläckaget med ca 6 kg i Vendelåns avrinningsområde.
- Dagligen mocka hagar och rastfällor som används mycket, t.ex. med en betesdammsugare, en fördubbling av den mockning som antas ske idag. Med denna åtgärd skulle man kunna minska fosforbelastningen från hästgårdar i Vendelåns avrinningsområden med drygt 35 kg.
- Mindre läckage från gödselplatta med åtgärder som minskar flödet av gödsel från plattan till omgivande vattendrag.

Om ovanstående åtgärder genomförs på alla hästgårdar skulle bedömda fosforförluster kunna minskas med ca 40 kg i Vendelåns avrinningsområde (Tabell 32).

Tabell 32. Uppskattad årlig minskning av fosfortillförsel till Vendelån vid åtgärder på hästgårdar, fördelat per VARO.

Avrinningsområde	Antal hästar	Läckage utan åtgärd, kg P	Läckage efter åtgärd, kg P	Minskning läckage, kg P
VARO 1	43	14	9	5
VARO 2	75	25	15	10
VARO 3	19	6	4	2
VARO 4	57	20	12	8
VARO 5	39	14	8	6
VARO 6	79	26	16	10
VARO 7	0	0	0	0
Summa	312	105	64	41

Ovanstående åtgärder handlar om att minska mängden tillkommande fosfor som kan bidra till läckage. De flesta hästgårdar har dock ett ackumulerat näringsförråd i marken efter många års hästverksamhet, vilket gör att förhöjda näringsämneshalter kan förväntas under lång tid framöver i avrinning från området.

### Beräkningar

I beräkningarna har vi gjort följande antaganden:

- Hästarna är till 70 % hästar och 30 % ponnyer (Jordbruksverket, 2005).
- Varje häst producerar träck och urin som innehåller 8,9 kg fosfor per år från hö, hösilage, kraftfoder, mineraler och strömedel (Jordbruksverket, 2013). I förslaget om ändrad foderstat har vi istället räknat med att träck och urin innehåller 8,4 kg.
- Allt fosfor i fodret hamnar i gödseln, nästan allt återfinns i träcken (Ögren, 2013). Gödseln hanteras bra på gödselplatta eller i container till 98 % men 2 % läcker till Vendelån (egen bedömning).
- 8 timmar daglig utomhusvistelse (33 % av dygnet) i beten nära stallet och rastfällorna under 9 månader (ej under sommaren).
- 50 % daglig mockning i rastfällor och beten som används under höst–vinter–vår, genomsnitt över säsongen och mellan gårdarna (egen bedömning). I förslaget om ökad mockning har vi istället räknat med 80 % daglig mockning.
- Fosforläckage till Vendelån från vinterbeten och rastfällor uppskattas till 20 % då medelavståndet till närmsta vattendrag är över 500 meter.

Det bör poängteras att många av antagandena i beräkningarna är tämligen osäkra, då hästantalet endast är uppskattat, och då hästgårdars utformning och skötsel skiljer sig mycket mellan olika storlekar – hobbyhästar, ridskolor, stuterier och även mellan hästgårdar i samma storleksklass. Större hästgårdar genererar mer gödsel och behöver därför ofta av praktiska skäl investera i en bra gödselhantering medan mindre gårdar sannolikt i större utsträckning använder befintliga äldre byggnader där gödselhanteringen är mindre bra.

## 7.2.4 Åtgärder för miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden

De tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheterna och potentiellt förorenade områdena inom Vendelåns utredningsområde förväntas inte släppa ut eller läcka någon större mängd fosfor till Vendelån, så några förslag på åtgärder har inte tagits fram för dessa.

## 7.3 Åtgärder för fosfortillförsel från diffusa källor

### 7.3.1 Åtgärder för jordbruksmark

#### Åtgärdstyper

I detta kapitel beskrivs de åtgärdstyper som bedöms vara bäst lämpade för att minska tillförseln av fosfor från jordbrukslandskapet till vattenförekomsterna i Vendelåns avrinningsområde. Metodiken kring val av specifik åtgärd beskrivs också. Litteraturuppgifter på åtgärdernas avskiljningsförmåga har använts för att beräkna de föreslagna åtgärdernas reningspotential.

Den fosfor som avrinner från åkermark förekommer främst i partikulär form, det vill säga bunden till jordpartiklar. De största fosforförlusterna från mark sker i regel när avrinningen är stor. Åtgärder med syfte att avskilja och sedimentera partiklar kan anläggas för att minska transporten av fosfor från jordbruksmarken till berörda recipienter. Sedimentation av partiklar gynnas genom att minska vattnets hastighet. När hastigheten avtar hinner partiklar sjunka till botten och näringsämnen bundna till dessa avskiljs. Effektiva anläggningar för sedimentation är fosfordammar för små tillrinningsområden eller våtmarker för större tillrinningsområden. För att uppnå maximal avskiljningsgrad i en anläggning bör den placeras där förlusterna av fosfor är som störst.

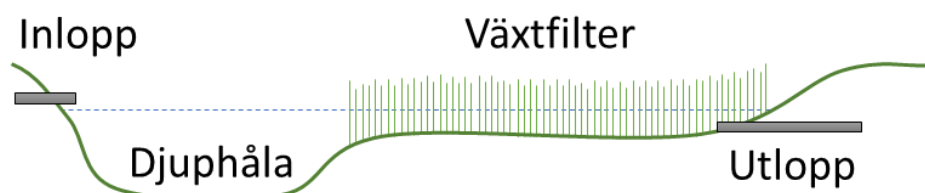
En annan metod att åstadkomma fosforavskiljning med är att anlägga tvåstegsdiken, där växter filtrerar vattnet vid högre flöden. Nedan beskrivs funktionen hos fosfordammar, våtmarker och tvåstegsdiken samt den metodik som använts för att välja en specifik åtgärdstyp vid en viss plats.

#### *Fosfordammar*

Fosfordammar anläggs vanligtvis i jordbruksdominerade områden och har visat sig ge en hög fosforavskiljning i relation till använd markyta. Fosfordammens yta ska helst motsvara minst 1 % av tillrinningsområdet för att ha en bra funktion, men bör ha en yta som utgör upp till 5 % av tillrinningsområdet om plats finns (Jordbruksverket, 2010; Hushållningssällskapet, 2012). Vid mindre yta minskar avskiljningen betydligt i dammarna (Kynkäänniemi, 2014). Dammen består av två delar där vattnet först passerar en djupare del för sedimentation och därefter filtreras genom en grundare del med rik våtmarksvegetation, se Figur 39. Undersökningar visar att djuphålan har en viktig funktion för sedimentering (Kynkäänniemi, 2014). Den djupare delen bör vara 20-30 % av dammytan med ett djup på 1–1,5 m (Hushållningssällskapet, 2012). Den vegetationsrika och grunda delen ska motsvara resterande 70–80 % av dammytan och ha ett djup på 0,2–0,4 m.

Dammens slänter ska vara någorlunda flacka, cirka 1:3, för att undvika erosion. Den grundare vegetationsdelen har olika funktioner, exempelvis sänka vattenhastigheten för att gynna sedimentation men också sprida flödet jämnt över dammen. Växterna bidrar även till att

stabilisera botten och tar upp näring och gynnar även biologisk mångfald (Jordbruksverket, 2010). För att fosfordammen ska ha en god funktion är det viktigt med ett bra längdbreddförhållande (Kynkäenniemi, 2014) där en långsmal damm är att föredra.



Figur 39. Illustration av fosfordamm med djuphåla och efterföljande vegetationsdel.  
Illustration: WRS.

Ett rimligt antagande för uppskattning av reningspotentialen i en fosfordamm med storlek över 0,1 % av tillrinningsområdet är strax under 50 % avskiljning av inkommande fosfor (Jordbruksverket, 2015b). För mindre fosfordammar som har en storlek mellan 0,05 och 0,1 % av tillrinningsområdet blir avskiljningen enligt en sammanställning cirka 30 % (Kynkäenniemi, 2014). Avskiljningen styrs av flera faktorer, exempelvis inkommande näringsämnehalt och hydraulisk belastning (Kynkäenniemi, 2014). För att underlätta skötsel av dammen i form av släntklippning och sedimenttömning är det viktigt att dammen placeras åtkomligt för traktor och grävmaskin. Vid rensning av fosforsediment i dammen kan det därefter återföras till åkermarken (Hushållningssällskapet, 2012). Viktigt att beakta vid anläggande av fosfordammar på produktiv åkermark är att ersättningen är jämförbar med inkomst från marken (Malgeryd m.fl., 2015), se Bilaga 1 avsnitt 3 möjliga stöd för åtgärder.

Fosfordamm som åtgärdsförslag har valts där:

- det finns ett befintligt jordbruksdike eller täckdikessystem och där det finns goda förutsättningar för att till en rimlig kostnad att skapa en damm genom schakt, dämning eller en kombination av schakt och dämning.

För att bestämma om dämning är möjligt behöver hänsyn tas till dräneringsdjupet på omkringliggande åkermark samt markvattennivån.

- den naturliga sluttningen på marken längs ett dike kan utnyttjas för att kombinera schakt och dämning av en fosfordamm.
- det finns ett begränsat utrymme för åtgärdsförslaget, till exempel där så lite intrång som möjligt bör göras på produktiv åkermark.
- markvattenytan ligger lågt i förhållande till markytan men det inte går att dämna utan att påverka omgivande åkermark negativt. Fosfordammen är då den åtgärd som kräver minst schakt av de åtgärdstyper som beskrivs i detta avsnitt.

