

Bilaga 1D, Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisåns huvudfåra

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 Tämnaån, 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 Fyrisåns huvudfåra

Uppsala kommun

Färdig handling 2024-01-31

TITEL	Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisåns huvudfåra
RAPPORTNUMMER	2022-1895-A
BESTÄLLARE	Uppsala kommun
UPPDRAGSANSVARIG	Hannes Öckerman, WRS
FÖRFATTARE	Hannes Öckerman, Dimitry van der Nat, Ebba af Petersens, Jenny Näslund, Malin Smith, Tove Gannholm, Lukas Rehn, Victoria Eriksson Russo Adam Engström Svanberg, Barbro Beck-Friis och Linus Halvarsson, WRS
GRANSKNING	Jonas Andersson och Daniel Stråe, WRS
UTGÅVA/STATUS	Färdig handling
DATUM	2024-01-31
OMSLAGSBILD	Daniel Stråe, WRS
FOTON	Alla fotografier i rapporten tagna av WRS om inget annat anges

Versionshistorik

Denna rapport är en revidering och uppdatering av den tidigare framtagna rapporten *Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån: Del 2 – Åtgärdsförslag för sträckan Vendelån-Ekoln* (WRS, 2020). Denna rapport ersätter nämnd rapport i sin helhet.

En fristående del av det tidigare uppdraget bestod i att statusklassa och ta fram åtgärdsbehov för samtliga 45 beslutade, samt fyra preliminära, vattenförekomster i Fyrisåns avrinningsområde. Detta arbete finns i rapporten *Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån Del 1 – Ekologisk och kemisk status, påverkansanalys, beting samt förslag till kunskapshöjande åtgärder* (Naturvatten i Roslagen, 2020). Här redovisas beskrivningar av vattenförekomsterna liksom statusklassningar, åtgärdsbehov och åtgärdsutrymme i sin helhet. Denna del har inte uppdaterats i denna version.

Sammanfattning

Kommunen har en nyckelroll i arbetet med att nå miljökvalitetsnormerna för de vattenförekomster 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 fyra vattenförekomster som utgör Fyrisåns huvudfåra, från Vendelåns tillflöde ner till mynningen i Ekoln. 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 kommun att besluta vilka vattenvårdsåtgärder som ska prioriteras och implementeras för att för att miljökvalitetsnormerna för ekologisk och kemisk ytvattenstatus ska närmast.

Avrinningsområdet till de fyra vattenförekomsterna som ingår i Fyrisåns huvudfåra är 164 km² stort och består av Uppsalaslättns jordbruksmark, betydande inslag av skog och skogsbruksmark, samt urbana ytor inom Uppsala och Storvreta tätorter. Även Ärna flygplats och annan öppen mark ingår i avrinningsområdet.

Enligt Vattenmyndighetens senast beslutade statusklassning för tredje förvaltningscykeln (2017–2021) har samtliga fyra vattenförekomster måttlig ekologisk status. Normen är satt till god ekologisk status till år 2033, förutom för *Fyrisån Junkilsån-Sävjaån* som ska nå måttlig ekologisk status 2033 på grund av ett mindre strängt krav för påverkan på morfologiskt tillstånd. För övriga kvalitetsfaktorer ska dock god status nås även i denna vattenförekomst.

Med undantag för de överallt överskridande ämnena kvicksilver och bromerade difenyletrar (PBDE) har två av vattenförekomsterna ej god kemisk status. De andra två är ej klassade med avseende kemisk status. En översikt av statusklassningen presenteras i Tabell 3. Normen är satt till god kemisk status år 2027.

De huvudsakliga lokalt orsakade problemen för Fyrisåns tillstånd bedöms vara övergödning, hydromorfologiska ändringar, samt utsläpp av miljögifter i de två nedre avrinningsområdena.

Övergödning

Under förvaltningscykel 3 (2017–2021) har Vattenmyndigheten beräknat åtgärdsbehovet för fosfor i de fyra vattenförekomsterna, vilket ligger till grund för åtgärder i förvaltningscykel 4 (2022–2027). Åtgärdsbehovet beräknades till drygt 4,6 ton fosfor per år, vilket är nästan sex gånger de knappa 0,8 ton fosfor per år som tidigare beräknats av Naturvatten (2020). Jämfört

med det av Naturvatten beräknade åtgärdsbehovet (0,8 ton) och åtgärdsutrymme (möjliga åtgärder) ter sig de nya värdena i VISS orimligt höga. I alla fyra vattenförekomster överstiger Vattenmyndighetens beräknade åtgärdsbehov det, också av Vattenmyndigheten, beräknade åtgärdsutrymme som uppskattas finnas i det lokala avrinningsområdet. I klartext betyder detta att god ekologisk status inte ens skulle uppnås om i princip all mänsklig aktivitet i avrinningsområdena upphör.

I denna utredningen formuleras därför ett reviderat åtgärdsbehov utifrån Naturvattens beräkningar. För varje vattenförekomst har Naturvattens beräknade åtgärdsbehov jämförts med 50 % av Naturvattens beräknade åtgärdsutrymme. Bedömning har gjorts att om hälften av alla möjliga åtgärder för att minska näringsämnesbelastningen inom avrinningsområdet skulle genomföras så har man kommit en lång väg i åtgärdsarbetet. Utredningen har därefter valt det av de två alternativen från Naturvatten som utgör det större talet (Tabell 8). Ett undantag görs dock för *Fyrisån Junkilsån – Sävjaån* (sträckan genom Uppsala stad) där Naturvattens acceptabla fosfortransport från det lokala avrinningsområdet används för att beräkna åtgärdsbehovet. Totalt medför detta att åtgärdsbehovet för fosfor beräknas till drygt 1,8 ton/år i denna utredning.

Utredningen har analyserat och bearbetat befintliga data, men också tagit fram nya såsom förekomst, lokalisering och storlek på hästgårdar för att kunna beräkna fosfortillförsel därför, 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 Fyrisån beräknas till drygt 10 ton per år. Näringsförluster från jordbruksmarken står med knappt 5 ton per år för nästan hälften av fosfortillförseln till recipienterna. Utsläpp från avloppsreningsverk och tillförsel via dagvatten står för cirka 20 % vardera. Skogsmark bidrar med 130 kg endast cirka 1,3 % av tillförseln. Näringsförluster från öppen mark uppgår också till cirka 1 % av den totala fosfortillförseln. Enskilda avlopp motsvarar cirka 2,2 % av fosfortillförseln och hästgårdar motsvarar cirka 0,6 % av totalbelastningen till recipienterna.

Rapporten pekar ut 41 platsspecifika åtgärdsförslag i utredningsområdet för avskiljning av fosfor från jordbrukslandskapet. Fjorton av åtgärderna prioriteras högst och tjugosju 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 900 kg fosfor per år.

Fyra förslag för rening av dagvatten från Störvreta presenteras också i Bilaga 1 som uppskattas kunna avskilja cirka 50 kg fosfor per år.

Åtgärder för enskilda avlopp föreslås som innebär 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 20 kg per år.

Sammanlagt bedöms alla åtgärdsförslag för punktkällor och diffusa källor kunna avskilja cirka 1 070 kg fosfor per år vilket är cirka 59 % av åtgärdsbehovet.

Därutöver skulle strukturkalkning av de mest erosionsbenägna jordar i området som mest kunna minska fosfortillförseln med ytterligare cirka 130 kg/år, förutsatt att erosion faktisk sker på alla utpekade platser. Detta behöver först verifieras genom platsbesök.

Hydromorfologi

Fyrisåns huvudfåra är starkt påverkat av historiska ingrepp från bland annat tätortsbebyggelse och dikning och markavvattning för jordbruk. Alla fyra vattenförekomster har därför sämre än god status för de allra flesta hydromorfologiska kvalitetsfaktorer.

För att uppnå god hydromorfologisk status krävs 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. Med detta som bakgrund inriktades uppdraget för hydromorfologi i att: (1) föreslå förbättringsåtgärder för Kvarnfallet (Bilaga 2) som bedöms som ett partiellt vandringshinder, (2) föreslå genomförbara, kostnadseffektiva åtgärder som medför hydromorfologisk nytta utifrån avrinningsområdets lokala förutsättningar (Bilaga 3), samt (3) ta fram en exempelsamling för att förbättra hydromorfologin vid stadsbyggnadsprojekt vid vatten (Bilaga 4), som ska kunna läsas som en fristående rapport.

För Kvarnfallet har ett antal förbättringsåtgärder identifierats, totalt sju stycken. Tre av dessa ges prioritetsordning 1. Först behöver ansvarsfördelning av fiskvägen utredas och bestämmas. Därefter tas en drift- och skötselplan fram i vilken en regleringsplan tas fram för att öka lockflödet under högflödesperioder. Detta görs genom att reglera öppningsgraden av luckan vid fiskvägens utsteg. Det befintliga stryket i omlöpet tas också bort.

Övriga platsspecifika hydromorfologiska åtgärdsförslag består av två platser med anläggande av våtmark eller återskapande av svämplan, tre stycken skapande av meandersträckor och tre stycken olika typer av sjörestaureringar. Av de totalt åtta åtgärderna bedöms ingen ha prioritet 1, två åtgärder har prioritet 2 och sex förslag prioritet 3.

Att föreslå ytterligare platsspecifika åtgärder för att förbättra hydromorfologin inom de fyra avrinningsområdena bedöms som svårt utan att föreslå åtgärder som medför uppenbara intressekonflikter med exempelvis jordbruk eller tätortsbebyggelse. Däremot finns många mindre biotopförbättrande åtgärder som kan genomföras på i jordbruksbygden och i tätorten (Bilaga 4).

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund.....	9
1.2	Syfte.....	9
1.3	Avgränsning.....	9
2	Fyrisån och dess avrinningsområde	10
2.1	Allmän beskrivning	10
2.2	Dricksvattenproduktion	12
2.3	Kulturmiljö.....	15
2.4	Skyddade områden med akvatiska värden	15
2.5	Limniska värden	18
2.6	Statusklassning	20
2.6.1	Ekologisk status	21
2.6.2	Kemisk status	23
2.6.3	Miljökvalitetsnormer	23
2.7	Åtgärdsbehov.....	24
2.7.1	Fosfor	24
2.7.2	Särskilt förorenande ämnen och prioriterade ämnen	27
2.7.3	Hydromorfologi	28
3	Metodik.....	29
3.1	Beräknad tillförsel av fosfor från punktkällor	30
3.1.1	Underlag	30
3.1.2	Enskilda avlopp	30
3.1.3	Hästgårdar	33
3.2	Beräknad tillförsel av fosfor från diffusa källor.....	34
3.2.1	Underlag	34
3.2.2	Markkartering	35
3.2.3	Jordbruksmark, skogsmark, sankmark och öppen mark	37
3.2.4	Strukturkalkning	40
3.2.5	Dagvatten från tätortsbebyggelse med mera	40
3.3	Hydromorfologi	41
3.3.1	Avgränsning	41
3.3.2	Underlag	42
3.3.3	Konnektivitet	42
3.3.4	Hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd	43
4	Källor till fosfor	44
4.1	Internbelastning.....	44
4.2	Punktkällor	44
4.2.1	Enskilda avlopp	44
4.2.2	Reningsverk.....	47
4.2.3	Bräddningar från avloppsnät och reningsverk.....	48

4.2.4	Hästhållning	49
4.2.5	Miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden ..	52
4.3	Diffusa källor	55
4.3.1	Jordbruksmark	56
4.3.2	Skogsmark och sankmark.....	57
4.3.3	Öppen mark.....	57
4.3.4	Atmosfärisk deposition av fosfor.....	57
4.3.5	Dagvatten	57
4.4	Genomförda åtgärder inom utredningsområdet	61
4.4.1	Åtgärder avseende punktkällor.....	61
4.4.2	Platsspecifika åtgärder inom jordbruket.....	61
4.4.3	Dagvattenåtgärder	62
4.4.4	Övriga genomförda åtgärder enligt Vattenmyndigheten	62
4.5	Redan planerade åtgärder inom utredningsområdet	62
4.5.1	Dagvattenåtgärder	62
4.6	Nettotillförsel av fosfor och åtgärdsbehov	64
5	Källor till särskilt förorenande ämnen och prioriterade ämnen	66
5.1	Miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden	66
6	Hydromorfologi	67
6.1	Fiskfauna.....	67
6.2	Vandringshinder	71
6.2.1	Befintliga definitiva vandringshinder	73
6.2.2	Åtgärdade vandringshinder.....	73
7	Åtgärdsförslag	76
7.1	Kunskapshöjande åtgärder	76
7.1.1	Övervakningsprogram för biologiska och fysikalisk-kemiska parametrar	76
7.1.2	Inventering av hydromorfologiska parametrar.....	76
7.2	Åtgärder mot fosfortillförsel från punktkällor	77
7.2.1	Åtgärder för enskilda avlopp	77
7.2.2	Åtgärder för Storvreta reningsverk	79
7.2.3	Åtgärder för hästgårdar.....	80
7.2.4	Åtgärder för miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden	81
7.3	Åtgärder mot fosfortillförsel från diffusa källor.....	81
7.3.1	Åtgärder för jordbruksmark	82
7.3.2	Åtgärder för tätortsbebyggelse.....	89
7.4	Åtgärder för förbättrad hydromorfologi.....	91
7.4.1	Åtgärder för förbättrad konnektivitet.....	91
7.4.2	Åtgärder för förbättrad hydrologisk regim och morfologi.....	91
7.4.3	Biotopförbättrande åtgärder.....	95
7.5	Övriga åtgärder.....	96
7.5.1	Strukturkalkning av jordbruksmark.....	96
7.5.2	Skyddszon/kantzon/buffertzon	99

7.5.3	Kartläggning av täckdikessystem.....	101
7.5.4	Övriga jordbruksåtgärder	101
7.5.5	Spårning av felkopplade avlopp som belastar dagvattennätet	101
7.5.6	Tillsyn/info miljöfarliga verksamheter.....	102
7.5.7	Ökade krav vid planläggning	102
7.5.8	Åtgärder för minskad tillförsel särskilt förorenande ämnen och prioriterade ämnen	102
8	Genomförande av åtgärder – väg framåt.....	103
8.1	Åtgärder för punktkällor	103
8.2	Åtgärder för diffusa källor	103
8.3	Nås åtgärdsbehovet för fosfor?.....	106
8.4	Åtgärder för hydromorfologi	106
8.4.1	Konnektivitet	107
8.4.2	Hydrologisk regim och morfologi	107
9	Referenser	108
	Bilaga 1. Platsspecifika åtgärdsförslag för minskad fosforbelastning	
	Bilaga 2. Åtgärdsförslag för Kvarnfallets fiskvandringssväg	
	Bilaga 3. Platsspecifika åtgärdsförslag för hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd	
	Bilaga 4. Exempelsamling – åtgärder för förbättrad hydromorfologi vid projekt i vatten	

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Enligt beslut i översiktsplanen (2016) ska Uppsala kommun ta fram handlingsplaner, så kallade åtgärdsprogram, för att klara miljökvalitetsnormerna för kommunens sjöar och vattendrag. Det här är ett underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisåns huvudfåra som sträcker sig från Vendelåns mynning i norr till Ekoln i söder och omfattar totalt fyra stycken vattenförekomster.

Enligt Vattenmyndighetens statusklassning har Fyrisåns huvudfåra måttlig ekologisk status. Med undantag för de överallt överskridande ämnena kvicksilver och bromerade difenyletrar (PBDE) uppnår de två nedströms liggande vattenförekomsterna ej god kemisk status. De två uppströms liggande vattenförekomsterna är inte klassade med avseende på kemisk status.

De huvudsakliga lokala problemen är övergödning och påverkan på åns hydromorfologi. I delarna av ån som rinner genom Uppsala stad finns även förhöjda halter av polyaromatiska kolväten (PAH), tributyltenn (TBT), per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS), ammoniak och nitrat. Enligt miljökvalitetsnormerna ska Fyrisån nå god ekologisk status 2033 och god kemisk status 2027. Undantag görs dock för åns delar genom centrala Uppsala där måttlig status med avseende på morfologiskt tillstånd är normen på grund av fysisk påverkan från bebyggelsen.

Det finns ett stort behov av att förbättra de fysiska betingelserna, hydromorfologin, i Fyrisåns huvudfåra och det totala åtgärdsbehovet för fosfor ligger på cirka 1 800 kg/år för att nå god status avseende kvalitetsfaktorn *Näringsämnen*. I arbetet med att förbättra de ekologiska och kemiska förhållandena i ån och nå miljökvalitetsnormerna har Uppsala kommun en nyckelroll. Vattenmyndigheten tillhandahåller principiella åtgärdsförslag, men dessa anses inte kunna ligga till grund för beslut om prioriteringar och genomförande av åtgärder.

1.2 Syfte

Rapporten syftar till att ge kvantitativt relevanta och kostnadseffektiva åtgärdsförslag för avskiljning av främst fosfor, med även andra problemämnen, i avrinning från jordbruksmark och dagvatten från tätortsbebyggelse, liksom för punktkällor som avloppsreningsverk, större djurgårdar, enskilda avlopp, industrier med mera. Rapporten redovisar även relevanta åtgärdsförslag för att förbättra åns hydromorfologiska status, samt förbättringsförslag till förbättrad konnektiviteten vid Kvarnfallets fiskväg.

Åtgärdsförslagets reningseffekter eller hydromorfologiska förbättringspotential, tekniska och juridiska genomförbarhet och kostnadsbild redovisas på en översiktlig nivå och ska ligga till grund för förslag till kommande åtgärdsprioriteringar.

Rapportens syfte har också varit att ta fram en exempelsamling med åtgärder för förbättrad hydromorfologi vid stadsbyggnadsprojekt i vatten. Denna rapport kan läsas fristående och återfinns i Bilaga 4.

1.3 Avgränsning

Eftersom Uppsala Vatten har en pågående tillståndprocess för Uppsala stads avloppsreningsverk, Kungsängsverket, samt ett pågående förbättrings- och utvecklingsarbete för dagvatten från Uppsala tätort omfattar uppdraget inte att ta fram förbättringsförslag för dessa verksamheter.

2 Fyrisån och dess avrinningsområde

2.1 Allmän beskrivning

Fyrisåns huvudfåra sträcker sig från Vendelåns tillflöde söder om Vattholma till mynningen i Ekoln och omfattar totalt fyra vattenförekomster (vattendrag) enligt Vattenmyndighetens indelning. Det finns inga sjöar som är vattenförekomster men tre mindre sjöar som klassas som övrigt vatten, Övre Föret, Nedre Föret och den bräddning som sker av Fyrisån på sträckan som rinner förbi Storvreta.

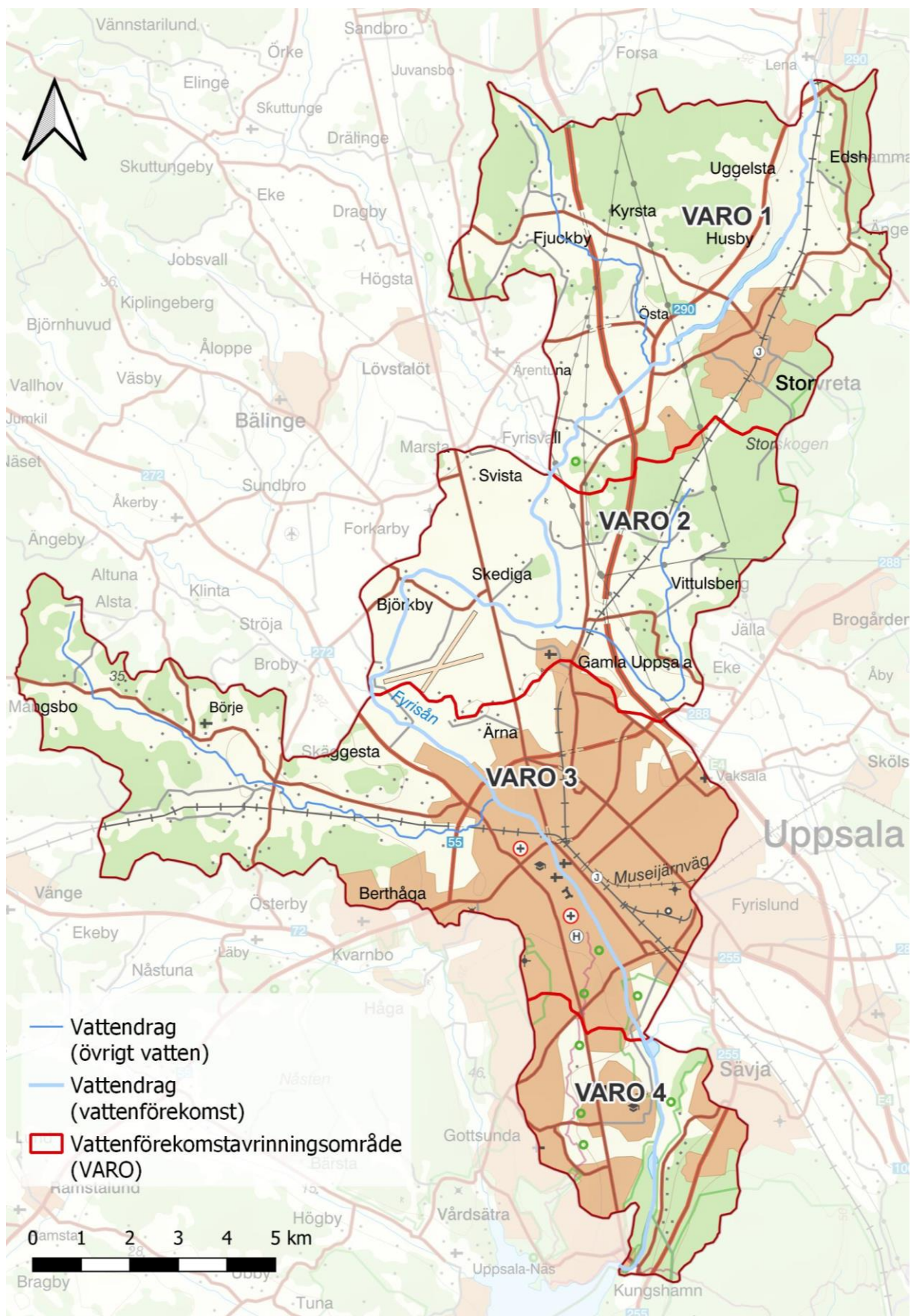
De två största tillflödena från norr är Vendelån och Vattholmaån. Fyrisån rinner sedan vidare förbi Storvreta och strax söder om Ekeby tillrinner ett mindre biflöde, Östabäcken. Ån fortsätter genom det flacka odlingslandskapet och söder om Fullerö backars naturreservat ansluter Björklingeån och vid Gamla Uppsala ett annat biflöde, Samnan. Därefter tillrinner Jumkilsån och strax norr om Uppsala även Libroäck. Ån fortsätter genom Uppsala tätort. Vid Övre Föret ansluter Sävjaån innan Fyrisån mynnar i Ekoln, Mälaren, vid Flottsund.

Avrinningsområdet är 164 km² stort och domineras av Uppsalaslättens jordbruksmark (59 km²), men rymmer också betydande inslag av skog och skogsbruksmark (47 km²), samt urbana ytor inom Uppsala och Storvreta tätorter (39 km²) (Figur 1). Även Årna flygplats och annan öppen mark (19 km²) ingår i avrinningsområdet.

För att underlätta lokaliseringar av respektive vattenförekomst har vi i denna utredning valt att namnge vattenförekomsterna med varsitt nummer från 1 till 4 med start uppströms. Varje vattenförekomstavrinningsområde (VARO) visas i Tabell 1 och Figur 1.

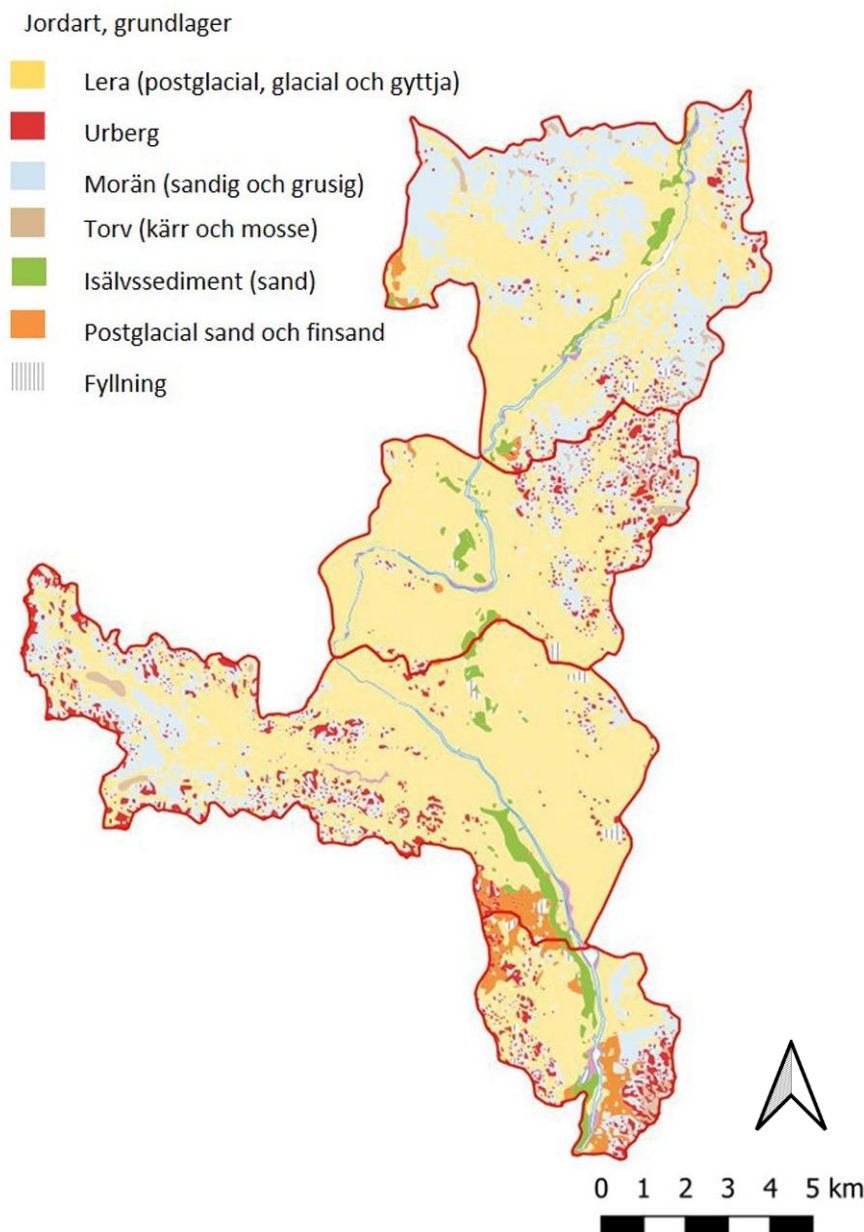
Tabell 1. Numrering, namn, ID-nummer och storlek på respektive avrinningsområde (VARO) för ingående vattenförekomster i denna utredning.

Nr.	Namn	ID (VISS)	Vatten-kategori	VARO area (km ²)	Sträcka (km)
VARO 1	Fyrisån mellan Björklingeån och Vendelån	WA21318508	Vattendrag	50	11
VARO 2	Fyrisån Ulva – Björklingeån	WA81908340	Vattendrag	35	10
VARO 3	Fyrisån Jumkilsån – Sävjaån	WA93715408	Vattendrag	62	10
VARO 4	Fyrisån Ekoln – Sävjaån	WA67670465	Vattendrag	17	5
Totalt				164	36



Figur 1. De fyra aktuella delsträckorna av Fyrisån med tillhörande avrinningsområden. Delsträckorna är (från norr till söder) Björklingeån – Vendelån, Ulva – Björklingeån, Jumkilsån – Sävjaån och Ekoln – Sävjaån.

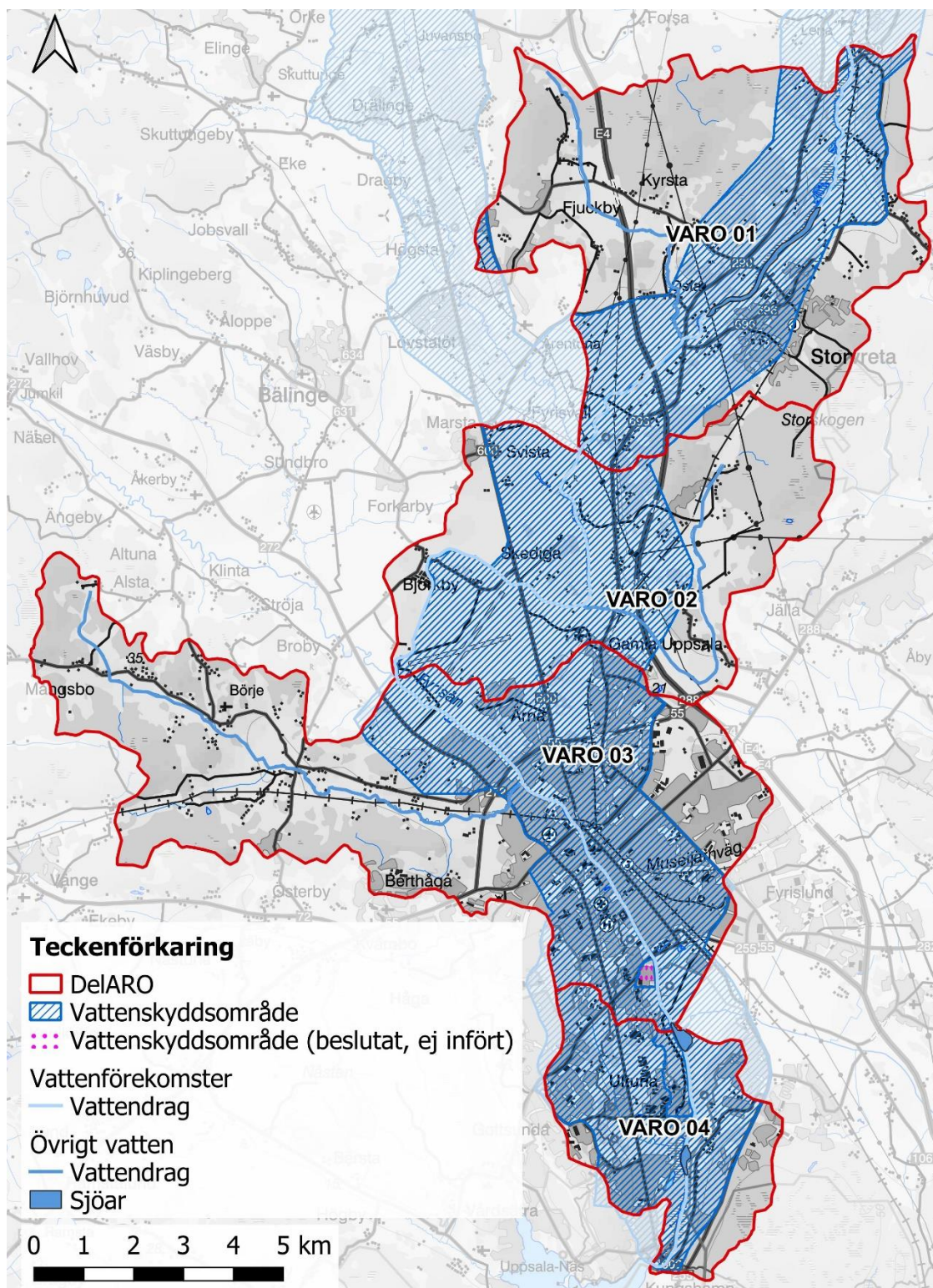
Avrinningsområdet domineras av postglacial lera, sandig morän och urberg, men inslag finns även av postglacial sand och isälvsediment som Uppsalaåsen och Vattholmaåsen (Figur 2).



Figur 2. Översiktlig karta av avrinningsområdenas jordarter, där likartade jordarter återges med samma färg på grund av figurens begränsade upplösning. Källa SGU.

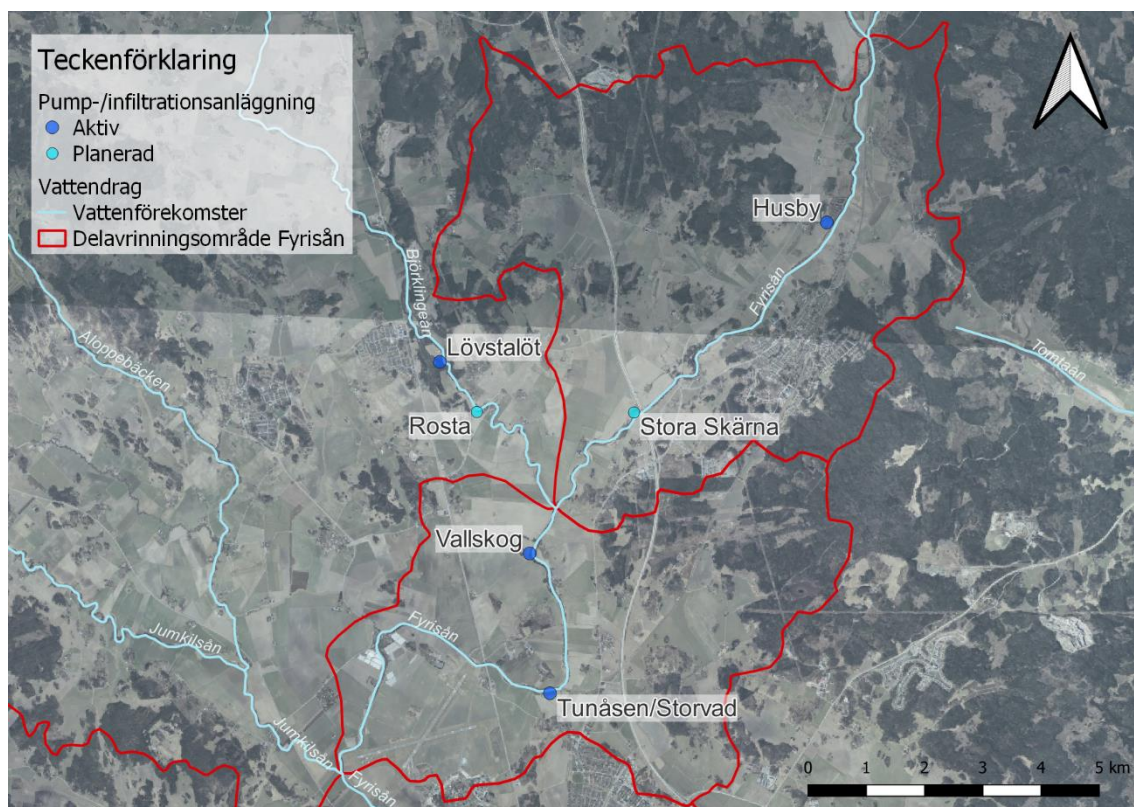
2.2 Dricksvattenproduktion

Uppsala kommuns vattenförsörjning bygger till största delen på uttag ur kommunens grundvattentäkter. De största magasinerna för grundvatten finns i Uppsala- och Vattholmaåsarna som också är ett vattenskyddsområde som utgör en stor del av avrinningsområdena för Fyrisåns huvudfåra (Figur 3). Skyddsområdet löper från mynningen till Ekoln, upp genom Uppsala och sedan i två grenar upp mot norr om Björklinge respektive Skyttorp. För vattenskyddsområdet finns skyddsföreskrifter som reglerar användningen av vattnet och syftar till att skydda vattnet från skadliga ämnen som bensin, gödsel och bekämpningsmedel (Uppsala Vatten, 2023a).



Figur 3. Vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsa ligger till stor del inom avrinningsområdena för Fyrisåns huvudfåra.

Då uttaget av grundvatten är större än den naturliga grundvattenbildningen skapas ytterligare grundvatten genom konstgjord infiltration. Genom att pumpa ytvatten från vattendrag till infiltrationsanläggningar påskyndas grundvattenbildningen och vattenbalansen i magasinerna kan upprätthållas. På Uppsala-Vattholmaåsen finns infiltrationsanläggningar i Lövstalöt, Husby (Storvreta), Vallskog och Tunåsen. Ytterligare anläggningar för infiltration planeras i Rosta och Stora Skärna med planerade infiltrationsförsök under 2023–2025 (Figur 4).



Figur 4. Infiltrationsanläggningar för konstgjord grundvattenbildning utmed Fyrisån och Björklingeån. Notera att två av anläggningarna, Rosta och Stora Skärna, är i planeringsskede och är ännu ej anlagda. Rosta och Lövstalöt ligger i Björklingeån medan resterade infiltrationsanläggningar ligger inom Fyrisåns huvudfåra.

Vattenföringen i Fyrisån påverkas av uppumpningen av ytvatten, framförallt under sommarmånaderna. Uppsala Vatten har tillstånd för pumpning förutsatt att flödet i ån överskrider 500 l/s vid mätstationen vid Ulva kvarn. För att förstärka och bibehålla vattenföringen i ån pumpas vatten från sjön Tämnares för att kompensera för uttaget. Från en pumpstation i Stynsberg leds vatten via Tassbäcken till Vendelån som slutligen ansluter till Fyrisån strax söder om Vattholma.

Enligt vattendomen får upp till 1 000 l/s pumpas från Tämnares kortvarigt och maximalt 15 miljoner m³ under ett kalenderår. Kapaciteten i den pump som finns i Stynsberg ligger på 650–850 l/s och vanligtvis körs pumpen på det lägre flödet. Under normalår sker pumpning mellan juni till augusti. Pumpning har dock påbörjats redan i maj och avslutats så sent som i december under vissa år.

Under de närmare 40 år som uttag av vatten har gjorts ur Tämnares har medelöverföringen legat omkring 4 miljoner m³/år. Det största årliga uttaget på drygt 12 miljoner m³ gjordes år 2016 efter ett torrt år med låga grundvattennivåer (Uppsala Vatten, 2018).

Klimatförändringar och ökad population kommer på sikt leda till att större uttag av ytvatten behöver göras för att tillgodose behovet av konstgjort grundvatten. Detta skulle i sin tur medföra att Tämnares behöver bidra med större volymer för att vattenföringen i Fyrisån ska efterleva bestämmelserna i dagens tillstånd. Tabell 2 redovisar en uppskattning av framtida uttag av ytvatten för konstgjord grundvattenbildning.

Tabell 2. Sammanställning av fyra befintliga och två planerade infiltrationsanläggningar utmed Fyrisån och Björklingeån (Uppsala Vatten, 2023b).

Anläggning	Tillstånd	Ungefärligt uttag idag	Uppskattat uttag framtid
Tunåsen/Storvad	400 l/s medel, 500 l/s max	175–250 l/s	300–400 l/s
Vallskog	300 l/s medel, 500 l/s max	90–150 l/s momentant	300–400 l/s
Lövstalöt	15 l/s medel, 30 l/s max	10–15 l/s momentant	Utgår troligen
Husby	20 l/s medel, 35 l/s max	20–35 l/s momentant	50–75 l/s
Rosta	-	Infiltrationsförsök 2023–2024	100 l/s
Stora Skärna	-	Infiltrationsförsök 2024/2025	100 l/s

Både tillförsel av ytvatten från Tämnaån och uttag för den konstgjorda grundvattenbildningen är onaturliga element i den hydrologiska cykeln. Överföring av vatten från Tämnaån kan skapa grumling och erosion, främst uppströms i Tassbäcken. I Fyrisån påverkar denna reglering också den naturliga hydrologiska regimen.

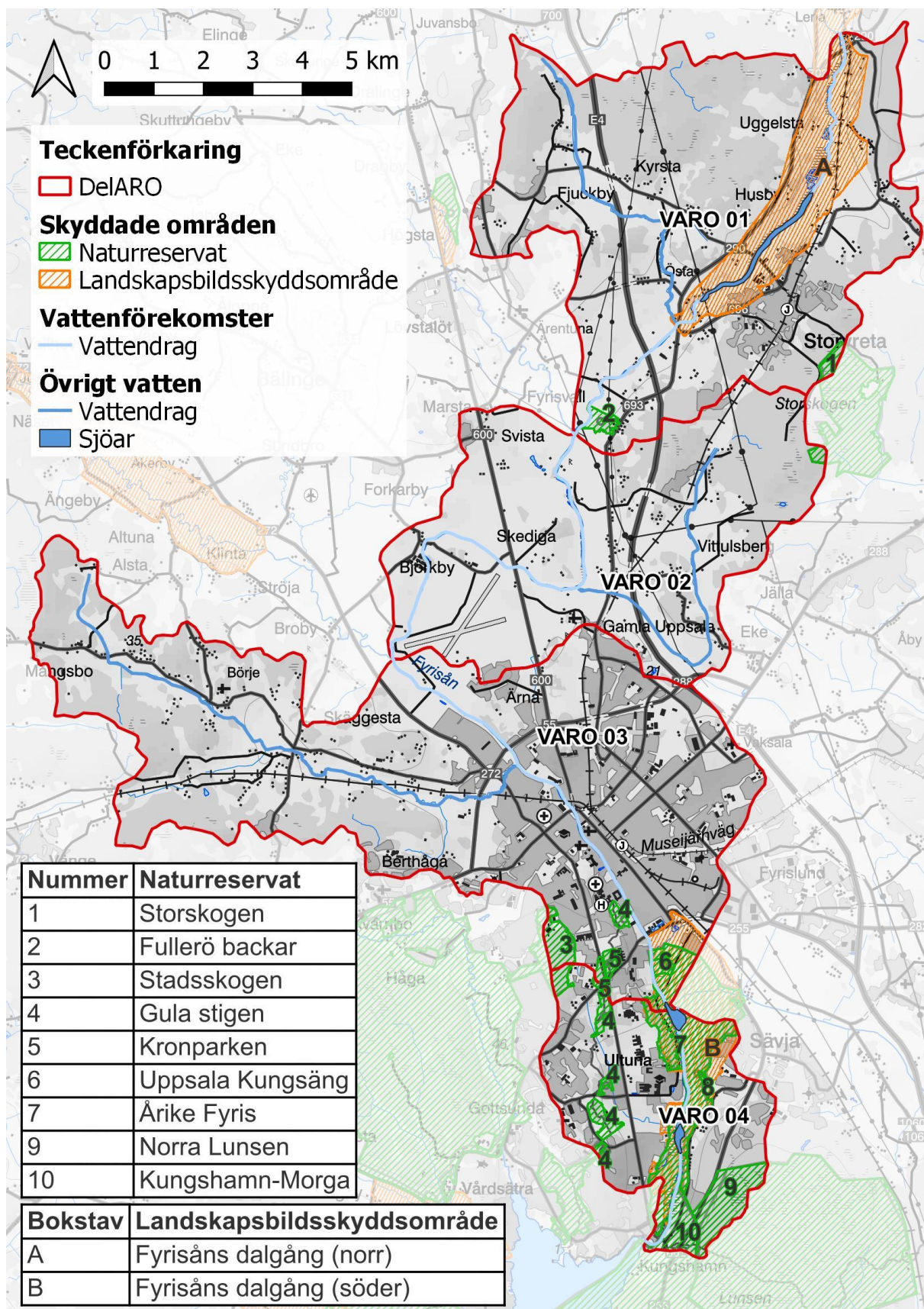
2.3 Kulturmiljö

I avrinningsområdet till Fyrisåns huvudfåra finns utpekade områden av riksintresse för kulturmiljövård enligt Miljöbalken. Följande områden omfattas med beskrivningar från *Riksintressen för kulturmiljövården – Uppsala län (C)* (Riksantikvarieämbetet, 2018):

- Gamla Uppsala samt Fyrisåns och Björklingeåns dalgångar - *Centralbygd av stor betydelse för rikets historia med kontinuitet sedan bronsåldern och med politiskt centrum under forn- och medeltid med kultplats, kungsgård och Sveriges första ärkebiskopssäte.*
- Uppsala stad - *Stad starkt präglad av centralmakt, kyrka och lärdomsinstitutioner från medeltid till idag.*
- Uppsalaslätten och Jumkilsåns dalgång - *Bymiljöer och fornlämningsmiljöer med kontinuitet från bronsålder fram till historisk tid. Odlingslandskap med kommunikationsmiljöer som varit i bruk sedan järnålder.*
- Vaksala - *Omfattande fornlämningsmiljöer från bronsålder och äldre järnålder med kontinuitet in i yngre järnålder som visar på kolonisation i spåren av landhöjningen. Sockencentrum med kyrkomiljö, som tillsammans speglar olika epoker och funktioner knutna till Vaksala sockencentrum.*

2.4 Skyddade områden med akvatiska värden

Inom Fyrisåns fyra avrinningsområden finns två landskapsbildsskyddsområden som omgärdar ån: Fyrisåns dalgång norr respektive söder. Det finns även totalt tio naturreservat: Storskogen, Fullerö backar, Stadsskogen, Gula stigen, Kronparken, Uppsala Kungsäng, Årike Fyris, Nåntuna Lund, Norra Lunsen samt Kungshamn-Morga (Figur 5). Utav dessa är delar av Årike Fyris, Kungshamn-Morga och Norra Lunsen naturreservat markerade som riksintresse för naturvård (Naturvårdsverket, 2023a). Tre av naturreservaten: Årike Fyris, Kungshamn-Morga och Fullerö backar ligger intill Fyrisån. Nedan beskrivs de akvatiska värdena inom dessa naturreservat kortfattat.



Figur 5. Det finns tio naturreservat och två landskapsskyddsområden inom Fyrisåns fyra delavinningsområden (Naturvårdsverket, 2023a). Bakgrundskarta: © Lantmäteriet.

Fullerö backar

Fullerö backar är ett naturreservat och Natura 2000-område, ägd av staten och Uppsala Universitet, men förvaltas av Länsstyrelsen i Uppsala län. Den är av områdestypen SCI (*Sites of Community Importance*) utifrån art- och habitatdirektivet (SCI). Tillsammans med fågeldirektivet syftar dessa två naturvårdsdirektiv att säkerställa den biologiska mångfalden inom EU genom att motverka utrotningen av djur och växter och stävja att deras livsmiljöer förstörs (Naturvårdsverket, 2017, 2020). Området är 23 hektar stort och utgörs av gamla artrika betesängar som betats åtminstone sedan 1200-talet (Länsstyrelsen Uppsala Län, 2023).

Årike Fyris

Årike Fyris naturreservat ligger till största delen inom Fyrisåns avrinningsområde och förvaltas av Uppsala kommun. Naturreservatet är 482 hektar stort varav drygt 100 hektar utgörs av limniska miljöer där 43 hektar är ytvatten. Syftet med naturreservatet är att bevara det kulturpräglade landskapet med naturtyper för biologisk mångfald i både vatten- och landmiljöer, bevara och utveckla biotoper för fågelliv och vattenorganismer samt utgöra ett område för tätortsnära friluftsliv samt forsknings- och undervisningsverksamhet.

I de limniska miljöerna ingår delar av Fyrisåns och Sävjaåns åfåror inklusive brinkar, strandzoner, fuktängar och mader samt de sjöliknande utvidgningarna Övre och Nedre Föret. De limniska miljöerna utgör värdefulla miljöer för fauna och flora, bland annat med goda förutsättningar för fiskföryngring och ett rikt fågelliv. En av Upplands naturliga kallkällor, Ultuna källa, finns vid södra delen av Ultuna (Uppsala kommun, 2018).

Kungshamn-Morga

Kungshamn-Morga naturreservat förvaltas av Stiftelsen Friherre Carl Cederströms minne. Naturreservatet är cirka 1 170 hektar stort varav nästan hälften utgörs av ytvatten (Länsstyrelsen Uppsala län, 1973). Större delen av naturreservatet ligger intill Mälaren och endast 70 hektar inom Fyrisåns avrinningsområde, vid dess mynning, varav cirka fyra hektar utgörs av Fyrisån och sju hektar utgörs av våtmarker intill ån.

2.5 Limniska värden

Fyrisån är en näringsrik slättå som bedöms ha ett högt limniskt värde där den rinner fram igenom den flacka uppodlade Upplandsslätten med väldränerade och starkt dikade odlingsmarker (Brunberg och Blomqvist, 1998). I länets Naturvårdsprogram anses hela åsträckan, från Vattholma till Uppsala, ha mycket högt naturvärde (klass II) där två viktiga anledningar är Fyrisåns hydrologi och limnologi (Länsstyrelsen Uppsala län, 1987). Andra bevarandevärden utgörs av fuktängar, odlingslandskapet, fornlämningar, ås- och ravinbildningar, fågellivet men även landskapet med Fyrisån och dess omgivande dalgång.

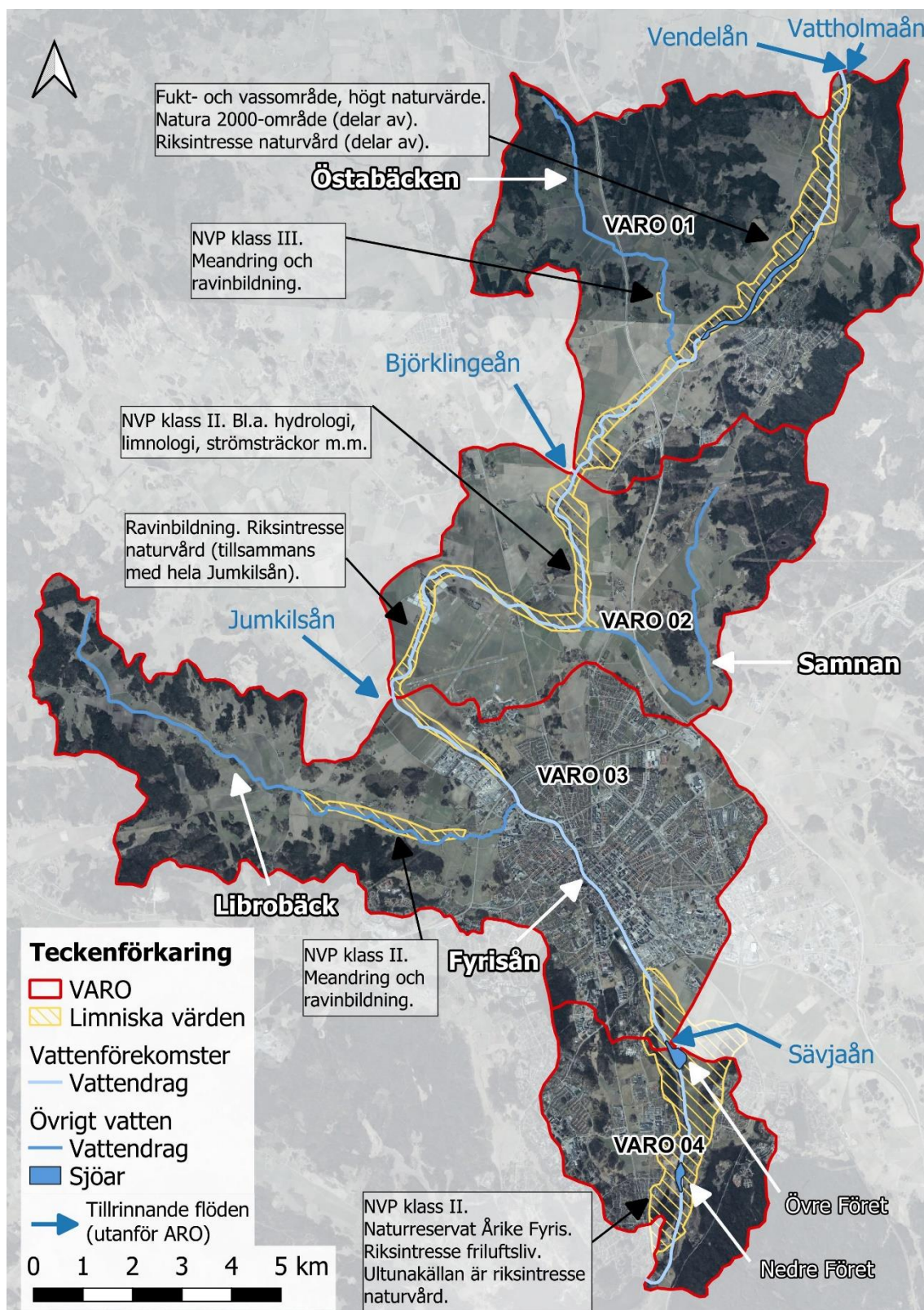
På en sträcka av cirka fem kilometer, från åsammanflödet av Vendelån och Vattholmaån till trakten Kull-Gränby (vid Storvreta) finns ett sankmarksområde med mycket höga naturvärden (Länsstyrelsen Uppsala län, 1987; Naturvårdsverket, 2009). Här finns långsmala stränder med fuktängar och vassområden. Delar av området utgör Natura 2000-område (Ekeby-Ånge och Lena Husby) samt ingår i riksintresse för naturvård.

Delar av Östabäcken, som tillrinner strax söder om Storvreta, bedöms ha högt naturvärde (klass III) med dess naturliga meandring och ravinbildning. Andra limniska värden i Fyrisån utgörs av slättå-karakteren och strömsträckorna nedströms dammarna vid Ekeby och Ensta samt den största forsen vid Ulva kvarn. En av de kraftigaste ravinerna i Uppland, med flera små sidoraviner, finns mellan Ulva och Gesvad där Fyrisån skurit sig ned i de omgivande odlingsmarkerna. Detta område med naturlig ravinbildning ingår i riksintresse för naturvård. Det gör även en starkt meandrande delsträcka av Librobäck med högt naturvärde (klass II) och aktiva ravinbildningar (Länsstyrelsen Uppsala län, 1987).

Fyrisåns sträckning genom centrala Uppsala präglas av stensatta kanter. Längre nedströms mot Kungsängsbron övergår detta till spontning och pålning av kajer och bryggor. Ån rinner sedan ut från de centrala delarna av staden och genom Årike Fyris, där bland annat våtmarksytorna Övre Föret och Nedre Föret ingår. Reservatets våtmarksmiljöer är viktiga för fåglar, fisk och andra vattenlevande organismer. Ultunakällan, en kallkälla från Uppsalaåsen, rinner ut i ån vid Ultuna och är klassad som riksintresse för naturvården.

Islandsfallet och Kvarnfallet är två centrala vattenfall i Uppsala som tidigare utgjorde vandringshinder för fisk från Ekoln som sökte sig upp i Fyrisån. Idag finns fiskvägar anlagda, så även vid Ulva kvarn längre uppströms, vilket har möjliggjort fri vandringsväg upp till Ekebydammen strax söder om Storvreta. Fyrisån är viktig för den rödlistade aspens fortplantning med flera viktiga leklokaler i ån. En sådan finns precis nedströms Kvarnfallet (Länsstyrelserna, 2009), som också bedöms vara den mest betydelsefulla reproduktionslokalen för Ekolns norsbestånd (Brunberg och Blomqvist, 1998). En närmare beskrivning av områdets fiskfauna finns i avsnitt 6.1.

Figur 6 visar en översikt av de limniska värden som beskrivs i detta avsnitt.



Figur 6. Limniska värden i Fyrisåns fyra delavrinningsområden. Markerade områden är ungefärliga. NVP avser klassning i länets Naturvårdsprogram. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet (u.å.)

2.6 Statusklassning

Samtliga fyra vattenförekomster har måttlig ekologisk status. Med undantag för de överallt överskridande ämnena kvicksilver och bromerade difenyletrar (PBDE) har de två nedströms liggande vattenförekomsterna ej god kemisk status. De två uppströms liggande vattenförekomsterna är ej klassade med avseende på kemisk status. En översikt av statusklassningen presenteras i Tabell 3.

De huvudsakliga lokala problemen för Fyrisåns tillstånd bedöms vara övergödning, hydromorfologiska ändringar, samt utsläpp av miljögifter i de två nedre avrinningsområdena. Det kan vara värt att påminna om att en statusklassning inte är en komplett eller oomtvistlig bedömning av recipientens vattenkvalitet, utan snarare den bästa bedömning som för tillfället går att göra. För mer utförliga beskrivningar av vattenförekomsternas status hänvisas till tidigare utförda statusklassningar av Naturvatten (2020).

Tabell 3. Sammanfattning av statusklassning för de fyra vattenförekomsterna inom Fyrisåns avrinningsområde. Källa: VISS (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023a, 2023b, 2023c, 2023d). ES = ekologisk status, KF = kvalitetsfaktor.

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

VARO och namn på delsträcka av Fyrisån	Ekologisk status	Ekologiska kvalitetsfaktorer									Kemisk status*
		Biologiska			Fysikalisk-Kemiska			Hydromorfologi			
		Påväxt-kiselalger	Bottenfauna	Fisk	Näringsämnen	Försurning	Särskilda förorenande ämnen	Konnektivitet	Hydrologisk regim	Morfologiskt tillstånd	
1. Björklingeån – Vendelån											
2. Ulva - Björklingeån											
3. Jumkilsån - Sävjaån											
4. Ekoln - Sävjaån											

* Med undantag för de överallt överskridande ämnena kvicksilver och bromerade difenyletrar (PBDE).

2.6.1 Ekologisk status

Den måttliga ekologiska statusen i de fyra vattenförekomsterna bedöms i första hand på biologiska kvalitetsfaktorer där *Fisk* är måttlig i samtliga. Bedömningen baseras även på problem med övergödning, konnektivitet och morfologi i samtliga fyra vattenförekomster. Dessutom bedöms flödesförändringar vara ett problem i VARO 2 och särskild förorenande ämnen (SFÄ) som ammoniak och diklofenak i VARO 3 och 4.

De flesta hydromorfologiska kvalitetsfaktorer är sämre än måttliga. De är dock inte utslagsgivande i bedömningen för ekologisk status förrän de biologiska kvalitetsfaktorerna visar minst god status och fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer visar på hög status. Det bör dock understrykas att goda hydromorfologiska betingelser ofta är en nödvändig förutsättning för att uppnå god status för de biologiska kvalitetsfaktorerna.

Biologiska kvalitetsfaktorer

Samtliga klassningar av parametern *Fisk* bygger på expertbedömningar som baseras på bristande konnektivitet, med både partiella och definitiva vandringshinder i systemet, och ett försämrat morfologiskt tillstånd. Bedömningen är att dessa brister påverkar fiskbeståndet så mycket att förutsättningarna för ett varierat och långsiktigt hållbart fisksamhälle inte finns.

Fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer

Även för *Övergödning* har samtliga vattenförekomster måttlig status. I de två nedre vattenförekomsterna (VARO 3 och 4) bygger bedömningen på mätdata. Gränsen för god status för dessa vattenförekomster ligger på 42 µg/l (EK-värde = 0,5). Uppmätta medelhalter är 55 µg/l och 61 µg/l för VARO 3 respektive VARO 4. Halterna bygger på stort antal mätdata och osäkerheten är låg (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023a, 2023d). För de två övre vattenförekomsterna (VARO 1 och 2) är klassningen en expertbedömning som baseras på ”extrapolering av vattenförekomster av samma typ och med samma påverkan” (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023b, 2023c).

VARO 1 och 2 är oklassade med avseende på SFÄ. I VARO 3 överskrider gränserna för god status för ammoniak och diklofenak. Både gränsen som årsmedelvärde (AA) och maximalt tillåten koncentration (MAC) för ammoniak överskrider. Bedömningen bygger på många mätdata och har hög tillförlitlighet. För diklofenak har en högsta uppmätt halt från provtagningar 2010 och 2014 på 0,88 µg/l uppmätts, att jämföra med gränsen för god status på 0,1 µg/l. Tillförlitligheten är däremot måttlig och ytterligare provtagning behövs för att utreda om halten av diklofenak kan ha avtagit. I VARO 4 har årsmedelvärden för ammoniak överskridits för två av åren under mätningar 2013–2018.

I VARO 3 har även kopparhalter i sediment uppmätts vid en screening som överskrider gränsvärden. Troligen härstammar dessa från påverkan av dagvatten. Då mätdata är få ges dock inte parametern sämre än god status. Nitrat, zink och koppar har mätts i vattenmatrisen och uppvisar där god status.

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 vilket en naturligt förekommande tröskel i en å inte kan, även om tröskeln skulle begränsa spridningen av fisk och organismer i vattendraget. På samma sätt påverkar inte snabba flödesförändringar under en kraftig vårflood statusklassningen för hydrologisk regim. Det gör däremot förändrade flöden vid hårdgörning, markavvattning eller uttag av ytvatten för konstgjord infiltration.

Vid sammanvägning av kvalitetsfaktorernas parametrar ska den 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 kvalitetsfaktorns statusklassning.

Statusklassningen för de fyra vattenförekomsterna i Fyrisåns huvudfåra visas i Tabell 4. Nästan hälften av de ingående parametrarna för respektive kvalitetsfaktor är ej klassade.

För de fyra vattendragen i Fyrisåns avrinningsområde har Vattenmyndigheten gjort bedömningen att alla har negativ hydromorfologisk påverkan som medför sämre status än god (Tabell 4), med undantag för VARO 4 som har hög status för kvalitetsfaktorn hydrologisk regim. VARO 1 är den åsträcka med lägst sammanvägd hydromorfologisk status. Två statusklassningar är satta som dåliga: konnektivitet i VARO 1 (på grund av vandringshinder för fisk) och morfologiskt tillstånd i VARO 3 (på grund av påverkan från stadsbebyggelsen).

Tabell 4. Sammanställning av hydromorfologiska parametrar för Fyrisåns huvudfåra, enligt senaste bedömning februari 2023 i VISS (2023a, 2023b, 2023c, 2023d). Den sammanvägda kvalitetsfaktorn står ovanför de enskilda parametrarna för respektive vattendrag.

VARO och namn på delsträcka av Fyrisån	Konnektivitet		Hydrologisk regim				Morfologiskt tillstånd							
	Upp- och nedströms	Sidled och svämplan	Specifik flödesenergi	Volymavvikelse	Avvikelse i flödets förändringstakt	Vattenståndets förändringstakt	Vattendragsfårans form	Vattendragets planform	Vattendragsfårans bottensubstrat	Död ved i vattendrag	Strukturer i vattendraget	Vattendragsfårans kanter	Vattendragets närområde	Svämplanets strukturer och funktion
1. Björklingeån – Vendelån	Dålig		Otillfredsställande				Otillfredsställande							
2. Ulva - Björklingeån	Måttlig		Otillfredsställande				Måttlig							
3. Jumkilsån - Sävjaån	Måttlig		Måttlig				Dålig							
4. Ekoln - Sävjaån	Måttlig		Hög				Otillfredsställande							

2.6.2 Kemisk status

De två övre vattenförekomsterna VARO 1 och 2 är oklassade avseende kemisk status. I Fyrisån som rinner genom staden (VARO 3) överskrider fyra ämnen gränsvärden för god status: antracen och fluoranten, båda polyaromatiska kolväten (PAH:er), uppmätta i sedimenten, TBT i både ytvatten och sediment, samt PFOS ytvattnet. PFOS-halterna i Fyrisåns ytvatten är ungefär tio gånger högre än gränsvärden.

En liknande föroreningsbild finns i den nedströms liggande vattenförekomsten VARO 4 där gränsvärden överskrids för antracen, PFOS och TBT men även för B(a)p, som också är en PAH.

I VARO 3 och 4 har även halterna av bly, kadmium och nickel undersökts och resultatet visar på god status. Även halten för det bromerade flamskyddsmedlet HBCDD är under gränsvärden.

Gemensamt för undersökta ämnen som ingår i klassning av kemisk status är att klassningen bygger på ett fåtal data från screeningar. En sammanställning finns i Tabell 5.

*Tabell 5. Sammanställning av kemisk status och de prioriterade ämnen som har provtagits och antingen visat god eller ej god kemisk status i de fyra vattenförekomsterna.
Källa: VISS (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023a, 2023b, 2023c, 2023d).*

VARO och namn på delsträcka av Fyrisån	Kemisk status*	Prioriterade ämnen...	
		...med god status	...med ej god status
1. Björklingeån – Vendelån		-	-
2. Ulva - Björklingeån		-	-
3. Jumkilsån - Sävjaån		Bly, kadmium, nickel, HBCDD	Antracen, fluoranten, PFOS, TBT
4. Ekoln - Sävjaån		Bly, kadmium, nickel	Antracen, PFOS, B(a)p, TBT

* Med undantag för de överallt överskridande ämnena kvicksilver och bromerade difenyletrar (PBDE).

2.6.3 Miljökvalitetsnormer

Tidsfrister och senare målår

Miljökvalitetsnormen för kemisk status för alla fyra vattenförekomster är satta till god kemisk status (Tabell 6). För VARO 3 och 4 finns senare målår (2027) satta för PFOS. Här poängteras att åtgärder bör sättas in så snart som möjligt för att nå målet då vattenförekomstens återhämtning tar tid. För ämnena antracen, fluoranten, TBT och B(a)p har tidsfrister satts till år 2027. Vattenmyndigheten menar att åtgärder inte kan initieras utan vattenförekomsten omfattas istället av kontrollerande övervakning och vattenförekomsten får en tidsfrist då det anses tekniskt omöjligt att genomföra åtgärder på grund av kunskapsbrist.

Miljökvalitetsnormen för ekologisk status är satt till god status år 2033 för VARO 1, 2 och 4 (Tabell 6). De har alla tidsfrister satta till år 2033 för diffus påverkan av näringsämnen från jordbruket. Det bedöms inte vara möjligt att genomföra de åtgärder som krävs för god status, tillsammans med efterföljande återhämtning för ekosystemet, innan dess. För VARO 1 har också en tidsfrist till 2033 angivits för *Konnektivitet* av samma anledning.

Mindre strängt krav för VARO 3 Fyrisån Jumkilsån - Sävjaån

Även VARO 3 har liknande tidsfrister för ett antal parametrar. Här har dock normen satts till måttlig ekologisk status år 2033 (Tabell 6) på grund av negativ hydromorfologisk påverkan av tätortsbebyggelsen. Dock är det mindre stränga kravet *enbart kopplat till fysisk påverkan av bebyggelsen. All fysisk påverkan ska trots det mindre stränga kravet åtgärdas så långt det är möjligt och rimligt* (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023d). Det mindre stränga kravet innebär också att statusen inte heller får försämrats alls i relation till tidpunkten för normsättningen.

Således accepteras att parametrarna *Fisk* och *Morfologiskt tillstånd* har måttlig status år 2033. Alla andra parametrar och kvalitetsfaktorer inom ekologisk status ska fortfarande nå god status med hänsyn till angivna tidsfrister: *Konnektivitet* och *SFÄ* (ammoniak och diklofenak) till år 2027 och *Påväxt-kiselalger* och *Näringsämnen* till år 2033.

Tabell 6. Sammanställning beslutade miljö kvalitetsnormer för de fyra vattenförekomsterna med tillhörande tidsfrister och i ett fall ett mindre strängt krav.

Källa: VISS (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023a, 2023b, 2023c, 2023d).

VARO och namn på delsträcka av Fyrisån	Kemisk status*	Tidsfrist	Ekologisk status	Tidsfrist	Mindre strängt krav
1. Björklingeån – Vendelån				2033	
2. Ulva - Björklingeån				2033	
3. Jumkilsån - Sävjaån		2027		2033	Morfologiskt tillstånd
4. Ekoln - Sävjaån		2027		2033	

* Med undantag för de överallt överskridande ämnena kvicksilver och bromerade difenyletrar (PBDE).

2.7 Åtgärdsbehov

2.7.1 Fosfor

Ett åtgärdsbehov avseende övergödning beskriver hur mycket transporten av närsalter till vattenförekomsten, i det här fallet fosfor, behöver minska för att den ska kunna uppnå god ekologisk status avseende *Näringsämnen*. För fosfor uttrycks åtgärdsbehovet i kg/år.

I framtagandet av åtgärdsbehov för Fyrisåns huvudfåra har uppgifter använts från både Vattenmyndighetens data och beräknade fosforbudgetar av Naturvatten i Roslagen (2020, se avsnitt 2.1), som var del av tidigare uppdrag med att ta fram underlag till ett lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån.

Vattenmyndigheten och VISS

För Fyrisån beräknar Vattenmyndigheten för Norra Östersjöns vattendistrikt ett teoretiskt åtgärdsbehov som behöver reduceras för att nå god status avseende *Näringsämnen*. Detta publiceras i databasen för Sveriges vattenförvaltning, VISS. De senaste beräknade åtgärdsbehoven avser förvaltningscykel 4 (2022–2027). Åtgärdsbehoven bygger på en nationell beräkning och det poängteras att *undersökningar byggda på lokal kunskap kan ge bättre skattningar av behoven* (Vattenmyndigheterna, 2023). För vissa vattenförekomster kan Vattenmyndighetens åtgärdsbehov bli orimliga och omöjliga att uppnå, även om alla genomförbara åtgärder skulle göras. Detta beror delvis på att åtgärdsbehov har omfördelats från vattenförekomster med höga värden, som inte bedöms kunna åtgärdas lokalt, till uppströms belägna vattenförekomster i beräkningarna. Exempelvis har åtgärdsbehov i vattenförekomsterna intill Uppsala stad fördelats ut på vattenförekomster uppströms.

Vattenmyndigheten skattar även ett åtgärdsutrymme, som motsvarar den minskade belastning som skulle uppnås som alla möjliga åtgärder i ett avrinningsområde skulle genomföras. Åtgärdsutrymmet är fördelat på olika påverkanskällor så som jordbruk, dagvatten, hästgårdar, enskilda avlopp, industri och avloppsreningsverk.

Naturvatten

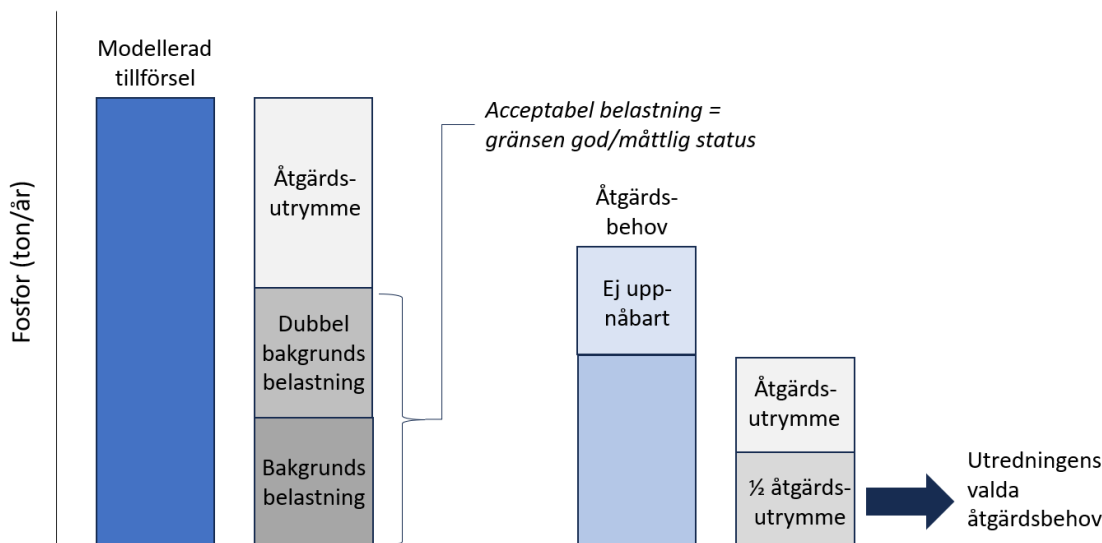
Naturvatten har beräknat, i de fall det varit möjligt, både totalt och lokalt åtgärdsbehov för varje vattenförekomst. Det totala, eller ackumulerade, åtgärdsbehovet beskriver hur mycket fosfortillförseln måste minska, beräknat utifrån mätdata för vattenförekomsten. Det lokala åtgärdsbehovet är det åtgärdsbehov som kvarstår efter att god status för fosfor uppnåtts i alla uppströms belägna vattenförekomster.

Naturvatten har även likt Vattenmyndigheten beräknat ett åtgärdsutrymme för vattenförekomsterna baserat på modellberäkningar inom myndighetssamarbetet Svenska MiljöEmissionsData (SMED), rapportering av *Pollution Load Compilation* (PLC) 6.5. Beräkningen baseras på en acceptabel totalbelastning som för vattendrag motsvarar dubbla bakgrundsbelastningen, vilket motsvarar gränsen för betydande näringspåverkan enligt Vattendirektivet, alltså gränsen mellan god och måttlig status (EK-värde = 0,5). Åtgärdsutrymmet beräknas sedan som differensen mellan nuvarande modellerad totalbelastning och acceptabel belastning (Figur 7).

Utredningens valda åtgärdsbehov för VARO 1, 2 och 4

I den tidigare utredningen användes Naturvattens åtgärdsbehov för de fyra vattenförekomsterna, vilket summerade till 800 kg P/år. Vattenmyndighetens senast beräknade åtgärdsbehov är nästan sexfaldigt högre, 4 600 kg p/år (Tabell 8). Dessa åtgärdsbehov är dock orimligt höga och i flera fall överstiger åtgärdsbehoven det åtgärdsutrymme som beräknas finnas. I klartext betyder detta att en minskning av fosforbelastningen motsvarande åtgärdsbehoven inte ens skulle uppnås om i princip all mänsklig aktivitet i avrinningsområdena upphör (se tredje stapeln i Figur 7).

I denna utredningen har vi därför valt att ta fram egna åtgärdsbehov med grund i Naturvattens beräkningar. Vi har valt att jämföra Naturvattens beräknade åtgärdsbehov med 50 % av deras beräknade åtgärdsutrymme (Figur 7). Vi bedömer att om hälften av alla genomförbara åtgärder inom avrinningsområdet skulle genomföras för att minska näringsämnesbelastningen så har man kommit en lång väg i åtgärdsarbetet. I de avrinningsområden där 50 % av åtgärdsutrymmet är det större talet väljs detta som utredningens åtgärdsbehov. I de avrinningsområden Naturvattens beräknade åtgärdsbehov är det större talet väljs detta som utredningens åtgärdsbehov.

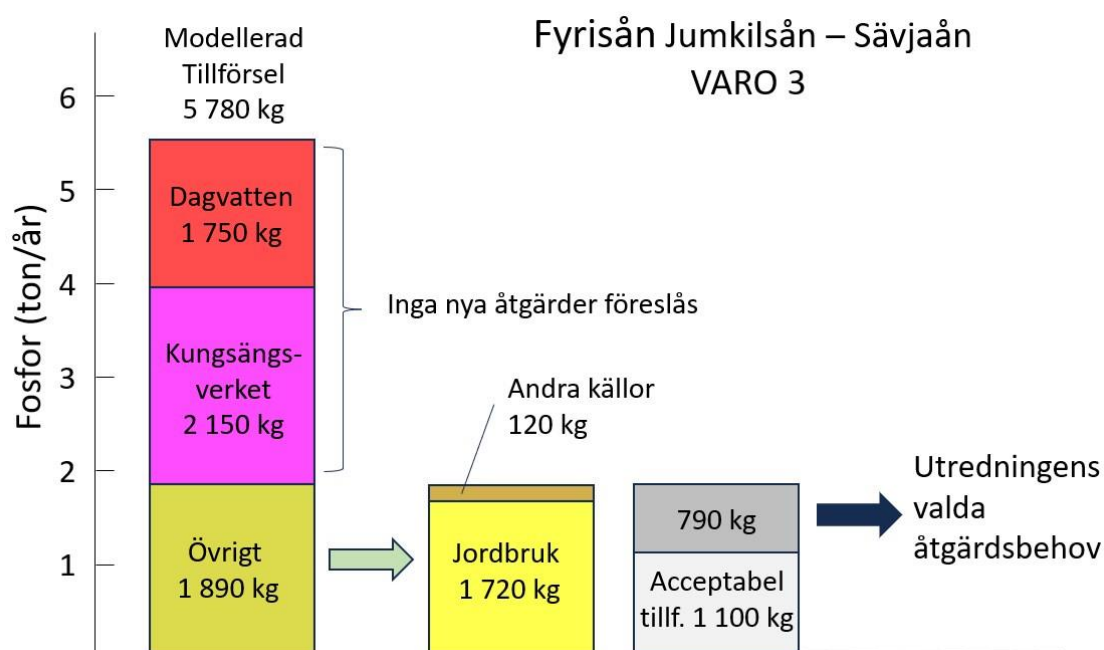


Figur 7. Schematisk förklaring av beräkning av åtgärdsutrymme utifrån modellerad tillförsel och bakgrundsbelastning. Figuren visar även hur åtgärdsbehovet från VISS kan överstiga åtgärdsutrymmet och således ha en andel som inte kan uppnås. I dessa fall har halva åtgärdsutrymmet valts som utredningens åtgärdsbehov.

Utredningens valda åtgärdsbehov för VARO 3

Ett undantag görs dock för VARO 3 (sträckan genom Uppsala stad) där beställaren har angett att Kungsängsverket inte kan omfattas av denna utredning och att åtgärder för rening av dagvatten från den befintliga tätorten redan finns framtagna i Uppsala Vattens dagvattenplan (WRS, 2019). I denna vattenförekomst används i stället Naturvattens acceptabla fosfortillförsel från det lokala avrinningsområdet för att beräkna åtgärdsbehov. Den acceptabla lokala fosfortillförseln har beräknats som skillnaden mellan acceptabel fosfortransport (acceptabel halt för god status gånger årsavrinning) i vattenförekomstens nedre del (Vindbron, 10 400 kg/år) och övre del (Klastorp, 9 300 kg/år) till 1 100 kg/år.

Kungsängsverket och dagvatten från Uppsala stad står tillsammans för cirka 3 900 kg/år av den totala fosfortillförseln på 5 800 kg/år från det lokala avrinningsområdet (Figur 8). Då återstår cirka 1 900 kg/år från resterande källor. För att minska den lokala tillförseln till den acceptabla fosfortillförseln på 1 100 kg/år uppstår således ett åtgärdsbehov på knappt 800 kg/år (Figur 8 och Tabell 7).



Figur 8. Schematisk förklaring av beräkning av åtgärdsbehov för VARO 3 (Fyrisån Jumkilsån – Sävjaån) utifrån förutsättningen att inga nya åtgärdsförslag ska tas fram för förbättrad rening i Kungsängens avloppsreningsverk och att åtgärder för rening av dagvatten redan har föreslagits i dagvattenplanen för Uppsala tätort. Övrig tillförsel från avrinningsområden är cirka 1 900 kg/år varav 1 100 kg/år är acceptabel tillförsel enligt Naturvatten. Återstående åtgärdsbehov blir således knappt 800 kg/år.