I avrinningsområdet för Vendelån kan konstateras att jordbruksmarken ofta är täckdikad ända ut i större krongiken. Många av dessa krongiken har ett för stort flöde för att anläggande av en fosfordamm i krongiket ska vara motiverat. I dessa fall kan en lämplig åtgärd vara att schakta fram täckdikessrören straxt innan de mynnar i diket och anlägga en fosfordamm på tidigare markyta. Det kräver dock större mängder schakt och i många fall mer intrång på åkermark än om täckdikningen hade varit i form av ett öppet dike. Är fosforavskiljningspotentialen tillräckligt stor och avrinningsområdet relativt litet kan åtgärden motiveras trots de ökade schaktmängderna och kompromissad genomförbarhet.



Ett exempel på ett åtgärdsförslag enligt stycket ovan är åtgärdsförslag nummer 07-04 (beskrivs i detalj i Bilaga 1). Åtgärdsförslaget är lokaliserat nära Lundkvarn invid E4:an och har ett avrinningsområde som är knappt 50 hektar och som nästan uteslutande utgörs av produktiv åkermark. Där täckdiket mynnar i Sävstabäcken meandrar bäcken och här är kantzonen extra stor och till viss del ogräsbevuxen. Marken ser ut dessutom ut att ligga något lägre än omgivande mark. Åtgärdsförslaget är ett typexempel på när det är lämpligt att schakta fram en fosfordamm i mynningen av ett täckdikessystem.

Eftersom tillgängligt underlag för täckdikessystem i Sverige är bristfälligt är det inte möjligt att lokalisera alla lämpliga platser för dessa typer av åtgärdsförslag inom ramen för detta projekt. Vi vill ändå göra ett medskick att ha denna typ av åtgärdsförslag i åtanke i vidare arbete med det lokala åtgärdsprogrammet för Vendelån. Kartläggning av täckdikessystem kan då vara ett lämpligt första steg.

### *Våtmarker*

Våtmarker anläggs ofta för att minska näringstransporten i vattendraget samt även bidra till biologisk mångfald (Jordbruksverket, 2015b). Våtmarker anläggs oftast längre ned i avrinningsområdet vilket innebär att de är betydligt större än fosfordammar. Vanligtvis har anlagda våtmarker i jordbrukslandskapet en yta motsvarande 0,5–1,0 % av avrinningsområdet (Jordbruksverket, 2010). Dock kan även våtmarker som är betydligt mindre än 0,5 % avskilja betydande mängder närsalter om tillförseln är tillräckligt hög (Jordbruksverket, 2015b). Utöver sedimentering av partikelbunden fosfor i dess djupare delar bidrar våtmarker även till avskiljning av kväve via nitrifikation och denitrifikation. Då våtmarken oftast anläggs längre ned i systemet kommer större jordpartiklar redan ha fastnat på vägen dit, bland annat i diken, vilket leder till att de partiklar som når våtmarken är mindre och kräver längre uppehållstid för att sjunka till botten. Att våtmarkers avrinningsområde är större än för fosfordammar gör att koncentrationen av fosfor är något lägre då vattnet ofta späds med näringsfattigare vatten från skogsmark. Både ovannämnda faktorer bidrar till en något lägre avskiljningsgrad, per anlagd åtgärdsyta, i våtmarker än i fosfordammar (Jordbruksverket, 2015b). Enligt Jordbruksverket finns dock potential att förbättra avskiljningseffekten i våtmarker genom riktade placeringar i de odlingslandskap med högst näringsförlust och med fokus på näringsreduktion när våtmarker gestaltas. Om dessa prioriteringar beaktas kan avskiljning som uppgår till 50 kilo fosfor och 500 kväve per hektar och år våtmark uppnås (Jordbruksverket, 2015b).

Våtmark som åtgärdsförslag har valts där:

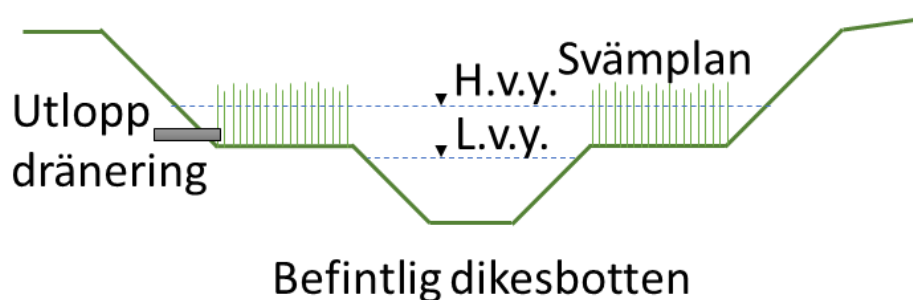
- det finns en naturlig lågpunkt på improduktiv mark nära ett jordbruksdike eller täckdikessystem med tillrinnande vatten från jordbruksmark
- improduktiv mark sluttar längsmed ett tillrinnande flöde och dräneringsvattnet kan dämmas upp över markytan
- synergieffekter så som ökad biologisk mångfald och/eller rekreativsmöjligheter för människor kan uppnås

### *Tvåstegsdike*

En metod som enligt ett mindre antal studier i USA visat sig kunna fungera bra är att gräva om diken till så kallade tvåstegsdiken. Detta görs genom att man cirka 50 cm ovanför dikesbotten schaktar fram en plåt på vardera sida om diket. Dessa plåtar ska vara 1–2 gånger så breda som dikesbotten (Figur 40). Vid normal vattenföring ligger vattenytan i den gamla dikesfåran.

Under perioder med högre avrinning kommer vattnet att brädda upp på de växtbevuxna sidorna där fosfor kan silas av.

Ett tvåstegsdike bör ha en längd på minst 800 m för att ge önskad effekt. Fosforavskiljningen har hittills bara kvantifierats i studier utförda i USA och varierar mellan 10 % och 40 % av den totala fosforhalten i vattnet. Studier av tvåstegsdiken pågår även i Sverige, men i dagsläget saknas kvantitativa data på reningseffekter (Aronsson m.fl., 2019). Förutom näringsavskiljningen ökar dikets kapacitet betydligt med de breda avsatserna och risken för översvämningar kan således minskas. Med en tät växtlighet utmed kanterna minskar även erosionsskadorna på diket (Hushållningssällskapet, 2012). En osäkerhet med tvåstegsdiken är att det inte med önskvärd tydlighet framgår hur avskiljningen av fosfor går till, om dikesplåtarna måste rensas för långvarig funktion och vilka risker för erosion sådan rensning då medför.



Figur 40. Principsektion på ett tvåstegsdike. Illustration WRS.

Eftersom tvåstegsdiken är relativt obeforskade i Sverige har reningsförmågan har antagits till det lägsta i spannet som ges ovan. I första hand väljs fosfordammar eller våtmarker som åtgärdsförslag i detta projekt. Dock har tvåstegsdiken fler biologiska värden än fosfordammar och skulle kunna motiveras av den anledningen.

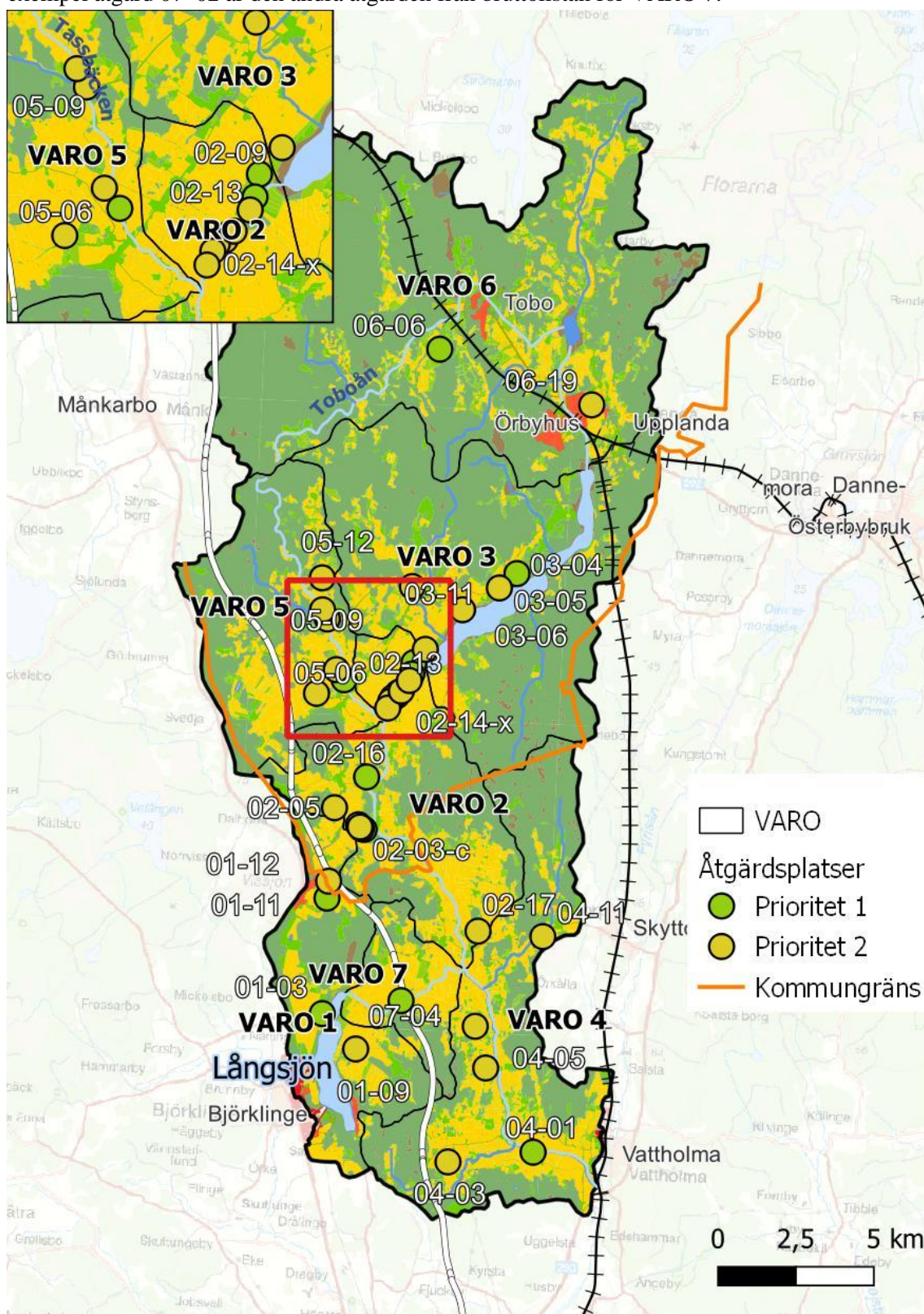
Tvästegsdike som åtgärdsförslag har valts där:

- det går ett befintligt jordbruksdike som är relativt grunt och där markvattennivån är relativt ytlig, men där fosfordammar inte bedöms som en lämplig åtgärd exempelvis på grund av att det finns begränsat med yta nedströms diket eller att diket kulverteras och vattenvägarna är svåra att avläsa. Flertalet mindre fosfordammar i tillrinnande diket till huvuddiket kan vara en alternativ åtgärd men innebär tidskrävande fältarbete om alla diken ska besökas.
- det enligt ortofoton och historiska kartor finns eller har funnits många åkertegar längs diket. Det betyder att det sannolikt finns många dräneringsögon mot tvåstegsdiket, där vatten filtrerar över terrassen.
- tillrinningsområdet består av en relativt stor andel skogsmark, men det lokala avrinningsområdet (från dikets sidor) innehåller mycket jordbruksmark som är intensivt odlad.

### Åtgärdsförslag

Totalt föreslås 69 platsspecifika åtgärder för minskat fosforläckage från jordbruksmark inom Vendelåns avrinningsområde. Av de föreslagna åtgärderna har tio fått prioritet 1, tjugo fått prioritet 2, och trettionio fått prioritet 3. Åtgärdsförslagen av prioritet 1 och 2 presenteras mer detaljerat i Bilaga 1. De platsspecifika åtgärdsförslagen med prioritet 1 och 2 uppskattas tillsammans årligen kunna minska fosfortillförseln med cirka 750 kg till Vendelån. Under

utredningens gång avfärdades tjugoen åtgärdsplatser efter en initial analys av förutsättningarna. Samtliga utredda åtgärdsplatser redovisas i Figur 41. Åtgärdsförslagen är numrerade med nummer som är en kombination av VARO-nummer och numret av åtgärdsförslaget, där till exempel åtgärd 07-02 är den andra åtgärden från bruttolistan för VARO 7.



Figur 41. Föreslagna åtgärder för fosfortillförsel från jordbruk inom Vendelåns avrinningsområde. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet (2020).



### 7.3.2 Åtgärder för tätortsbebyggelse

Eftersom tillförsel från dagvatten är endast ett mindre bidrag till fosfortillförseln och för att en dagvattenåtgärd redan planeras för Örbyhus tätort (se avsnitt 5.4.2) har inga ytterliga åtgärder för rening av dagvatten tagits fram i denna rapport.

## 7.4 Åtgärder för hydromorfologi

### 7.4.1 Åtgärder för konnektivitet

Nedan listas olika åtgärdstyper för att skapa vandringsvägar för fisk. Endast de åtgärder som föreslås i detta underlag beskrivs kortfattat. För beskrivning av övriga åtgärdstyper hänvisar vi till tidigare underlag till Lokala Åtgärdsprogram för Sävjaån (WRS, 2021) och Vattholmaån (WRS, 2022).

En sammanställning finns nedan över de platsspecifika åtgärdsförslag som har tagits fram för befintliga vandringshinder i avrinningsområdet. Åtgärdsförslagen beskrivs i detalj i Bilaga 2.

#### Åtgärdstyper

De fiskvägar som föreslås, eller som har övervägts i utredningsarbetet, kan delas in i två huvudtyper; naturlika och tekniska.

Naturlika fiskvägar	Tekniska fiskvägar
Omlöp	Utskov eller trappsteg
Inlöp	Kammartrappa/bassängtrappa
Överlöp/upptröskling	Slitsränna
Utrivning av hinder	Denilränna/motströmsränna

Naturlika fiskvägar utgörs generellt av en konstruerad fåra som går runt ett vandringshinder och möjliggör passage för arter både i upp- och nedströms riktning. Dessa kräver större ytor så att fallhöjden inte blir för stor, men är ofta att föredra om plats finns, då såväl fisk som bottendjur, däggdjur och groddjur kan passera om fiskvägen anläggs rätt.

Tekniska fiskvägar konstrueras oftast på platser med litet utrymme och begränsade förutsättningar, där andra lösningar inte tillåts eller är möjliga. Dessa fiskvägar är generellt branta och har starkt strömmande vatten. Detta möjliggör uppströmspassage för starksimmande fiskar vid relativt stora höjder men minskar möjligheterna för passage av andra mindre och svagsimmande arter (Naturvårdsverket och Fiskeriverket, 2008; Länsstyrelserna m.fl., 2016).

I detta underlag har överlöp/upptröskling och slitsränna föreslagits som åtgärder.

#### Överlöp/upptröskling

En upptröskling, eller ett så kallat överlöp (Figur 42), kan var lämpligt om dämnet exempelvis håller mycket sediment som är förorenat eller inte bör förflyttas. Det kan även användas vid mindre dämmen där vattennivån i åfåran kan tillåtas höjas nedströms vandringshindret.

Vattennivån höjs oftast med sten och grus tills dämmets nivå nås. Det kan ske stegvis eller i ett stycke beroende på höjdskillnader. En variant av upptröskling är då block och stenar läggs ut omväxlande på sidorna av fiskvägen för att bilda sträckor med både strömmande och lugnare vatten, och kallas då *naturlik bassängtrappa*. Även här kan v-formade bottnar eller rännor anläggas för att säkerställa passage vid lågvattenföring. En upptröskling med block- och stenbotten bör ha en lutning på maximalt 3,5 %, men kan vara upp till 6–7 % för laxfiskar (Havs- och vattenmyndigheten, 2013a).



### Slitsränna

En slitsränna liknar en kammarrappa. Istället för kammarrappans serie av trösklar med vilopooler har en slitsränna istället en vertikal öppning i tvärväggen hela vägen från överkant av slitsen ned till botten (Figur 42). Detta medför likartade vattenhastigheter genom hela vattenprofilen och gör den relativt okänslig för vattenståndet uppströms. Vattenhastigheten vid botten kan bromsas genom att gjuta in stenar i botten eller anlägga låga trösklar. Lutningen i slitsrännor bör vara mellan 3 och 10 % men kan vara upp till 15 %. Om tillämpligt passar ett flöde kring 0,5 m<sup>3</sup>/s de flesta fiskarter (Havs- och vattenmyndigheten, 2013a; Degerman och Näslund, 2021).



Figur 42. Ovan: Ett överlöp/upptröskling i Vendelån vid Vendelsjöns utlopp. Nedan: En slitsränna i Billstaån, Östersund. Fisken vandrar genom de smala slitsarna till höger i bild.

## Resultat

Åtgärdsförslag för de två identifierade vandringshindren listas i Tabell 33 men beskrivs framför allt närmare i Bilaga 2. Observera att framtagna åtgärdsförslag är WRS bedömning av, och utveckling av, tidigare förstudier vid Järstadammarna (Tyréns AB och TerraLimno Gruppen AB, 2020) och Tegelsmorassjön (Upplandsstiftelsen, 2019b).

Tabell 33. Översikt av åtgärdsförslag för konnektivitet som finns beskrivna i Bilaga 2.

Nr	Namn	Typ av vandringshinder	Föreslagen åtgärd
04A	Järstadammarna	Kvarndamm med två skibord i betong och sten	Slitsränna i befintlig stensatt fåra
06A	Tegelsmorassjön	Spontat trädämme	Nytt dämme i plast + överlöp/upptröskling nedströms

### 7.4.2 Åtgärder för hydrologisk regim och morfologi

Nedan beskrivs tre åtgärdstyper som föreslås i detta underlag som påverkar kvalitetsfaktorerna *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* positivt. I många fall kan de även bidra med minskad transport av näringsämnen, men för de platsspecifika åtgärder i detta underlag är detta sekundärt.

#### Återställande av sänkta sjöar

I hela Uppsala län antas endast två sjöar vara opåverkade av sjösänkningar (Brunberg och Blomqvist, 1998). Sänkningarna har framför allt gjorts för att dränera skog- och åkermark och har skapat igenväxta sjöar, torrlagda våtmarker och oxidering av organogena jordar. Genom att åter höja eller återställa, helt eller delvis, tidigare vattentrösklar kan sjöarna till viss del återfå sin naturliga utformning och hydrologiska regim. Detta kräver en ny eller ändrad vattendom och är troligen enklast att genomföra för sjöar där produktiv jordbruksmark har övergivits eller påverkas marginellt, samt där gamla markavvattningsföretag är upphävda eller inaktiva.

#### (Åter)meandring

Samtidigt med sjösänkningarna har även många åar rätats och dikats. Här finns möjlighet att återskapa meandrande sträckor för en mer naturlig deposition och transport av sediment. Meandring passar i stora delar av Vendelåns flacka avrinningsområde där lutningen är svag eller måttlig. Detta får en positiv påverkan på flertalet hydromorfologiska parametrar som *specifik flödesenergi*, *vattendragsfårans form* och *vattendragsfårans kanter*.