Tabell 7. I denna utredning beräknad lokal årlig fosfortillförsel till VARO 3 (Fyrisån Jumkilsån – Sävjaån, sträckan genom Uppsala stad) och beräknat åtgärdsbehov, antaget en acceptabel lokal fosfortillförsel på 1 100 kg/år, exkluderat åtgärder för avloppsreningsverk och dagvatten.

Källa	P-tillförsel (kg/år) WRS 2023
Avloppsreningsverk och bräddning	2 150
Dagvatten Uppsala tätort	1 750
Jordbruksmark	1 720
Öppen mark	40
Skog	50
Enskilda avlopp	70
Hästhållning	10
Summa	5 780
Summa exkl. avloppsreningsverk och dagvatten	1 890
Acceptabel lokal tillförsel för god status	1 100
Åtgärdsbehov för att minska till 1 100 kg	790

Det totala åtgärdsbehovet för fosfor uppskattas därmed till cirka 1 800 kg/år (Tabell 8).

Tabell 8. Beräknade åtgärdsbehov och åtgärdsutrymmen för fosfor, beräknade av Vattenmyndigheten (2023) för den tredje förvaltningscykeln (2021-2027), samt av Naturvatten (2020). De för utredningen valda åtgärdsbehoven är markerade i grönt och presenteras i sista kolumnen. Siffror i rött visar de beräknade åtgärdsbehov som överstiger åtgärdsutrymmet i det lokala avrinningsområdet (VARO).

VARO och namn	Åtgärdsbehov (kg/år)		1/2 åtgärdsutrymmet (kg/år)		Utredningens valda åtgärdsbehov (kg/år)
	VISS III	Naturvatten	VISS III	Naturvatten	
1. Fyrisån mellan Björklingeån och Vendelån	980	60	290	450	450
2. Fyrisån Ulva - Björklingeån	990	70	340	470	470
3. Fyrisån Jumkilsån - Sävjaån	2 500	790*	410**	1 650	790
4. Fyrisån Ekoln - Sävjaån	190	0	20**	100	100
Summa	4 640	920	1 060	2 670	1 810

* Beräknat enligt Tabell 7.

** Exkl. dagvatten från Uppsala stad.

2.7.2 Särskilt förorenande ämnen och prioriterade ämnen

För åtgärdsbehov gällande minskad tillförsel av övriga problemämnena till vattenförekomsterna hänvisas till bilagorna Naturvattens rapport (2020). Här finns beräknade åtgärdsbehov för bland annat nitrat, metaller, läkemedelsrester, PAH:er och PFOS. Dock är dessa siffror än mer osäkra och bedöms enbart delvis kunna adresseras inom ramen för uppdraget då de huvudsakligen förmodas tillföras ån via utsläpp från antingen Kungsängsverket eller Uppsala tätorts dagvattenledningsnät. Åtgärder för att minska föroreningsutsläpp från Störvreta avloppsreningsverk (avsnitt 7.2.2) och dagvattenledningsnät (avsnitt 7.3) är dock möjliga, liksom vissa andra åtgärder. Dessutom kommer läckaget av nitrat till ån minska med föreslagna åtgärder för hästgårdar (avsnitt 7.2.3) och avrinning från jordbrukslandskapet (avsnitt 7.3.1).

2.7.3 Hydromorfologi

För de hydromorfologiska parametrar som har en klassning (Tabell 4) och tillräckligt underlag har det beräknat vilket åtgärdsbehov som krävs för att dessa parametrar ska uppnå god status (Tabell 9). Det största åtgärdsbehovet får anses vara att cirka 11 av 26 kilometer av ån i VARO 1, 2 och 4 behöver upphöra att påverkas genom grävning, rensning eller markavvattnings. I VARO 3 finns ett teoretiskt åtgärdsbehov beräknat (8,4 av 10 km), dock gäller inte detta på grund av det mindre stränga krav som angetts som norm avseende morfologiskt tillstånd. Se avsnitt 2.6.3.

Tabell 9. Beräknat åtgärdsbehov som krävs för att nå god status för de hydromorfologiska parametrar som har klassificerats för Fyrisåns fyra vattenförekomster. För VARO 3 är de tre nedersta åtgärdsbehoven gråmarkerade. Talen här är de teoretiska beräknade åtgärdsbehoven. Då vattenförekomsten har ett mindre strängt krav avseende morfologiskt tillstånd räknas dessa dock inte in i det totala åtgärdsbehovet, se avsnitt 2.6.3.

Parameter	Åtgärdsbehov	VARO				Summa	
		1	2	3	4		
Konnektivitet: upp- och nedströms	Åtgärda alla artificiella vandringshinder i avrinningsområdet så att minst 75 % av alla vandringsbenägna fiskarter enligt referensförhållandet kan passera.	1*	1**	1***	0	3	st
Specifik flödesenergi	En viss sträcka av vattendragen behöver utgå från markavvattningsföretag eller upphöra att vara tydligt räta	5,5	2,2	1,8	-	9,5	km
Vattendragsfårans form och Vattendragsfårans kanter	En viss sträcka av vattendragen behöver upphöra att påverkas genom grävning, rensning eller markavvattnings	4,4	2,7	(8,4)	4,3	11	km
Vattendragets närområde	En del av närområdet (definierat som inom 30 meter från vattendraget) behöver upphöra att utgöras av anlagda ytor eller brukad mark****	0,3	1,1	(3,3)	-	1,4	km
Svämplanets strukturer och funktion runt vattendrag	En del av svämplanet behöver upphöra att utgöras av anlagda ytor eller brukad mark****	2,5	-	(6,2)	0,7	3,2	km
Längd vattendrag		11	10	10	5	36	km

* Ekeby kvarndamm, ett definitivt vandringshinder.

** Ulva kvarn bedöms troligen som ett partiellt vandringshinder. Fiskvägen hanteras dock i samband med omprövningen av vattenkraften för moderna miljötillstånd (NAP).

*** Kvarndammens fiskväg bedöms som partiellt vandringshinder. Åtgärdsförslag har tagits fram i Bilaga 2.

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

Flertalet hydromorfologiska parametrar har heller inte klassats men kan fortfarande utgöra åtgärdsbehov. Dessa inkluderar *Konnektivitet i sidled och till svämplan*, *Vattenståndets förändringstakt*, *Vattendragets planform*, *Vattendragsfårans bottensubstrat*, *Död ved i vattendrag* och *Strukturer i vattendraget*.

Förbättringsbehovet för hydromorfologin är oavsett stort och åtgärdsbehoven går i många fall emot andra samhällsintressen. En avgränsning för hydromorfologin har därför gjorts inom detta uppdrag, vilket beskrivs i avsnitt 3.3.1.

3 Metodik

Den övergripande metodiken för arbetet med åtgärdsförslag har bestått i att:

För punktkällor

- Analysera data om enskilda avlopp i avrinningsområdet erhållna från miljöförvaltningen, se avsnitt och 4.2.1.
- Studera data på utsläpp från Kungsängsverket och Storvreta avloppsreningsverk samt bräddningar från avloppledningsnätet, se avsnitt 4.2.2 och 4.2.3.
- Studera förekomst, lokalisering och storlek på hästgårdar, se avsnitt 4.2.4.
- Beräkna förbättringspotential för enskilda avlopp och hästgårdar, se avsnitt 4.2.1 och 4.2.4.
- Beskriva åtgärd för minskat utsläpp av näringsämnen från Storvreta reningsverk, se Bilaga 1.

För diffusa källor

- Beräkna diffus fosfortillförsel från jordbruksmark utifrån underlagsmaterial från Jordbruksverket, SMED och SLU (Djodjic m.fl., 2023), se avsnitt 3.2.3.
- Kartering av urban markanvändning och modellering av fosfortillförsel via dagvatten från Storvreta tätort och E4:an med modellverket Stormtac Web (2023), se avsnitt 3.2.5.
- Identifiera strategiska platser och föreslå åtgärder för minskad tillförsel av fosfor från jordbruksmark och urban mark genom kartanalys och fältbesök och sedan beräkna avskiljningspotential. Sedan prioritera dessa åtgärder utifrån åtgärdsbehov, kostnadseffektivitet, avskiljningspotential och genomförbarhet, se avsnitt 7.3.
- Beskriva platsspecifika åtgärdsförslag för minskad tillförsel av fosfor från diffusa, se Bilaga 1.

För hydromorfologi

- Ta del av underlag för Kvarnfallets fiskväg, samt platsbesök.
- Föreslå förbättringsförslag för Kvarnfallets fiskväg, se Bilaga 2.
- Kartera och identifiera lämpliga åtgärdsplatser för våtmarker, svämplan och meandring som kan bidra till förbättrad hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd, se avsnitt 7.4.2 och Bilaga 3.

3.1 Beräknad tillförsel av fosfor från punktkällor

Punktkällorna inkluderar enskilda avlopp, reningsverk, hästhållning samt förorenade områden och tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter.

3.1.1 Underlag

De främsta underlagen som har använts är:

- Uppgifter om enskilda avlopp (status, lokalisering med mera) från miljöförvaltningen i Uppsala kommun.
- Underlag om Kungsängsverket och Storstora avloppsreningsverk (Uppsala Vatten)
- 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.

3.1.2 Enskilda avlopp

Belastningsberäkning

Beräkningar av utsläpp av fosfor från hushåll med enskilda avloppsanläggningar till Fyrisån 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 (IVL och SCB, 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 närvarograd på 49 % för en person räknats fram utifrån SMED:s antagande om 180 persondagar (personer x dagar) per år för fritidshus. Detta motsvarar en närvarograd på 21 % per person om det istället är 2,4 personer som nyttjar fritidshuset. Schablonsiffror för beräkning av inkommande belastning anges i Tabell 10. För beräkning av fosforreduktion i olika typer av avloppsanläggningar har schablonsiffror enligt Tabell 11 använts.

Tabell 10. 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
Närvarograd (%)	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.

Tabell 11. Reduktion av fosfor i olika avloppsanläggningar för enskilda avlopp. Avskiljning i procent av inkommande belastning (IVL och SCB, 2011).

Anläggningstyp	Reduktion i anläggning (%)
WC+BDT	
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
BDT	
G Torrtoalett och enkel/ingen BDT-rening	90
H Torrtoalett och BDT-rening	95
Övrigt	
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 11. 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 tillhöra 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.

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.

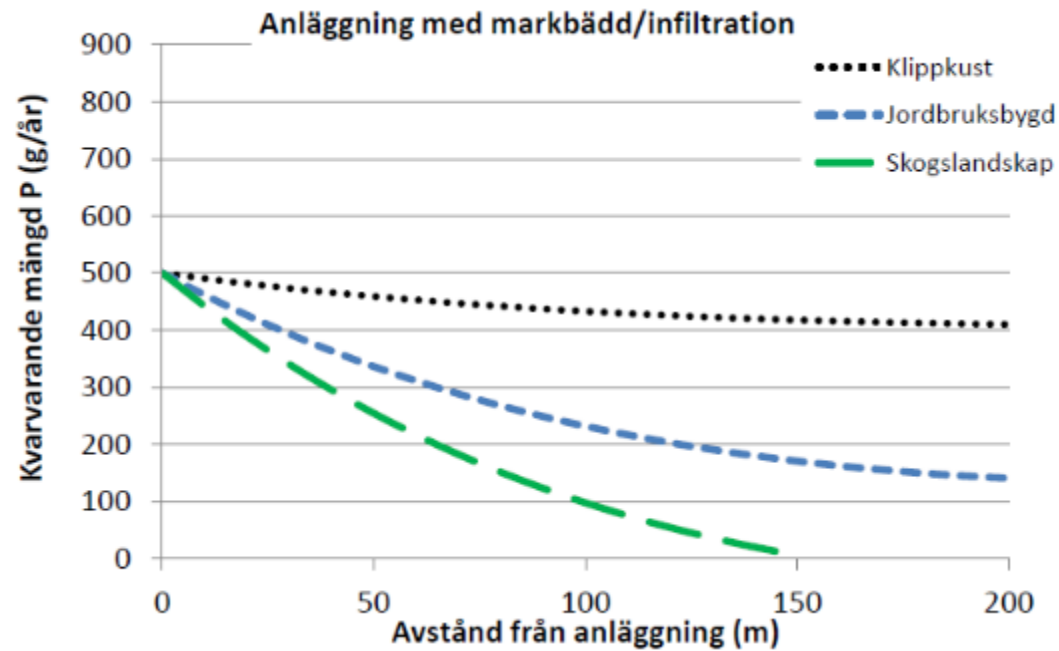
Frågan om retention i mark har diskuterats mycket i samband med kravställande på enskilda avlopp. På uppdrag av Rådet för evidensbaserad miljöanalys har Formas gjort en sammanställning av den forskning som finns om markretention av fosfor från enskilda avlopp (2023). I rapporten konstateras att retention i mark sker, men bedömningen är att det inte är möjligt att ta fram vetenskapligt grundade mått på markretentionen baserat på befintliga empiriska studier och använda dessa av myndigheter vid tillsyn av specifika anläggningar. I detta arbete, där vi beräknar belastningen från ett stort antal enskilda avlopp baserat på schablonvärden, gör vi ändå bedömningen att det är relevant att ta hänsyn till markretention för

att inte överskatta potentialen för minskning av fosforbelastningen på Fyrisån från enskilda avlopp.

Beräkningarna tar därför hänsyn till retentionen i marken, som beror på avloppets avstånd till Fyrisån eller anslutande biflöden. Antagen retention är baserad på rapporten *Bedömning av självrening och retention i mark vid prövning av små avlopp – smittskydd och fosfor* (Ridderstolpe m.fl., 2017) och beskrivs i Tabell 12 och Figur 9. Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten och baseras på en omfattande litteraturgenomgång. Det antas att alla enskilda avlopp i avrinningsområdet för Fyrisån ligger i ”jordbruksbygd”, vilket motsvarar medelhög retention. Eftersom en del av Fyrisåns 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 12. 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 till 20	0	0,05	0,05
>20 till 100	0,05	0,20	0,30
>100	0,08	0,25	0,40



Figur 9. 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 Fyrisån

Den utsläppta mängden fosfor per hushåll har beräknats enligt Ekvation 1.

Ekvation 1. Beräkning av mängden fosfor från enskilda avlopp.

L_{tot} = mängd fosfor [kg P/år]

L_H = belastning per hushåll [kg P/år]

H = antal hushåll [-]

$R_{anläggning}$ = reduktion i avloppsanläggning [%]

R_{mark} = retention i mark [%]

$$L_{tot} = L_H \times H \times (1 - R_{anläggning} - R_{mark})$$

3.1.3 Hästgårdar

Inventeringsmetod

Jordbruksverkets hästregister från februari 2023 har använts i kombination med sökningar på internet och via ortofoto över avrinningsområdet för Fyrisån, där fastigheter med ridbanor, hästtransporter och gödselplattor eftersökts. Antal hästar per gård har uppskattats utifrån hästregistret, uppgifter från stallets hemsida, 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 Fyrisån 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 (Ögren, 2013).
- Gödseln hanteras bra på gödselplatta eller i container till 98 % men 2 % läcker till Fyrisån (egen bedömning).
- 8 timmar daglig utomhusvistelse i beten nära stallet och rastfällorna under 9 månader (höst, vinter, vår).
- Hästtätheten bedöms vara cirka fem hästar per hektar i rasthagarna.
- 60 % daglig mockning i rastfällor och beten som används under höst, vinter och vår, som genomsnitt över säsongen och mellan gårdarna (egen bedömning).
- Fosforläckage till Fyrisån från vinterbeten och rastfällor uppskattas till 20 % då medelavståndet till närmsta vattendrag är över 600 meter.
- 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.

Det bör poängteras att många av antagandena i beräkningarna är tämligen osäkra. Antalet hästar och hästtäthet är endast uppskattningar. 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.

3.2 Beräknad tillförsel av fosfor från diffusa källor

Diffusa källor av fosfor inkluderar bland annat jordbruk och dagvatten.

3.2.1 Underlag

Främst har olika GIS-underlag bearbetats och använts för att representera avrinningsområdenas olika markanvändningstyper:

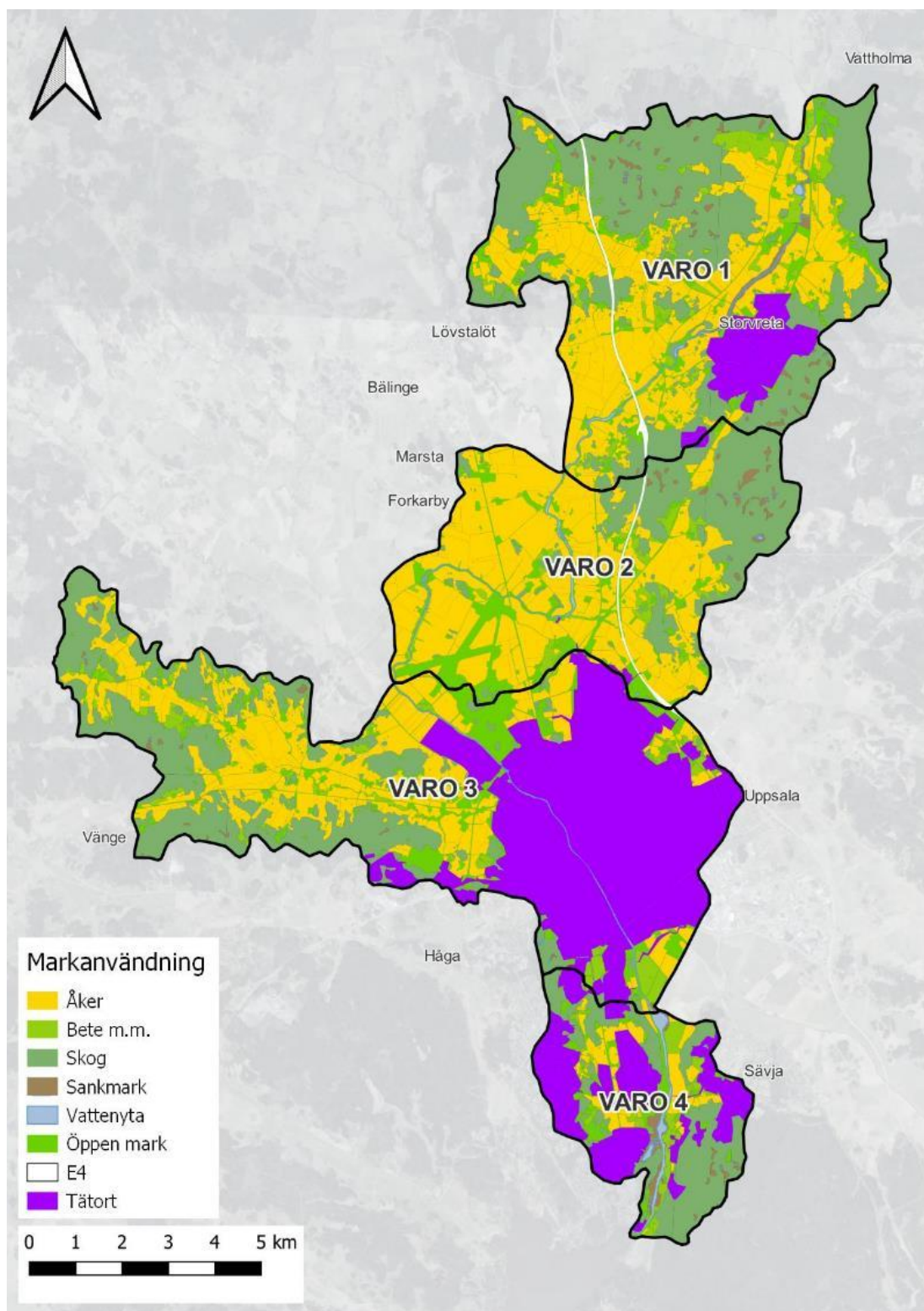
- SMHI:s avrinningsområden (VARO 2016) för respektive vattenförekomst.
- Dagvattenverksamhetsområden och dagvattenledningsnät för tätorterna Uppsala och Storvreta från Uppsala Vatten.
- Markhöjdmodell Lantmäteriet Markhöjdmodell, grid 1+, via Scalgo Live.
- Årsmedeldygnstrafik (ÅDT) från nationell vägdata (Trafikverket, 2023).
- Jordbruksverkets jordbruksblock för år 2021, inkluderande stödberättigade befintliga våtmarker (Jordbruksverket, 2021).
- Nationell jordartskarta, raster 25x25m, representerande egenskaper i åkermarkens matjord (Jordbruksverket, 2015a).
- Våtmarksdatabasen för identifiering av befintliga anlagda våtmarker (SMHI, 2023).
- Lantmäteriets GSD-väggkarta 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 rapporten *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 (2019b).
- Specifik avrinning (mm/år) inom delavrinningsområden för perioden 1991-2020 (medelvärde) (SMHI och Havs- och Vattenmyndigheten, 2023).
- Atmosfärisk fosfordeposition (kg/km²) på vattenytor inom avrinningsområdena (Karlsson och Pihl Karlsson, 2018).
- Erosionsriskkartan och våtmarkernas potential i kartverktyget *Norrström – rätt åtgärd på rätt plats* från SLU (Djodjic m.fl., 2023).
- Länsstyrelsen Uppsala läns markavvattningsföretag dike och vall (u.å.).
- Scalgos avrinningsmodell.

3.2.2 Markkartering

Vid beräkning av teoretisk fosfortillförsel från land till recipient sammanställdes tillgängligt GIS-underlag för olika typer av markanvändning inom området (Figur 10). Den diffusa näringstillförseln från land är beroende av flertalet faktorer och lokala förutsättningar, bland annat markanvändning, topografi, markens läckagekoefficient, jordart, fosforhalter i marken och klimatfaktorer. 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, vägkanter, tomter och gårdar i glesbygd. I tätorten Storvreta karterades områden för dagvatten enligt nästa stycke. Vissa ytor utanför tätorterna räknas enligt väggkartan som "bebyggelseområde". Dessa kategoriserades som mindre förorenande villaområden och flerfamiljshusområden i beräkningsprogrammet Stormtac (2023) och hanterades som dagvattenalstrande ytor. Även motorväg E4 kategoriserades som dagvattenalstrande.

För Uppsala och Storvreta erhöles underlag för verksamhetsområden för dagvatten. För båda tätorterna erhöles också underlag för dagvattenledningsnät. Dessa användes för att definiera var dagvatten alstras i tätorterna. Underlaget har justerats för att inkludera närliggande och/eller nybyggda områden enligt ortofoton. Dagvattenberäkningar från dagvattenplanen för Uppsala tätort (WRS, 2019) har använts och kompletterats med markkartering och föroreningsmodellering i Stormtac (2023) för exploaterade områden som tillkommit efter färdigställande av dagvattenplanen.

Den diffusa fosfortillförseln redovisas fördelat på jordbruksmark, skogsmark, sankmark, öppen mark, dagvatten (främst tätort och E4:an) och även mängden atmosfärisk fosfordeposition på vattenytor inom avrinningsområdet. Bruttobelastningen beräknades för de diffusa källorna, det vill säga den teoretiska näringsbelastningen som tillrinner respektive vattenförekomst årligen. Den näringsreduktion som befintliga åtgärder bidrar med inom respektive VARO subtraheras sedan från bruttobelastningen så att en nettobelastning erhålls (avsnitt 4.6).



Figur 10. Karterad markanvändning i Fyrisåns avrinningsområde.

3.2.3 Jordbruksmark, skogsmark, sankmark och öppen mark

Jordbruksblocken för år 2021 innehåller den stödberättigande jordbruksmarken enligt EU:s definition. Dessa indelas i olika ägoslag där utredningen framöver benämner de olika ägoslagen enligt Tabell 13 nedan. Marken i kategori ”bete/övrig åkermark” bedöms som mindre produktiv jordbruksmark med lägre läckagekoefficient jämfört med kategorin ”åker.”

Tabell 13. Utredningens benämning av olika ägoslag av jordbruksmark som listas i Jordbruksblocken från 2021.

Ägoslag i Jordbruksblock 2021	Utredningens benämning
Betesmark	Bete/övrig åkermark
Åkermark med långliggande vall	
Åkermark med permanenta grödor	
Okänt	
Åker	Åker
Våtmarker	Våtmarker

I SMED:s arbete med beräkning av den svenska åkermarkens näringsförluster till omgivande hav som används vid rapportering till HELCOM:s *Pollution Load Compilation 7* har noggranna beräkningsmodeller tagits fram. I denna utredning har SMED:s framtagna läckagekoefficienter för aktuell region (region 6, Mälar- & Hjälmabygden) används vid beräkning av jordbruksmarkens 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.

Flertalet faktorer 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 övervägande 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.

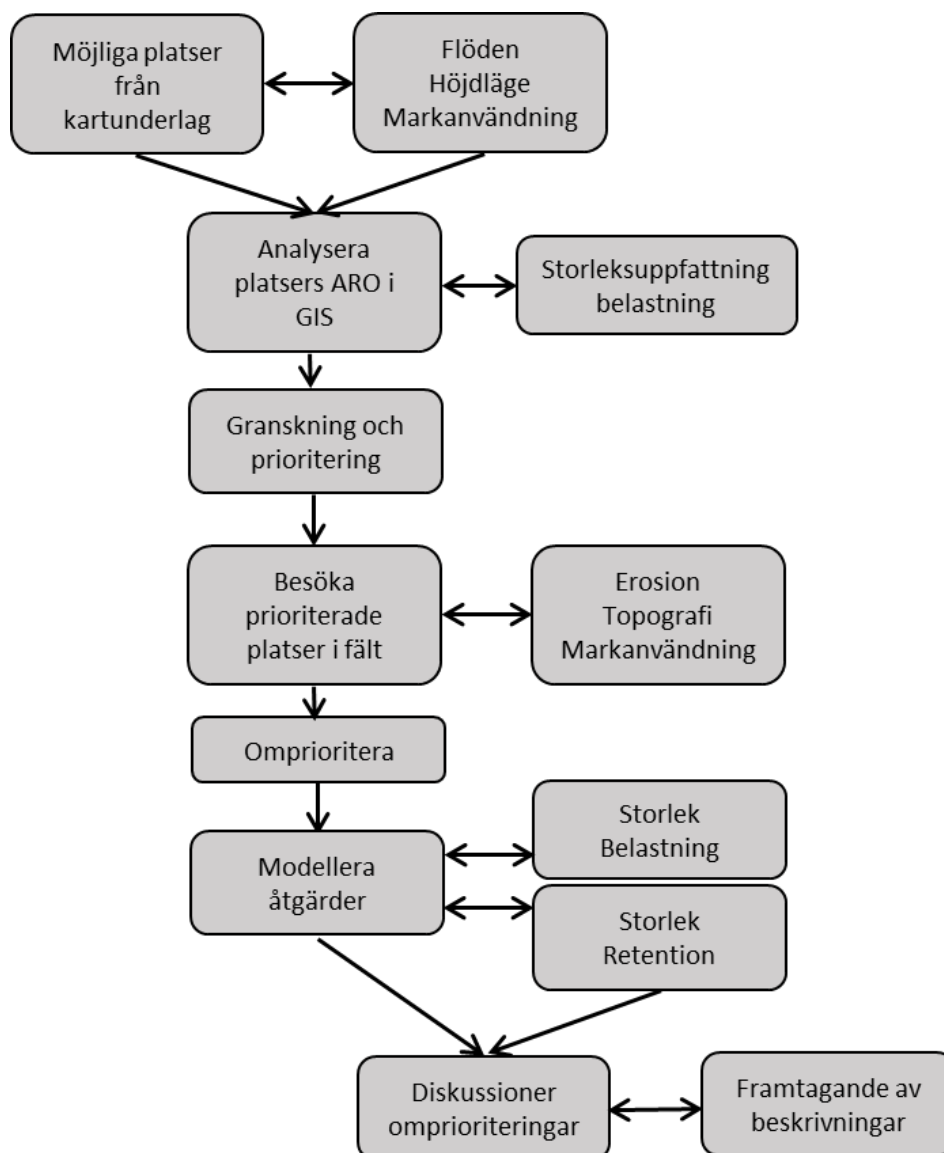
Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20 anger för regionen typiska fosforläckage från skogsmark, sankmark och öppen mark som typhalt i mg per liter (Havs- och vattenmyndigheten, 2019b), vilket tillsammans med den specifika avrinning (mm/år) för området (SMHI och Havs- och Vattenmyndigheten, 2023) användes vid beräkning av fosforläckage för dessa tre markkategorier.

Val av åtgärdsplatser

Arbetet med att ta fram åtgärdsplatser i jordbrukslandskapet har gjorts i omgångar, dels i och med första versionen av rapporten *Underlag för lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån* (WRS, 2020) och dels i och med denna revision. Arbetet har genomförts 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.

Platsspecifika 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. Med samma metod som för hela avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra gjordes en storleksuppskattning av tillförseln av fosfor till platsen för förslagen. Därefter har de platser som bedömts mest lovande (åtgärder med preliminär prioritet 1 och 2) besökts.

Vid platsbesöken har förslagens lämplighet undersökts bland annat utifrån topografiska förhållanden, släntlutningar och eventuella spår av erosion samt mer specifikt 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 återigen beräknats och ett slutligt förslag till prioritet fastställts. En ”nettolista” sammanställdes slutligen med åtgärdsförslag som fått prioritet 1 och 2. I Figur 11 visas hur processen vid framtagande av åtgärdsförslag sett ut.



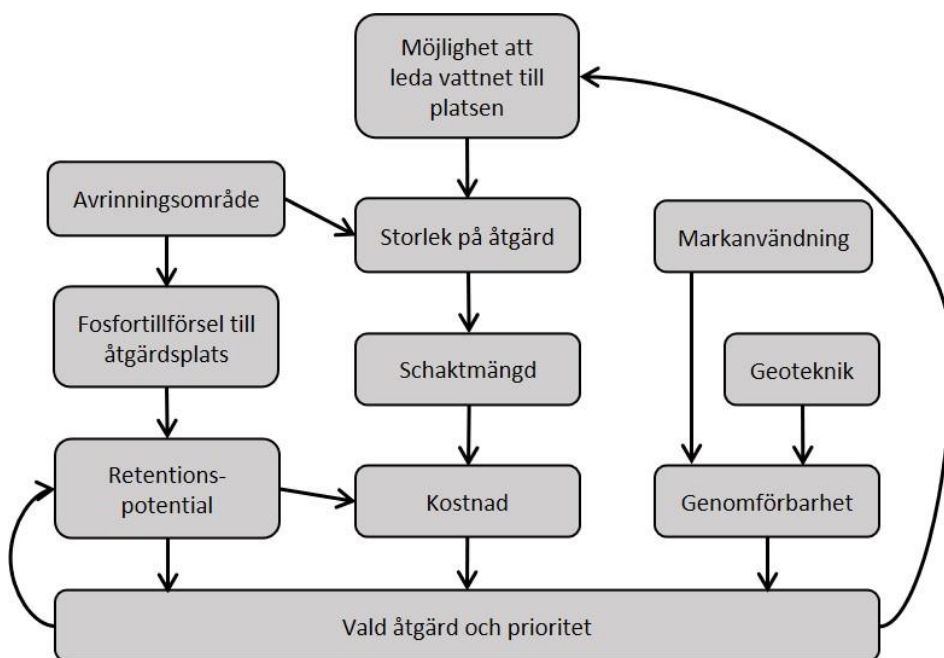
Figur 11. Beskrivning av arbetsgången för framtagande av åtgärdsplatser.

Åtgärdsförslag av prioritet 1 och 2 presenteras mer detaljerat i Bilaga 1, där fosforavskiljning, genomförbarhet och kostnadseffektivitet med mera 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 Figur 12. 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. Åtgärdsbehovet 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 12. Konceptuellt schema över vilka parametrar som vägts in vid val av åtgärder och prioritering av dessa.

Vi vill understryka 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.

3.2.4 Strukturkalkning

I den här utredningen har en översiktlig analys av potentiella åtgärdsplatser för strukturkalkning gjorts. Det ska poängteras att inga platsbesök har gjorts.

Jordbruksverkets erosionsriskkarta (2019) har använts tillsammans med information från en så kallad *StoryMap* – en webbaserad GIS-karta – för att minska näringsläckage från jordbruksmark i Norrströms avrinningsområde (Djodjic m.fl., 2023). Erosionsriskkartan visar utifrån sju riskklasser var och hur stor risk det är att jordpartiklar frigörs från markytan, där riskklass 1 innebär högst erosionsrisk (Tabell 14).

Tabell 14. Riskklasser för mobilisering av jordpartiklar i fält (Djodjic, F. och Markensten, H., 2019).

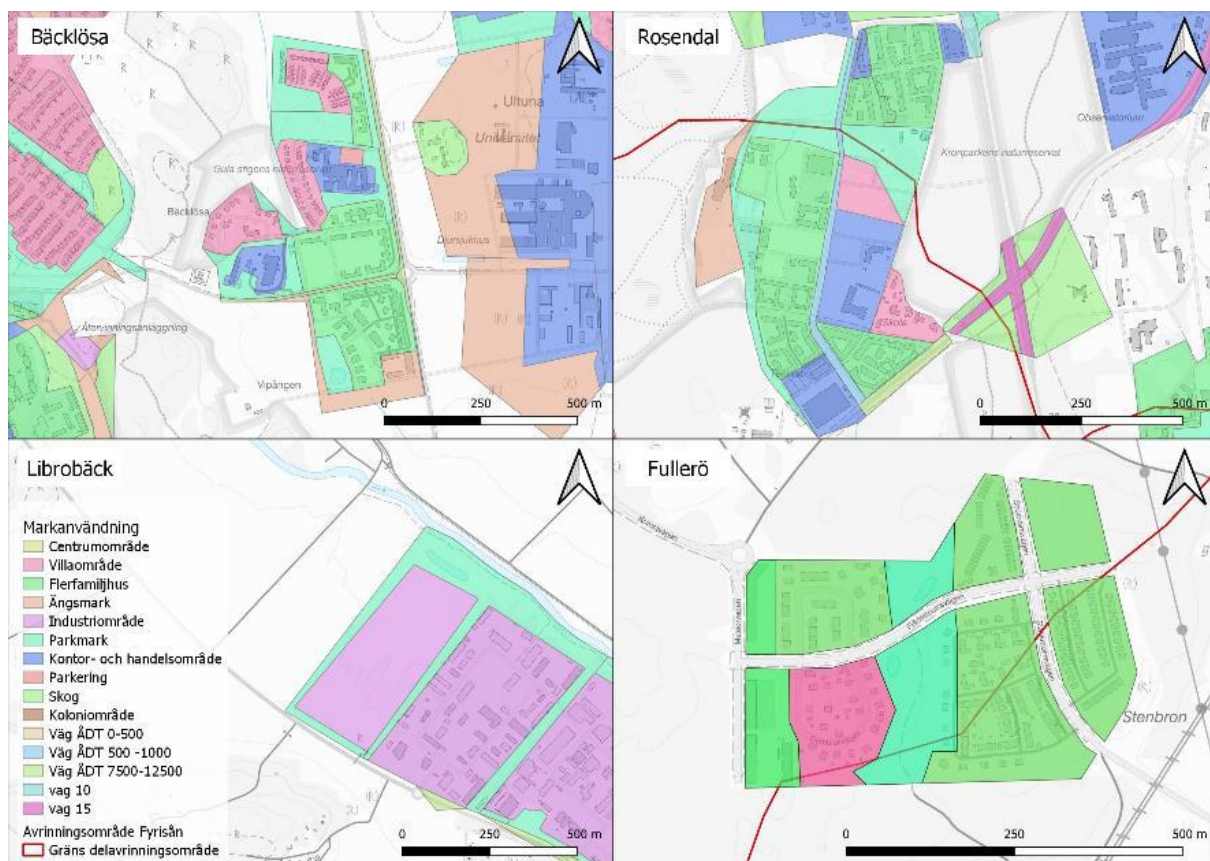
Riskklass	Mobilisering i fält (kg/ha)
7	<5
6	5–10
5	10–50
4	50–100
3	100–250
2	250–500
1	>500

Inga områden med erosionsriskklass 1 eller 2 finns i avrinningsområdet varför sträckor med erosionsriskklass 3 och 4 analyserades för att finna de mest utsatta platserna. De sträckor där erosionsrisk sammanföll med utpekade platser i *StoryMap*-verktyget markerades ut som potentiella platser för strukturkalkning. I vissa fall saknades indikation i *StoryMap*-verktyget om en potentiell plats. Då kompletterades erosionsriskkartan med en analys av markanvändningen och hydrologin i Scalgo Live (2023).

Det ska tilläggas att inga potentiella platser för strukturkalkning har pekats ut där det i denna utredning föreslagits en annan åtgärd, exempelvis en fosfordamm eller våtmark i jordbrukslandskapet, nedströms eventuell plats för strukturkalkning.

3.2.5 Dagvatten från tätortsbebyggelse med mera

Den diffusa belastningen från dagvatten har beräknats för tätortsbebyggelse inom Uppsala Vattens verksamhetsområde för dagvatten, bebyggelseområde utanför verksamhetsområde för dagvatten samt E4:an. Belastningen som redovisas är en summering av tillförseln som redan redovisats i den ursprungliga rapporten från 2019 och modellerad tillförsel från exploateringar som har tillkommit sedan dess. Markanvändningen inom respektive område med ny exploatering karterades utifrån ortofoto och Lantmäteriets kartunderlag. För E4:an användes årsdygnsmedeltrafik (ÅDT) som redovisas på Trafikverkets vägtrafikflödeskarta (2023) för modellering av tillförsel.



Figur 13. Exempel på karterad markanvändning i nyexploaterade områden. Bilderna visar de nytillkomna områdena Bäcklösa, centrala och norra Rosendal, västra Librobäck och Fullerö. Samma metodik har använts för hela Uppsala och Storvreta tätort i den första versionen av det lokala åtgärdsprogrammet för Fyrisån från 2019. Bakgrundskarta © Lantmäteriet, u.å.

Tillförseln av fosfor från tätorterna har utifrån markkartering beräknats i beräkningsverktyget Stormtac (2023). Verktöget använder markanvändningsspecifika avrinningskoefficienter och schablonhalter för näringsämnen och dagvattenföroreningar. Utöver markanvändning används även årsmedelnederbörden för det undersökta området som indata i verktöget.

Inom vissa delar av tätorterna finns idag redan befintliga eller planerade dagvattenåtgärder för att minska belastningen till Fyrisån. Dessa åtgärder är inräknade i belastningsberäkningarna.

3.3 Hydromorfologi

3.3.1 Avgränsning

Fyrisåns huvudfåra är starkt påverkad av historiska ingrepp från bland annat tätortsbebyggelse, dikning av åfåror och markavvattnings för jordbruk. Alla fyra vattenförekomster har därför sämre än god status för de flesta hydromorfologiska kvalitetsfaktorer.

För att uppnå god ekologisk status med avseende på *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* krävs därför 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 förvaltningscykel 4 (2022–2027) pågår dessutom ett arbete med att se över uppdelningen av vattenförekomster. Inom Uppsala län kommer troligen antalet vattenförekomster öka då

vattendrag kommer att få en ökad segmentering och vissa sjöar som idag klassas som övrigt vatten kommer att bli vattenförekomster. Detta ska möjliggöra för 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 Fyrisåns vattenförekomster, i form av miljö kvalitetsnormer, kan komma att ändras framöver.