#### Våtmarker

Våtmarker beskrivs i avsnitt 7.3.1 som en åtgärd för att minska den diffusa transporten av näringsämnen från bland annat jordbruksmark. Våtmarker har också en positiv effekt på hydromorfologin då de skapar en mer naturlig hydrologisk regim, trögare avrinning och svämplan. I de fall tillrinningen från jordbruksmark eller dagvatten är liten bör de därför ses som hydromorfologiska åtgärder som dessutom kan bidra med rekreationsvärden och en ökad biologisk mångfald.

Utöver de åtgärdstyper som listas ovan finns även andra åtgärder som påverkar hydromorfologin positivt. Det har dock inte tagits fram platsspecifika åtgärdsförslag med avseende på hydromorfologi för dessa:

- ✓ Skapande av **naturliga svämplan** som inte utgör brukad eller anlagd mark påverkar *morfologiskt tillstånd* positivt.

- ✓ **Tvåstegsdiken** bidrar till förbättrat *morfologiskt tillstånd* men är även en åtgärd som kan minska fosfortillförseln, se avsnitt 7.3.1.
- ✓ **Kantzoner/buffertzoner** förbättrar en åsträckas morfologiska tillstånd samtidigt som de kan bidra med minskad näringstransport, se avsnitt 7.3.1.

### **Resultat**

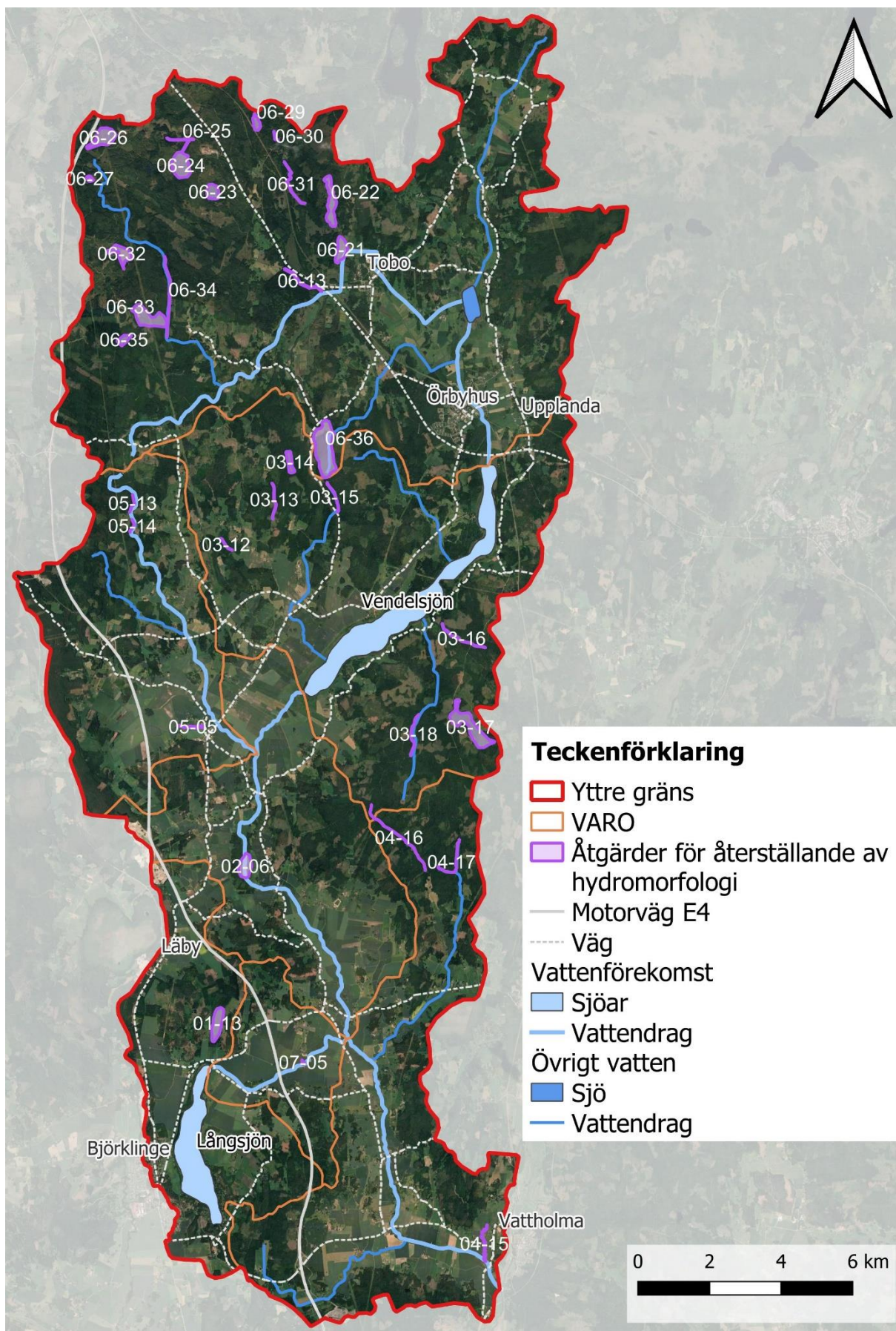
En bruttolista av möjliga åtgärder som framkommit under utredningens gång för att förbättra *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* finns i Bilaga 3. Det har även tagits i beaktande när åtgärdsförslag har tagits fram för diffus tillförsel av fosfor att utforma dessa åtgärder så att hydromorfologin gynnas, se Bilaga 1.

Totalt identifierades 33 åtgärdsförslag som främst bedöms påverka hydrologisk regim och morfologi (Figur 43). Av dessa är fyra åtgärder återställande av sänkta sjöar, elva stycken anläggning av våtmark och arton stycken meandring av bäckfåran. Se Bilaga 3 där det för varje åtgärd ges en kortare beskrivning och en bedömning av åtgärdens genomförbarhet.

### **Prioritering**

Varje förslag i Bilaga 3 har givits en prioritetsordning från 1 till 4. En åtgärd med prioritet 1 anses ha stor ekologisk effekt och genomförandepotential. Prioriteringen är baserad på översiktliga förhållanden som topografi, markförhållanden och eventuell påverkan på jord- eller skogsbruk. Det är positivt om åtgärderna även kan innebära mervärden ur rekreationssynpunkt. Utav 33 åtgärder bedöms fem ha prioritet 1, tolv ha prioritet 2 och sju förslag prioritet 3 eller 4.





Figur 43. Översikt av åtgärdsförslag för förbättrad hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd. Bakgrundskarta: © Google Earth.



### 7.4.3 Biotopföbättrande åtgärder

Både restaurering av förstörda leklokaler och skapandet av nya produktiva strömsträckor och leklokaler med hårda stenbottnar är åtgärder som skapar en relativt stor ekologisk nytta i förhållande till kostnad. I Vendelån är sådana platser idag troligen få då nästan 90 %, eller drygt 51 av åsträckan på 58 kilometer (inklusive biflöden), ligger inom markavvattningsföretag eller är tydligt rätat. För att få till stånd åtgärder behöver kontakt tas med dikningsföretag för att diskutera lösningar där vissa sträckor av ån undantas från rensning och återskapas med sten- och grusbottnar.

Andra biotopföbättringar som bör övervägas är möjligheterna att:

- ✓ lägga ut död ved
- ✓ återskapa trösklar, svämplan, bestämmande sektioner och andra naturliga strukturer (sten, bottensubstrat, strandbrinkar med mera)
- ✓ lägga igen eller öppna upp sidofårar som har ändrats historiskt
- ✓ bredda åfåran
- ✓ höja vattennivån och bottennivån (tillbaka mot ursprungliga nivåer).

Alla ovan biotopföbättrande åtgärder bör även övervägas i samband med anläggandet av en fiskväg. Framför allt strömsträckor med lämpligt bottensubstrat är ofta en viktig aspekt. Men även annan biotopvariation och återställande av naturliga strukturer upp- och nedströms en fiskväg skapar bättre förutsättningar för att uppfylla fiskvägens syfte och funktion.

I allmänhet bör en mångformighet av vattendragets miljö eftersträvas, då det är väl belagt att detta ökar artrikedomen (Naturvårdsverket och Fiskeriverket, 2008; Degerman och Näslund, 2021).

## 7.5 Övriga åtgärder

### 7.5.1 Strukturkalkning av jordbruksmark

Jordbruksmarken i Vendelåns avrinningsområden består till stora delar av lerjordar, där de största fosforförlusterna oftast sker när fosfor transporteras med uppslammade lerpartiklar i vattnet i samband med häftiga regn eller snösmältning. En åtgärd som minskar fosforförlust från lerig jordbruksmark till vattendrag är så kallad strukturkalkning (Jordbruksverket, 2015c). Strukturkalkning gör att lerjordar blir mer lättarbetade och torkar upp snabbare samtidigt som grödans uppkomst blir jämnare. Tillförsel och nedplöjning av kalken förbättrar markstrukturen genom att det bildas fler och stabilare aggregat som gör att jorden inte krymper och sväller lika mycket. När lerpartiklorna klumpar ihop sig till aggregat blir de dessutom mycket svårare att transporteras bort av vattnet. Kalkning bidrar också till att det bildas ett finmaskigt nät av sprickor över hela markytan som gör att regnvattnet infiltrerar jämt på hela markytan. På obehandlade lerjordar kan sprickbildning leda till ojämn infiltration genom sprickor som i sin tur leder till förluster av fosfor och uppslammat material till dräneringsrören och vidare ut i vattendragen. Reduktionseffekten för fosfor med strukturkalkning kan antas vara cirka 30 % (Gyllström m.fl., 2016).

Bland möjliga åtgärder i förvaltningscykel 3 föreslår VISS att strukturkalkning skulle kunna genomföras på totalt cirka 240 hektar inom avrinningsområdena för Sävastabäcken – Tassbäcken och Vendelån mynningen – Sävastabäcken. VISS redovisar att det ger en potentiell avskiljning på 125 kg fosfor årligen.