Med detta som bakgrund inriktades uppdraget för hydromorfologi i tre delar:

1. Föreslå förbättringsåtgärder för Kvarnfallet (Bilaga 2) som bedöms som ett partiellt vandringshinder. För övriga vandringshinder inom utredningsområdet pågår omprövning eller så finns förstudier framtagna för åtgärder.
2. Föreslå genomförbara, kostnadseffektiva åtgärder som medför hydromorfologisk nytta (Bilaga 3). Vi har inte arbetat utifrån målet att nå de åtgärdsbehov som presenteras i Tabell 9 utan utgått från avrinningsområdets lokala förutsättningar.
3. Ta fram en exempelsamling för att förbättra hydromorfologin vid stadsbyggnadsprojekt vid vatten (Bilaga 4). Detta för att kommunen ska arbeta mot att nå miljö kvalitetsnormerna i vattenförekomsten *Fyrisån Junkilsån – Sävjaån* samtidigt som staden utvecklas.

3.3.2 Underlag

De främsta källorna har inkluderat:

- Länsstyrelsernas Biotopkarteringsdatabas (2018a) 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).
- SMHI:s register över sänkta och torrlagda sjöar (1995).
- Svenskt elfiskeregister (SERS) och Nationellt Register över Sjöprovfisken (NORS) (SLU, 2021, 2023a).
- Rapporter av särskild betydelse för utredningsarbetet innefattar den så kallade "Vattenbibeln" *Vatten i Uppsala län 1997* (Brunberg och Blomqvist, 1998), *Fria vandringsvägar i Mälar- och Hjälmarvattendrag* (Länsstyrelserna, 2009) och *Fysisk restaurering av akvatiska miljöer - Vattendrag och sjöar med kantzon och våtmarker* (Degerman och Näslund, 2021).
- Kartunderlag för markavvattningsföretag i Uppsala län (Länsstyrelsen Uppsala län, u.å.).

3.3.3 Konnektivitet

Efter önskemål från beställaren inriktades åtgärdsarbetet gällande konnektivitet på Kvarnfallet.

1. Underlag inhämtades och bearbetades, se avsnitt 3.3.2.
2. Skriftliga rapporter av betydelse för undersökningen inkluderade bland andra *Fiskvägar i stadsnära miljöer - ett delprojekt inom Rich Waters* (Jönköpings Fiskeribiologi, 2022) och årliga fiskundersökningar i Fyrisån (Upplandsstiftelsen).

3. Ytterligare underlag så som ritningar, fotografier och utredningar från anläggandet av fiskvägen inhämtades från stadsarkivet.
4. En bedömning av fiskfauna och limniska värden i Fyrisån sammanställdes med grund i de utförda standardiserade inventeringar som finns registrerade (SLU, 2021, 2023a).
5. Platsbesök genomfördes vid två tillfällen, varav en gång tillsammans med tjänstepersoner från Länsstyrelsen. Avvägningsinstrumentet GeoMax Zenith35 Pro användes för inmätning av höjder.
6. En sammanställning av föreslagna förbättringsåtgärder har beskrivits och prioriterats i Bilaga 2.

3.3.4 Hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd

1. En översiktlig kartering av utredningsområdet gjordes genom att bland annat jämföra äldre historiska kartor från 1859-1869 (Lantmäteriet, 2022) med dagens ortofoton. Underlag kring markavvattningsföretag, SGU:s jordartskarta och SMHI:s register över sänkta sjöar användes också för att identifiera historiska ändringar av sjöar och vattendrag.
2. Denna kartografiska undersökning kompletterades med 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. En bruttolista med möjliga åtgärder som bidrar till förbättrad status för hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd togs fram.
5. De åtgärder som preliminärt bedömdes som mest intressanta besöktes i fält. Vid behov gjorde inmätningar av höjder.
6. En revidering av listan och omprioritering gjordes för att ta fram en nettolista med åtgärdsförslag.
7. Åtgärderna beskrivs översiktligt i Bilaga 3 utifrån tillgängligt kartmaterial. De har prioriterats utifrån hydromorfologisk nytta och genomförbarhet, där bland annat topografi, påverkan på jord- eller skogsbruk och markägarskap har vägts in. 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.

4 Källor till fosfor

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

4.1 Internbelastning

I utredningsområdet finns endast några få små sjöar. Det antas därför att vattenförekomsterna inte är påverkade av någon internbelastning av fosfor.

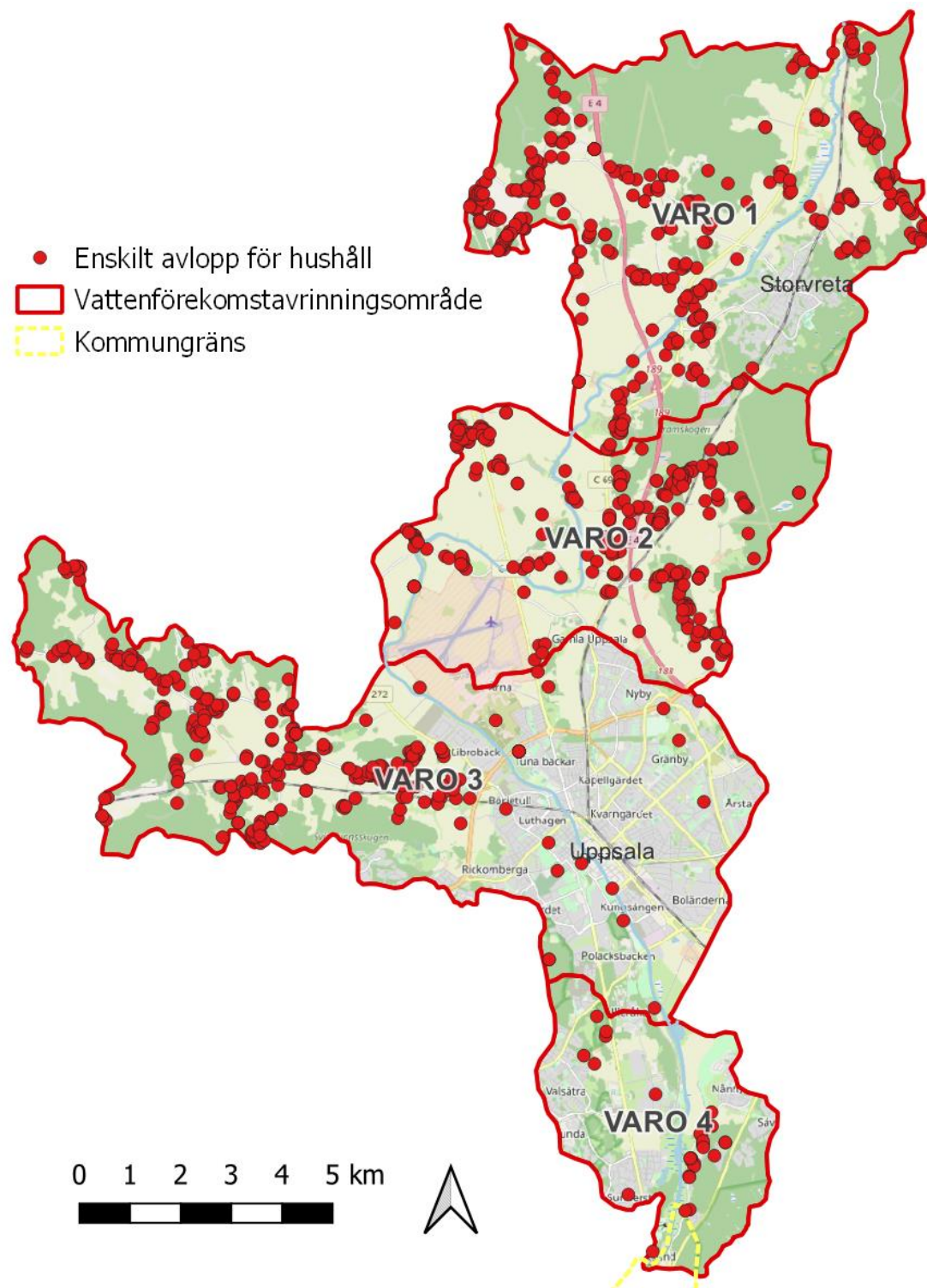
4.2 Punktkällor

4.2.1 Enskilda avlopp

Enligt underlag från miljöförvaltningen i Uppsala kommun finns lite drygt 1 000 hushåll med enskilda avlopp i Fyrisåns avrinningsområde (Tabell 15, Figur 14). Retentionen av fosfor i mark efter utsläpp från avloppsanläggningen förväntas motsvara ”jordbruksbygd” enligt Tabell 12. Knappt 10 hushåll har avlopp som ligger närmare än 20 meter till Fyrisån eller anslutande biflöden. 75 stycken hushåll med enskilda avlopp ligger inom avståndet 20 till 100 meter medan resterande avlopp ligger mer än 100 meter från Fyrisån eller dess biflöden.

Tabell 15. Antal hushåll med enskilda avlopp i Fyrisåns avrinningsområde fördelat på VARO.

Avrinningsområde	Vattenförekomst	Hushåll med enskilda avlopp
VARO 1	Fyrisån mellan Björklingeån och Vendelån	382
VARO 2	Fyrisån Ulva - Björklingeån	271
VARO 3	Fyrisån Jumkilsån - Sävjaån	342
VARO 4	Fyrisån Ekoln - Sävjaån	31
Summa		1 026



Figur 14. Hushåll med enskilda avlopp inom Fyrisåns avrinningsområde. De röda linjerna visar gränser för respektive VARO och gul streckad linje är kommungränsen mellan Uppsala och Knivsta. Bakgrundskarta © OpenStreetMap, bidragsgivare.

Utsläpp av fosfor från enskilda avlopp till Fyrisån

De enskilda avloppen inom Fyrisåns avrinningsområde beräknas, med hänsyn taget till retention i mark, belasta Fyrisån med cirka 220 kg fosfor årligen (Tabell 16). 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.

I Tabell 17 nedan redovisas beräknad tillförsel av fosfor från enskilda avlopp inom Fyrisåns avrinningsområde fördelat per VARO och totalt.

Tabell 16. Beräknade årliga mängder fosfor från enskilda avlopp som belastar Fyrisån.

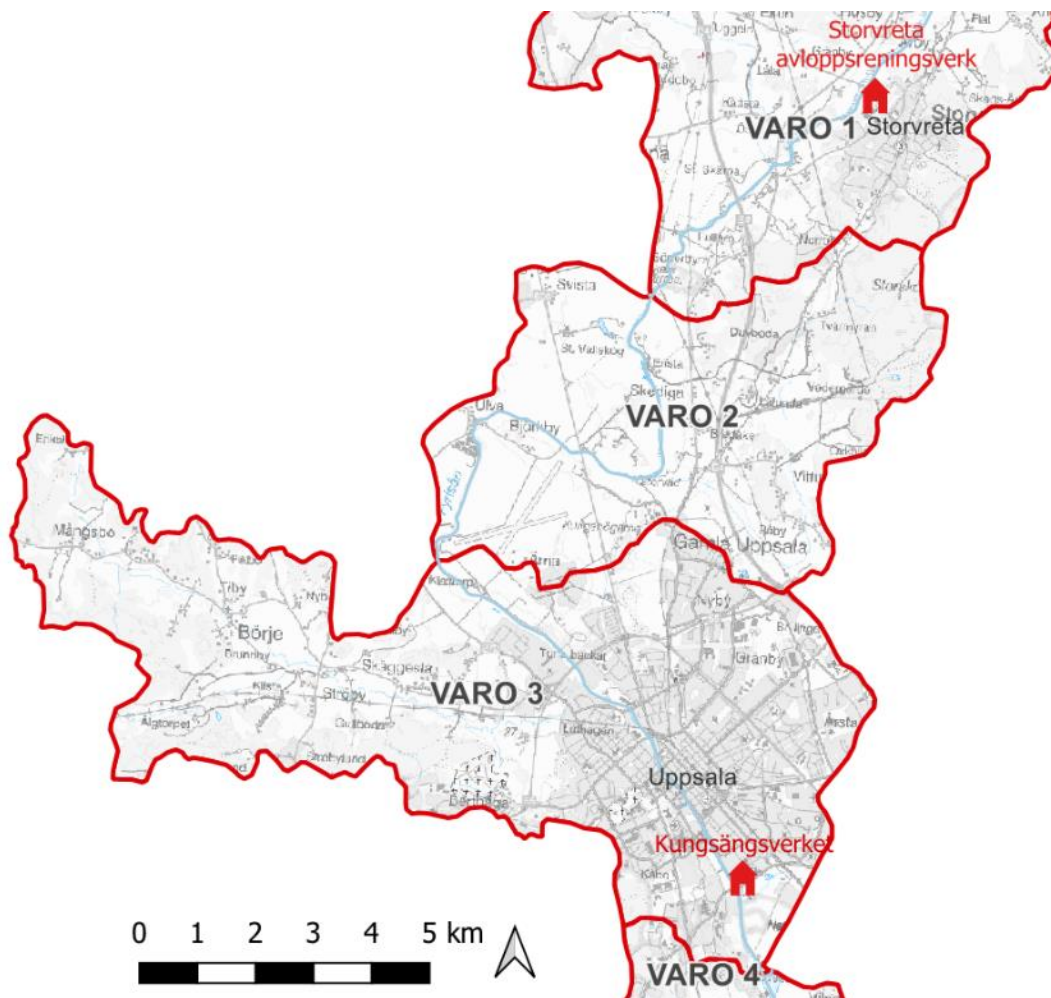
Typ av reningsanläggning	Antal hushåll	Belastning (kg/år)	Reduktion anläggning (%)	Utsläpp från anläggning (kg/år)	Retention (kg/år)	Till Fyrisån (kg/år)
Enbart slamavskiljning	175	169	15	144	43	101
Infiltration/markbädd	505	489	50	244	124	120
Minireningsverk	164	159	80	32	32	0
Fosforfälla Infiltration/markbädd	54	52	80	10	10	0
Sluten tank + infiltration BDT	98	95	95	4,7	4,7	0
Torrtoalett och enkel/ingen BDT-rening	17	5	90	0,5	0,5	0
Torrtoalett och BDT-rening	7	2	95	0,1	0,1	0
Ej indraget vatten	6	0	100	0,0	0,0	0
Summa	1 026	971		436	214	222

Tabell 17. Beräknad årlig tillförsel av fosfor till Fyrisån från enskilda avlopp, per VARO.

Avrinningsområde	Åsträcka	Kg P/år
VARO 1	Fyrisån mellan Björklingeån och Vendelån	91
VARO 2	Fyrisån Ulva - Björklingeån	60
VARO 3	Fyrisån Jumkilsån - Sävjaån	68
VARO 4	Fyrisån Ekoln - Sävjaån	3
Summa		222

4.2.2 Reningsverk

På den aktuella sträckan av Fyrisån återfinns två reningsverk, Kungsängsverket och Storvreta avloppsreningsverk (Figur 15). Avloppsreningsverken är mycket viktiga för vattenkvaliteten i recipienterna. I båda reningsverken sker reningen huvudsakligen genom aktivt slam och kemfällning, följt av sedimentation. Efter att vattnet renats återstår dock en del föroreningar som finns kvar i löst fas eller i små partiklar som inte sedimenterat. Dessa ämnen påverkar vattenkvaliteten i Fyrisån och Ekoln.



Figur 15. Lokalisering av Kungsängsverket och Storvreta avloppsreningsverk.

Trots att 98 % av fosfor i avloppsvattnet avskiljs i Kungsängsverket släpps cirka 2 100 kg ut varje år (Tabell 18). Även i Storvreta passerar 2 % av fosfor, vilket motsvarar cirka 70 kg per år (Tabell 19). Förutom fosfor släpper reningsverken ut syreförbrukande ämnen i form av organiska ämnen och ammonium.

Enligt miljörapporten från 2021 har halter över rapporteringsgränser för PFOS och PFAS₁₁ detekteras i utgående vatten från Kungsängsverket. Källorna till PFAS-haltigt spillvatten är främst Uppsala Garnison och delvis Cytiva (tidigare GE Healthcare). Uppsala Vatten har kontakt med båda verksamheterna för att minska inkommande mängd PFAS-haltigt spillvatten till verket.

I mars och april 2021 detekterades onormalt höga halter av kvicksilver i både inkommande vatten till och utgående vatten från Kungsängsverket. Inga specifika verksamheter har kunnat kopplas till de tillfälligt höga halterna.

Tabell 18. Resultat av provtagning på utgående behandlat avloppsvatten från Kungsängsverket från åren 2019–2021 (Uppsala Vatten, 2021a) samt beräknade medelvärden. Resultat redovisas för BOD₇, totalfosfor och totalkväve i halter och mängder. Reningsgrad visas för år 2021.

Kungsängsverket		2019	2020	2021	Medel	Reningsgrad 2021
BOD ₇	mg/l	<3	<3	<3	<3	
Tot-P	mg/l	0,11	0,11	0,13	0,12	
Tot-N	mg/l	11	10	10	10	
BOD ₇	ton/år	<57	<54	<55	<55	99 %
Tot-P	kg/år	2 100	1 900	2 400	2 100	98 %
Tot-N	ton/år	210	180	180	190	80 %

Tabell 19. Resultat av provtagning på utgående behandlat avloppsvatten från Storvreta reningsverk från åren 2019–2021 (Uppsala Vatten, 2021b) samt beräknade medelvärden. Resultat redovisas för BOD₇, totalfosfor, totalkväve och ammoniumkväve i halter och mängder. Reningsgrad visas för år 2021.

Storvreta ARV		2019	2020	2021	Medel	Reningsgrad 2021
BOD ₇	mg/l	4	4	4	4	
Tot-P	mg/l	0,14	0,11	0,11	0,12	
Tot-N	mg/l	33	34	38	35	
Ammonium	mg/l	15	20	17	17	
BOD ₇	ton/år	2,4	2,2	2,3	2,3	98%
Tot-P	kg/år	79	60	63	67	98%
Tot-N	ton/år	19	19	22	20	32%
Ammonium	ton/år	8,2	11	9,8	9,7	62%*

* Beräknad avskiljning utifrån antagande att 80 % av inkommande kväve är ammoniumkväve.

Enligt uppgifter från Uppsala Vatten¹ pågår arbetet ”Förstudie spillvattenstrategi nordost” som är beräknad att avslutas innan sommaren 2024. Förstudien omfattar en vägvalsutredning kring reningsverket i Storvreta och även reningsverken i Vattholma och Skyttorp. Bland annat förs en diskussion kring om Vattholma reningsverk och Skyttorp reningsverk ska anslutas med överföringsledning till Storvreta reningsverk.

En befolknings- och flödesprognos för reningsverken är framtagen till år 2060 och kommer ligga till grund för det fortsatta arbetet i förstudien. En mer djupgående utredning om de tekniska lösningarna för Storvreta reningsverk kommer att genomföras då vägvalsutredningen är klar. Uppsala Vatten menar att nya skärpta krav i förslaget till avloppsdirektiv och behov av ökad kapacitet sannolikt kommer medföra att reningsverket behöver uppgraderas.

4.2.3 Bräddningar från avloppsnät och reningsverk

Förutom utsläpp av det renade vattnet sker ibland bräddningar av mer eller mindre orenat avloppsvatten från ledningsnätet och reningsverken. Bräddvolymen är dock så liten jämfört med den totala renade volymen att föroreningsmängderna blir försumbara. Bräddningarna kan dock medföra negativ påverkan genom utsläpp av smittoämnen.

¹ Anna Maria Sundin, Utvecklingsingenjör, Uppsala Vatten, mail 2023-09-06.

4.2.4 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 hästhagarna 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 hästhagar 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 var 60 kg/år/ha, vilket kan jämföras med den tillåtna mängden organiska gödselmedel på åkermark som är 22 kg/år/ha (SJVFS, 2015). I studien framkom att fosforläckage från rastfällorna var i genomsnitt 1,1 kg/år per hektar. Från åkermark i denna region är medelfosforläckaget 0,87 kg/år/ha och från vanlig betesmark är medelvärde 0,25 kg/år/ha (Johnsson m.fl., 2019). För att inte överskrida den maximala gränsen för spridning av fosfor med stallgödsel på 22 kg så kan man ha en hästäthet på maximalt 2,5 hästar per hektar (Larsson, 2018). Ofta är hästätheten högre, inte sällan det dubbla. Mockning i rasthagar är den viktigaste åtgärden för att motverka ackumulering av fosfor i rasthagarna.

Faktorer som påverkar fosforläckage från betesmark är framför allt närhet till vattendrag, skötsel av hagar och hästätheten. 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 tillskottsutfodras, är det balans mellan upptag av fosfor och återförd fosfor genom gödseln. Däremot kan en rumslig omfördelning ske inom hagen.

Resultat

I inventeringen identifierades 29 hästgårdar inom Fyrisåns avrinningsområde (Figur 16). Fem av dessa bedöms medföra särskilt hög risk för fosforläckage, på grund av närhet till diken och vattendrag som leder till Fyrisån.



Figur 16. Lokalisering av de 29 hästgårdar som hittades inom Fyrisåns avrinningsområde vid genomförd inventering.

Det totala antalet hästar inom Fyrisåns avrinningsområde uppskattades till cirka 200 stycken. Avståndet från rasthagar och gödselplatta/container till närmaste vattendrag varierar mellan två meter och 2 500 meter med medelavstånd på cirka 650 meter. Fyra gårdar har rasthagar som ligger närmare än 100 meter från vattendrag (Tabell 20).

Tabell 20. Uppskattat antal hästgårdar, hästar, hästtäthet och avstånd mindre än 100 meter från gödselplats och rasthagar till vattendrag inom Fyrisåns avrinningsområde, uppdelat på vattenförekomst-avrinningsområden (VARO).

VARO	Hästgårdar (antal)	Hästar (antal)	Rasthagar (ha)	Hästtäthet (hästar/ha rasthage)	Rasthage/gödselplats <100 m från vattendrag (antal gårdar)
VARO 1	16	98	22	4,5	3
VARO 2	2	10	3	3,3	0
VARO 3	7	42	6	7,0	1
VARO 4	4	42	10	4,2	0
Summa	29	192	41	4,7	4

Gödseln från hästgårdar i Fyrisåns avrinningsområde innehåller cirka 1,7 ton fosfor per år. Av detta antas cirka hälften hamna inne i stallet och flyttas vidare till gödselplatta, en fjärdedel hamna i rastfållor och beten nära stallet, och en fjärdedel hamna ute på sommarbetet (Figur 17). Läckage från gödselhantering och rastgårdar beräknas till cirka 55 kg/år (Tabell 21) utifrån att rastgårdar och beten nära stallet antas mockas till 60 % (se avsnitt 3.1.3). I Tabell 22 visas den beräknade belastningen från hästgårdarna uppdelat per VARO.

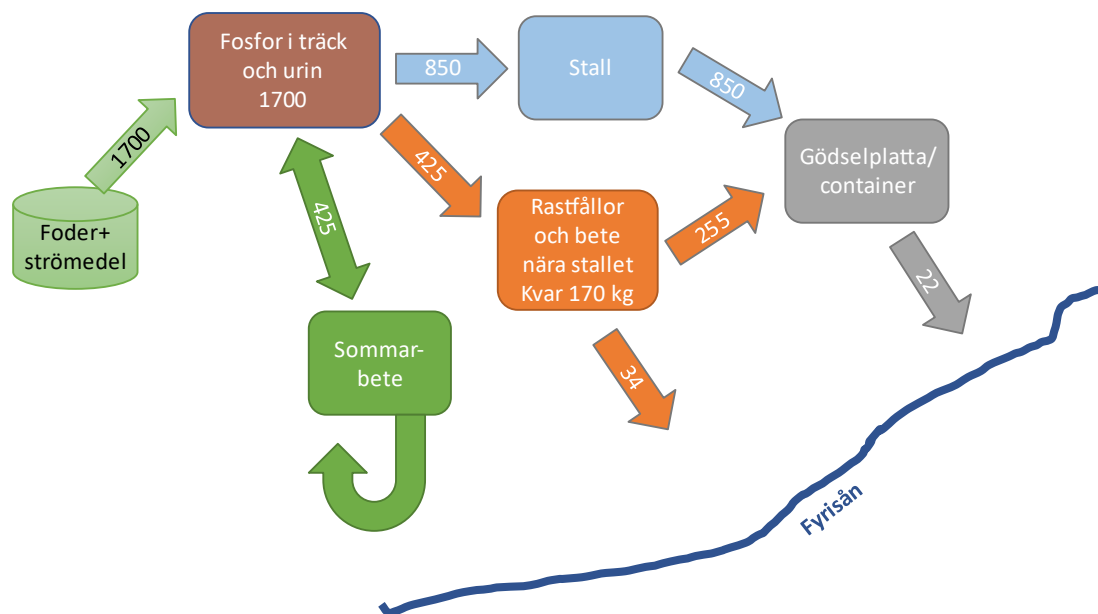
Tabell 21. Uppskattad årlig fosforbudget i kg för hästhållningen inom Fyrisåns huvudfåra beräknat för 192 hästar.

Fosforbudget hästhållning	Totalt (kg P/år)
Träck och urin totalt	1 700
Till gödselplatta/container (mockning inne och ute)	1 100
Kvar i rastfållor och beten nära stallet efter mockning	170
Gödsel i hage sommarbete	425
Läckage gödselplatta	22
Läckage från rastfållor och beten nära stallet	34
Totalt läckage från hästverksamheten	56

Tabell 22. Uppskattat årligt läckage från hästverksamheten i Fyrisåns avrinningsområde, uppdelat per uppdelat på vattenförekomst-avrinningsområden (VARO).

Avrinningsområde	Åsträcka	Läckage (kg P/år)
VARO 1	Fyrisån, Björklingeån–Vendelån	29
VARO 2	Fyrisån, Ulva–Björklingeån	3
VARO 3	Fyrisån, Jumkilsån–Sävjaån	12
VARO 4	Fyrisån, Ekoln–Sävjaån	12
Summa		56

I Figur 17 visas att cirka 170 kg fosfor blir kvar i rasthagarna efter 60 % mockning. Av dessa bedöms 20 % läcka ut i Fyrisån vilket motsvarar 34 kilo fosfor 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 40 hektar, vilket innebär att varje hektar rasthage läcker 1,2 kilo fosfor. Det är på samma nivå som i studien av Parvage (2015) från Hågaån som angav 1,1 kg P/ha.



Figur 17. Fosforbudget för hästhållning (kg/år). Uppskattad mängd fosfor i träck och urin från hästar i Fyrisåns avrinningsområde årligen, hur denna mängd fördelas till stall, rastfällor/bete nära stallet samt till sommarbete, och hur mycket fosfor som uppskattas läcka ut till Fyrisån. I beräkningarna har för sommarbetet antagits en balans mellan upptag av fosfor genom bete och återförd fosfor genom gödseln.

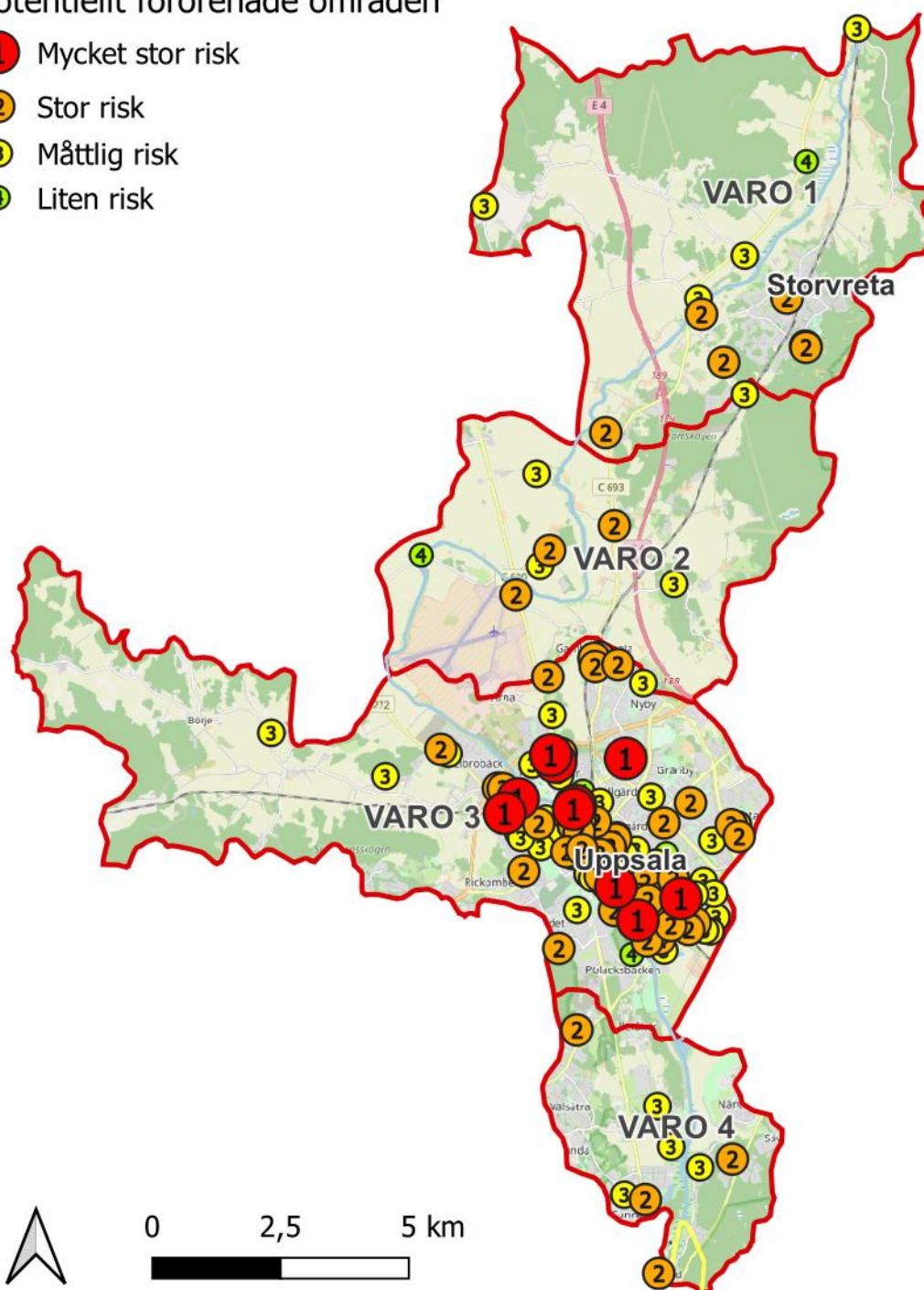
4.2.5 Miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden

Ett stort antal potentiellt förorenade områden och ett femtontal tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter finns inom avrinningsområdet (Figur 18 och Figur 19). Med undantag för de kommunala utsläppen av avloppsvatten och dagvatten bedöms de inte tillföra mer än obetydliga mängder fosfor till Fyrisån.

Det kan påtalas att växtskyddsmedel som används i växthus på plantskolor 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 Fyrisån inte kvantifieras.

Potentiellt förorenade områden

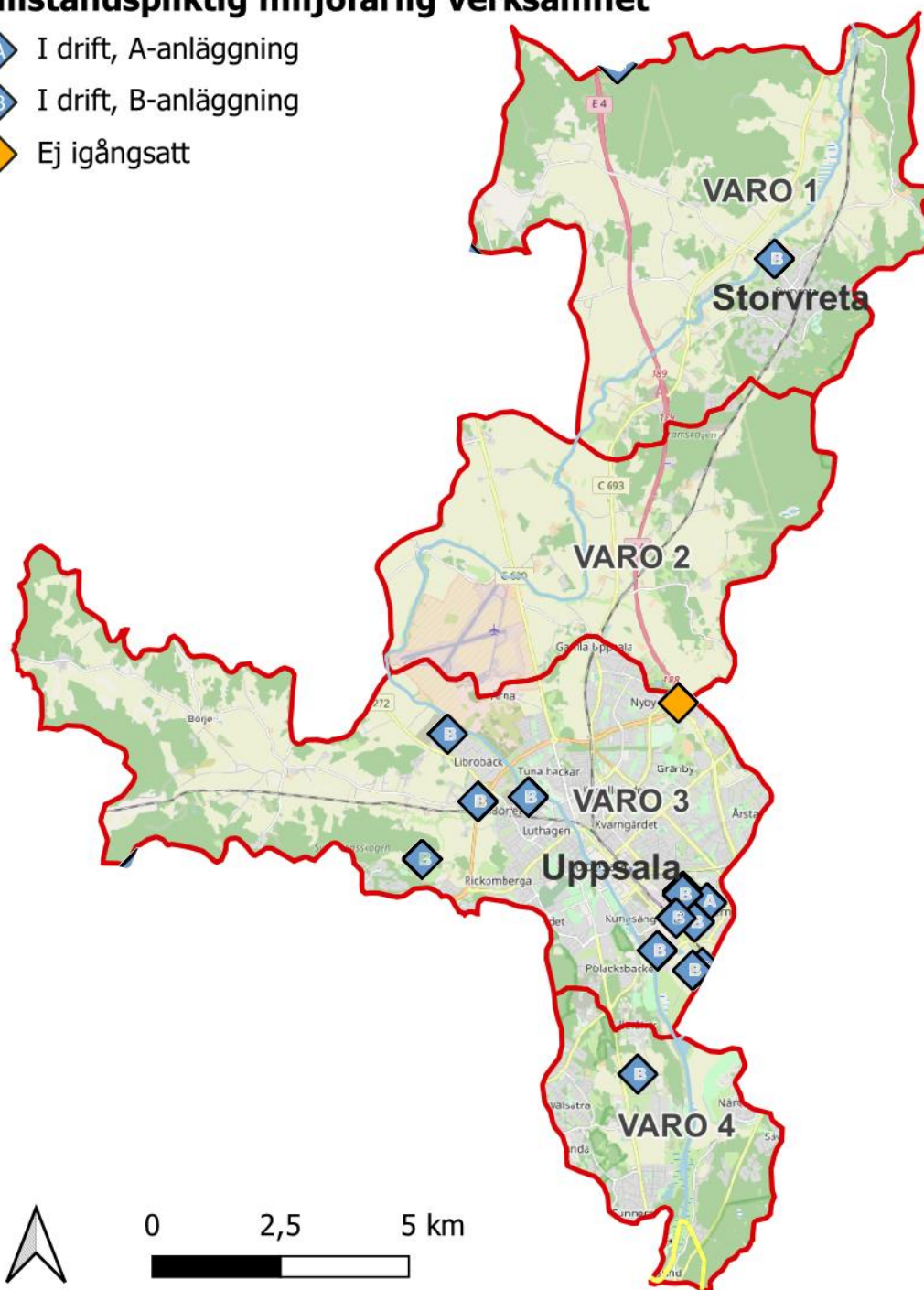
- 1 Mycket stor risk
- 2 Stor risk
- 3 Måttlig risk
- 4 Liten risk



Figur 18. Potentiella förorenade områden inom Fyrisåns avrinningsområde. Tio områden är klassade med mycket stor risk (röd nr. 1). Områden med mycket stor risk (nr. 1, 2) renderas ovanpå områden med mindre risk (nr. 3, 4), varför områden med mindre risk delvis döljs i bilden. Ej riskklassade områden samt områden med känslig markanvändning och mindre känslig markanvändning visas ej i bilden. Källa: Länsstyrelserna (2022). Bakgrundskarta: ©OpenStreetMap, bidragsgivare.

Tillståndspliktig miljöfarlig verksamhet

-  I drift, A-anläggning
-  I drift, B-anläggning
-  Ej igångsatt

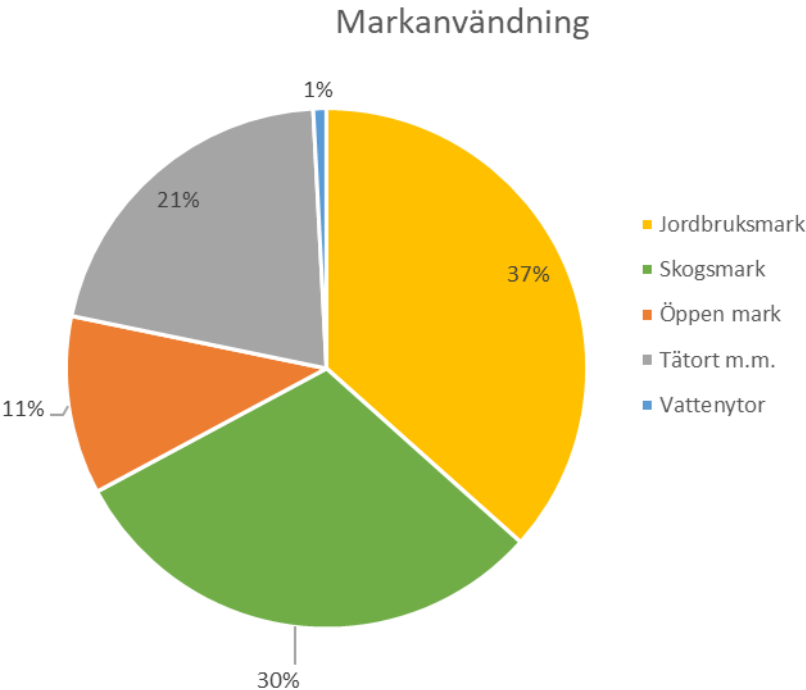


Figur 19. Det finns femton tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter, de flesta B-anläggningar, i Fyrisåns avrinningsområde (Länsstyrelserna, u.å.). Bakgrundskarta: ©OpenStreetMap, bidragsgivare.

4.3 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.

Det totala avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra uppgår till 164 km². Figur 20 och Tabell 23 åskådliggör översiktligt hur markanvändningen fördelas inom området och respektive VARO. I söder dominerar Uppsala tätort markanvändningen och övergripande i avrinningsområdet är det ungefär lika mycket skog som jordbruksmark. Jordbruksmark utgör den största andelen (37 %) av markanvändningen och dominerar framförallt längs vattendrag. Skogsmark är den näst vanligaste markanvändningen (30 %) och dominerar framförallt längs avrinningsområdets yttre gränser, högre upp i avrinningsområdet. Öppen mark utgör en liten del och vattenytorna än mindre. De områden som bidrar med dagvatten motsvarar totalt cirka 21 % av markanvändningen, där Uppsala tätort (VARO 3–4) bidrar med störst fosfortillförsel (se avsnitt 4.3.5).



Figur 20. Fördelning av markanvändning inom Fyrisåns avrinningsområde. Den totala ytan är 164 km². I tårtbiten "tätort m.m." ingår även E4:an och bebyggelseområden.

Tabell 23. Markanvändning fördelat på VARO i avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra.

VARO	Jordbruksmark	Skogsmark	Öppen mark	Tätort m.m.*	Vattenytor	Totalt
	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²	km ²
VARO 1	20	21	5,0	3,8	0,37	50
VARO 2	21	8,9	5,4	0,32	0,31	35
VARO 3	17	14	6,3	23	0,22	62
VARO 4	2,6	5,7	1,6	7,2	0,45	17
Totalt	60	50	18	34	1,3	164
Andel (%)	37	30	11	21	1	100

*Här ingår även E4:an och ytor kategoriserade som bebyggelseområde i Figur 10. Cirka 165 hektar av tekniska avrinningsområden leds ut ur avrinningsområdet och belastar således inte Fyrisån.

Tabell 24 visar den diffusa fosforbelastningens källfördelning per VARO. Sammantaget uppgår den modellerade fosforbelastningen från diffusa källor för hela området till 7,2 ton per år, där jordbruksmark är den största bidragande källan (67 %). Den diffusa belastningen är som störst från VARO 3, även per hektar. Det beror på att det finns störst andel dagvattenalstrande ytor i kombination med stor andel åkermark i detta område. Belastningen från VARO 1 och 2 är knappt hälften så stor som från VARO 3. Belastningen är lägst från VARO 4. Belastningen per hektar är som lägst och i princip likvärdiga från VARO 1 och VARO 4.

Tabell 24. Fosforbelastning (kg/år) totalt, samt arealnormerat (kg/år/ha) för diffusa källor per VARO i Fyrisåns huvudfåra: jordbruksmark, skogsmark, öppen mark, tätort (inklusive E4:an och bebyggelseområde) samt atmosfärisk deposition av fosfor.

VARO	Jordbruks- mark	Skogs- mark*	Öppen mark	Dagvatten tätort m.m.	Atm. deposition	Totalt	Totalt per yta
	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år/ha
VARO 1	1 400	48	21	130	1,9	1 600	0,32
VARO 2	1 400	20	22	10	1,5	1 500	0,42
VARO 3	1 700	46	37	1 700	1,1	3 500	0,56
VARO 4	230	19	9,3	270	2,2	540	0,31
Totalt	4 800	130	89	2 200	6,7	7 200	0,44
Andel (%)	67	2	1	30	0	100	

* Inklusive sankmark.

Åtgärder som redan vidtagits inom området, exempelvis odlingsfria kantzoner och strukturräkning, är inte inräknade i denna beräkning. Det gäller även den rening som sker i anlagda våtmarker inom jordbrukslandskapet. Dagvattenåtgärder, såväl befintliga som planerade i dagvattenplanen är däremot inräknade. Befintliga åtgärders avskiljningsförmåga och deras bidrag till rening redogörs för i avsnitt 4.3.5. Den rening som dagvattenåtgärderna bidrar med har räknats bort från bruttobelastningen för att få fram en nettobelastning (avsnitt 4.6).

I följande avsnitt redovisas beräknad bruttobelastning av fosfor i avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra indelat per markanvändningskategori.

4.3.1 Jordbruksmark

Av utredningsområdets totala area på 164 km² upptar jordbruksmarken 60 km² (cirka 37 %), fördelat på åkermark och bete/övrig åkermark utifrån jordbruksblockdata från Jordbruksverket (2021). Sett till respektive områdes markanvändning finns mest jordbruksmark i VARO 1, 2 och 3 men det finns även en viss del jordbruksmark i VARO 4.

Totalt beräknas jordbruksmarken årligen bidra med cirka 4,8 ton fosfor till Fyrisån.

Åkermarken, som domineras av lerjordar, de jordar som har högst modellerat fosforläckage, står för en majoritet, cirka 4,6 ton per år. Åkermarkens läckagekoefficient för Fyrisåns avrinningsområde är i medel 0,86 kg P/ha och år. Medelfosforläckaget för Mälardalsregionen är 0,87 kg P/ha och år enligt SMED (Johnsson m.fl., 2019).

Av jordbruksmarkens årliga tillförsel av fosfor utgör bete/övrig åkermark en mindre del, 230 kg per år. Medelfosforläckaget för denna markkategori beräknades till 0,33 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 även på mark brukad som bete/övrig åkermark.

4.3.2 Skogsmark och sankmark

Skogsmark och sankmark bidrar också med fosfor även om arealförluster av fosfor för dessa markslag är relativt låga. För regionen är fosforhalten i avrinnande vatten från dessa marktyper 0,013 mg/l (Havs- och vattenmyndigheten, 2019b). Beräknat med en specifik avrinning (medel för perioden 1991–2020) för området på 210 mm/år (SMHI och Havs- och Vattenmyndigheten, 2023) resulterar det i en tillförsel på cirka 0,026 kg P/ha och år för skogs- respektive sankmark. Inom utredningsområdet finns cirka 50 km² skogs- och sankmark där merparten är skogsmark. Marken bidrar årligen med en fosfortillförsel motsvarande 130 kg. Utbredningen av skogs- och sankmark varierar mellan de olika vattenförekomstavrinningsområdena men är generellt större längre norrut och närmare utredningsområdets yttre gränser.

4.3.3 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 18 km², vilket utgör 11 % av utredningsområdet. 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 0,049 kg P/ha och år motsvarande en total årlig belastning på 90 kg.

4.3.4 Atmosfärisk deposition av fosfor

För årlig atmosfärisk deposition av fosfor användes siffran 5 kg/km², vilken bedöms vara representativ då den används inom HELCOM vid beräkning av deposition av fosfor till Östersjön (Karlsson och Pihl Karlsson, 2018). Den beräknade vattenytan i avrinningsområdet är 130 hektar vilket motsvarar cirka 1 % av området. Den totala belastningen är blir då 7 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 atmosfärisk deposition liten i jämförelse med bidragen från andra källor.

4.3.5 Dagvatten

Belastningen av dagvattenburen fosfor är sedan tidigare beräknad för Uppsala och Storvreta tätort, i samband med framtagandet av Uppsala dagvattenplan (2019). De tidigare beräkningarna har kompletterats med beräkningar för nytillkomna områden inom tätorterna samt bebyggelseområden som avbördas mot Fyrisån. Beräkningarna har utförts med beräkningsverktyget Stormtac (2023). Verktöget använder sig av markanvändningsspecifika avrinningskoefficienter och schablonhalter för ett flertal markanvändningsslag och vanligt förekommande dagvattenföroreningar.

Den korregerade årsmedelnederbörd som använts för beräkning av belastningen från nytillkomna områden och bebyggelseområden är 630 mm/år (SMHI, 2021).

Nederbördsmängden är ett beräknat medelvärde för stationerna *Uppsala Aut* (97510), *Uppsala Flygplats* (97530) och *Uppsala* (97520). Hänsyn till mätfel vid stationerna har tagits genom en korregeringsfaktor (Alexandersson, 2003).

Fosforbelastningen via dagvatten har med hänsyn till nytillkomna områden justerats till knappt 2 200 kg/år (Tabell 25), fördelat på de fyra VARO som tätorterna och bebyggelseområdena återfinns inom.

Tabell 25. Fosforbelastning via dagvatten inklusive nytillkomna områden per vattenförekomstavrinningsområde (VARO).

VARO	Fosforbelastning (kg/år)
VARO 1	130
VARO 2	10
VARO 3	1 750
VARO 4	270
Summa	2 160

Uppsala tätort

Från arbetet med Uppsala dagvattenplan finns en omfattande beräkning av den dagvattenburna fosfortillförseln till stadens vattenförekomster, däribland Fyrisån. I Uppsala tätort har det sedan dess tillkommit områden inom Uppsala Vattens verksamhetsområde för dagvatten som adderats till tidigare beräkningar. Dessa områden är belägna i Bäcklösa, centrala och norra Rosendal och västra Librobäck (Figur 13).

Vidare har bebyggelseområden som inte ingår i ett verksamhetsområde för dagvatten valts att inkluderas i belastningsberäkningen (Figur 21). Markanvändningen inom dessa områden innefattar villaområde, flerfamiljshusområde och parkområde. Slutligen har även fosforbelastningen från en kortare delsträcka av E4 tillräknats Uppsala tätort.

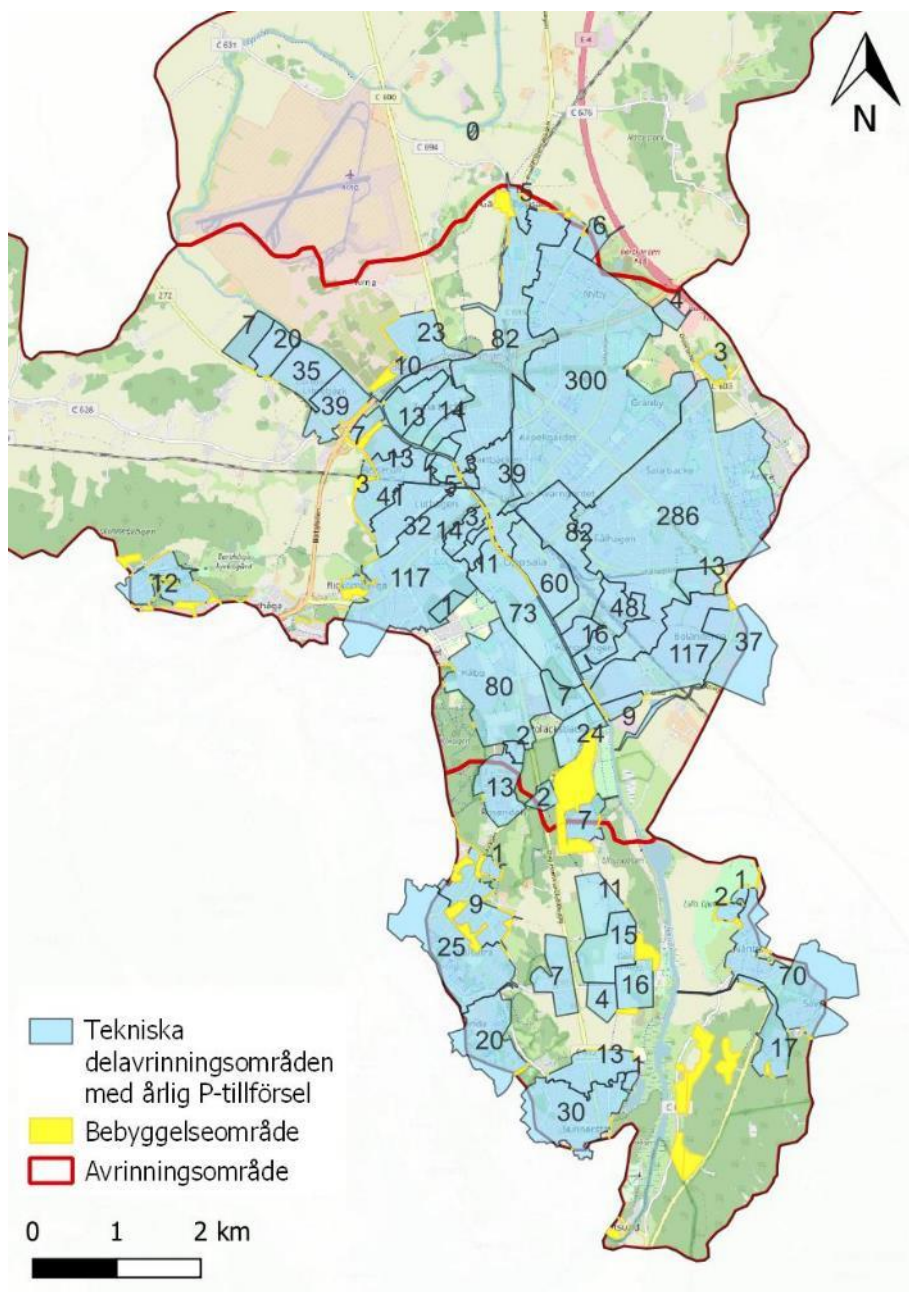
För delavrinningsområden med befintliga eller planerade åtgärder (se Figur 24) har 50 % avskiljning antagits.

Fosforbelastningen via dagvatten från Uppsala tätort beräknades till drygt 2 000 kg per år.

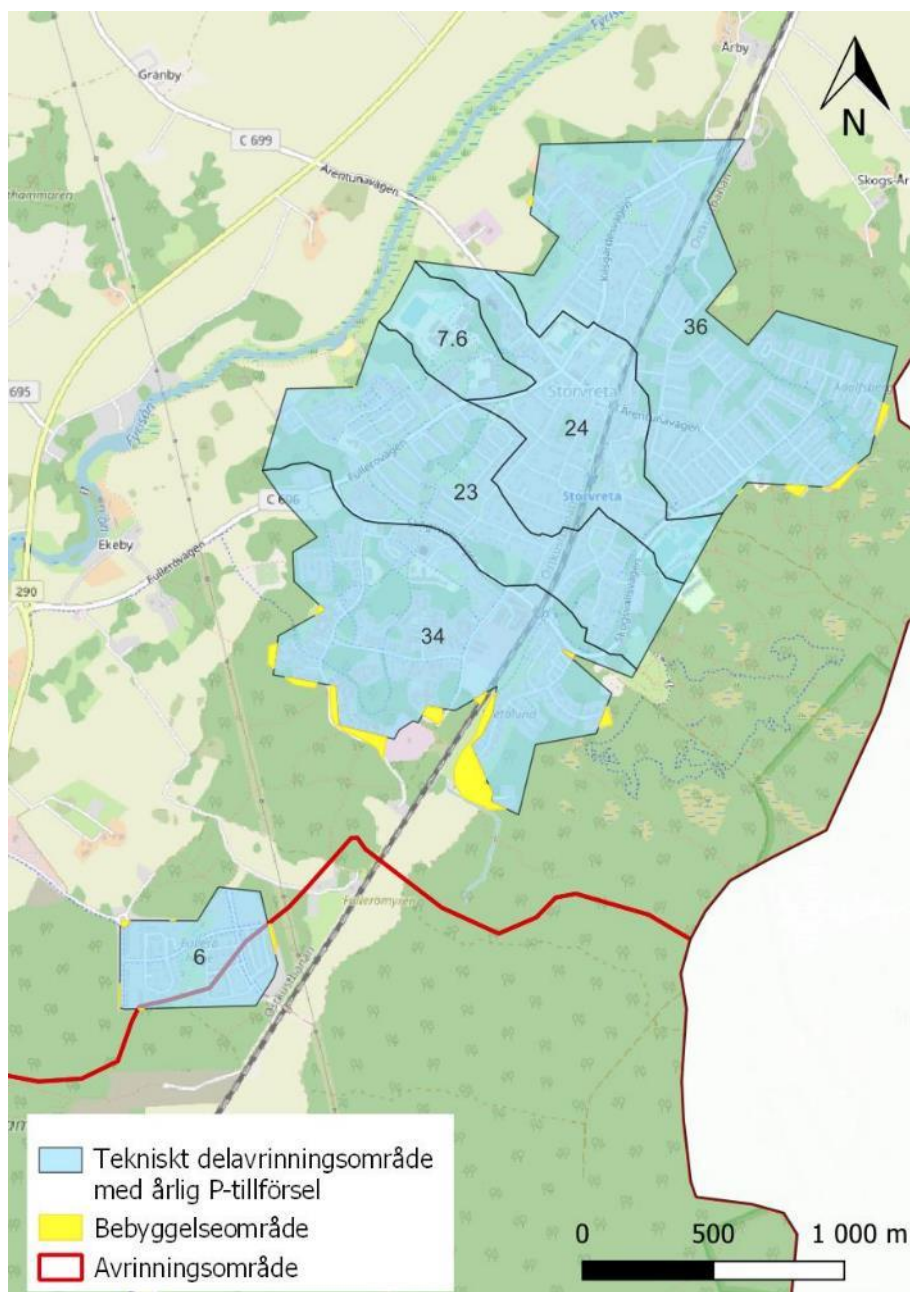
Storvreta tätort

I tidigare åtgärdsprogram för Fyrisån beräknades fosforbelastningen från Storvreta tätort, uppdelat i fem tekniska delavrinningsområden. Sedan dess har exploatering i Fullerö medfört ytterligare ett tekniskt delavrinningsområde vars fosfortillförsel har adderats till tidigare resultat (Figur 22).

Fosforbelastningen från Storvreta tätort och Fullerö beräknades till 130 kg fosfor per år.



Figur 21. Tekniska delavrinningsområden för dagvatten inom Uppsala tätort med Fyrisån som recipient, samt beräknad fosfortillförsel (kg/år). Källa: Uppsala Vatten. Bakgrundskarta: © OpenStreetMaps bidragsgivare, u.å.



Figur 22. Tekniska delavrinningsområden för dagvatten inom Storvreta tätort och Fullerö med Fyrisån som recipient, samt beräknad tillförsel av fosfor (kg/år). Källa: Uppsala Vatten. Bakgrundskarta: © OpenStreetMaps bidragsgivare, u.å.

4.4 Genomförda åtgärder inom utredningsområdet

4.4.1 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 Fyrisån 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.

4.4.2 Platsspecifika åtgärder inom jordbruket

Inom avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra finns idag en anlagd våtmark. Den finns i VARO 1 (Jordbruksverket, 2021; SMHI, 2023) och kallas för Ånge våtmark (Figur 23) med benämningen 01-bef-01. Markanvändning i våtmarkens tillrinningsområde har tagits fram och fosfortillförseln beräknats. Våtmarkens avskiljningspotential uppskattas till 2 kg P/år per hektar våtmarksyta eller högst 30 % av den beräknade fosfortillförseln utifrån att den har biologisk mångfald som huvudsyfte. Då avrinningsområdet är litet blir dock fosforavskiljningen marginell i sammanhanget (0,3 kg/år).



Figur 23. Röd polygon markerar anlagd våtmark i VARO 1 vid Ånge (01-bef-01).

4.4.3 Dagvattenåtgärder

Inom de tätortsområden som ingår i denna utredning har inga dagvattenreningsåtgärder genomförts i befintlig bebyggelse från innan 2019. Mellan 2019 och 2023 har flera kvarter växt fram ibland annat Uppsala och Fullerö. För dessa områden antas reningsåtgärder ha genomförts i enlighet med Uppsala Vattens riktlinjer, vilket motsvarar ungefär en halvering av fosforbelastningen från dessa områden jämfört med äldre kvarter utan reningsåtgärder. Detta har tagits hänsyn till i beräkningarna.

4.4.4 Övriga genomförda åtgärder enligt Vattenmyndigheten

Åtgärder som genomförts i eller omkring de fyra vattenförekomsterna för att förbättra vattenkvaliteten och för att uppnå de fastställda miljökvalitetsnormerna finns redovisade i VISS. Totalt finns 63 genomförda åtgärder registrerade (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023a, 2023b, 2023c, 2023d). Åtgärderna inkluderar både sådant som minskar näringstillförseln från jordbruksmark men även insatser för förbättrade enskilda avlopp, dagvattenreningsåtgärder (främst våta dammar) och efterbehandling av miljögifter på nedlagda bensinstationer.

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

4.5 Redan planerade åtgärder inom utredningsområdet

Det finns flera planerade åtgärder inom Fyrisåns avrinningsområde. Eftersom åtgärderna redan har kommit långt i planeringsprocessen bör fortsatt arbete med dessa åtgärder ges hög prioritet.

4.5.1 Dagvattenåtgärder

Uppsala dagvattenplan

Befintliga och planerade åtgärder för dagvattenrening i Uppsala tätort har översiktligt sammanställts i Uppsala dagvattenplan (2019). De planerade åtgärderna förväntas anläggas inom en överskådlig framtid men ingår, som tidigare nämnts, inte i detta uppdrags omfattning. Föreslagna platsspecifika åtgärder i dagvattenplanen anses än idag lämpliga för att minska belastningen till Fyrisån och därför har inga nya förslag arbetats fram för Uppsala tätort.

I Figur 24 redovisas de tekniska delavrinningsområden inom vilka en befintlig, planerad eller föreslagen åtgärd finns.

Systemlösning för dagvatten Södra staden

För Bäcklösadikets avrinningsområde finns ett flertal dagvattenåtgärder föreslagna i en fördjupad dagvattenutredning för Södra staden (Geosigma AB, 2018). Åtgärderna som lyfts fram innefattar dagvattendammar, utökat svämplan i Bäcklösadiket och öppna diken.

Resultatet av utredningen visar att den årliga belastningen av fosfor efter utbyggnad av Södra staden kan reduceras jämfört med idag. Detta förutsätter att något av de två systemalternativ som föreslås i rapporten implementeras samt att dagvatten från befintlig bebyggelse i Valsätra och Gottsunda renas innan det når Bäcklösadiket (Geosigma AB, 2018).

Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisåns huvudfåra, WRS AB, 2024-01-31
63 (113)

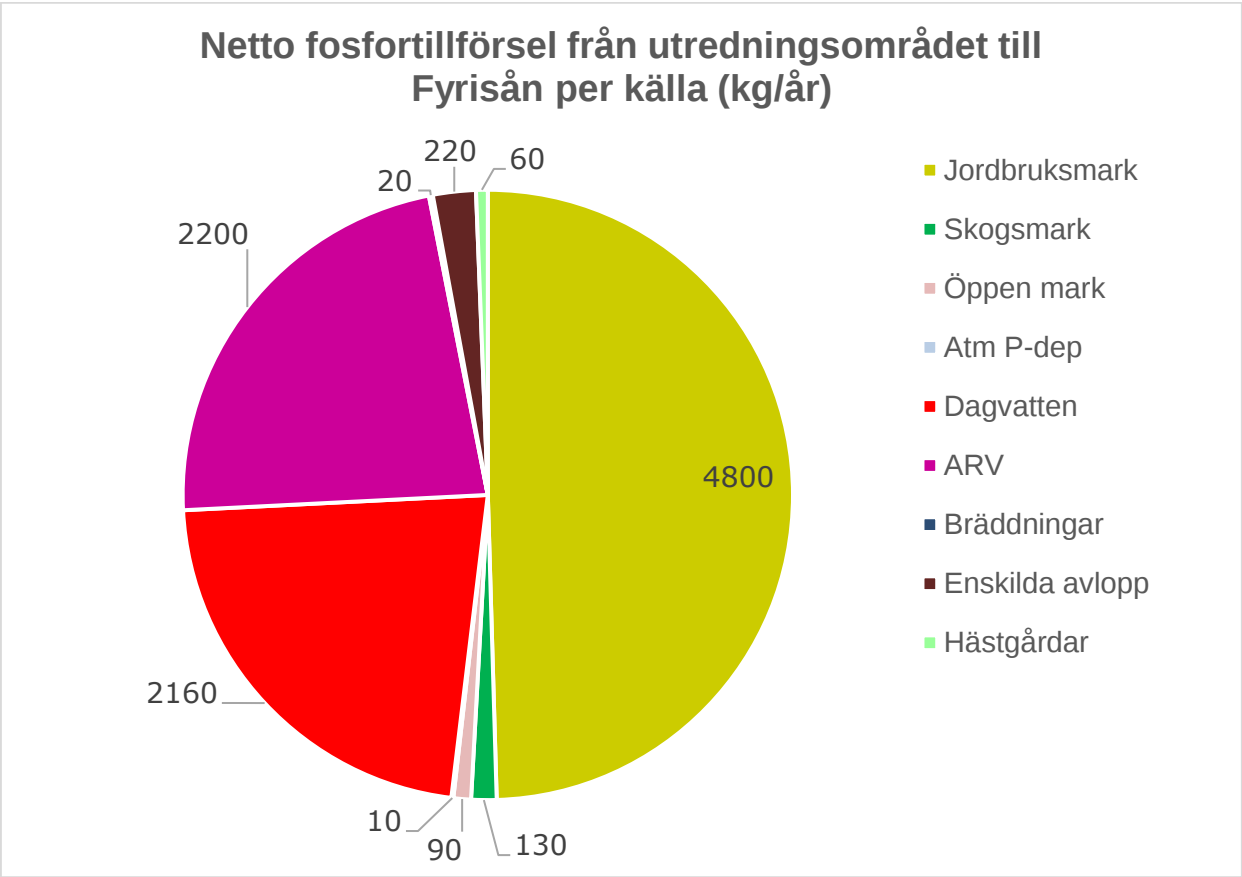
4.6 Nettotillförsel av fosfor och åtgärdsbehov

I den beräknade bruttotillförselberäkningen av dagvatten från Uppsala tätort inkluderas redan avskiljningen från såväl befintliga (grön i Figur 24), redan under 2019 planerade (gul i Figur 24) och av WRS i dagvattenplanen föreslagna dagvattenåtgärder (blå i Figur 24). Dessutom anses avskiljningen i befintliga jordbruksåtgärder vara försumbar. Därför bedöms nettotillförseln av fosfor vara densamma som bruttotillförseln.

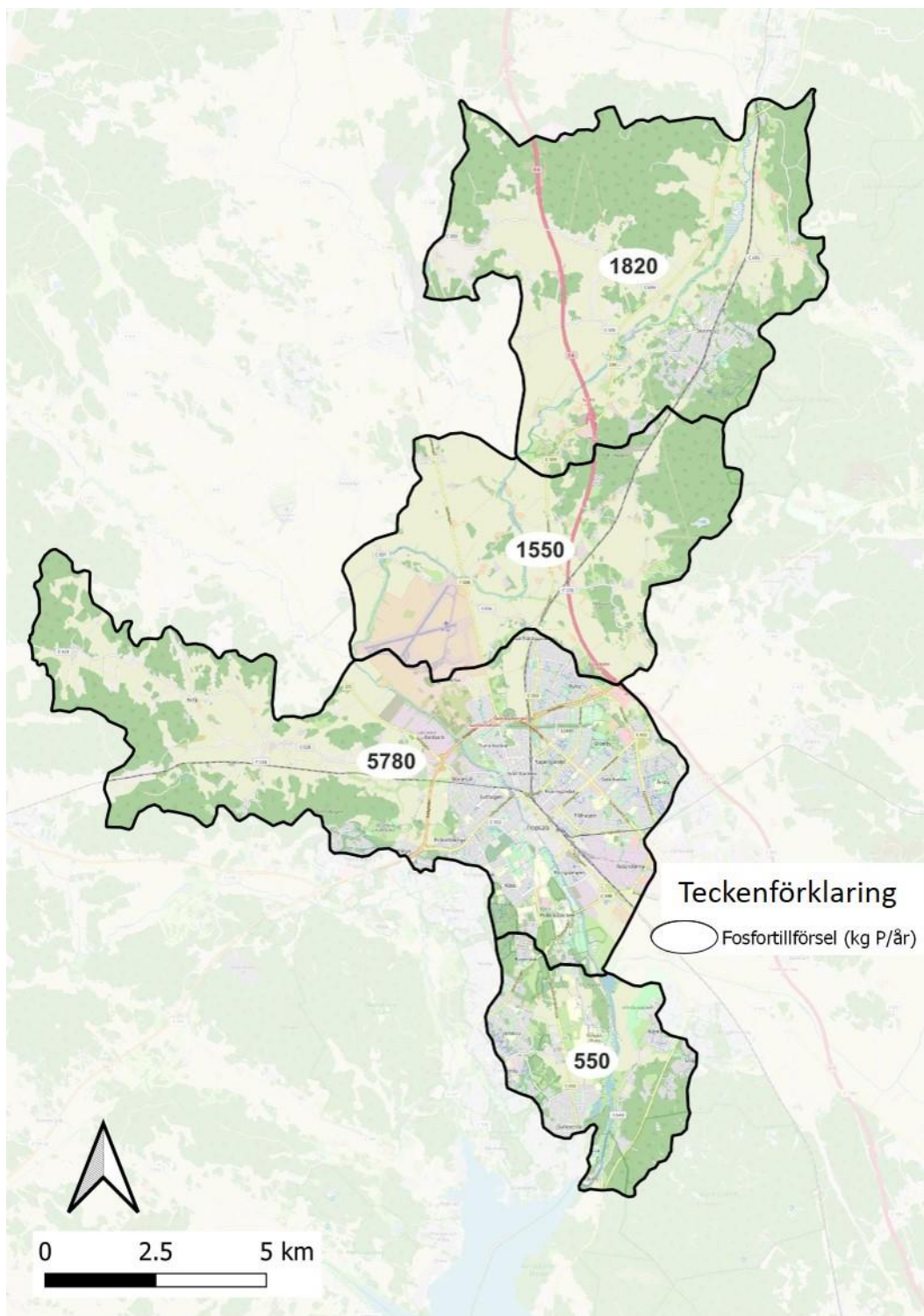
Nettotillförseln av fosfor till recipienterna beräknas till drygt 9,7 ton per år. Fördelningen mellan de olika källorna redovisas i Tabell 26 och Figur 25. Beräknad nettobelastning av fosfor per VARO visas i Figur 26.

Tabell 26. Summerad fosfortillförsel från diffusa och punktkällor från utredningsområdet till Fyrisåns huvudfåra (kg/år).

Källa	P-tillförsel (kg/år)
Punktkällor	2 500
Diffusa källor	7 200
Summa	9 700



Figur 25. Fördelning av årlig nettotillförsel av fosfor (kg/år) mellan olika diffusa källor och punktkällor i avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra.



Figur 26. Nettobelastning av fosfor (kg/år) per VARO. Bakgrundskarta © OpenStreetMap, bidragsgivare.

5 Källor till särskilt förorenande ämnen och prioriterade ämnen

Halter som överskrider gränsvärdena för god kemisk och ekologisk status har uppmätts av antracen, fluoranten, PFOS, TBT, B(a)p, ammoniak och diklofenak i de två nedströms vattenförekomsterna som rinner genom Uppsala stad (avsnitt 2.6.1 och 2.6.2).

- Antracen och fluoranten är polyaromatiska kolväten (PAH:er) som bildas vid ofullständig förbränning av fossila bränslen. De kan även tillföras miljön via industriell aktivitet och från cigarettrök. B(a)p är ytterligare en PAH vars främsta källa är småskalig vedeldning. PAH:er transporteras troligen till Fyrisån via dagvattnet men även avloppsreningsverk är en spridningsväg (Naturvårdsverket, 2023b, 2023c, 2023d).
- Källor till PFOS tros kunna vara både flygplatsen och brandövningsplatsen Ärna, industriell aktivitet samt avloppsreningsverket (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023d).
- TBT är framför allt kopplat till tidigare användning av båtbottnfärg.
- För ammoniak är gödselhantering inom jordbruket den enskilt största källan till ammoniakutsläpp i Sverige (Naturvårdsverket, 2023e). För Fyrisån är dock även utgående avloppsvatten från reningsverk en betydande källa. Ammoniakhalten beror av utgående ammoniumhalt, men även vattnets pH och temperatur.
- Läkemedlet diklofenak kan kopplas till utgående avloppsvatten från reningsverk (Ejhed m.fl., 2018).

5.1 Miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden

Det finns över 700 områden som är potentiellt eller konstaterat förorenade inom de fyra avrinningsområdena (se Figur 18). De allra flesta och de med ”mycket stor risk” finns inom Uppsala stad (VARO 3). Bland de potentiellt förorenade områdena finns kemptvättar, skrothantering, industrier, bilverkstäder, avfallshantering, plantskolor.

Många potentiellt förorenade områden ligger inom 100 meters avstånd från Fyrisån. Från dessa platser finns extra stor risk för spridning av föroreningar till recipienten. Information kring huruvida verksamheterna är kopplade till dagvattenledningsnätet eller till avloppsledningsnätet har inte identifierats. Ett av de potentiellt förorenade områdena är Ärna flygplats. En snödeponi finns i nordöstra delen av stadsdelen Nyby, nära E4:an, men ligger så pass långt från Fyrisån att den inte bedöms orsaka någon direkt påverkan på åns vattenkvalitet.

Det finns ett femtontal tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter inom de fyra avrinningsområdena (Figur 19), de flesta också inom Uppsala stad (VARO 3). Bland dessa finns Kungsängsverket, stadens värmeverk och större industrier.

6 Hydromorfologi

6.1 Fiskfauna

I den nationella databasen svenskt elfiskeregister (SERS) (SLU, 2022) finns ett register över standardiserade fisken utförda i vattendrag. Årliga fiskinventeringar görs framförallt i Fyrisåns nedre del vid Uppsala men också för utvärdering av anlagda fiskvandring svägar (Upplandsstiftelsen, 2021a, 2021b, 2022). Utvärdering, inventering och märkning av den rödlistade aspen görs för att öka kunskap och för att följa upp hur fiskvägarna tillgängliggör nya lekområden (Upplandsstiftelsen, 2023). Därför finns det generellt god kännedom om vilka fiskarter som förekommer i Fyrisån huvudfåra, främst de nedre delarna. I de mindre biflödena inom avrinningsområdena saknas det uppgifter om fiskpopulationen.

Totalt 20 stycken fiskarter har identifierats i provfisken under perioden 1990–2022 (Tabell 27). Mört, stensimpa och abborre är vanligt förekommande men variation i artförekomst finns i relation till inventerad plats och år. Samtliga fiskarter som påträffats är *livskraftiga* enligt Rödlistan i Artdatabanken med undantag för lake (*sårbar*), asp (*nära hotad*) och ål (*akut hotad*) (SLU, 2023b).

Den årliga inventeringen av asp visar att den nu kan vandra upp från Ekoln hela vägen upp förbi Ulva kvarn, där den passerade för första gången 2019 efter att en fiskväg anlades 2017 (Upplandsstiftelsen, 2021c). Ål har påträffats på samtliga inventeringsplatser upp till Ulva kvarn. Benlöja, gädda, gärs och id finns i Fyrisån och även björkna, braxen, nissöga, sarv, småspigg, sutare, nejonöga (obestämd) samt karp. Även öring har fångats vid elfiske i de centrala delarna av Uppsala. Av inventeringen att döma verkar den invasiva arten signalkräfta vara etablerat i vattendraget.

Asp

Aspen är rödlistad (*nära hotad*) och ingår även i EU:s art- och habitatdirektiv där den betraktas som skyddsvärd. Den förekommer främst i oligotrofa (näringsfattiga) och mesotrofa (måttlig näringsrika) sjöar och vattendrag. På vårkanten vandrar den upp i strömmande vatten där den letar lämpliga lekplatser över grus- och stenbottnar. Den kan också leka över mer växtrika områden med rent och syrerikt vatten.

Som vandrande fisk påverkas aspen 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. Det finns ett nationellt åtgärdsprogram för asp med bland annat en prioriteringsplan för åtgärder av vandringshinder (Havs- och vattenmyndigheten, 2016b).

Sedan inventeringen av asp startade i flera tillrinnande vattendrag i Mälaren har kunskapen ökat om fisken och dess förekomst. De åtgärder som genomförts för att möjliggöra fiskens vandring upp i Fyrisåns system tillgängliggör många potentiella lekområden (Länsstyrelserna, 2009). Åtgärder har generellt gett bra resultat för asp och även andra fiskarter, särskilt vandringsvägen vid Islandsfallet. För att öka rekryteringen av asp i Mälaren har Fyrisån pekats ut som viktig och åtgärder för vandringshinder har prioriterats för att möjliggöra att fisken kan vandra upp i stora delar av vattensystemet (Länsstyrelserna, 2009; Havs- och vattenmyndigheten, 2016b).

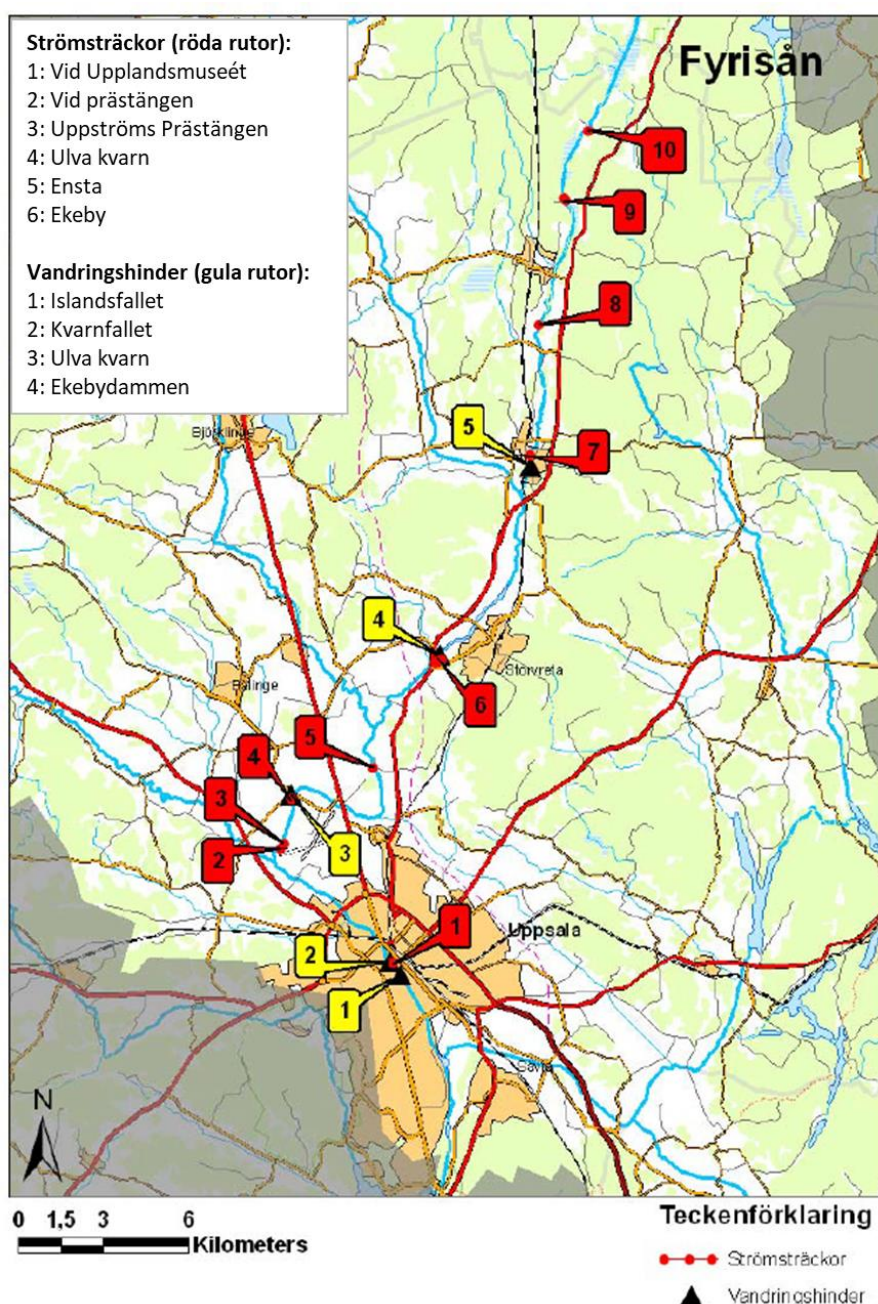
Tabell 27. Fiskarter som har påträffats vid inventering i Fyrisåns huvudfåra. Kryss (X) visar förekomst av arten i elfiskeinventeringar från SERS-databasen (SLU, 2023a) mellan 1990 till 2018 samt provfiske av Upplandsstiftelsen fram till 2022 (Upplandsstiftelsen, 2019, 2021a, 2021b, 2022). Uppgifter från installerade kameror vid fiskvägar baseras på uppgifter från 2020–2022. Kolumnerna med inventerade platser (vänster till höger) går från nedströms till uppströms. Inom VARO 4 finns inga (-) provfisken registrerade.