Observera att strukturkalkning bara ska göras på väl-dränerade lerjordar. Spridning ska inte ske när det är blött eller för sent på hösten. Kalken ska blandas in snabbt, helst vid spridning. Bränd eller släckt kalk ger en snabb och märkbar struktureffekt medan kalkstensmjöl inte är lika effektivt. (Jordbruksverket, 2015c).

Strukturkalkning skall på grund av kostnader och förväntad nytta endast utföras på den arealen av jordbruksmarken som efter jordbrukarnas lokalkännedom har mindre än optimal dränering idag (Strand, 2019).

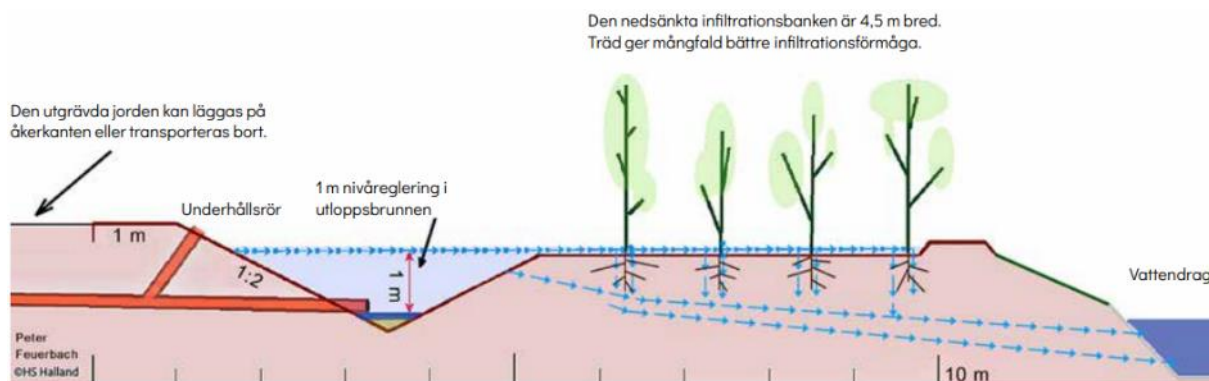
### 7.5.2 Skyddszon/kantzon/buffertzon

Så kallade buffert- eller kantzoner längs med brukad åkermark kan både förbättra ett vattendrags morfologi och bidra med minskat näringstransport. Zonerna av obrukad mark anläggs i strängar mellan åkern och ytvattnet, helst mellan 15 och 30 meter breda. Här kan marken besås med gräs, örter, buskar eller träd eller utgöra betesmark, slåttervall, naturliga stränder eller även skogsbrynslika partier.

I Sveriges används oftast termerna lokalt anpassad kantzon (LAK) eller ekologiskt funktionell kantzon (EFK). En EFK innehåller ofta en mer orörd ekologiskt funktionell del närmast vattendraget med mer träd och buskar. En LAK är däremot ofta en kompromiss med exempelvis gräs eller vall som betas eller slås (Figur 44). En integrerad buffertzona (IBZ) är en tredje variant där åkerdräneringen dräneras till ett dike som grävs parallellt till vattendraget med en cirka 5 meter bred träd- eller buskbeklädd infiltrationsbank mellan diket och vattendraget (Figur 45).



Figur 44. En Lokalt Anpassad Kantzon (LAK) med obrukad mark av gräs/väll närmast diket.



Figur 45. Konceptuell bild av en integrerad buffertzona (IBZ) där åkerdräneringen leds till ett dike parallellt grävt med vattendraget.

Anpassade skydds-zoner och skydds-zoner beskrivs i VISS som möjliga åtgärder i stora delar av Vendelåns avrinningsområde. VISS redovisar att föreslagna skydds-zoner kan ge en fosforavskiljning på nästan 300 kg årligen.

### 7.5.3 Övriga jordbruksåtgärder

Utöver de jordbruksåtgärder som föreslås i denna rapport finns många andra åtgärder som kan bidra till minskad fosforbelastning i Vendelåns avrinningsområde. För många av dessa åtgärder finns det möjlighet att ansöka om stöd, exempelvis det nya investeringsstödet (Jordbruksverket, 2022). Dessa åtgärder kräver utredningar på detaljnivå så att åtgärderna placeras där de gör som mest nytta och därför föreslås rådgivningar som första steg för denna typ av åtgärder. Exempel följer nedan:

- Skydds-zoner och anpassade skydds-zoner är obrukade remsor längs vatten som hindrar jorderosion vid ytavrinning.
- Kalkdiken kan anläggas när täckdikning läggs om eller på nytt.
- Bevattningsdammar med tillrinning från åkermark och reglerbar dränering kan hindra jorderosion samt återföra näringsämnen till åkrarna.
- Fånggrödor, vårbearbetning och precisionsgödning minskar näringsläckaget och bidrar till en mer hållbar ekonomi för jorden och jordbrukaren.

I Vendelåns avrinningsområde finns det många stora åkrar vars djupa täckdiken ansluter direkt till krondiken eller andra diken med stora flöden. Ytavrinning från dessa åkrar sker längs långa sträckor i diket och på sådana platser lämpar det sig inte fosfordammar eller våtmarker. Skydds-zoner och anpassade skydds-zoner är särskilt lämpade att anläggas på sådana platser längs med diken och runt täckdikbrunnar (, exempelvis i VARO 2 och VARO 5. Skydds-zoner kan dessutom gynna den biologiska mångfalden (Jordbruksverket, 2016).

### 7.5.4 Spårning av felkopplade avlopp som belastar dagvattennätet

Eventuella felanslutningar av spillvatten till dagvattennätet skulle kunna på ett inte obetydligt sätt bidra till fosforbelastningen på Vendelån. Bedömningen av felkopplingarnas betydelse grundar sig på erfarenheter från åtgärdsarbeten i andra områden.

### **7.5.5 Tillsyn/info miljöfarliga verksamheter**

Tillsyn med avseende på dagvattenhantering vid miljöfarliga verksamheter pågår löpande och bör om möjligt intensifieras. Detta gäller inte minst avseende dokumentation, egenkontroll, sedimentrensning och skötsel av befintliga dagvattenreningsanläggningar.

### **7.5.6 Ökade krav vid planläggning**

En utformning av bebyggelsen och dagvattenhanteringen som säkerställer långtgående flödesutjämning och i det närmaste fullständig avskiljning av den partikulära föroreningsfraktionen bör vara det minikrav som ställs. Eftersom det i dagsläget inte finns några beprövade tekniker för att effektivt avskilja lösta dagvattenföroreningar måste ett nollscenario troligen uppnås genom kompensationsåtgärder. Verktyg för att styra vilka byggmaterial som används och därmed undvika förorening av dagvattnet, t ex att förbjuda användning av koppar och zink med hänsyn till vattenkvaliteten i recipienten, saknas dessvärre idag i Plan- och bygglagen.

### **7.5.7 Fiskeförbud**

Idag råder förbud mot fiske av aspen under april och maj i alla Mälarens tillrinnande vattendrag (Havs- och vattenmyndigheten, 2013b). Inom vissa områden råder även totalt förbud för aspfiske, som i Fyrisåns fiskevårdsområde (Fyrisåns vattenförbund, 2022). Om åtgärder genomförs vid Ekeby kvarn och Järstadammarna så att fisk får fri vandringsväg i Vendelåns huvudfåra kan det övervägas att också skydda enskilda leklokaler, exempelvis de som utpekats i avsnitt 6.1. Lokalerna kan skyddas med totalt fiskeförbud under leken, inte bara för asp, för att undvika tjuvfiske eller bifångst. Dessa förbudsområden kan då göras väldigt små och lokala för att inte begränsa fritidsfisket i onödan.

## **8 Genomförande av åtgärder – väg framåt**

### **8.1 Åtgärder för punktkällor**

I området finns cirka 170 enskilda avlopp med bristfällig eller okänd rening. Dessa bör åtgärdas, och detta ligger inom miljöförvaltningens ordinarie tillsynsarbete.

Information och dialog med hästägare är en långsiktig åtgärd, som involverar många personer och bygger på frivillighet.

Föreslagen prioritetsordning mellan åtgärder för punktkällor är:

- 1) Förelägga fastighetsägare att åtgärda bristfälliga avlopp.
- 2) Information och dialog med hästägare, för att åstadkomma ökad mockning av hagar, säker gödselhantering, erosionsskydd vid utfodringsplatser, översyn av foderstater etcetera, med början på hästgårdar närmast vattendrag. Exempelvis inrikta sig mot lite mindre hästgårdar (<15 hästar) som inte nås av Greppa näringen. Ordna bland annat kostnadsfria möten, seminarier, studiebesök och gårdsvisa rådgivningar, där gårdar nära vattendrag och gårdar med hög hästtätet prioriteras.

### **8.2 Åtgärder för diffusa källor**

För att minska näringsförluster från de jordbruksdominerade områdena är det viktigt med fortsatt arbete där. Det innefattar exempelvis gårdsvisa vattenplaner, förbättrad dränering, underhåll av befintliga diken och brunnar och riktade insatser för strukturkalkning och



kantzoner där erosion sker. Alla sådana åtgärder skall självfallet utföras i dialog och nära samarbete med berörda lantbrukare.

Vid genomförande av åtgärder är det även viktigt att ta hänsyn och att ”ingreppen” inte skapar negativ påverkan för de värdefulla naturvärden som Vendelån med omgivning hyser. Av de platsspecifika åtgärdsförslagen som tagits fram för minskad näringstillförsel från framförallt jordbruksmark i denna utredning har tio stycken givits prioritet 1 och tjugo stycken prioritet 2 (se Tabell 34). Åtgärdsförslagen är numrerade med en kombination av VARO-nummer och numret av åtgärdsförslaget, där till exempel åtgärd 07–02 är den andra åtgärden från bruttolistan för VARO 7. Platser med prioritet 3 bör ses som möjliga åtgärder efter genomförande av åtgärderna av prioritet 1 och 2. Platsspecifika åtgärdsförslag av prioritet ett och två redovisas mer detaljerat i Bilaga 1 och en översikt av bedömningen för de högst prioriterade åtgärdsförslagen visas i Tabell 35.