Inom VARO nr:		4	3				2		1
Vattenförekomst:		Fyrisån Ekoln - Sävjaån	Fyrisån Jumkilsån - Sävjaån				Fyrisån Ulva - Björklingeån		Fyrisån mellan Björklingeån och Vendelån
Fiskart	Kategori rödlistan	(-)	Fiskväg Islandsfallet (kamera)	Mellan Islandsfallet och Kvarnfallet	Fiskväg Kvarnfallet	Fiskväg Kvarnfallet (kamera)	Nedströms Ulva kvarn	Fiskväg Ulva kvarn (kamera)	Nedströms Ekeby kvarn
Abborre	Livskraftig		X	X	X	X	X	X	X
Asp	Nära hotad		X	X		X		X	
Benlöja	Livskraftig		X	X	X	X	X		X
Björkna/braxen	Livskraftig								X
Björkna	Livskraftig						X		X
Braxen	Livskraftig		X			X	X	X	
Gädda	Livskraftig		X	X	X	X	X	X	X
Gers	Livskraftig			X	X		X		X
Id	Livskraftig		X	X	X	X	X	X	X
Karp	Ej tillämplig*		X						
Lake	Sårbar			X	X		X		X
Mört	Livskraftig		X	X	X	X	X	X	X
Nejonöga (obestämd)	Rödlista kan ej tillämpas			X	X		X	X	
Nissöga	Livskraftig						X		X
Sarv	Livskraftig			X			X		X
Småspigg	Livskraftig			X	X		X		X
Stensimpa	Livskraftig			X	X		X		X
Sutare	Livskraftig		X		X	X		X	X
Öring	Livskraftig		X	X					
Äl	Akut hotad		X	X	X	X	X		
Signalkräfta	Ej tillämplig			X	X		X		X

*risk för invasivitet mycket hög

Inventerade strömsträckor för asp

En kartläggning av vandringshinder och lekområden för fisk av Länsstyrelserna (2009) inkluderade bland annat sträckor längs med Fyrisåns huvudfåra. Här finns totalt sex inventerade områden för lekanden asp (Figur 27). Flera potentiella lekområden har även identifierats i de tillrinnande flödena Sävjaån, Jumkilsån, Björklingeån, Vendelån och Vattholmaån. 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”. Två av de sex inventerade områdena utgörs av klass 3, totalt 6 400 m². Det ena lekområdet ligger i centrala Uppsala mellan Islandsfallet och Kvarnfallet (nedströms Upplandsmuseet). Det andra, och största, lekområdet finns nedströms Ulva kvarn. De fyra andra inventerade delsträckorna utgörs av klass 2 med en total yta på 5 400 m² (Tabell 28).



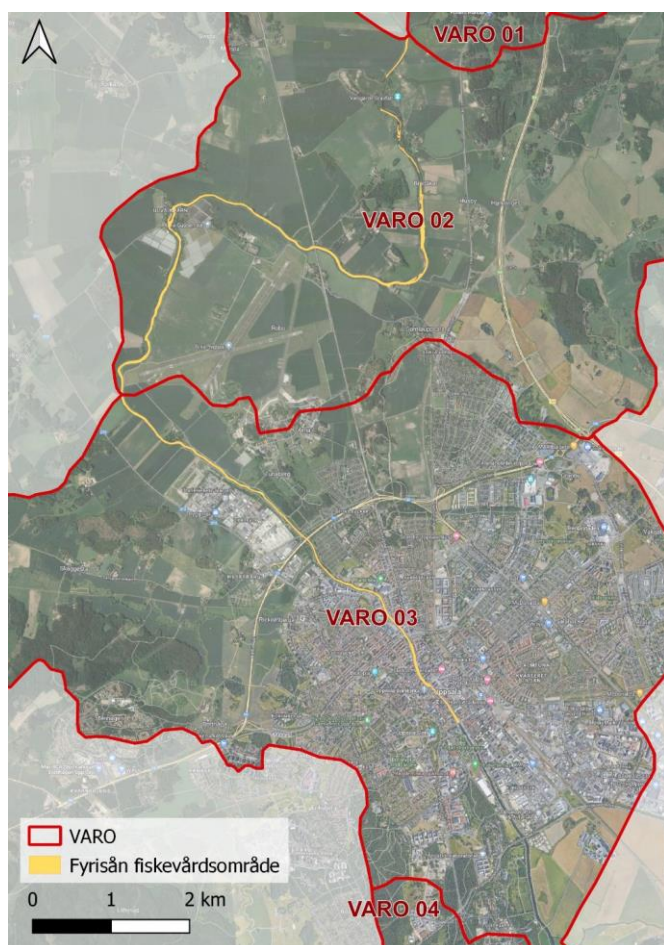
Figur 27. Inventerade strömsträckor i Fyrisån upp till Dannemorasjön (Länsstyrelserna, 2009). Fyrisåns huvudfåra berörs av strömsträckor 1–6 (rödmarkerade; Tabell 28) och vandringshinder 1–4 (gulmarkerade).

Tabell 28. Inventerade strömsträckor för asp i Fyrisåns huvudfåra bedömt i en fyrgradig skala där klass 3 är högst, "mycket goda/optimala lekmöjligheter" (Länsstyrelserna, 2009).

Benämning	Sträcka	Yta (m ²)	Klass
Vid Upplandsmuseet	1	1 910	3
Vid Prästängen	2	340	2
Uppströms Prästängen	3	870	2
Ulva kvarn	4	4 460	3
Ensta	5	1 630	2
Ekeby	6	2 580	2

Fiskevårdsområde

Inom VARO 2 och 3 finns Fyrisåns fiskevårdsområdesförening som samordnar och förvaltar fisket (Figur 28). Området sträcker sig från Islandsfallet upp till Björklingeåns mynning på den västra sidan och upp till Vallsgärde på den östra sidan av ån (Uppsala kommun, 2022). Inom området finns restriktioner för fisket. Totalt fiskeförbud gäller mellan S:t Olofsbron och Hamnspången i centrala Uppsala. Vid Ulva kvarn är det fiskeförbud under tiden 1 april till 10 maj, från norra sidan av brokonstruktionen och fram till cirka 150 meter nedströms dammen. Inom hela Fyrisåns fiskevårdsområde är det förbjudet att fiska asp och ål, året runt. Söder om Islandsfallet är fiske med handredskap på kommunens eget vatten tillåtet, vilket gäller på den västra sidan strax uppströms Vindbron och fram till slamdammarna på den östra sidan av ån (Uppsala kommun, 2022). Den utrotningshotade ålen är dock fredad för fiske och aspen är fredad i alla tillrinnande vatten till Mälaren mellan 1 april och 31 maj (FIFS 2004:37).



Figur 28. Utbredning av Fyrisåns fiskevårdsområdesförening (FVOF) (Länsstyrelserna, u.å.).

6.2 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 Biotopkarteringsdatabasen (Länsstyrelserna, 2018b), som ger underlag till statusklassningen av vattenförekomster i VISS, finns fyra vandringshinder i Fyrisåns huvudfåra: Islandsfallet, Kvarnfallet, Ulva kvarn och Ekebydammen. För Islandsfallet, Kvarnfallet och Ulva kvarn finns det registrerade åtgärder som vidtagits för att möjliggöra fiskpassage. I SMHI:s dammregister (2013) finns även Enstadammen registrerad, som delvis bygger på en damminventering av Länsstyrelsen (1987). Sedan dess är dock dammen raserad men dammrester finns kvar i vattendraget. Dessa har tidigare utgjort ett partiellt vandringshinder under låga vattenstånd i ån men det ska nu vara åtgärdat. Det enda definitiva vandringshindret som återstår är alltså Ekebydammen, för vilken det finns en förstudie framtagen med förslag till åtgärd (Tyréns och TerraLimno Gruppen, 2020). En sammanställning av vandringshinder och genomförda åtgärder för fiskvandring finns i Tabell 29 och Figur 29.

Tabell 29. Identifierade och genomförda åtgärder för vandringshinder inom Fyrisåns fyra avrinningsområden angivna nedströms och uppåt.

Nr.	Namn	VARO	Vandringshinder idag?	Typ av genomförd åtgärd
03A	Islandsfallet	3	Nej	Slitsränna (2008)
03B	Kvarndammen	3	Partiellt	Omlöp (2007)
02A	Ulva kvarn	2	Partiellt*	Slitsränna (2017)
02B	Enstadammen**	2	Nej	Åtgärder för att underlätta passage vid lågflöde (2019)***
01A	Ekebydammen	1	Ja	Förslag finns framtaget

* "Passageeffektiviteten är inte utvärderad. På grund av fiskvägens konstruktion finns skäl att anta att fisk i dagsläget kan ha svårt att finna ingången" (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023b).

** Finns ej angivet i biotopkarteringsdatabasen (Länsstyrelserna, 2018b).

*** Mindre kompletterande åtgärder behövs se beskrivning i avsnitt 6.2.2.



Figur 29. Karta över befintliga och åtgärdade vandringshinder inom Fyrisåns fyra nedre avrinningsområden.

6.2.1 Befintliga definitiva vandringshinder

Ekebydammen

Ekebydammen ligger vid Storvreta och är en gammal kvarndamm som var i drift fram till 1987. Dammen består av ett skibord och flera utskov med en fallhöjd på cirka två meter (Figur 30). Dammen 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 och TerraLimno Gruppen, 2020). Om en fiskväg skulle anläggas förbi dammen skulle det möjliggöra vandring från Mälaren upp till Järstadammarna i Vendelån och till Hammardammen i Vattholmaån.



Figur 30. Ekeby kvarndamm ligger strax söder om Storvreta. Det utgör ett vandringshinder för fisk, men det finns framtaget ett åtgärdsförslag.

6.2.2 Åtgärdade vandringshinder

Vandringshinder där åtgärder har genomförts presenteras nedströms och uppåt.

Islandsfallet

Islandsfallet ligger längst nedströms i centrala Uppsala (Figur 31 t.v.). Här anlades en slitsränna som togs i bruk 2008 (Länsstyrelserna, 2021). Åtgärden har konstaterats fungera mycket bra för både asp och ål och även för de flesta andra förekommande fiskarterna (Upplandsstiftelsen, 2021c; SLU, 2023b).

Kvarnfallet

Kvarnfallet ligger strax uppströms Islandsfallet, också centralt i Uppsala precis intill Upplandsmuseet (Figur 31 t.h.). Under 2007 färdigställdes en fiskväg. Provfiske och fiskkamera visar att fisk passerar både upp- och nedströms, däribland både asp och ål (Upplandsstiftelsen, 2021c, 2022, 2023). Jämfört med Islandsfallet noteras dock färre individer som passerar. Många aspar har exempelvis noterats stanna i forspartiet precis nedströms Kvarnfallet. Därför har det inom detta uppdrag tagits fram en mindre utredning med möjliga förbättringsåtgärder för fiskvägen, se Bilaga 2.



Figur 31. T.v. Slitsränna vid Islandsfallet som togs i bruk 2008. Ökad anlockning till fiskvägen sker genom flödet längst till höger. Till vänster i bild ses skibordet. T.h. Kvarnfallet vid Upplandsmuseet. Fiskvägen består av flera delar. I bild ses den nedersta slitsrännan och denilrännan. Därefter fortsätter fiskvägen i ett omlöp och ytterligare en slitsränna.

Ulva kvarn

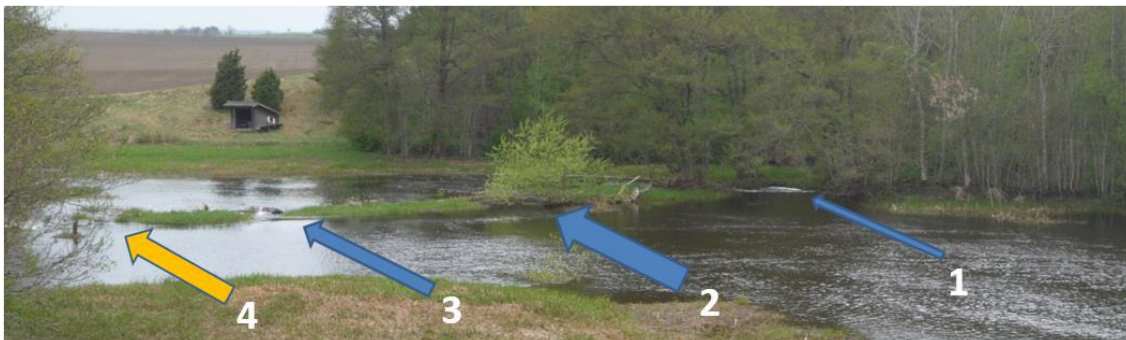
Några kilometer uppströms Uppsala stad vid Ulva finns en gammal kvarn av kulturhistoriskt värde med mindre kraftproduktion. För att möjliggöra fiskpassage anlades 2017 en slitsränna (Figur 32). Årliga elfisken görs i strömmen nedströms kvarnen och med hjälp av fiskkamera har det undersökts i vilken utsträckning som fisk passerar upp- och nedströms i systemet. Under sommaren 2020 noterades den första aspen passera fallet på 350 år (Upplandsstiftelsen, 2021c) men undersökningar tyder på att fisken har svårt att passera (Upplandsstiftelsen, 2022).



Figur 32. 2017 anlades en slitsränna vid Ulva kvarn.

Enstadammen

Vid Ensta finns idag rester av en raserad damm som skapar ett mindre dämme på cirka 0,4 meter, vilket utgör ett partiellt vandringshinder vid lågflöden. Mindre åtgärder har vidtagits under 2019 för att underlätta fiskvandringen (Tyréns och TerraLimno Gruppen, 2021). Bland annat har strömsträckor och vilobassänger anlagts och stenar har flyttats och tillförts för att skapa strömsträckor och passager. De vidtagna åtgärderna bedöms ha ökat passerbarheten vid lågflöde vid totalt tre punkter över det långa dämnet (Figur 33).



Figur 33. Ensta dammvall från Fyrisåns östra sida. Blå pilar visar öppningar där åtgärder vidtagits och gul pil anger öppning utan åtgärd. Källa foto: Anders Larsson, Tyréns.

Kompletterande åtgärder föreslås också till de redan genomföra åtgärderna. Bland annat behöver den stora igenväxning nedströms dämnet (Figur 34) tas bort för att underlätta fiskens lokalisering av de tre öppningar som har skapats i dämnet. Det finns även behov av regelbunden rensning av vegetation från årliga vegetationsbeskärningar uppströms som ansamlas vid dämnet. Enligt uppgifter från beställaren genomfördes en röjning i området 2021 och årlig klippning ska därefter ske (Lifvendahl, 2023, mail). Med fortsatt regelbunden rensning är det lämpligt att följa upp att fisken kan passera och att det även finns fri passage för kanoter.



Figur 34. Igenväxning nedströms Ensta damm. Foto: Tyréns och TerraLimno Gruppen (2021).

7 Åtgärdsförslag

7.1 Kunskapshöjande åtgärder

7.1.1 Övervakningsprogram för biologiska och fysikalisk-kemiska parametrar

I syfte att komplettera bilden av Fyrisåns miljötillstånd, inte minst som underlag för åtgärdsplanering, tog Naturvatten i den tidigare versionen av denna utredning fram ett förslag till förändrat miljöövervakningsprogram för alla vattenförekomster i Fyrisåns avrinningsområde. Nedan sammanfattas Naturvattens förslag (Tabell 30). För en detaljerad redovisning där programmet beskrivs i sin helhet hänvisas till del 1, Bilaga 50, av det tidigare lokala åtgärdsprogrammet för Fyrisån (Naturvatten i Roslagen, 2020). Vilken typ av övervakningsnivå (intensiv, intermediär, extensiv) för att nå god kostnadseffektivitet för de aktuella vattenförekomsterna framgår i Bilaga 1, 2, 3 och 4 (Naturvatten i Roslagen, 2020).

Tabell 30. Omfattning av Naturvattens förslag till utökat miljöövervakningsprogram sett till kvalitetsfaktorer/parametrar samt undersökningsfrekvenser vid olika övervakningsnivåer.

Nivå	Vattendrag	Aktuellt för
Intensiv	Fysikalisk-kemiska 12 gånger/år	VARO 3
	Kiselalger 1 gång/år	VARO 4
	Bottenfauna 1 gång/6 år	
Intermediär	Fysikalisk-kemiska 12 gånger under ett år, en gång var 6:e år	VARO 1
	Kiselalger 2 gånger/6 år	VARO 2
Extensiv	Kiselalger 1 gång/6 år	-

Provfisken bör fortsätta för att övervaka Fyrisåns fiskpopulation, särskilt de av asp och ål.

7.1.2 Inventering av hydromorfologiska parametrar

Den övergripande bilden är att Fyrisåns hydromorfologiska status är sämre än god och åtgärdsbehovet är stort. I statusklassningen av vattenförekomsterna förblir dock 6 av 14 parametrar oklassade, varför det kan finnas ytterligare åtgärdsbehov som är okända. Dessa parametrar är:

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

Många av de parametrarna som är klassade bygger dessutom på översiktliga digitala eller modellerade karteringar. För att få en tydligare bild av Fyrisåns hydromorfologiska status kan därför inventeringar och karteringar av dessa parametrar övervägas.

7.2 Åtgärder mot fosfortillförsel från punktkällor

7.2.1 Åtgärder för enskilda avlopp

Enligt uppgifter från Uppsala kommun finns det cirka 175 hushåll med enskilda avlopp i Fyrisåns avrinningsområde som har bristfällig eller okänd reningsfunktion (kategori A i Tabell 11). När dessa åtgärdas med ny markbädd eller infiltration motsvarande normal skyddsnivå beräknas fosfortillförseln till Fyrisån minska med cirka 59 kg per år. Det motsvarar 27 procent av den beräknade fosfortillförseln från enskilda avlopp till Fyrisån 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 14 stycken inom 100 meter från Fyrisån eller anslutande biflöden. Dessa är prioriterade att åtgärda. Om dessa 14 avlopp skulle uppgraderas till motsvarande hög skyddsnivå skulle fosforbelastningen till Fyrisån minska ytterligare cirka 5 kg årligen. Den begränsade kvarvarande reningspotentialen på några enstaka kg fosfor i förhållande till stora kostnader för den enskilde, gör att det inte bedöms vara prioriterat att införa högre reningskrav än normala för avlopp inom zonen närmast ån annat än vid ny- eller ombyggnation.

Avlopp som bedömts ha bristfällig reningsfunktion (kategori A) är markerade med röda punkter i Figur 35. Avlopp som ligger inom ett avstånd på 100 meter från Fyrisån eller anslutande biflöden är markerade med orange punkt. Är avloppet både inom 100 meter från ån och ej godkänt så är den röda punkten inringad i gult.

I Tabell 31 sammanfattas den potentiella minskningen av fosfor till Fyrisån 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.

Enskilt avlopp för hushåll

- Ej godkänt
- Innanför buffertzonen
- Ej godkänt och innanför buffertzonen
- Buffertzonen vattendrag 100 m

- Vattenförekomstavrinningsområde
- Kommungräns



Figur 35. Enskilda avlopp som inte är godkända och/eller ligger mindre än 100 m från Fyrisån eller anslutande biflöden. Ej godkända avlopp nära ån bör åtgärdas snarast, ej godkända längre från ån så snart som möjligt.

Tabell 31. Potentiell minskning av fosforbelastning på Fyrisån 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	28
VARO 2	18
VARO 3	14
Summa	59

7.2.2 Åtgärder för Storvreta reningsverk

Spillvattenvåtmark

Tekniken att anlägga våtmarker för kompletterande nitrifikation och kvävereduktion för spillvatten är väl beprövad. Uppmätt kvävereduktion i svenska spillvattenvåtmarker ligger mellan cirka 0,5–1,6 ton kväve per hektar och år (Flyckt, 2010). En effektiv nitrifikationsprocess – omvandling av ammonium till nitrat – innebär att belastningen av ammoniak till recipient kan minska. Nitrifikationen beror på hur effektivt vattnet kan syresättas i våtmarken och även på inkommande belastning. Under vissa förhållanden kan den vara upp mot 6 ton/ha/år om nitrifikationen är god sommartid (Halvarsson m.fl., 2024). I syrefattiga miljöer i våtmarken kan även nitratet denitrifieras och avgå som kvävgas, vilket då även minskar belastningen av nitrat till recipient.

Även avskiljningen av restfosfor är väl dokumenterad. Den sker i första hand genom sedimentation och filtrering av mikroflockar som följer med utgående vatten från reningsverket. I flera svenska spillvattenvåtmarker har man sett avskiljningsgrader av totalfosfor på cirka 50 % av inkommande halt till våtmarken (Flyckt, 2010). Utgående fosforhalter ligger inte sällan lägre än i recipienten, motsvarande naturliga bakgrundshalter. Fosforavskiljningen i en våtmark vid Storvreta reningsverk skulle med 50 % reningsgrad avskilja cirka 30 kg fosfor årligen, utifrån nuvarande belastning. Beräkning av nuvarande belastning baseras på ett medelvärde från mätningar under 2019–2021 (se avsnitt 4.2.2). De fåtal studier som gjorts för avskiljning av läkemedelsrester och mikroplaster i spillvattenvåtmarker uppvisar lovande resultat i förhållande till kostnadsbild (Näslund, 2010; Jönsson, 2016; Randefelt, 2019).

Storvreta avloppsreningsverk ligger omgiven av låglänt åkermark, där en våtmark skulle kunna anläggas utan att utsläppspunkten till Fyrisån behöver flyttas. Marken som till stora delar består av postglacial lera är delvis kommunal. Mindre områden med sandig morän bör undvikas. Den svaga slutningen ner mot ån är gynnsam. Preliminärt bedöms ungefär 10 hektar behövas för våtmarksområdet, vilket ger möjligheter att också avskilja cirka 7,5 ton kväve per år.

En våtmark som efterföljande reningssteg utgör vid bräddningar och eventuella driftproblem också en välkommen buffert mellan reningsverk och recipient. Spillvattenvåtmarker bidrar även till den biologiska mångfalden och i flera fall har de för allmänheten tillgängliga delarna blivit uppskattade parkmiljöer.

Kostnader och kostnadseffektivitet

Anläggandet av våtmarken uppskattas kosta 8–12 miljoner kronor, men osäkerheterna i uppskattningen är stora och behöver preciseras genom fördjupade utredningar. De största utgifterna förväntas utgöras av schaktarbete där åtminstone 7 000 m³ jord beräknas behöva flyttas. För beräkningen har en schaktkostnad på 165 kr per m³ och fyllkostnad på 120 kr per m³ antagits. Kostnad för projektering och projektledning ingår i den totala kostnadsuppskattningen men kan variera mycket från fall till fall. Även pumpar, ledningar, ventiler och andra materialkomponenter ingår. Övriga utredningar så som exempelvis geoteknisk utredning utgör en del av kostnadsuppskattningen. Utökad gestaltning och tillgänglighet till våtmarken driver upp priser, vilket finns marginal för i den aktuella kostnadsuppskattningen eftersom våtmarksområdet bedöms ha stor potential att kunna bli ett naturskönt rekreationsområde.

Utifrån den översiktliga kostnadsberäkningen skulle kostnaden motsvara cirka 300 000 kr per kg avskild fosfor, se även Bilaga 1.

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 (Dahlin och Johansson, 2008; WRS, 2012; Parvage, 2015; Aronsson och Salomon, 2017; Isaksson m.fl., 2017; Hellblom och Rybak, 2019).

- Etablera rasthagar på säkert avstånd från diken och vattendrag.
- Anlägga skyddszoner mot vattendrag för att förhindra jorderosion i dikesslänter och på angränsande mark till vattendrag.
- Anlägga beten med grässorter som är tramptåliga (rödsvingel, ängssvingel och ängsgröe är tramptåliga) och toleranta för fuktiga förhållanden.
- Kringdika hagar nära Fyrisån, 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.
- Anlägg fosfordammar för att förhindra att näringsrikt vatten når Fyrisån.

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 Neringen. 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 kunskapshöjning, till exempel genom projekt som drivs av kommunen. Sådana initiativ har tagits av både Oxunda vattensamverkan och Åkerströmmens vattenvårdssamverkan (kommunerna för Vallentuna, Norrtälje, Sigtuna, Österåker, Upplands Väsby, Täby och Sollentuna) som genomför projekt för hästhållare inom respektive avrinningsområde. Projekten riktar sig till mindre hästgårdar, med bland annat kostnadsfria möten, seminarier, studiebesök och gårdsvisa rådgivningar, där gårdar nära vattendrag och gårdar med hög hästtätethet prioriteras.

Inom Fyrisåns avrinningsområde finns fyra hästgårdar som ligger mindre än 100 m från Fyrisån, biflöden eller större jordbruksdiken (Tabell 20, avsnitt 4.2.4) där åtgärder är särskilt prioriterade.

För att exemplifiera hur fosfortillförseln till Fyrisån 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 3 kg i Fyrisåns avrinningsområde.
- Genom att mocka hagar och rastfällor som används mycket dagligen, till exempel med en betesdammsugare, och ta bort 80 procent av gödseln (istället för 60 procent som antas i avsnitt 3.1.3), skulle man kunna minska fosforbelastningen från hästgårdar i Fyrisåns avrinningsområden med drygt 15 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 cirka 18 kg i Fyrisåns avrinningsområde (Tabell 32).

Tabell 32. Uppskattad årlig minskning av fosfortillförsel till Fyrisån 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	98	29	20	9
VARO 2	10	3	2	1
VARO 3	42	12	8	4
VARO 4	42	12	8	4
Summa	192	56	38	18

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.

7.2.4 Åtgärder för miljöfarliga verksamheter och potentiellt förorenade områden

Industrier och verksamheter som ska vara kopplade till spillvattennätet kan vara felaktigt kopplade till dagvattennätet. Spårning kan utföras för att lokalisera dessa. Detta kan vara svårt och tidskrävande men det finns lyckade exempel i exempelvis Ättekulla industriområde och Råån i Helsingborg (NSVA, 2022).

7.3 Åtgärder mot fosfortillförsel från diffusa källor

Arbetet med åtgärder mot fosfortillförsel från diffusa källor har fokuserats på platsspecifika åtgärder i landskapet som till exempel dagvattendammar, fosfordammar och våtmarker. Generella principåtgärder som till exempel strukturstyrning av jordbruksmark, inrättning av skyddszoner och arbetet med gårdsvisa vattenplaner har inte tagits fram förslag för. Dessa generella principåtgärder beskrivs dock i avsnitt 7.5.

7.3.1 Åtgärder för jordbruksmark

Åtgärdstyper

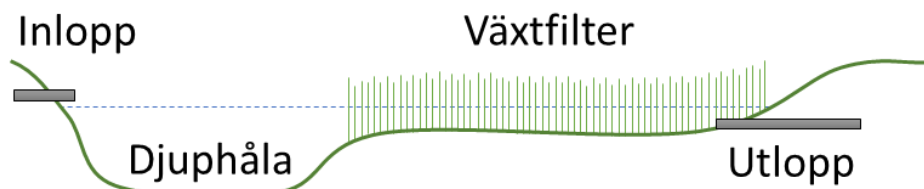
I detta kapitel beskrivs de åtgärdstyper som bedöms vara bäst lämpade för att minska tillförseln av fosfor från jordbrukslandskapet till vattenförekomsterna i avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra. Metodiken kring val av specifik åtgärd beskrivs också. Litteraturuppgifter på åtgärdernas avskiljningsförmåga 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 tillrinningsområdets 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 (Figur 36). 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.



Figur 36. Illustration av fosfordamm med djuphåla och efterföljande vegetationsdel.

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 längd-breddförhållande (Kynkäänniemi, 2014) där en långsmal damm är att föredra.

Utifrån empiri är ett rimligt antagande för uppskattning av reningspotentialen i en fosfordamm med storlek över 0,1 % av tillrinningsområdet att cirka 40-45 % av inkommande fosfor avskiljs (Jordbruksverket, 2015b), se Ekvation 2. För mindre fosfordammar som har en storlek mellan 0,05 och 0,1 % av tillrinningsområdet blir avskiljningen cirka 30 % (Kynkäänniemi, 2014).

Ekvation 2. Empirisk formel för beräkning av fosforavskiljning som funktion av fosfortillförseln från avrinningsområdet (Jordbruksverket, 2015b).

P_{ret} = Avskiljning av fosfor i fosfordamm (kg/år)

P_{bel} = Tillförsel av fosfor från fosfordammens tillrinningsområde (kg P/år)

$$P_{ret} = 0,4584 \cdot P_{bel} - 0,0003 \cdot P_{bel}^2$$

Avskiljningen styrs av flera faktorer, exempelvis inkommande näringsämneshalt och hydraulisk belastning (Kynkäänniemi, 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 för 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 slutningen 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 åtgärdsstyper som beskrivs i detta avsnitt.

I avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra kan konstateras att jordbruksmarken ofta är täckdikad ända ut i större krondiken. Många av dessa krondiken har ett för stort flöde för att anläggande av en fosfordamm i krondiket ska vara lämpligt. I dessa fall kan en åtgärd istället vara att schakta fram täckdikesrören en kort sträcka uppströms mynningen och där anlägga en fosfordamm på tidigare åkermark. Det kräver dock större mängder schakt och i många fall mer intrång på åkermark än om dammen kunde placeras i ett öppet dike. Är potentialen att avskilja fosfor tillräckligt stor och avrinningsområdet relativt litet kan åtgärden motiveras trots de ökade schaktmängderna och kompromissad genomförbarhet. I andra fall avvattnas åkrar direkt mot Fyrisåns huvudfåra. Om detta görs via små diken kan en djuphåla grävas i slutet av varje dike vilket skapar en fosfordamm i mini-format.

Ett exempel på ett åtgärdsförslag enligt stycket ovan är åtgärdsförslag nummer 02–19 (beskrivs i detalj i Bilaga 1). Åtgärdsförslaget är lokaliserat nära Stora Vallskog och har ett

avrinningsområde som är knappt 100 hektar och som nästan uteslutande utgörs av produktiv åkermark. Där täckdiket mynnar i Fyrisån föreslås en fosfordamm schaktas fram i en befintlig sänka. Åtgärdsförslaget är ett typexempel på när det är lämpligt att schakta fram en fosfordamm vid mynningen av ett täckdikessystem.

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 rekreationsmöjligheter för människor kan uppnås

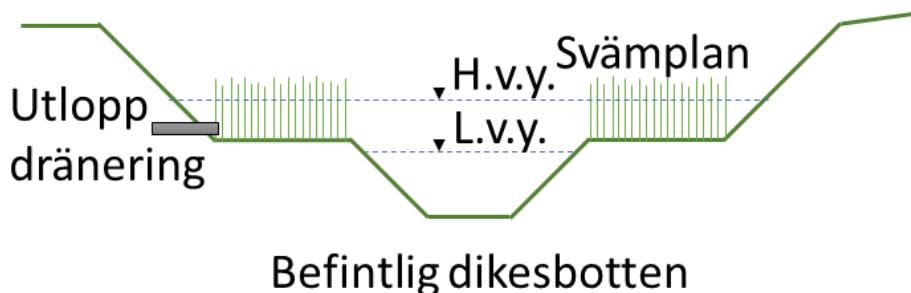
Tvåstegsdike

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 plåtå på vardera sida om diket. Dessa plåtåer ska vara 1–2 gånger så breda som dikesbotten (Figur 37). 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). De första, korta mätserierna från Sverige indikerar att denitrifikation och sedimentation sker på svämplanet och att utformningen är viktig för att optimera reningen (Åström m.fl., 2021; Hallberg, 2022; Hallberg m.fl., 2022). 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.

Eftersom tvåstegsdiken är relativt obeforskade har reningsförmågan har antagits till 25% av det som tillrinner från lokal åkermark på dikets sidor och ingen reningsförmåga har antagits för vatten som leds in i diket från uppströms avrinningsområde. 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.



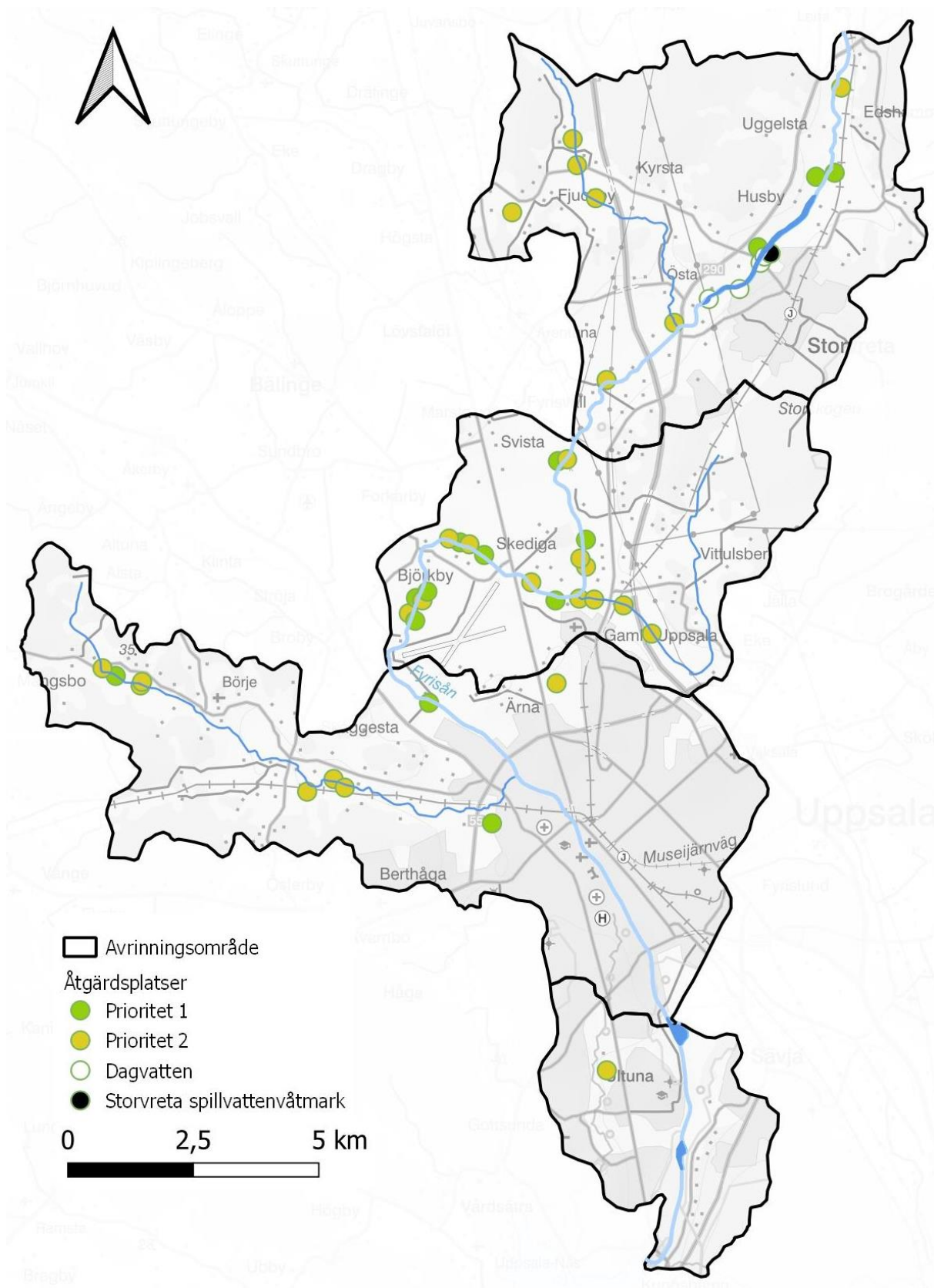
Figur 37. Principsektion på ett tvåstegsdike.

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 har kulverterats 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 intensivt odlad jordbruksmark.

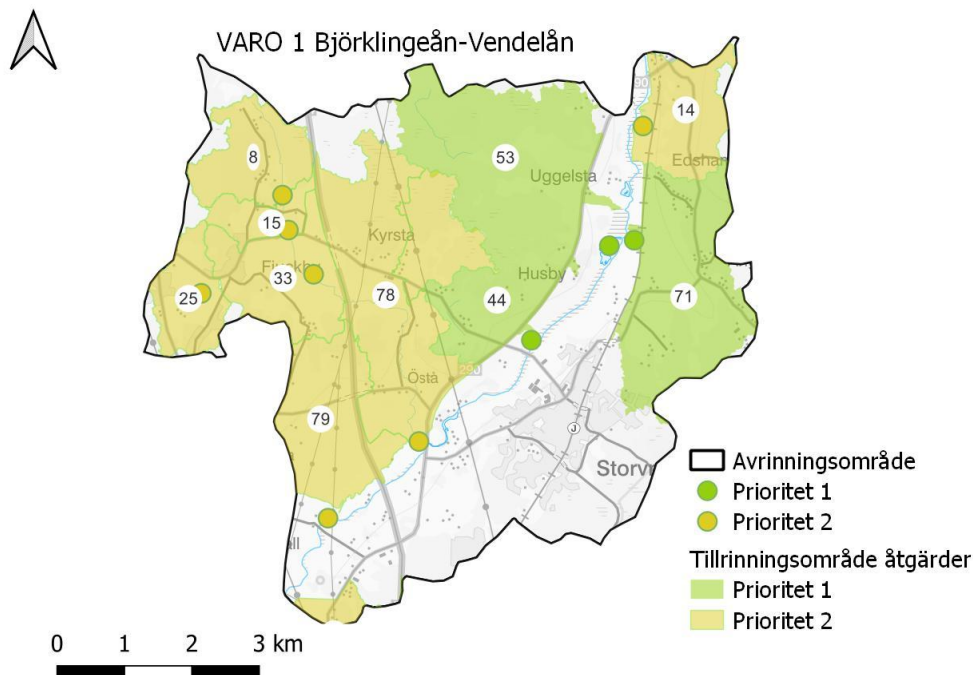
Åtgärdsförslag

Totalt föreslås 61 platsspecifika åtgärder för minskat fosforläckage från jordbruksmark inom avrinningsområdet för Fyrisåns huvudfåra. Av de föreslagna åtgärder har 14 fått prioritet 1, 27 fått prioritet 2, och 20 fått prioritet 3. Åtgärdsförslagen med prioritet 1 och 2 presenteras mer detaljerat i Bilaga 1. De platsspecifika åtgärdsförslag med prioritet 1 och 2 uppskattas tillsammans kunna minska fosfortillförseln med cirka 910 kg årligen till Fyrisån. Under utredningens gång avfärdades 41 åtgärdsplatser, från en ursprunglig lista med 102 platser, efter en initial analys av förutsättningarna. Samtliga föreslagna åtgärdsplatser redovisas i Figur 38. Åtgärdsförslagen är numrerade med nummer som är en kombination av VARO-nummer och nummer på åtgärdsförslaget, där till exempel åtgärd 02–01 är den första åtgärden från bruttolistan i VARO 2.