*Prioritering av platsspecifika åtgärdsförslag inom Vendelåns avrinningsområde:*

1. Tio åtgärdsförslag har givits högsta prioritet – sex stycken fosfordammar och fyra våtmarker.
2. Totalt tjugo åtgärdsförslag har givits prioritet 2. Femton förslag till fosfordammar, en våtmark och ett tvåstegsdike har givits prioritet 2. Tre förslag till utgrävning av djuphålor i redan existerande våtmarksområden har även givits prioritet 2. Åtgärderna har bra fosforavskiljningsförmåga men kan behöva kompromissa med antingen intrång på produktiv åkermark, schaktvolym eller något lägre potential till fosforavskiljning.

*Tabell 34. Platsspecifika åtgärdsförslag med prioritet 1 och 2.*

<b>Åtgärdstyp</b>	<b>Prioritet</b>	<b>Antal åtgärdsförslag</b>	<b>Åtgärdsförslag nr.</b>
<i>Fosfordamm</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>01-03, 02-09, 04-01, 07-04, 05-07 och 02-16</i>
<i>Våtmark</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>01-11, 02-13, 03-04 och 06-06.</i>
<i>Fosfordamm</i>	<i>2</i>	<i>15</i>	<i>01-09, 02-03-a, 02-14-x, 02-17, 03-11, 04-03, 04-05, 04-06, 04-11, 05-06, 05-08, 05-09, 05-10, 05-12 och 06-19</i>
<i>Våtmark</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>02-05</i>
<i>Tvästegsdike</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>01-12</i>
<i>Djuphåla</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>03-05, 03-06 och 03-10</i>
<b>Summa</b>		<b>30</b>	

Tabell 35. Sammanfattande beskrivning av bedömda förutsättningar och beräknad fosforavskiljningskostnad (tkr/kg P) för åtgärder med prioritet 1.

Åtgärds-förslag nr.	Beskrivning av åtgärd	Bedömning av förutsättningar*	Prioritets-klass	Kostnadseff. [tkr/kg P]
01-03	Fosfordamm vid Sätuna	Mycket lättåtkomlig via väg. Kan delvis däckas för att minska schaktmängd. Påverkar markavvattningsföretag. Förlust av åkermark.	1	1260
01-11	Våtmark med översilningsyta vid Läby	Åtkomlig via åkermark, åkerkant. Redan befintlig damm idag som kan förbättras med små schaktvolymer. God potential för positiva synergieffekter. Förlust av övrig öppen mark. Inget markavvattningsföretag.	1	ej ber
02-09	Fosfordamm nära utloppet till Vendelsjön	Åtkomlig via åkermark, åkerkant. Schaktas fram i befintligt brett dike med flacka slänter. Förlust av mark i träda. Påverkar markavvattningsföretag.	1	800
02-13	Våtmark i strandängen nedströms Vendelsjön	Åtkomst via åkermark, åkerkant. Utnyttja markens lutning för att däckas och minska schaktmängd. Påverkar markavvattningsföretag. Förlust av åkermark. Återvätning av utdikad sumpmark på kärtrorv ger positiva klimateffekter.	1	980
02-16	Fosfordamm mellan Gryttby och Lilla Backbo	Åtkomst via åkermark, åkerkant. Schaktas fram i befintligt dike med relativt flacka slänter. Förlust av åkermark i träda. Markavvattningsföretag påverkas.	1	1190
03-04	Våtmark invid Vendelsjön	Åtkomst via åkermark, åkerkant. Våtmark schaktas fram i sumpmarken. God potential för positiva synergieffekter. Inget markavvattningsföretag.	1	2320
04-01	Fosfordamm nära Hånsta	Åtkomst via åkermark, åkerkant. Damm däckas upp i ravin vilket minimerar schaktmängder. Inom båtnadsområde.	1	880
05-07	Fosfordamm mellan Laberga och Brogården	Åtkomst via åkermark, åkerkant. Damm schaktas fram på improduktiv del av åkermark. Täckdiken grävs upp. Inom båtnadsområde.	1	1370
06-06	Våtmark nära Tobo	Åtkomst via grusväg. Befintlig våtmark med okänd funktion däckas upp. Inom båtnadsområde och markavvattningsföretag. Återvätning av utdikad sumpmark på kärtrorv ger positiva klimateffekter.	1	2180
07-04	Fosfordamm vid Lundkvarn	Åtkomst via åkermark, åkerkant. Täckdikessystem behöver grävas upp. Damm schaktas fram på bred kantzona. Påverkar markavvattningsföretag.	1	1260

\* Vidare utredning, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet krävs. Inga av åtgärderna ligger på kommunal mark.

### 8.3 Åtgärder för konnektivitet

Vendelåns avrinningsområde är starkt påverkat av människans infrastruktur och uppodling av mark. Det finns troligen ingen rimlig väg att återställa sjö- och åsystemet till det tillstånd som rådde innan människans större omformning av systemet. Generellt föreslår vi därför ett antal förhållningssätt för att arbeta med hydromorfologiska åtgärder:

- ✓ Arbeta med åtgärder som är praktiskt och ekonomiskt genomförbara med sikte på att förbättra vattenkvalitet och limnologiska värden.
- ✓ Prioritera både åtgärder som är relativt sett enkla att genomföra ("låg hängande frukter") men även de som ger stor ekologisk effekt. Det är sällan en åtgärd har båda dessa egenskaper.
- ✓ Arbeta nedströms och uppåt med vandringshinder.

Det finns dock en rimlig möjlighet att uppnå god status för parametern *konnektivitet upp- och nedströms*. En arbetsgång för dessa åtgärder har tagits fram i Tabell 36. En fiskväg vid Vendelsjöns utlopp har redan genomförts vilket borde medföra god status i VARO 3. En första prioriterad åtgärd är sedan en fiskväg i form av en slitsränna vid Järstadammarna för att öppna upp större delen av Vendelåns åsystem och tillgängliggöra uppströms lek- och strömsträckor. Detta medför god status i VARO 2, 4 och 5.

Därefter restaureras Tegelsmorassjöns dämme tillsammans med anläggandet av ett överlöp/upptröskling. Troligen medför detta god status i VARO 6, men detta avrinningsområde har inte inventerats på vandringshinder.

Kvarstår gör då VARO 1 och 7 som inte har klassats med avseende på konnektivitet men det har heller inte framkommit några vandringshinder inom dessa avrinningsområden.

Tabell 36. Förslag på arbetsgång för åtgärdande av vandringshinder.

Föreslagen arbetsordning	Vandringshinder som åtgärdas	Prio	Medför god status i vattenförekomst nr.*
Genomfört	Vendelsjön	-	03 Vendelsjön
1	Järstadammarna	1	02 Vendelån Sävastabäcken – Tassbäcken 04 Vendelån mynningen – Sävastabäcken 05 Tassbäcken
2	Tegelsmorassjön	2	06 Toboån*

\* Toboån, tillsammans med Långsjön (VARO 01) och Sävastabäcken (VARO 07), är idag oklassade med avseende på konnektivitet.

### 8.4 Åtgärder för hydrologisk regim och morfologi

Det är mycket svårt rent praktiskt att uppnå god status för kvalitetsfaktorerna *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* i Vendelån utan att kraftigt påverka eller inskränka andra intressen, framför allt konventionellt jord- och skogsbruk. De åtgärder som har tagits fram i Bilaga 3 är översiktliga och motsvarar inte det totala åtgärdsbehovet för att uppnå god status för dessa kvalitetsfaktorer.

Rimligen genomförs åtgärder i Bilaga 3 utifrån de som ger störst ekologisk effekt, samt de som är relativt sett enkla att genomföra. Det är framför allt de åtgärder med prioritetsordning 1. Exempelvis bör det utredas möjligheterna att återställa Södra (06-21) och Norra Gorsjön (06-22) då sjöar ofta har en central roll i att återfå en mer naturlig hydrologi i avrinningsområdet. Att återställa våtmarker bidrar också till att kvarhålla vatten i landskapet och utjämna flöden, samtidigt som viktiga livsmiljöer skapas och avgången av växthusgaser kan minska. Två

våtmarksrestaureringar med prioritetsordning 1 som föreslås är Änkans mosse (06–32) och ”Öster om skyttebanan” (06–36).

Ett fortsatt arbetssätt kan sedan vara att åtgärda vissa sjöar eller anlägga våtmarker i samband med andra åtgärder i området, eller som ”kompensationsåtgärder” i samband med exempelvis exploateringsprojekt. Markägare och markavvattningsföretag kan också kontaktas för att sondera viljan att genomföra åtgärder och därigenom prioritera områden där åtgärdsviljan är större.

## 8.5 Nås förbättringsbehovet för fosfor?

Åtgärderna för minskat näringsläckage från hästgårdarna bedöms kunna bidra med en fosforavskiljning på drygt 40 kg per år och åtgärder för enskilda avlopp med knappt 60 kg per år. De tio åtgärdsförslagen med prioritet 1 för minskad fosforbelastning från jordbruk bedöms kunna avskilja drygt 220 kg fosfor per år, medan de tjugo åtgärdsförslagen med prioritet 2 förväntas avskilja drygt 530 kg fosfor årligen (Tabell 37). Sammanlagt förväntas alla åtgärder bidra med en avskiljning av cirka 850 kg fosfor per år (Tabell 37). Betingen för de sju vattenförekomsternas nås inte med de presenterade åtgärderna i denna rapport och dess bilagor. För hela utredningsområdet nås 46 % av fosforbetinget på 1 860 kg fosfor per år. Andelen av beting som uppnås i olika VARO med presenterade åtgärder varierar mellan 12 % och 72 % (Tabell 37). Ursprungligen har målsättningen för det lokala åtgärdsprogrammet varit att lämna åtgärdsförslag för avskiljning av 150 % av betingen för att ta höjd för förslag som i senare skede visar sig inte kunna genomföras. Då dock, som beskrivs i stycke 2.5.1, betingen för många vattenförekomster i praktiken inte kan uppnås eftersom de överstiger åtgärdsutrymmet har detta mål övergivits i utredningen.

Tabell 37. Fosforbeting per VARO både i kg per år och procent av tillförseln, summerad avskiljning samt andelen av betinget som uppnås med åtgärdsförslagen.

VARO	P-Beting (kg/år)	Förbättringsbehov (%)	Avskiljning diffus Prio 1 (kg/år)	Avskiljning diffus Prio 2 (kg/år)	Avskiljning häst gårdar (kg/år)	Avskiljning enskilda avlopp (kg/år)	Summa avskiljning (kg/år)	Andel beting (%)
1	230	24%	73	45	5	2	125	54%
2	480	23%	75	244	10	15	344	72%
3	210	16%	10	9	2	7	28	13%
4	410	20%	14	76	8	1	99	24%
5	260	23%	23	144	6	9	182	70%
6	100	5%	8	13	10	21	52	52%
7	170	24%	20		0	0	20	12%
<b>Summa</b>	<b>1860</b>	<b>18%</b>	<b>223</b>	<b>531</b>	<b>41</b>	<b>57</b>	<b>852</b>	<b>46%</b>



## 9 Referenser

- © LANTMÄTERIET, 2020. GSD-Väggkartan, vektor, Via öppen data.
- © LANTMÄTERIET, u.å. Topo-webb, WMS-karta.
- ARONSSON, H., BERGLUND, K., F. DJODJIC, ETANA, A., GERANMAYEH, P., JOHNSON, H., och WESSTRÖM, I., 2019. *Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärdsutrymme*. SLU, HaV, Nr. Ekohydrologi 160.
- BERGLUND, J., 2022. Workshop - underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vendelån.
- BRANDT, M. och ULÉN, B., 1988. Beräkning av avrinning och kväveläckage från ett vattendrag med olika markanvändning. *Vatten*, Vol. 44, Nr. 4, s. 287–294.
- BRUNBERG, A.-K. och BLOMQVIST, P., 1998. *Vatten i Uppsala län 1997 - Beskrivning, utvärdering, åtgärdsförslag*. Uppsala: Upplandsstiftelsen, Nr. 8/1998.
- DAHLIN, S. % JOHANSSON, G., 2008. *Miljöeffekter av hästhållning*. SLU.
- DEGERMAN, E. och NÄSLUND, I., 2021. *Fysisk restaurering av akvatiska miljöer - Vattendrag och sjöar med kantzon och våtmarker*. Östersund: Havs- och vattenmyndigheten, Nr. 2021.03, 2473–19.
- EBH-kartan, 2021.
- EUR-LEX, 2020. Ordlista till sammanfattningarna - EUR-Lex [internet]. Tillgängligt: <https://eur-lex.europa.eu/summary/glossary/natura.html?locale=sv> [Hämtad 2020-11-5].
- FYRISÅNS VATTENFÖRBUND, 2022. Regler för fiske [internet]. *Fyrisån*. Tillgängligt: <https://fyrisan.se/fyrisan/regler-for-fiske/> [Hämtad 2011-9-13].
- FÖRENINGEN VENDELSJÖN, 2021. *Fiskpassage och kvarhållning av vatten i Vendelsjön*.
- FÖRENINGEN VENDELSJÖN, 2022. Föreningen Vendelsjön [internet]. Tillgängligt: <https://www.vendelsjon.se/>.
- GREPPA NÄRINGEN, 2021. Rådgivning miljövänlig hästhållning [internet]. *Greppa.nu*. Tillgängligt: <https://greppa.nu/vara-tjanster/radgivning/startbesok-miljovanlig-hasthallning>.
- GYLLSTRÖM, M., LARSSON, M., MENTZER, J., PETERSSON, J.F., CRAMÉR, M., BOHOLM, P., och WITTER, E., 2016. *Åtgärder mot övergödning för att nå god ekologisk status - underlag till vattenmyndigheternas åtgärdsprogram*. Länsstyrelsen.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2013a. *Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar - Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft*. Göteborg: Olle Calles, Erik Degerman, Håkan Wickström, Jonas Christiansson, Stina Gustafsson och Ingemar Näslund, Nr. 2013:14.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2013b. Asp [internet]. Tillgängligt: <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/asp.html> [Hämtad 2021-5-28].
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2016a. *Havs- och Vattenmyndighetens allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållsvatten*. Nr. HVMFS 2016:17.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2016b. *Åtgärdsprogrammet för asp*. Göteborg: Sallmén, N., Nr. 2016:27.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2017. *Sötvattenanknutna Natura 2000-värdens känslighet för hydromorfologisk påverkan*. Göteborg: von Wachenfeldt, E. och Bjelke, U., Nr. 2017:15.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2019a. *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. Göteborg, Nr. HVMFS 2019:25.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2019b. *Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet 2017 - Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation*. Göteborg, Nr. 2019:20.
- HELLBLOM, F. & RYBAK, F., 2019. *Projektplan - Oxunda och hästhållning*. Oxunda Vattensamverkan.

- HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPET, 2012. *Fånga fosfor – Dammar, filter och tvåstegsdiken*.
- HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPET SKÅNE, 2019. Provtagning av svenska växthusvatten, hösten 2019 - Identifiering av växtskyddskontaminerade vattenflöden från växthus [internet]. Tillgängligt: [https://jvdoc.sharepoint.com/sites/FoU/Delade%20dokument/10209\\_19.pdf?originalPath=aHR0cHM6Ly9qdmRvYy5zaGFyZXBvaW50LmNvbS86Yjovcy9Gb1UvRVl1NXFoZ3pXaFJCakN1bkZ1ODJQVVFCCnRQNGROajk3NVFtcnVWS2tMnRYQT9ydGltZT1mVjRITeDpveDJVZw](https://jvdoc.sharepoint.com/sites/FoU/Delade%20dokument/10209_19.pdf?originalPath=aHR0cHM6Ly9qdmRvYy5zaGFyZXBvaW50LmNvbS86Yjovcy9Gb1UvRVl1NXFoZ3pXaFJCakN1bkZ1ODJQVVFCCnRQNGROajk3NVFtcnVWS2tMnRYQT9ydGltZT1mVjRITeDpveDJVZw) [Hämtad 2021-6-17].
- ISAKSSON, J., ERIKSSON, S. & HERMANSSON, A., 2017. *Hästen och miljön inom Oxundaåns avrinningsområde*. Hushållningssällskapet.
- JOHNSON, H., MÅRTENSSON, K., LINDSJO, A., PERSSON, K., ANDRIST RANGEL, Y., och BLOMBÄCK, K., 2019. *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark - Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 2016*. Norrköping: SMED (Svenska MiljöEmissionsData), Nr. 5.
- JORDBRUKSVERKET, 2005. Kartläggning och analys av hästverksamheten i Sverige. Rapport 2005:5.
- JORDBRUKSVERKET, 2008. *Fosforförluster från jordbruksmark- vad kan vi göra för att minska problemet?* Nr. Jordbruksinformation 27.
- JORDBRUKSVERKET, 2010. *Dammar som samlar fosfor*. Nr. jordbruksinformation 11-2010.
- JORDBRUKSVERKET, 2013. *Hästgödsel - en naturlig resurs*.
- JORDBRUKSVERKET, 2015a. *Nationell jordartskartering - Matjordens egenskaper i åkermarken*. Jönköping: Jordbruksverket, Nr. 2015:19.
- JORDBRUKSVERKET, 2015b. *Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket. Analysdata av mätresultat och effekter av landsbygdsprogrammet*. Jönköping, Nr. 2015:7.
- JORDBRUKSVERKET, 2015c. *Praktiska råd. Greppa näringen. Strukturkalkning – bra för både mark och miljö*. Nr. Nr 23, 2015.
- JORDBRUKSVERKET, 2016. *Gynna mångfalden på kantzoner*. Nr. 16:19.
- JORDBRUKSVERKET, 2017. *Praktiska råd. Greppa näringen. Bra hagar för både hästen och miljön*. Nr. Nr 26, 2017.
- JORDBRUKSVERKET, 2021a. Jordbruksblock.
- JORDBRUKSVERKET, 2021b. Jordbruksblock (JBB).
- JORDBRUKSVERKET, 2022. *Investeringsstöd 2023-2027* [internet]. 2022. Tillgängligt: <https://jordbruksverket.se/stod/stod-till-jordbruket-och-landsbygden-2023-2027/investeringsstod-och-projektstod/investeringsstod> [Hämtad 2022-11-16].
- KARLSSON, P.E. och PIHL KARLSSON, G., 2018. *Deposition av fosfor till Östersjön. Kunskapsläge och möjligheter till löpande mätningar*. Norrköping: SMED, Nr. SMED rapport Nr 18, 2018.
- KYNKÄÄNNIEMI, P., 2014. *Small Wetlands Designed for Phosphorus Retention in Swedish Agricultural Areas Efficiency Variations during the First Years after Construction*.
- LANTMÄTERIET, 2020. *GSD-Väggkartan, vektor*. Nr. 4.7.
- LANTMÄTERIET, 2022. *Historiska kartor* [internet]. *Lantmäteriet - Historiska kartor*. Tillgängligt: <https://historiskakartor.lantmateriet.se/>.
- LARM, T. och BLECKEN, G., 2019. *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten. Svenskt Vatten Utveckling Nr 2019-20*.
- LARSSON, M., 2018. *Växtnäringsläckage från hästhagar*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Examensarbete.
- LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET, 2017. *Förreningar i dagvatten*.
- LÄNSSTYRELSEN, 1987. *Damminventeringsprotokoll Länsregister*. Uppsala: Arbetsgruppen för dammar.
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 1987. *Naturvårdsprogram för Uppsala län*. Uppsala, Nr. Meddelande från Planeringsavdelningen, ISSN 0280-0942.
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 2017. *Bevarandeplan Sävjaån-Funbosjön*. Uppsala, Nr. 511-8141-16.