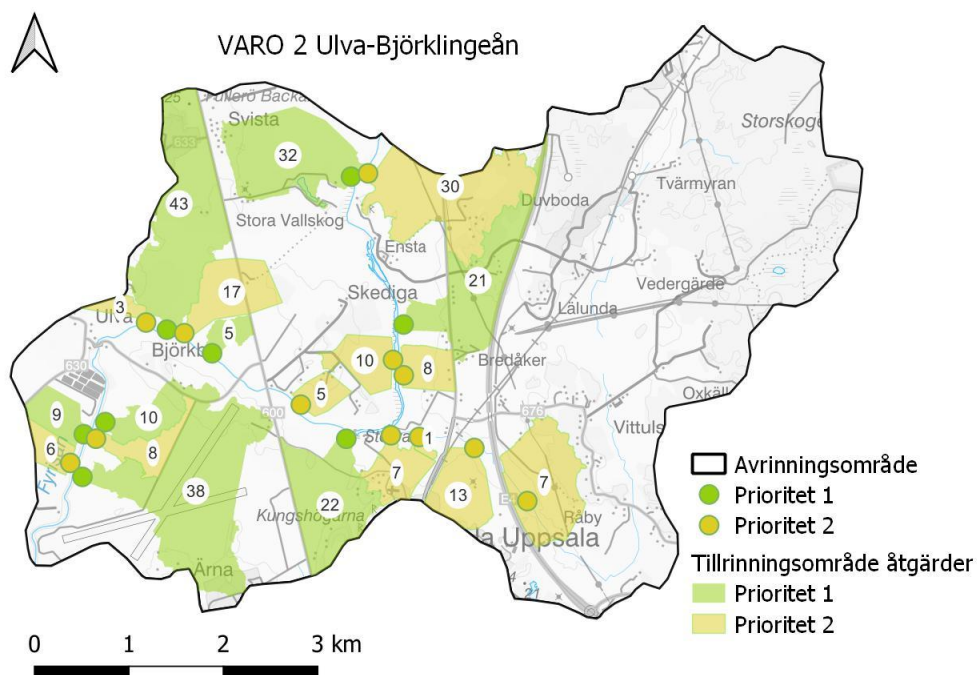
Figur 38. Föreslagna åtgärder mot fosfortillförsel från jordbruk (och dagvatten) inom Fyrisåns avrinningsområde. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet, u.å.

För VARO 1, avrinningsområdet till delsträckan Björklingeån–Vendelån, föreslås tre åtgärder med prioritet 1 och sju åtgärder med prioritet 2 (Figur 39) som tillsammans förväntas kunna minska fosfortillförseln till Fyrisån med cirka 420 kg per år (Tabell 33).



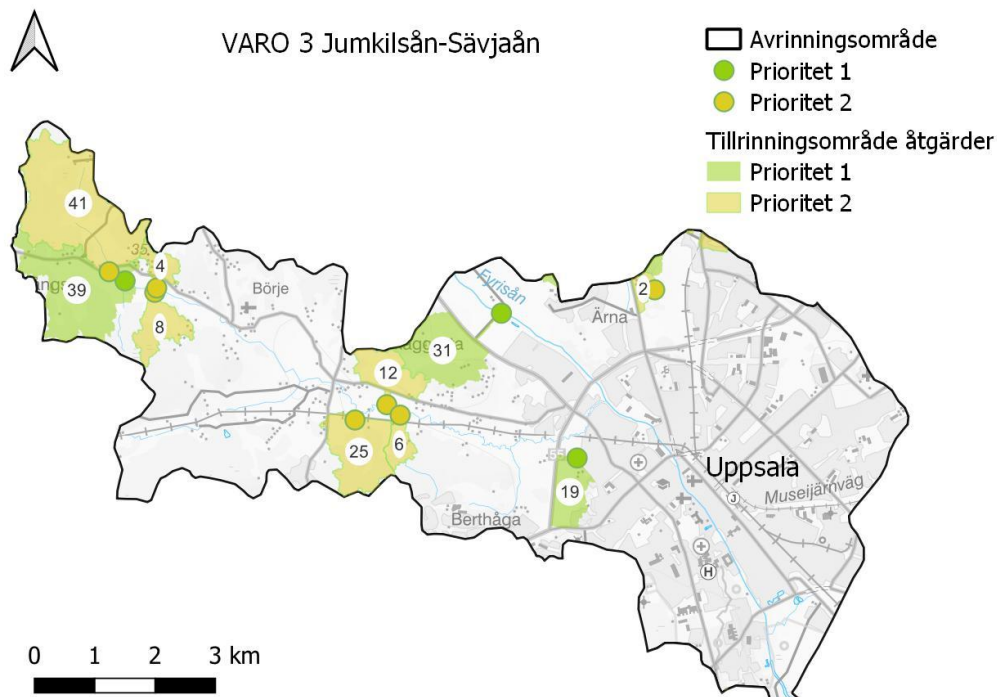
Figur 39. Åtgärdsplatsförslag av första och andra prioritetsklass samt tillrinningsområden och förväntad årlig fosforavskiljning i kg för Fyrisån på sträckan Björklingeån–Vendelån.

För VARO 2, avrinningsområdet till delsträckan Ulva–Björklingeån, föreslås åtta åtgärder med prioritet 1 och tolv åtgärder med prioritet 2 (Figur 40) som tillsammans förväntas kunna minska fosfortillförseln till Fyrisån med cirka 290 kg per år (Tabell 33).



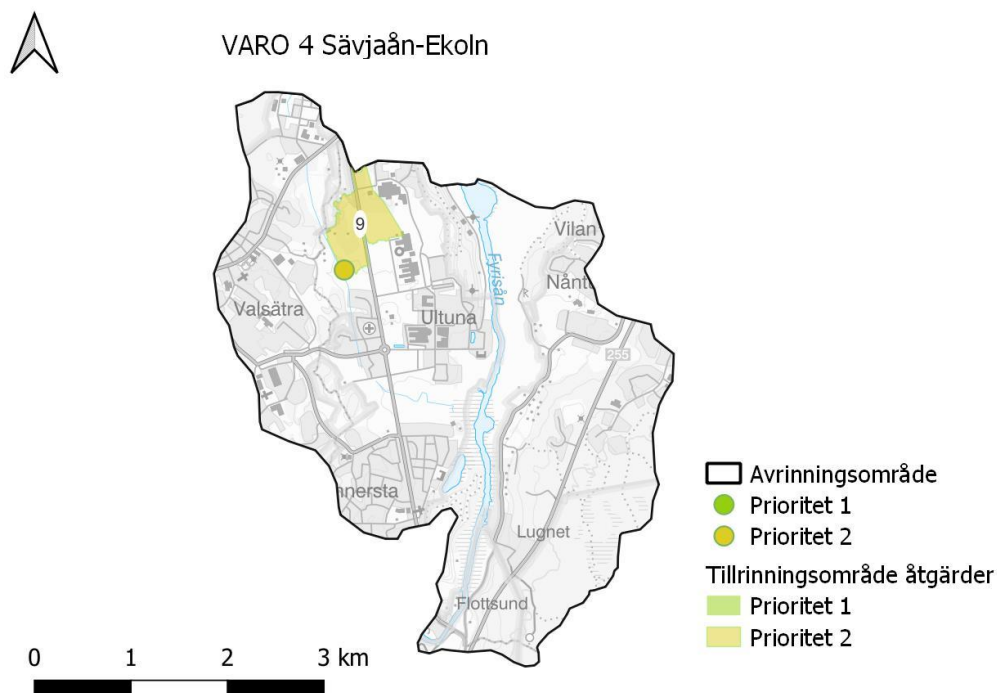
Figur 40. Åtgärdsplatsförslag av första och andra prioritetsklass samt tillrinningsområden och förväntad årlig fosforavskiljning i kg för Fyrisån på sträckan Ulva–Björklingeån.

För VARO 3, avrinningsområdet till delsträckan Jumkilsån–Sävjaån, föreslås tre åtgärder med prioritet 1 och sju åtgärder med prioritet 2 (Figur 41) som tillsammans förväntas kunna minska fosfortillförseln till Fyrisån med cirka 190 kg per år (Tabell 33).



Figur 41. Åtgärdsplatsförslag av första och andra prioritetsklass samt tillrinningsområden och förväntad årlig fosforavskiljning i kg för Fyrisån på sträckan Jumkilsån–Sävjaån.

För VARO 4, sträckan Sävjaån–Ekoln, föreslås bara en åtgärd med prioritet 2 (Figur 42) då nästan hela detta avrinningsområdet täcks in av Dagvattenplan för Uppsala (WRS, 2019).



Figur 42. Åtgärdsplatsförslag av andra prioritetsklass samt tillrinningsområde och förväntad årlig fosforavskiljning i kg för Fyrisån på sträckan Sävjaån-Ekoln.

Den summerade förväntade avskiljningen av alla åtgärdsförslag med prioritet 1 och 2 uppgår till drygt 900 kg fosfor per år och redovisas i Tabell 33.

Tabell 33. Förväntad årlig fosforavskiljning för åtgärdsförslag med prioritet 1 och 2 per delavrinningsområde

VARO	P-avskiljning Prio 1- åtgärder (kg/år)	P-avskiljning Prio 2- åtgärder (kg/år)	Summa
VARO 1	170	250	420
VARO 2	180	110	290
VARO 3	90	100	190
VARO 4	0	10	10
Summa	430	470	910

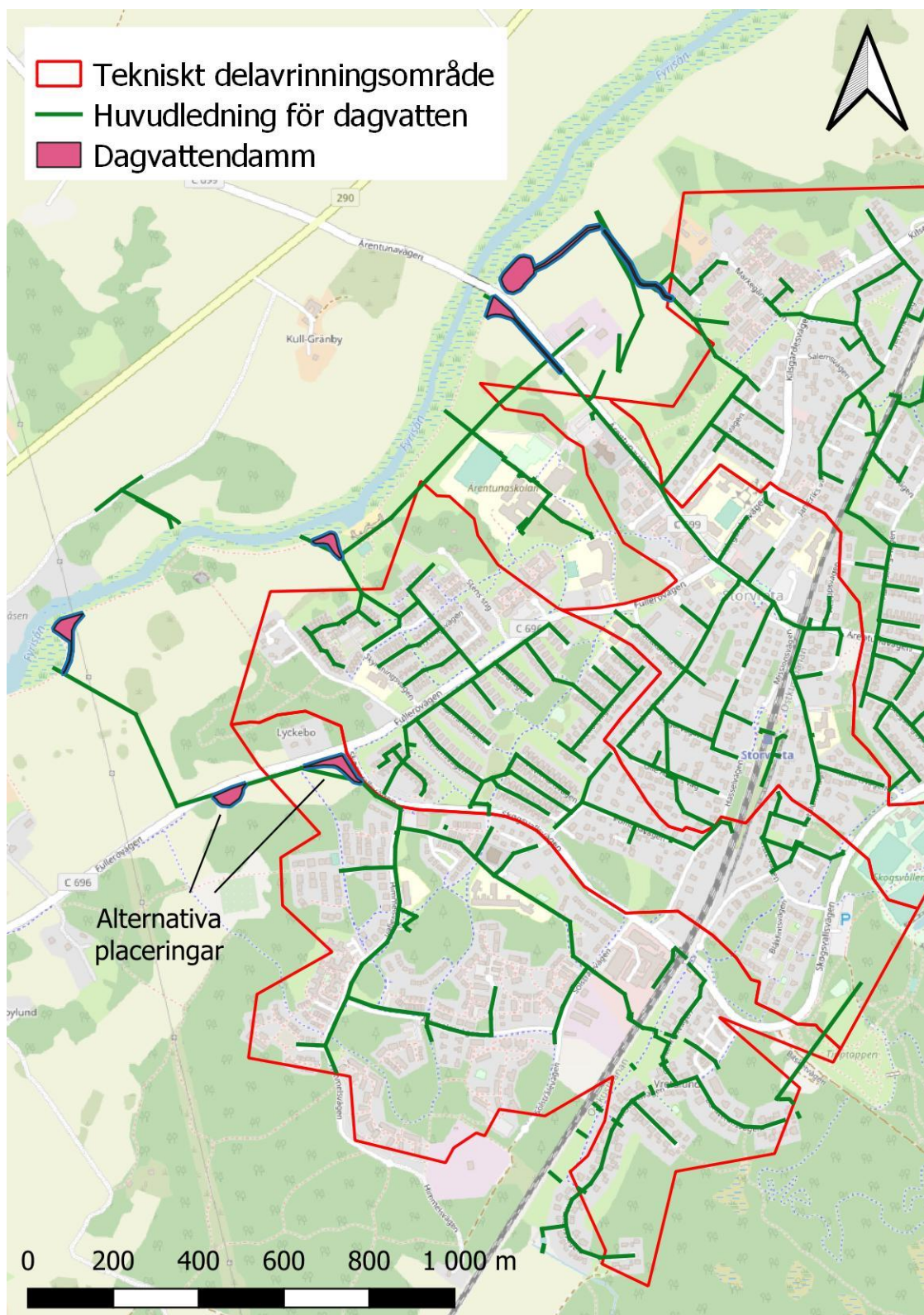
7.3.2 Åtgärder för tätortsbebyggelse

Åtgärder för dagvatten från Uppsala tätort

I Uppsala dagvattenplan (2019) redovisas totalt fjorton åtgärdsförslag för dagvatten inom befintlig bebyggelse i Uppsala tätort. Utav dessa avrinner nio åtgärder mot Fyrisåns huvudfåra som totalt beräknas kunna minska mängden fosfor till Fyrisån med upp till 280 kilo per år. Dessa förslag bedöms alltså relevanta och därmed presenteras inga nya förslag i denna rapport.

Åtgärder för dagvatten från Storvreta tätort

Fyra dagvattenåtgärder föreslås för Storvreta tätort (Figur 43). Samtliga åtgärder är så kallade *end-of-pipe* lösningar, i detta fall dagvattendammar, som skulle rena dagvatten från större avrinningsområden. Den huvudsakliga reningsmekanismen är sedimentation för avskiljning av partiklar, däribland fosfor. Om dagvattendammarna utformas med varierande vattendjup och riklig vegetation kan även filtrering bidra till ytterligare avskiljning. Då platserna för de föreslagna åtgärderna ligger på lera eller finlera rekommenderas att de anläggs utan geomembran eller annat konstgjort tätskikt. Tätortens tillförsel av fosfor till Fyrisån uppskattas vara 130 kg/år (se stycke 4.3.5) varav drygt 110 kg når ån via de utloppspunkter dessa fyra åtgärder avser. Samlad avskiljningspotential för åtgärderna uppgår till drygt 50 kg fosfor per år. Åtgärderna beskrivs vidare i Bilaga 1.



7.4 Åtgärder för förbättrad hydromorfologi

7.4.1 Åtgärder för förbättrad konnektivitet

Utav områdets fyra vandringshinder behöver åtgärder genomföras på tre platser. Vid Ekebydammen behöver en fiskväg anläggas som möjliggör upp- och nedströmsvandring. Här hänvisar vi till förstudien Förstudie: *Fiskvägar i Fyrisån, Vendelån och Björklingeån: Fyrisån-Ekeby kvarn: Delrapport dämme 5* (Tyréns och TerraLimno Gruppen, 2020).

För slitsrännan vid Ulva kvarn är passageeffektiviteten inte utvärderad. På grund av fiskvägens konstruktion finns skäl att anta att fisk i dagsläget kan ha svårt att finna ingången (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023b). Utvärdering och eventuella åtgärder görs rimligen i samband med omprövning av vattenkraftsverksamheten för moderna miljövillkor (NAP). För Ulva kvarn ska ansökan lämnas in 1 september 2024 enligt förordningen (1998:1388) om vattenverksamheter.

För Kvarnfallet beskrivs ett antal åtgärds- och förbättringsförslag i Bilaga 2 och sammanfattas nedan (Tabell 34).

Tabell 34. Sammanställning av föreslagna åtgärder för Kvarnfallets fiskväg. Prioritetsordning 1 är högst och 3 är lägst i denna utredning. Kolumnen Avsnitt hänvisar till avsnitt i Bilaga 2.

Prioritetsordning	Avsnitt	Åtgärd
1	3.1 Drift- och skötselplan	Ansvarsfördelning av fiskväg och skibord behöver utredas och bestämmas, inklusive ekonomiskt ansvar. Drift- och skötselplan är nödvändigt för att säkerställa fiskvägens funktion och driftsäkerhet.
1	3.6 Omlöp	Ta bort stryk/tröskel. Åtgärd behöver genomföras i kombination med åtgärd i avsnitt 3.7.
1	3.7 Slitsränna i betong och stål	Förbättrad reglering av flöde och öppningsgrad av luckan, åtgärd behöver göras i kombination med åtgärd i omlöp.
2	3.4 Slitsränna i trä	Renovering av skiljeväggar samt optimering av flöde i slitsränna.
2	3.3 Förbättrad anlockning	Utred förbättrad anlockning via gamla kvarnrännan. Öka flöde i fiskväg, se även åtgärder i avsnitt 3.6 och 3.7.
2	3.8 Nedströms passage	Utred om det är möjligt att nyttja kvarnrännan för nedströms passage. Alternativt försänkningar i skibord.
3	3.2 Utvärdering av fiskkamera	Djupare analys av passerbarhet under olika flöden, vattentemperatur och typ av arter för att förstå fiskvägens funktion och effekter.
-	3.5 Denilränna	Ingen åtgärd föreslås.

7.4.2 Åtgärder för förbättrad hydrologisk regim och morfologi

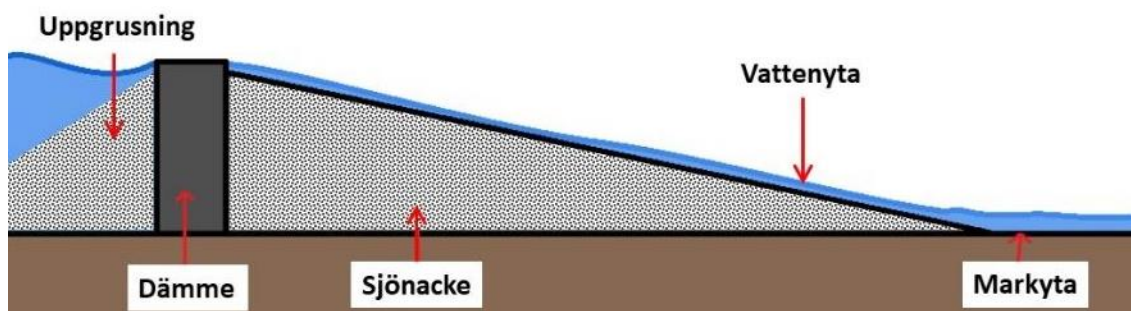
Nedan beskrivs översiktligt fyra åtgärdstyper som föreslås i Bilaga 3 till detta underlag, som påverkar kvalitetsfaktorerna *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* positivt. I många fall kan de även bidra med minskad transport av näringsämnen, men för de platsspecifika åtgärder i detta underlag 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 ny eller ändrad miljödom och är troligen enklast att genomföra för sjöar där produktiv jordbruksmark har övergivits eller endast påverkas marginellt av höjd vattennivå, samt där gamla markavvattningsföretag är upphävda eller inaktiva.

Sjöar återställs lämpligen genom att åter dämma upp till äldre vattennivåer, ofta i kombination med utgrävning av den mark som över tid har vuxit igen. En ofta lämplig dämning är en så kallad ”sjönacke” (Figur 44). Denna tröskel består av ett dämme, ofta med en v-formad skåra i mitten för att underlätta passage av fisk och hålla vattennivåerna mer stabila vid lågflöden. På båda sidorna om tröskeln anläggs en sträcka med makadam överbyggt med naturgrus/sten (ej sprängsten) med ett fall på cirka 2–3 %. Detta för att möjliggöra fri vandring i vattendragets båda riktningar.



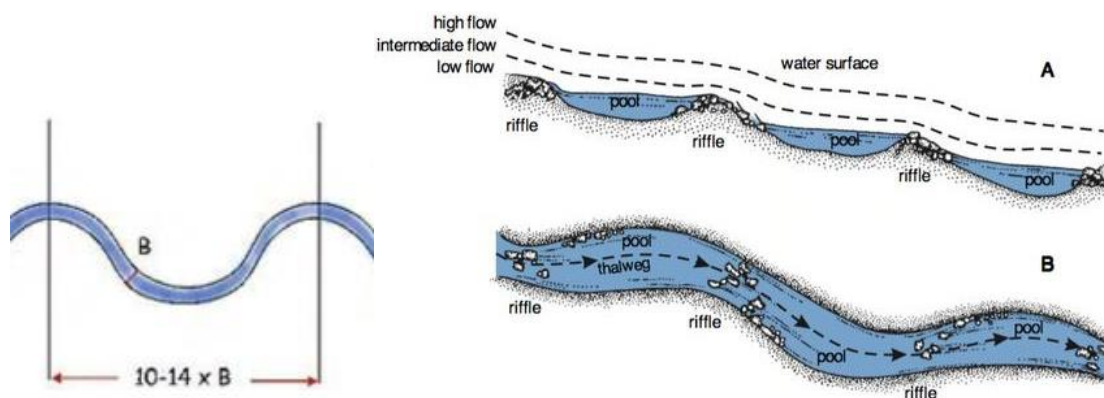
Figur 44. Principiell skiss av en sjönacke, modifierad från Nordenås m.fl. (2021). Uppströms är till vänster i bilden.

(Åter)meandring

Samtidigt med sjösänkningarna har även många åar rätats och sänkts. Här finns möjlighet att återskapa meandrande sträckor för att skapa nya habitat, öka vattendragens flikighet och främja naturliga erosions- och depositionsprocesser av material. Återmeandring kan ofta även kombineras att återskapa naturliga svämplan (flacka strandzoner, se nedan).

Meandring passar i stora delar av Fyrisåns flacka avrinningsområde där lutningen är svag eller måttlig. I områden med mer erosionsbenägna jordar kan naturlig meandring troligen stimuleras genom att blockera delar av huvudflödet för att tvinga vattnet att välja andra vägar. Detta möjliggör en långsam naturlig återställning av hydrologin. Meandring får en positiv påverkan på flertalet hydromorfologiska parametrar som *specifik flödesenergi*, *vattendragsfårans form* och *vattendragsfårans kanter*.

Det önskvärda är att återskapa den naturliga meandring som en gång fanns. Om det inte går att fastställa är en god tumregel att återmeandra med en våglängd på cirka 10–14 gånger åns bredd (Figur 45 t.v.). Om vattendraget lämpar sig, bör även så kallade *riffles* (grundare strömsträckor med viss lutning och stenbotten) och *pools* (djuphålor med naturlig botten och lugnare vatten) skapas (Figur 45 Figur 45).



Figur 45. T.v. En god tumregel om den historiska meandringen inte kan fastställas är att våglängden mellan varje meanderbåge bör vara ungefär 10–14 gånger åns bredd (Hagerberg m.fl., 2004). T.h. Principiell utformning av så kallade riffles och pools. Ovan: sektion. Nedan: plan. Figur från Jennings och Harman (2023).

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 rekreativvärden och en ökad biologisk mångfald.

Naturliga svämplan

När åar och sjöar har sänkts, rätats och rensats har de ofta blivit avklippta från deras naturliga svämplan. Ibland har också vallar, pumpar och annan infrastruktur använts för att omvandla det naturliga svämplanet till exempelvis jordbruksmark. När en å återfår sitt naturliga svämplan förbättras det *morfologiska tillståndet* positivt. Dessutom bidrar det till att buffra flöden och minska översvämningsrisken nedströms.

Övriga åtgärder

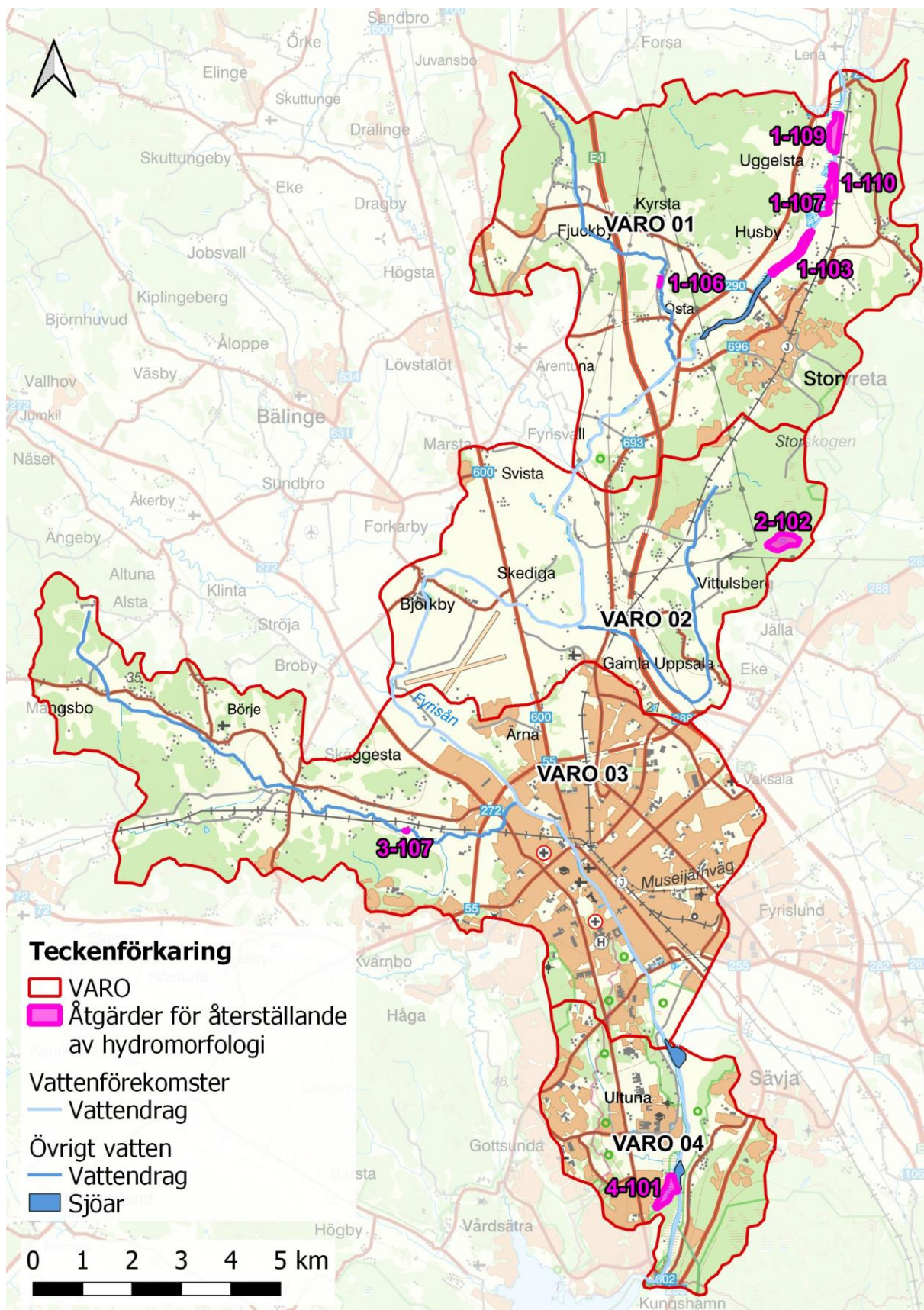
Utöver de åtgärdestyper som listas ovan finns även ett par andra åtgärder som påverkar hydromorfologin positivt. Det har dock inte tagits fram platsspecifika åtgärdsförslag med avseende på hydromorfologi för dessa:

- **Tvåstegsdiken** bidrar till något förbättrat *morfologiskt tillstånd* men är även en åtgärd som kan minska fosfortillförseln, se avsnitt 7.3.1.
- **Skyddszoner/kantzoner/buffertzoner** förbättrar en åsträckas *morfologiska tillstånd* samtidigt som de kan bidra med minskad näringstransport, se avsnitt 7.5.1.

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 åtta åtgärdsförslag (Figur 46, Tabell 35). Av dessa är två åtgärder anläggande av våtmark eller återskapande av svämplan, tre stycken skapande av meandersträckor och tre stycken olika typer av sjörestaureringar. Se Bilaga 3 för en kortare beskrivning och bedömning av varje åtgärds genomförbarhet.



Figur 46. Översikt av åtgärdsförslag för förbättrad hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet.

Prioritering

Varje utrett åtgärdsförslag har givits en prioritetsordning från 1 till 4, där en åtgärd med prioritet 1 anses ha stor ekologisk effekt och genomförandepotential. Åtgärder med prioritet 1 till 3 beskrivs i Bilaga 3. Åtgärder med prioritet 4 har avfärdats och presenteras inte i Bilaga 3 då de bedöms vara mycket svårgenomförda och/eller ha en begränsad hydromorfologisk nytta. 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 åtta åtgärder bedöms inte någon ha prioritet 1, två åtgärder har prioritet 2 och sex förslag prioritet 3.

Tabell 35. Översikt av åtgärdsförslag för hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd som finns beskrivna i Bilaga 3.

Åtgärds-nummer	Namn	Prioritets-ordning	Föreslagen åtgärd
1-103	Sjörestaurering i Störvreta	3	Återställande av sjö och det äldre svämplanet med sjönacke.
1-106	Meandring vid Låta	3	Meandring av uträtad sträcka i ett mindre biflöde.
1-107	Meandring vid kräftdamarna	3	Skapa meandring inom svämplanet för att aktivera större del av svämplanet oftare.
1-109	Invallningsföretag vid Edshammar	2	Återställning av svämplan eller skapande av våtmark.
1-110	Invallningsföretag vid Ångeby	2	Återställning av svämplan eller skapande av våtmark.
2-102	Våtmarksrestaurering vid Sjödyn	3	Eventuell dämning av utloppsdiket och rensning av vegetation kring sjön för att återställa våtmarksytan och kvarhålla vatten.
3-107	Meanderbåge i Librobäck vid Nyvla	3	Återkoppla en avsnörpt meanderbåge med huvudfåran, alternativt skapa en grund damm av den gamla meanderbågen för ökad biologisk mångfald.
4-101	Sjö-/dikesrestaurering vid Sunnerstaviken	3	Förbättra konnektivitet genom att gräva ett meandrande dike från Fyrisåns huvudfåra till sjön. Rensa kantzoner för ökad sjöyta.

7.4.3 Biotopförbättrande 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 Fyrisån ligger nästan 40 %, eller 14 av åsträckans 36 kilometer, inom markavvattningsföretag eller är tydligt rätad. Detta innebär troligen att utbredningen av produktiva strömsträckor och leklokaler är relativt begränsad. För att få till stånd åtgärder behöver kontakt tas med markavvattningsföretag för att diskutera lösningar där vissa sträckor av ån undantas från rensning och återskapas med sten- och grusbottnar.

Andra biotopförbättringar 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 sidofåror som har ändrats historiskt
- bredda åfåran
- höja vattennivån och bottennivån (tillbaka mot ursprungliga nivåer).

Alla ovan biotopförbättrande 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.

Även skötsel och underhåll av historiskt brukade strandängar kan vara positivt för hydromorfologin. Många ängar och beten har legat intill vattendrag. När dessa har slutat betas eller slås ökar igenväxningen med minskad biologisk mångfald som följd. Även nivån för svämplanet kan gradvis höjas när organiskt material inte förs bort i samma grad.

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).

För biotopförbättrande åtgärder vid stadsbebyggelse hänvisas till Bilaga 4.

7.5 Övriga åtgärder

7.5.1 Strukturkalkning av jordbruksmark

Jordbruksmarken i Fyrisåns avrinningsområden består till stora delar av lerjordar. Här sker potentiellt stora fosforförluster när fosfor transporteras med uppslammade lerpartiklar i vattnet i samband med kraftiga regn, långvariga regn under perioder med mättad mark och lite växtlighet eller vid snösmältning. En åtgärd som kan minska fosforförlusten från lerig jordbruksmark till vattendrag är strukturkalkning (Jordbruksverket, 2015c).

Strukturkalkning sker med bränd eller släckt kalk som tillförs mark och snabbt plöjs ner (Jordbruksverket, 2015c). Kalken förbättrar markstrukturen genom att bilda fler och stabilare aggregat som inte spolats bort lika lätt. Kalkning bidrar också till en jämnare infiltration av vatten över markyta, vilket minskar förluster av fosfor och uppslammat material till dräneringsrören och vidare ut i vattendragen. Långtidseffekterna av strukturkalkning har inte studerats tillräckligt men troligen kan det på vissa jordar minska fosforförlusterna (Collin, 2010). Det ska dock enbart göras på den areal av jordbruksmarken som har mindre än optimal dränering (Strand, 2019). Vattenmyndigheterna uppskattar reduktionspotentialen till cirka 30 %, dock utifrån data från jordar med mycket hög lerhalt (Gyllström m.fl., 2016).

Kostnad

Kostanden att strukturkalka uppskattas till 5 000 kr/ha, vilket inkluderar kostnader för kalk och nedbrukning (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023e). Kostnadseffektiviteten blir 23 000 kr/kg P.

Klimatpåverkan

Nytta av ökad produktion och minskad fosforförlust genom strukturkalkning bör också vägas mot kalkens klimatpåverkan. Ett ton kalk orsakar utsläpp av cirka 700-800 kg CO₂e i produktionen (Naturskyddsföreningen, 2023; Svenska kalkföreningen, 2023) och för varje hektar åkermark åtgår cirka åtta ton kalk (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023e). Totalt stod kalkning inom jordbruket för utsläpp av cirka 0,13 miljoner ton CO₂e i Sverige under 2022 (Naturvårdsverket, 2023f). Ny forskning indikerar dock att kalkningens klimatpåverkan under vissa betingelser kan kompenseras av minskade lustgasutsläpp, delvis till följd av höjt pH. Även vilken gröda som odlas påverkar lustgasutsläppen (Karlsson Potter m.fl., 2023).

Potentiella åtgärdsplatser

Totalt identifierades 34 potentiella platser för strukturskalkning (Figur 47 och Figur 48). Det område som lokalt tillrinner markerade erosionskänsliga rinnsträckor i figurerna är marker som kan vara intressanta för strukturskalkning. Viktigt att komma ihåg är att strukturskalkning endast är relevant för dessa platser om åkerdräneringen inte fungerar optimalt och erosion verkligen sker. Detta går endast att bedöma med platsbesök.

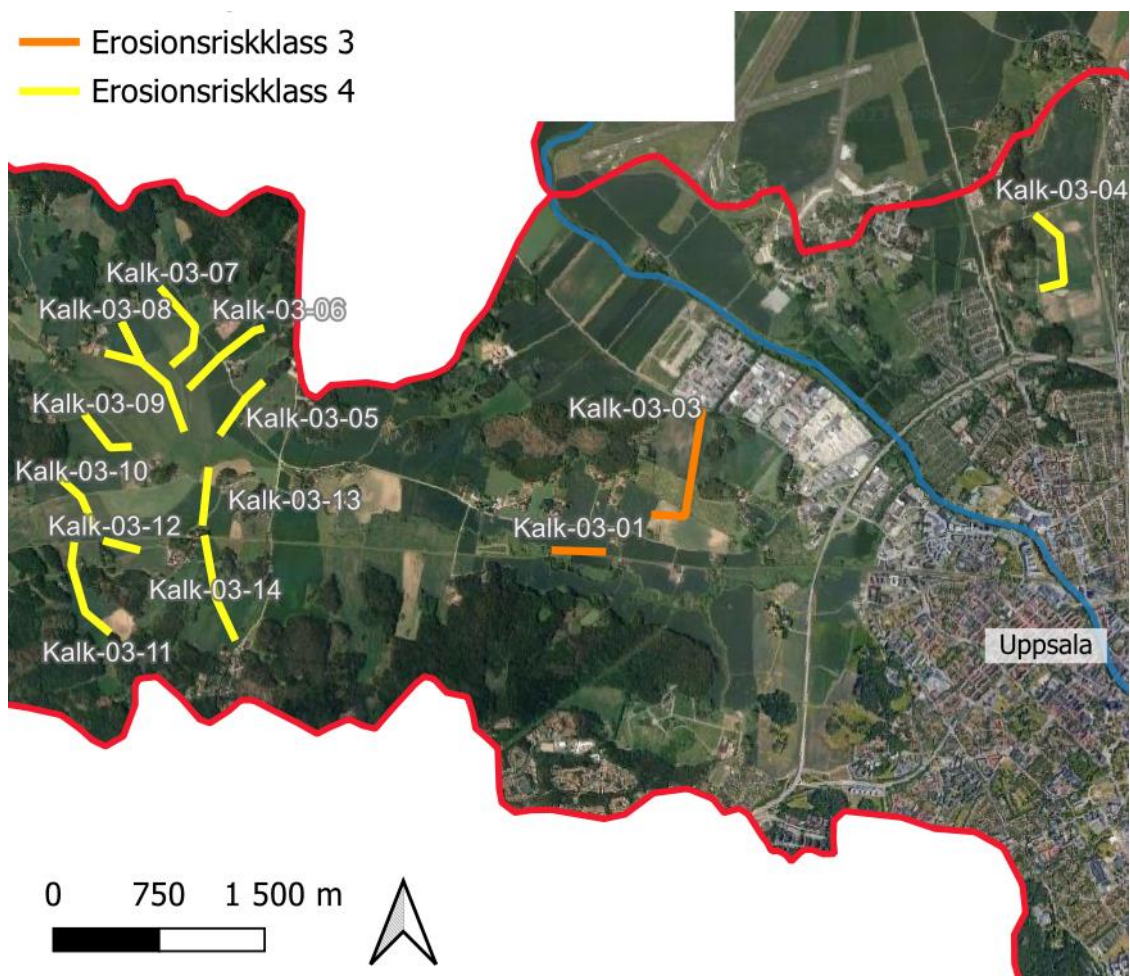
Denna utrednings potentiella åtgärdsplatser motsvarar 590 hektar mark som skulle kunna minska fosforbelastningen med 130 kg/år om erosion skulle visa sig vara ett problem på samtliga platser. Detta skiljer sig markant mot Vattenmyndighetens uppskattning på 2 200 hektar mark och 870 kg P/år (Tabell 36). Skillnaden består i att vi i denna utredning enbart pekar ut de mest kostnadseffektiva platserna, där erosionsrisken potentiellt är som störst. Dessutom antar vi ett schablonvärde att kallning kan minska fosfortransporten med 0,22 kg/ha/år, vilket motsvarar högeffektiv kalkning, medan Vattenmyndigheten använder siffror på 0,35 till 0,44 kg/ha/år.

Tabell 36. Potentiell fosforavskiljning med föreslagna platser för strukturskalkning, jämfört med redovisad potential av Vattenmyndigheten.

VARO	Denna utredning			Vattenmyndigheten		
	Areal (ha)	Avskiljning schablon (kg/ha/år)	Avskiljning (kg/år)	Areal (ha)	Avskiljning schablon (kg/ha/år)	Avskiljning (kg/år)
1	120	0,22	26	520	0,35	180
2	230	0,22	50	760	0,38	290
3	250	0,22	55	910	0,44	400
4	0		0	0		0
Summa	590		130	2 200		870



Figur 47. Erosionskänsliga rinnsträckor av riskklass 3 och 4 (vissa sträckor markerade som 4 innehåller kortare sträckor av riskklass 3) i VARO 1 och VARO 2. Potentiella åtgärdsplatser för strukturkalkning är den jordbruksmark som tillrinner rinnsträckan. Observera att strukturkalkning endast är relevant om åkerdräneringen på dessa platser inte fungerar och erosion verkligen sker.



Figur 48. Erosionskänsliga rinnsträckor av riskklass 3 och 4 (vissa sträckor markerade som 4 innehåller kortare sträckor av riskklass 3) i VARO 3. Potentiella åtgärdsplatser för strukturkalkning är den jordbruksmark som tillrinner rinnsträckan. I VARO 4 identifierades inga potentiella åtgärdsplatser. Observera att strukturkalkning endast är relevant om åkerdräneringen på dessa platser inte fungerar och erosion verkligen sker.