- LÄNSSTYRELSENA, 2009. *Fria vandringsvägar i Mälars- och Hjälmarvattendrag - En kartläggning av vandringshinder och lekstråk för fisk*. Uppsala: Författare: Svensson, L., Nr. 2009\_06.
- LÄNSSTYRELSENA, 2018. Biotopkarteringsdatabasen [internet]. Tillgängligt: <https://biotopkartering.lansstyrelsen.se/Default.aspx>.
- LÄNSSTYRELSENA, 2020. Biotopkarteringsdatabasen [internet]. v. 2.7.1. Tillgängligt: <https://biotopkartering.lansstyrelsen.se/frmKarta.aspx> [Hämtad 2022-3-10].
- LÄNSSTYRELSENA, 2021. Åtgärder i vatten [internet]. Tillgängligt: <https://atgarderivatten.lansstyrelsen.se/> [Hämtad 2021-11-4].
- LÄNSSTYRELSENA, u.å. LST Potentiellt förorenade områden externt (EBH).
- LÄNSSTYRELSENA, u.å. Fiskekartan.
- LÄNSSTYRELSENA, HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, RIKSANTIKVARIÄMBETET, och NATURVÅRDSVERKET, 2016. *Fiskvägar. Åtgärder i Vatten - Sveriges åtgärder för en bättre vattenmiljö*.
- LÄNSSTYRELSENA, HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, och VATTENMYNDIGHETERNA, 2021. VISS [internet]. *VISS - Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <http://viss.lansstyrelsen.se> [Hämtad 2021-10-21].
- LÄNSSTYRELSENA, HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, och VATTENMYNDIGHETERNA, 2022. VISS [internet]. *VISS - Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <http://viss.lansstyrelsen.se> [Hämtad 2022-1-11].
- MALGERYD, J., FORSBERG, L., KYLLMAR, K., HEEB, A., GUSTAFSSON, J., SVENSSON, A.A., och ALSTRÖM, T., 2015. *Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark - erfarenheter från tre avrinningsområden i Västmanland, Östergötland och Halland*. Nr. Jordbruksverket 2015:2.
- MILJÖKONTORET TIERP, 2022. Statistik för Husby (Husby 19:2) och Hovgårdsbergs (Hamra 1:1) avloppsreningsverk.
- NATURVATTEN AB, 2020. *Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån. Del 1 - Ekologisk och kemisk status, påverkansanalys beting samt förslag till kunskapshöjande åtgärder*. Norrtälje: Gustavsson, A., Lindqvist, U. och Stråe, D., Nr. 2018-1306-A.
- NATURVÅRDSVERKET, 2004. Björklunge-Långsjön registerblad område av riksintresse för naturvård i Uppsala län. Områdesnummer: NRO 03 025.
- NATURVÅRDSVERKET, 2006. Vendelsjön registerblad område av riksintresse för naturvård i Uppsala län. Områdesnummer: NRO 03 053.
- NATURVÅRDSVERKET, 2009. *Våtmarksinventering - resultat från 25 års inventeringar*. Nr. 5925.
- NATURVÅRDSVERKET, 2017. *Förutsättningar för provningar och tillsyn i Natura 2000-områden*. Stockholm: Utgåva 1, Nr. Handbok 2017:1.
- NATURVÅRDSVERKET, 2020. Syftet med Natura 2000 [internet]. *Naturvårdsverket*. Tillgängligt: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Naturvard/Skydd-av-natur/Natura-2000/> [Hämtad 2020-11-5].
- NATURVÅRDSVERKET, 2021. Skyddad natur [internet]. Tillgängligt: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/> [Hämtad 2021-2-3].
- NATURVÅRDSVERKET och FISKERIVERKET, 2008. *Ekologisk restaurering av vattendrag*. Stockholm och Göteborg.
- NATURVÅRDSVERKET, LRF, och JORDBRUKSVERKET, 2010. *Praktisk handbok för skyddszonsanläggare*.
- OWENIUS, S., 2012. *WRS. Identifiering av riskområden med särskilda åtgärdsbehov för att förebygga näringsförluster. Julmyrans Vänner*. Nr. 2012-0427.
- PARVAGE, M. M., KIRCHMANN, H., KYNKÄNNIEMI, P., och ULÉN, B., 2011. Impact of horse grazing and feeding on phosphorus concentrations in soil and drainage water. *Soil Use and Management*, Vol. 27, Nr. 3, s. 367-375.

- PARVAGE, M.M., 2015. Impact of horse-keeping on phosphorus (P) concentrations in soil and water [internet]. Tillgängligt: <http://pub.epsilon.slu.se/12171/> [Hämtad 2017-8-22].
- RIDDERSTOLPE, P., HYLANDER, L., ERIKSSON, B., och GRINELL, A., 2017. *Bedömning av självrening och retention i mark vid prövning av små avlopp – smittskydd och fosfor*. Uppsala: Va-guiden, Nr. 2016:2.
- RIKSANTIKVARIÉÄMBETET, 2018. *Riksintressen för kulturmiljövården - Uppsala län (C)*.
- SJVFS, 2015. SJVFS 2015:21.
- SLU, 2021a. Svenskt elfiskeregister - SERS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <https://www.slu.se/elfiskeregistret> [Hämtad 2021-8-24].
- SLU, 2021b. Nationellt Register över Sjöprovfisken – NORS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <http://www.slu.se/sjoprovfiskedatabasen> [Hämtad 2021-8-24].
- SLU, 2022a. Nationellt Register över Sjöprovfisken – NORS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <http://www.slu.se/sjoprovfiskedatabasen> [Hämtad 2022-4-13].
- SLU, 2022b. Svenskt elfiskeregister - SERS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <https://www.slu.se/elfiskeregistret> [Hämtad 2022-4-13].
- SLU, 2022c. Artdatabanken - Artfakta [internet]. Tillgängligt: <https://artfakta.se/> [Hämtad 2022-4-5].
- SMED, 2011. *Teknikenkät - enskilda avlopp 2009*. Nr. SMED Rapport Nr 44.
- SMHI, 1995. *Sänkta och torrlagda sjöar*. Norrköping, Nr. 62.
- SMHI, 2013. Damm- och sjöregister [internet]. *Vattenwebb*. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/svarwebb/> [Hämtad 2020-10-7].
- SMHI, 2020a. Anlagda våtmarker [internet]. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/wetlands/> [Hämtad 2020-10-28].
- SMHI, 2020b. Modelldata per område [internet]. *Vattenwebb*. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>.
- SMHI, 2022. Modelldata per område [internet]. *Vattenwebb*. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> [Hämtad 2022-1-12].
- SMHI, 2022. Anlagda Våtmarker [internet]. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/wetlands/> [Hämtad 2022-3-29].
- STORMTAC, 2022. StormTac Web v.22.1.1 [internet]. *Utvecklad av Larm, T*. Tillgängligt: <http://app.stormtac.com/>.
- STRAND, L., 2019. Hushållningssällskapet Stockholm, Uppsala, Södermanland.
- TRAFIKVERKET, 2022. Vägtrafikflödeskartan v.1.5.1.2 [internet]. Tillgängligt: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation> [Hämtad 2022-4-29].
- TYRÉNS AB OCH TERRALIMNO GRUPPEN AB, 2020. *Förstudie: Fiskvägar i Fyrisån, Vendelån och Björklingeån: Fyrisån-Ekeby kvarn: Delrapport 5*. Uppsala, Arbetsmaterial.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2019a. *Förslag på nytt dämme i utloppet samt tätning av dammvall vid Vendelsjön*.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2019b. *Förslag på nytt dämme i utloppet från Tegelsmoräsjön*. Uppsala: Loreth Remén, T. och Persson, J.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2021a. *Aspundersökningar i Fyrisån, Sävaån och Örsundaån 2020*. Uppsala, Nr. 2021/4.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2021b. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2020*. Uppsala, Nr. 2021/2.
- WEREC, 2021a. *Slutredovisning Installation av fosfordamm – Golvasta 1:1, Uppsala kommun, Jnr 2018-1151*.
- WEREC, 2021b. *Planritning fosfordamm Vansta 3:1, Uppsala*.
- WEREC, u.å. *Anbudsunderlag Fosfordamm – Vansta 3:1, Uppsala kommun*.
- WEREC, u.å. *Projektbeskrivning Kalkfilterbädd och fosfordamm på Kunsta 2:1, Uppsala kommun*.
- WEREC, u.å. *Bilaga 1 till anmälan om vattenverksamhet – Beskrivning Fosfordamm vid Norrvallby*.



- WRS, 2021. *Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Sävjaån*. Uppsala: Uppsala kommun, Nr. 2021-1573-A.
- WRS, 2022. *Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vattholmaån*. Uppsala: Uppsala kommun, Nr. 2022-1690-A.
- WSP, 2021. *Dagvattendamm i Örbyhus PM utredning - skisskede*.
- ÖGREN, G., 2013. *Phosphorus to horses and cows*. Uppsala, Nr. 283.