7.5.2 Skyddszon/kantzon/buffertzon

Så kallade skydds-, buffert- eller kantzoner längs med brukad åkermark kan både förbättra ett vattendrags morfologi, öka den biologiska mångfalden och bidra till minskad näringstransport (Jordbruksverket, 2016). Skyddszoner kan delvis återskapa vattendragens naturliga slänter och närområde och samtidigt minska erosionsrisken och därmed fosforförlusterna via ytavrinning från åkermarken. Skyddszoner anläggs därför där det finns en uppenbar risk för erosion, till exempel på erosionsstråk inne på fält, längs åkerdiken, vid täckdikesbrunnar och vid brunnar som fungerar som ytvattenintag,

I Fyrisåns avrinningsområde finns det många stora åkrar längs ån och andra diken med stora flöden med ytavrinning direkt mot vattendraget eller diket. På sådana platser lämpar sig inte fosfordammar eller våtmarker utan här är istället skyddszoner lämpade att anlägga.

Dessa zoner ska helst vara mellan 15 och 30 meter breda (Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2012) och kan besås med gräs, örter, vall, buskar eller träd eller utgöra betesmark, slåttervall, naturliga stränder eller även skogsbrynslika partier. Zonerna kan delas in i tre kategorier beroende på utformning och ambitionsnivå: lokalt anpassade kantzoner, ekologiskt funktionella kantzoner och integrerade buffertzoner.

Lokalt anpassade kantzoner

Lokalt anpassade kantzoner är en mindre ambitiös åtgärd där exempelvis gräs eller vall etableras för att betas eller slå (Figur 49). Nyttan för hydromorfologi och näringsretention är generellt mindre eftersom vegetationen är lägre och mindre varierad. Dessa ger dock ändå ett bättre skydd för vattendraget än att ha åkermark som löper hela vägen fram till åfåran.

Skyddszoner som placeras längs vattendrag eller vattenförande diken avskiljer typiskt cirka 2–4 kilo fosfor per hektar och år beroende på jordens erosionskänslighet. Skyddszoner på särskilt erosionskänsliga delar av fältet, till exempel kring dräneringsbrunnar, ger dock betydligt större retention av fosfor, 12–39 kg/ha/år (Vattenmyndigheterna och Länsstyrelserna, 2021). I avrinningsområdena till Fyrisåns huvudfåra anger Vattenmyndigheten en summerad avskiljningspotential för dessa typer av konventionella kantzoner på knappt 200 kg P/år.



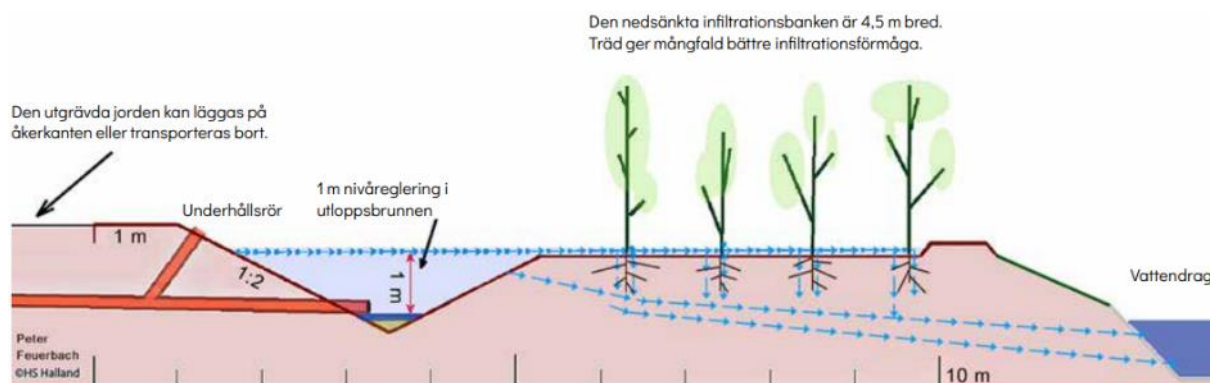
Figur 49. En lokalt anpassad kantzon (LAK) med obrukad mark av gräs/vall närmast diket.

Ekologiskt funktionella kantzoner

Ekologiskt funktionella kantzoner omfattar strandzonen och en del av det angränsande fastmarksområdet. Den besås ofta med en blandning av träd, buskar, gräs och örter. Zonen bör även inkludera utströmningsområden och våtmarker. Inom zonen gynnas etablering av en naturlig vegetation och närmast vattnet, där träd och buskar bör dominera (med undantag för betesmarker), hålls zonen orörd. Kantzonen kan dock i vissa fall innefatta en skötselzon, minst 10 meter från vattendraget, med begränsat uttag av träd och skörd av fånggrödor. Dessa kantzoner ger en buffert mellan åkermark och vattendrag som delvis återskapar vattendragens naturliga slänter, vilket bland annat medför erosionsskydd, en återgång till ett naturligare svämplan och viss flödesreglering vid höglöden. Särskilt trädbevuxna kantzoner mellan terrestra och akvatiska miljöer är effektiva filter för närsalter från jordbruksmark (Petts, 1990).

Integrerade buffertzoner

I integrerade buffertzoner leds åkerdräneringen till ett dike som grävs parallellt till vattendraget med en cirka 5 meter bred träd- eller buskbeklädd infiltrationsbank mellan diket och vattendraget (Figur 50). Dessa zoner ger god näringsretention och ett mer effektivt skydd än lokalt anpassade kantzoner, men återskapar inte vattendragets naturliga slänter som ekologisk funktionella kantzoner delvis gör.



Figur 50. Konceptuell bild av en integrerad buffertzona (IBZ) där åkerdräneringen leds till ett dike parallellt grävt med vattendraget.

7.5.3 Kartläggning av täckdikessystem

Eftersom tillgängligt underlag för täckdikessystem i Sverige är bristfälligt är det inte möjligt att lokalisera alla lämpliga platser för exempelvis fosfordammar inom ramen för detta projekt. En kartläggning av täckdikessystem kan vara ett lämpligt första steg i vidare arbete med det lokala åtgärdsprogrammet för Fyrisåns huvudfåra. En sådan kartläggning har framgångsrikt utförts och digitaliserats i delar av Baltikum. Ofta innebär det mycket manuellt arbete då täckdikeskartor ofta endast finns som fysiska exemplar ute på gårdar och hos markägare.

7.5.4 Övriga jordbruksåtgärder

Utöver de jordbruksåtgärder som föreslås i denna rapport finns andra åtgärder som kan bidra till minskad fosforbelastning i Fyrisåns 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:

- Kalkfilterdiken 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 precisionsgödsling minskar näringsläckaget och bidrar till en mer hållbar ekonomi för jorden och jordbrukaren.
- Avskärande diken (backdiken) mellan skogsmark och jordbruksmark som förhindrar erosion på grund av avrinning från skogen.

7.5.5 Spårning av felkopplade avlopp som belastar dagvattennätet

Generella erfarenheter från åtgärdsarbeten i andra områden visar att eventuella felanslutningar av spillvatten till dagvattennätet skulle kunna bidra till fosforbelastningen på Fyrisån på ett inte obetydligt sätt. VA-huvudmannen Uppsala Vatten bedömde 2018 att detta inte är något stort problem i Uppsalas fall. Vid den omfattande filmning av dagvattenledningarna som görs så avslöjas felkopplingar tydligt genom den påväxt av så kallad biohud som bildas på ledningarnas insida. Även förekomst av bland annat toapapper ger tydliga signaler om felkoppling. Man uppskattar att det uppstår cirka en felkoppling vart annat år och att det främst rör nya

servisanslutningar. Undersökning av möjliga felkopplingar och åtgärdande av dessa bör även fortsatt vara en prioriterad uppgift.

7.5.6 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.

7.5.7 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. Det bedöms principiellt kunna uppnås med den kravställning som finns idag med omhändertagande av 20 mm nederbörd vid nyexploatering. Eftersom det i dagsläget inte finns några beprövade tekniker för att effektivt avskilja lösta dagvattenföroreningar måste ett nollscenario troligen uppnås genom kompensationsåtgärder. När det är möjligt ska nya planer helst bidra till arbetet genom att medföra minskad belastning.

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.

7.5.8 Åtgärder för minskad tillförsel särskilt förorenande ämnen och prioriterade ämnen

För att minska tillförseln av PAH:er till Fyrisån behöver i första hand förbränningen av fossila bränslen minska. Om möjligt kan krav ställas på industrier som värmeverk samt de som producerar och behandlar metaller, papper och trä, som alla utgöra källor till PAH:er. Dagvattendammar och andra reningsåtgärder minskar också transporten av PAH:er från dagvattnet.

Förekomst av PFAS bedöms utifrån nuvarande kunskapsläge i första hand härröra från tidigare användning av brandsläckningsskum på brandövningsplatser, däribland Ärna flygplats. En juridisk process pågår mellan kommunen och Fortifikationsverket rörande PFAS från Ärna flygplats, som förväntas meddelas i november 2023. PFAS har också visat sig släppas ut till dagvattenledningsnätet vid funktionstestning av industriens sprinklersystem. Åtgärdsarbete inom verksamhetsområdet för dagvatten pågår inom ramen för miljöförvaltningens löpande verksamhet eller har slutförts.

Ammoniak kan tillföras Fyrisån från jordbruket men avloppsreningsverken är troligen den största källan. För Storvreta reningsverk kan föreslagen spillvattenvåtmark (se avsnitt 7.2.2) minska belastningen av ammonium (och därmed ammoniak), samt diklofenak och andra läkemedelsrester, till Fyrisån. För Kungsängsverket pågår en tillståndprocess för reningsverket vid tillfället för denna utredning.

8 Genomförande av åtgärder – väg framåt

8.1 Åtgärder för punktkällor

Prioriterade åtgärder för punktkällor är:

- I samband med planerad utbyggnad av Storvreta avloppsreningsverk överväga att kombinera åtgärder inne i reningsverket med ett efterpoleringssteg i form av en våtmark för att ytterligare minska utsläppen av fosfor, kväve (ammonium och nitrat), läkemedelsrester, mikroplaster och andra föroreningar (Tabell 38).
- Förelägga fastighetsägare att åtgärda bristfälliga avlopp. I området finns cirka 175 enskilda avlopp med bristfällig eller okänd rening. Förslagsvis budgeteras och planeras miljö- och hälsoförvaltningen tillsynsarbete så att detta uppnås inom snar framtid.
- Information och dialog med hästägare, för att åstadkomma ökad mockning av hagar, säker gödselhantering, erosionsskydd vid utfodringsplatser, översyn av foderstater med mera. Förslagsvis påbörjas arbetet med hästgårdar närmast vattendrag och inriktar sig mot lite mindre hästgårdar (<15 hästar) som inte nås av Greppa näringen. Kommunen kan ta initiativ till att ordna kostnadsfria möten, seminarier, studiebesök och gårdsvisa rådgivningar, där gårdar nära vattendrag och gårdar med hög hästtäthet prioriteras. Information och dialog med hästägare är en långsiktig åtgärd, som involverar många personer och bygger på frivillighet.

8.2 Åtgärder för diffusa källor

Jordbruk

Då jordbruket är en betydande källa till fosfor är det rimligt att först gå vidare med de fjorton platsspecifika åtgärdsförslag med prioritet 1 – tio fosfordammar och fyra våtmarker – som har tagits fram här. Därefter bör man fortsätta med de tjugosju åtgärdsförslag – sjutton fosfordammar, fyra våtmarker, fyra djuphålur och två tvåstegsdiken – med prioritet 2 (Tabell 37).

Samtliga föreslagna platsspecifika åtgärder för diffusa källor bedöms ge relevanta reningseffekter. Skillnaden mellan föreslagna åtgärder med prioritet 1 och prioritet 2 grundar sig i första hand på bedömd teknisk genomförbarhet och kostnadsbild, där de högst prioriterade åtgärdsplatserna är de platser där förutsättningarna bedöms vara något gynnsammare (lämpligare höjdförhållanden, mindre schaktbehov med mera). Vid genomförande av alla åtgärder är det viktigt att ta hänsyn och att ingreppen inte skapar negativ påverkan för de värdefulla naturvärden som Fyrisån med omgivning hyser.

Platsspecifika åtgärdsförslag av prioritet 1 och 2 redovisas mer detaljerat i Bilaga 1 men en översikt av åtgärder med prioritet 1 visas i Tabell 38. Platser med prioritet 3 bör ses som möjliga åtgärder först efter genomförande av åtgärder av prioritet 1 och 2.

Det strategiska arbetet för att realisera åtgärder på jordbruksmark som involverar enskilda markägare föreslås bedrivas med början i norr och sedan områdesvis vidare nedströms. Genom att börja uppströms får man vid genomförande nytta av de positiva effekterna på en så lång sträcka som möjligt nedströms. Ett områdesvis arbetssätt som fokuserar på ett område i taget tror vi ökar chanserna att få ”tryck” i frågan lokalt. Kanske krävs det också av resursskäl. Att informera och förankra lokalt är med största sannolikhet nödvändigt för att lyckas med denna process. Till exempel underlättas genomförande av informationsmöten, platsbesök och

fortlöpande stödinsatser till markägare och lokala krafter. Vi tror också att chanserna ökar för att vinna gehör, om den enskilde känner att frågan landar hos flera markägare i bygden samtidigt och blir en gemensam angelägenhet.

Utifrån dessa principer bedöms Storvreta och dess omgivning vara ett naturligt första fokusområde för åtgärdsarbetet för jordbruksmark.

Tabell 37. Platsspecifika åtgärdsförslag i jordbrukslandskapet med prioritet 1 och 2.

Åtgärdstyp	Prioritet	Antal åtgärdsförslag	Åtgärdsförslag nr.
Fosfordamm	1	10	02-01, 02-02, 02-05, 02-08, 02-11, 02-12, 02-15, 02-19, 03-25 och 03-28
Våtmark	1	4	01-01, 01-09, 01-10 och 03-27
Fosfordamm	2	17	01-18, 01-20, 01-21, 01-30, 02-03, 02-04, 02-07, 02-10, 02-13, 02-14, 02-22, 02-35, 03-07, 03-08, 03-09, 03-13 och 04-09
Våtmark	2	4	01-11, 01-25, 03-01 och 03-02
Djuphål	2	4	02-17, 02-18, 02-20 och 02-31
Tvåstegsdike	2	2	01-19 och 02-24
Summa		41	

Parallellt med genomförandet av platsspecifika åtgärder är det viktigt med fortsatt strategiskt arbete för att minska näringsförluster från de jordbruksdominerade områdena. Det innefattar exempelvis gårdsvisa vattenplaner, förbättrad dränering, underhåll av befintliga diken och brunnar och riktade insatser för strukturstärkning och kantzoner där erosion sker. Alla sådana åtgärder skall självfallet utföras i dialog och nära samarbete med berörda lantbrukare.

Dagvatten

Storvreta tätort är en av de planerade tillväxtkärnorna i Uppsala kommun som förväntas växa kraftigt de kommande åren. Fosfortillförseln via dagvatten är redan idag cirka 120 kg. Därför bedöms det viktigt att prioritera åtgärder för rening av dagvatten, trots att de är mer kostsamma än åtgärder i jordbrukslandskapet. Förutom avskiljning av fosfor motiveras dagvattendammarna även av att de har god förmåga att avskilja andra föroreningar så som PAH:er och metaller. Tre av de fyra föreslagna dagvattendammarna i Storvreta ligger också på kommunal mark, vilket innebär att kommunen/VA-huvudmannen har rådighet för genomförandet.

Vi tror att det finns en stor pedagogisk poäng med att kommunen/VA-huvudmannen som markägare/verksamhetsutövare ”går före och visar vägen” och tidigt påbörjar åtgärder för sina egna verksamheter.

Tabell 38. Sammanfattande beskrivning av bedömda förutsättningar och beräknad fosforavskiljningskostnad (tkr/kg P) för åtgärder med prioritet 1.

Åtgärds förslag	Beskrivning av åtgärd	Bedömd genomförbarhet	Prioritets klass	Kostnadseff tkr/kg P	Årlig P-avskiljn. kg
01_01	Våtmark Ärentuna bron	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	1,56	44
01_09	Våtmark i f.d. kräftdammar Husby	Utredningsbehov, markavtal, förankring och tillståndsansökan	1	0,79	53
01_10	Jordbruksvåtmark Granbacken	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	0,39	71
02_01	Fosfordamm vid Ulva/Ärna	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	1,17	10
02_02	Fosfordamm vid Ulva/Skörkulla	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	1,30	9
02_05	Fosfordamm vid Ärna	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	0,49	38
02_08	Fosfordamm / dämning Ulva Faxan 1	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	0,35	43
02_11	Fosfordamm / dämning Ulva Faxan 2	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	2,34	5
02_12	Fosfordamm vid Storvad	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	1,23	22
02_15	Fosfordamm vid Husby	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	0,52	21
02_19	Fosfordamm / dämning stora Vallskog	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	0,37	32
03_25	Fosfordamm Librobäck	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	1,06	31
03_27	Våtmark vid Tiby	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	1,48	39
03_28	Fosfordamm vid Stabby	Utredningsbehov, markavtal, förankring och anmälan vattenverksamhet	1	1,73	19
01_02	Dagvattendamm Storvreta Ärentunavägen	Genomförbar nu	1	7,1	10
01_03	Dagvattendamm Storvreta vid ARV	Genomförbar nu	1	8,1	18
01_05	Dagvattendamm vid Storvretabadet	Genomförbar nu	1	6,8	10
01_27	Dagvattendamm södra Storvreta	Utredningsbehov, markavtal, förankring	1	5,5	14
-	Spillvattenvåtmark Storvreta ARV	Utredningsbehov, krävs förankring	1	6,3	30

8.3 Nåå åtgärdsbehovet för fosfor?

Åtgärderna för minskat näringsläckage från hästgårdarna bedöms kunna bidra med en fosforavskiljning på drygt 20 kg per år och åtgärder för enskilda avlopp med knappt 60 kg per år. Den föreslagna spillvattenvåtmarken vid Storvreta förväntas avskilja ytterligare cirka 30 kg fosfor per år. De fjorton åtgärdsförslagen med prioritet 1 för minskad diffus fosforbelastning från jordbruk bedöms kunna avskilja drygt 440 kg fosfor per år, medan de tjugosju åtgärdsförslagen med prioritet 2 förväntas avskilja drygt 470 kg fosfor årligen (Tabell 39). Åtgärdsförslagen för rening av dagvatten i Storvreta förväntas kunna avskilja cirka 50 kg fosfor per år. Sammanlagt förväntas dessa åtgärder bidra med en avskiljning av cirka 1 160 kg fosfor per år (Tabell 39).

Åtgärdsbehovet för de fyra vattenförekomsternas nås inte med de presenterade åtgärderna i denna rapport och dess bilagor. För hela utredningsområdet nås 64 % av åtgärdsbehovet för fosfor på 1 810 kg per år. Andelen av åtgärdsbehoven som uppnås i olika VARO varierar mellan 10 % och >100 % (Tabell 39).

Tabell 39. Åtgärdsbehov för fosfor per VARO både i kg per år och procent av tillförseln, summerad avskiljning samt andelen av åtgärdsbehovet som uppnås med åtgärdsförslagen.

VARO	Åtgärdsbehov (kg P/år)	Åtgärdsbehov (%)	Avskiljning diffus Prio 1 (kg/år)	Avskiljning diffus Prio 2 (kg/år)	Avskiljning häst gårdar (kg/år)	Avskiljning enskilda avlopp (kg/år)	Avskiljning ARV (kg/år)	Summa avskiljning (kg/år)	Andel av åtgärdsbehov (%)
1	450	25%	220†	250	9	28	30	490	>100%
2	470	30%	180	120	1	18	-	310	68%
3	790	42%*	90	100	4	14	-	210	27%
4	100	36%*	-	10	4	-	-	10	10%
Summa	1 810	19%	490	470	20	60	30	1 070	59%

* Korrigerat för att exkludera tillförsel från Kungsängsverket och dagvatten från befintlig bebyggelse i Uppsala tätort.

† Inklusivt åtgärdsförslag dagvatten Storvreta.

Strukturkalkning av de mest erosionsbenägna jordar i området bedöms kunna minska fosfortillförseln med maximalt 130 kg/år, förutsatt att erosion faktiskt sker på alla utpekade platserna. Då det först, medels platsbesök, behöver utredas om erosion faktiskt sker inkluderas inte den beräknade avskiljningspotentialen i sammanställningen ovan.

8.4 Åtgärder för hydromorfologi

Fyrisåns avrinningsområde är starkt påverkat av människans infrastruktur och uppodling av mark. Det finns troligen ingen rimlig väg att återställa åsystemet till i närheten av 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 och anläggande av strömsträckor. För åtgärder med hydrologisk påverkan, exempelvis svämplan, meandring, våtmarker med mera kan det finnas en intuitiv arbetsgång uppströms och nedåt, för att på så sätt kunna se effekterna av uppströms åtgärder innan nedströms åtgärder anläggs. Här är dock arbetsgången inte lika viktigt, det är viktigare att få åtgärder genomförda.

8.4.1 Konnektivitet

Det finns en rimlig möjlighet att uppnå god status för parametern *konnektivitet upp- och nedströms*. För detta krävs åtminstone att de åtgärderna med prioritetsordning 1 i Tabell 34 genomförs för Kvarndammen (se även Bilaga 2). Funktionen av slitsrännan vid Ulva kvarn behöver utvärderas och eventuellt justeras om det visar sig att den utgör ett partiellt vandringshinder. Kompletterande åtgärder och bortrensning av växtlighet behöver göras vid Enstadammen (avsnitt 6.2.2). Slutligen behöver också en fiskväg anläggas vid Ekebydammen. Anläggningen kan baseras på det förslag som har tagits fram i en förstudie (Tyréns och TerraLimno Gruppen, 2020).

Vi ser ingen särskild arbetsgång. Åtgärderna är av varierande magnitud med olika tidsspann och kan därför påbörjas och genomföras parallellt.

8.4.2 Hydrologisk regim och morfologi

Det är mycket svårt att rent praktiskt uppnå god status för kvalitetsfaktorerna *hydrologisk regim* och *morfologiskt tillstånd* i Fyrisån utan att kraftigt påverka eller inskränka andra intressen, framför allt konventionellt jordbruk och stadsbebyggelse. 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. I Fyrisån har inga åtgärder med prioritet 1 identifierats, så det är framför allt åtgärderna med prioritetsordning 2 som bör genomföras. Dessa är två invallade områden (1-109 och 1-110) norr om Störvreträ, där våtmarker kan skapas eller naturliga svämplan återställas.

Ett fortsatt arbetssätt är att sedan arbeta vidare med åtgärdsförslagen som har prioritet 3. Innan dessa platser eventuellt används som ”kompensationsåtgärder” i samband med exploateringsprojekt i Uppsala stad ska exempelhandboken i Bilaga 4 användas för att i så stor utsträckning som möjligt minska den hydromorfologiska påverkan vid själva projektet. Just vattenförekomsten genom Uppsala stad, Fyrisån Jumkilsån – Sävjaån, får framöver inte genomgå några försämringar av dess morfologiska tillstånd eftersom ett mindre strängt krav har satts för denna parameter i Vattenmyndighetens miljökvalitetsnorm.

Markägare och markavvattningsföretag kan också kontaktas brett för att sondera viljan att genomföra åtgärder och därigenom prioritera områden där åtgärdsviljan är större. Även om dessa åtgärdsplatser inte skulle vara utpekade i denna rapport tror vi det är viktigt att genomföra åtgärder där det finns möjlighet. Detta för att sprida medvetenheten och kunskap om restaurering av våra vatten.

9 Referenser

- © LANTMÄTERIET, 2020. *GSD-Väggkartan, vektor*. Nr. 4.7.
- ALEXANDERSSON, H., 2003. *Korrektion av nederbörd enligt enkel klimatologisk metodik*. Norrköping: SMHI Meteorologi, Nr. 111.
- 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.
- ARONSSON, H. och SALOMON, E., 2017. *Praktiska råd - Bra hagar för både hästen och miljön*. Greppa näringen. Jordbruksverket, Nr. Nr 26, 2017.
- BERGLUND, J., 2022. Workshop - underlag till lokalt åtgärdsprogram för Vendelån.
- BRUNBERG, A.-K. och BLOMQVIST, P., 1998. *Vatten i Uppsala län 1997 - Beskrivning, utvärdering, åtgärdsförslag*. Uppsala: Upplandsstiftelsen, Nr. 8/1998.
- COLLIN, J., 2010. *Strukturskalkningens möjlighet att hindra fosforutlakning - en litteraturstudie*. Uppsala: Institutionen för mark och miljö, SLU, Examensarbete Nr. 2010:06.
- DAHLIN, S. och JOHANSSON, G., 2008. *Miljöeffekter av hästhållning - Anrikning och distribution av kväve och fosfor i marken på hästars vistelsezoner*. Uppsala: Institutionen för markvetenskap, SLU, Nr. 216.
- 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.
- DJODJIC, F. och MARKENSTEN, H., 2019. *Beräkning av erosionsriskkartor för åkermark som underlag för utvärdering av skyddszoners placering*. Uppsala: SLU.
- DJODJIC, F., MARKENSTEN, H., WIDÉN-NILSSON, E., och GERANMAYEH, P., 2023. Norrström - Rätt åtgärd på rätt plats - Stöd och data för att minska näringsläckage från jordbruksmark [internet]. *SLU modell över Nordström ARO*. Tillgängligt: <https://storymaps.arcgis.com/stories/82e914af077a4bdaa92e2758a3460146> [Hämtad 2023-4-19].
- EJHED, H., HANSSON, K., LIND, E., ROSENBLOM, T., och TENGDELIUS BRUNELL, J., 2018. *Beräkning av utsläpp av läkemedelsrester från kommunala avloppsreningsverk och potentiell koncentration i recipientvatten*. Norrköping: SMED. SMHI på uppdrag av Naturvårdsverket, Nr. 7 2018.
- FLYCKT, L., 2010. *Reningsresultat, drifterfarenheter och kostnadseffektivitet i svenska våtmarker för spillvattenrening*. Linköping: Institutionen för fysik, kemi och biologi, Linköpings universitet, Examensarbete Nr. LITH-IFM-A-EX-10/2377-SE.
- FORMAS, 2023. *Markretention av fosfor från enskilda avlopp - En systematisk kartläggning av befintlig forskning och en samhällsekonomisk analys*. Stockholm: Formas, Nr. F1:2023.
- GEOSIGMA AB, 2018. *Fördjupad dagvattenutredning för Södra staden*. Uppsala.
- 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.
- HAGERBERG, A., KROOK, J., och REUTERSKIÖLD, D., 2004. *Åmansboken: vård, skötsel och restaurering av åar i jordbruksbygd*. Saxån-Braåns vattenvårdskommitté.
- HALLBERG, L., 2022. Tvåstegsdiken i jordbruksmark som metod för att minska övergödning i sjöar och hav [internet]. *SLU.SE*. Tillgängligt: <https://www.slu.se/ew-nyheter/2022/5/tvastegsdiken-i-jordbruksmark-som-metod-for-att-minska-overgodning-i-sjoar-och-hav/> [Hämtad 2023-10-16].
- HALLBERG, L., HALLIN, S., och BIEROZA, M., 2022. *Catchment controls of denitrification and nitrous oxide production rates in headwater remediated agricultural streams*.
- HALVARSSON, L., FORKMAN FAHLGREN, T., RIDDERSTOLPE, P., NYHOLM, E., och ENGSTRÖM SVANDBERG, A., 2024. *Spillvattenvåtmarker som del i kommunal avloppsrening*. Uppsala: Ej ännu publicerad.

- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2016a. *Havs- och Vattenmyndighetens allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten*. 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. och 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=aHR0cHM6Ly9qdmdRvYy5zaGFyZXBvaW50LmNvbS86Yjovcy9Gb1UvRVl1NXFoZ3pXaFJCakN1bkZ1ODJQVVFCCnRQNGROajk3NVFtcmVWS2tMnRYQT9ydGltZT1mVjRlTEpveDJVZw [Hämtad 2021-6-17].
- ISAKSSON, J., ERIKSSON, S., och HERMANSSON, A., 2017. *Hästen och miljön inom Oxundaåns avrinningsområde*. Uppsala: Hushållningssällskapet.
- IVL och SCB, 2011. *Teknikenkät - enskilda avlopp 2009*. SMED. M. Ek, IVL, C. Junestedt, IVL, C. Larsson, IVL M. Olshammar, IVL M. Ericsson, SCB, Nr. 44.
- JENNINGS, G. och HARMAN, W., 2023. Natural Stream Processes [internet]. *NC State Extension Publications*. Tillgängligt: <https://content.ces.ncsu.edu/natural-stream-processes> [Hämtad 2023-5-3].
- JOHNSSON, 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, 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, 2019. *Erosionsriskkartor, flödesackumulering i landskapet*.
- JORDBRUKSVERKET, 2021. *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].
- JÖNKÖPINGS FISKERIBIOLOGI, 2022. *Fiskvägar i stadsnära miljöer - ett delprojekt inom Rich Waters*. Jönköping: Länsstyrelsen Örebro län, Havs. och Vattenmyndigheten, Nr. LIFE15 IPE SE 015 RICH WATERS.

- JÖNSSON, R., 2016. *Mikroplast i dagvatten och spillvatten - Avskiljning i dagvattendammar och anlagda våtmarker*. Uppsala: Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, Examensarbete Nr. UPTec W 16030, ISSN 1401-5765.
- 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.
- KARLSSON POTTER, H., KÄTTERER, T., och LANG, R., 2023. *Climate impact of liming arable soil – effect on N2O emissions in a life cycle perspective*. Uppsala: Mistra Food Futures. SLU, Nr. 12.
- KYNKÄÄNNIEMI, P., 2014. *Small Wetlands Designed for Phosphorus Retention in Swedish Agricultural Areas - Efficiency Variations during the First Years after Construction*.
- LANTMÄTERIET, 2022. Historiska kartor [internet]. *Lantmäteriet - Historiska kartor*. Tillgängligt: <https://historiskakartor.lantmateriet.se/>.
- LANTMÄTERIET, u.å. Ortofoto Visning Årsvi (WMS).
- LANTMÄTERIET, u.å. Topografisk webbkarta (topowebb) (WMS).
- LARSSON, M., 2018. *Växtnäringsläckage från hästthagar*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Examensarbete.
- LIFVENDAHL, Z., 2023. Enstadammen kompletterande åtgärder.
- LÄNSSTYRELSEN, 1987. *Damminventeringsprotokoll Länsregister*. Uppsala: Arbetsgruppen för dammar.
- LÄNSSTYRELSEN I JÖNKÖPINGS LÄN, 2012. *Ekologiskt funktionella kantzoner vid vatten*. Jönköping: Illustrationer: Martin Holmer.
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 1973. *Skötselplan för naturreservatet Kungshamn-Morga, Uppsala kommun*.
- 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.
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 2023. Fullerö backar [internet]. Tillgängligt: <https://www.lansstyrelsen.se/upsala/besoksmal/naturreservat/fullero-backar.html> [Hämtad 2023-10-12].
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, u.å. Markavvattningsföretag - Dike och vall.
- LÄNSSTYRELSENA, 2009. *Fria vandringsvägar i Mälar- och Hjälmarmynnade vattendrag - En kartläggning av vandringshinder och lekområden för fisk*. Uppsala: Författare: Svensson, L., Nr. 2009_06.
- LÄNSSTYRELSENA, 2018a. Biotopkarteringsdatabasen [internet]. Tillgängligt: <https://biotopkartering.lansstyrelsen.se/Default.aspx>.
- LÄNSSTYRELSENA, 2018b. 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, 2022. EBH-kartan.
- LÄNSSTYRELSENA, u.å. LST Potentiellt förorenade områden externt (EBH).
- LÄNSSTYRELSENA, u.å. Fiskekartan [internet]. Tillgängligt: <https://fiskekartan.se/>.
- 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.
- NATURSKYDDSFÖRENINGEN, 2023. Cement, klimat och miljö [internet]. *Naturskyddsföreningen*. Tillgängligt: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/cement-klimat-och-miljo/> [Hämtad 2023-11-19].
- NATURVATTEN I ROSLAGEN, 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, 2009. *Våtmarksinventeringen - 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-samhället/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Naturvard/Skydd-av-natur/Natura-2000/> [Hämtad 2020-11-5].
- NATURVÅRDSVERKET, 2023a. Skyddad natur (webbkarta) [internet]. Tillgängligt: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>.
- NATURVÅRDSVERKET, 2023b. Antracen [internet]. *Utsläpp i siffror*. Tillgängligt: <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/sv/Amnen/Ovriga-organiska-amnen/Antracen/> [Hämtad 2023-11-17].
- NATURVÅRDSVERKET, 2023c. PAH-Fluoranten (PAH-FA) [internet]. *Utsläpp i siffror*. Tillgängligt: <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/sv/Amnen/Ovriga-organiska-amnen/Fluoranten/> [Hämtad 2023-11-17].
- NATURVÅRDSVERKET, 2023d. Bens(a)pyren, utsläpp till luft från småskalig vedeldning [internet]. *Luft*. Tillgängligt: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/bensapyren-utslapp-vedeldning/> [Hämtad 2023-11-17].
- NATURVÅRDSVERKET, 2023e. Ammoniak (NH₃) [internet]. *Utsläpp i siffror*. Tillgängligt: <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/sv/Amnen/Andra-gaser/Ammoniak/> [Hämtad 2023-11-17].
- NATURVÅRDSVERKET, 2023f. Jordbruk, utsläpp av växthusgaser. *Klimat*.
- NATURVÅRDSVERKET och FISKERIVERKET, 2008. *Ekologisk restaurering av vattendrag*. Stockholm och Göteborg.
- NORDENÅS, E., NORDSTRÖM, K., PIERRAU, H., och WALLSTEN, J., 2021. *Dämning av Gävsjön - Utformning och effekter*. Uppsala: Institutionen för mark och miljö, SLU, Nr. Projektarbete i kursen Projekt Vattenresurser MV0189.
- NSVA, 2022. NSVA och Helsingborgs stad fortsätter med åtgärder samt planerar nya avseende dagvatten till Råån [internet]. *Mynewsdesk*. Tillgängligt: <https://www.mynewsdesk.com/se/nsva/pressreleases/nsva-och-helsingborgs-stad-fortsatter-med-aatgaerder-samt-planerar-nya-avseende-dagvatten-till-raaaan-3200590> [Hämtad 2023-6-2].
- NÄSLUND, M., 2010. *Behandlingsvåtmarkers reningseffekt på aktiva läkemedelssubstanser under vinterförhållanden*. Stockholm: Institutionen för tillämpad miljövetenskap, Stockholms universitet, Examensarbete Nr. UPTEC W10026, ISSN1401-57.
- OPENSTREETMAPS BIDRAGSGIVARE, u.å. OpenStreetMap Foundation. Licens CC BY-SA.
- 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].
- PETTS, G.E., 1990. The role of ecotones in aquatic landscape management. *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. R.J. Naiman and H. Décamps, Vol. 4, s. 301.
- RANDEFELT, J., 2019. *Spillvattenvåtmarkers reningseffekt på aktiva läkemedelssubstanser*. Uppsala: Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, Examensarbete Nr. UPTEC W, ISSN 1401-5765; 19 044.
- RIDDERSTOLPE, P., HYLANDER, L., ERIKSSON, B., och GRINELL, A., 2017. *Bedömning av självrening och retention i mark vid provning av små avlopp – smittskydd och fosfor*. Uppsala: Va-guiden, Nr. 2016:2.
- RIKSANTIKVARIÄMBETET, 2018. *Riksintressen för kulturmiljövården - Uppsala län (C)*. Stockholm.
- SCALGO, 2023. Scalgo Live [internet]. Tillgängligt: <https://scalgo.com/live/>.
- SJVFS, 2015. SJVFS 2015:21.
- SLU, 2021. Nationellt Register över Sjöprovfisken – NORS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <http://www.slu.se/sjoprovfiskedatabasen> [Hämtad 2021-8-24].

- SLU, 2022. Svenskt elfiskeregister - SERS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <https://www.slu.se/elfiskeregistret> [Hämtad 2022-4-13].
- SLU, 2023a. Svenskt elfiskeregister - SERS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <https://www.slu.se/elfiskeregistret> [Hämtad 2023-9-27].
- SLU, 2023b. Artdatabanken - Artfakta [internet]. Tillgängligt: <https://artfakta.se/> [Hämtad 2022-4-5].
- 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, 2021. Dataserier med normalvärden för perioden 1991-2020 | SMHI [internet]. Tillgängligt: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/dataserier-med-normalvarden-for-perioden-1991-2020-1.167775> [Hämtad 2023-10-17].
- SMHI, 2023. Anlagda Våtmarker [internet]. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/wetlands/> [Hämtad 2023-10-13].
- SMHI och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023. Modelldata per område [internet]. *Vattenwebb*. Tillgängligt: <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> [Hämtad 2023-10-3].
- STORMTAC, 2023. Stormtac Web v.23.2.2 [internet]. *Utvecklad av Larm, T.* Tillgängligt: <http://app.stormtac.com/>.
- STRAND, L., 2019. Hushållningssällskapet Stockholm, Uppsala, Södermanland.
- SVENSKA KALKFÖRENINGEN, 2023. Tillverkning [internet]. *Produkter*. Tillgängligt: <https://kalkforeningen.se/produkter/tillverkning/> [Hämtad 2023-11-19].
- TRAFIKVERKET, 2023. Vägtrafikflödeskartan [internet]. Tillgängligt: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation> [Hämtad 2023-10-9].
- TYRÉNS och TERRALIMNO GRUPPEN, 2020. *Förstudie: Fiskvägar i Fyrisån, Vendelån och Björklingeån: Fyrisån-Ekeby kvarn: Delrapport dämme 5*. Uppsala: Fyrisåns vattenförbund, Arbetsmaterial.
- TYRÉNS och TERRALIMNO GRUPPEN, 2021. *Förstudie: Fiskvägar i Fyrisån, Vendelån och Björklingeån: Fyrisån-Ensta: Delrapport dämme 4*. Uppsala: Fyrisåns vattenförbund, Slutversion.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2019. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2019*. Uppsala: J. Persson och G. Johansson, Nr. 2019/4.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2021a. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2020*. Uppsala: J. Persson och G. Johansson, Nr. 2021/2.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2021b. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2021*. Uppsala: J. Persson och G. Johansson, Nr. 2021/7.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2021c. *Aspundersökningar i Fyrisån, Sävaån och Örsundaån 2020*. Uppsala: J. Persson och T. Loreth Remén, Upplandsstiftelsen, G. Johansson, Hydrophyta Ekologikonsult, Nr. 2021/4.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2022. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2022*. Uppsala: J. Persson och G. Johansson, Nr. 2022/1.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2023. *Aspundersökningar i Fyrisån, Sävaån och Örsundaån 2022*. Uppsala: J. Persson, Upplandsstiftelsen och G. Johansson, Hydrophyta Ekologikonsult, Nr. 2023/1.
- UPPSALA KOMMUN, 2018. *Bildande av naturreservat Årike Fyris*. Nr. KSN-2016-2027.
- UPPSALA KOMMUN, 2022. Fiske och fiskeregler [internet]. Tillgängligt: <https://www.uppsala.se/kommun-och-politik/sa-arbetar-vi-med-olika-amnen/vatten/fiske-och-fiskeregler/> [Hämtad 2023-3-31].
- UPPSALA VATTEN, 2018. *Tämnarens roll i Uppsalas vattenförsörjning*. Uppsala.
- UPPSALA VATTEN, 2021a. Miljörapport 2021 Kungsängsverket.
- UPPSALA VATTEN, 2021b. Miljörapport 2021 Storvreta avloppsreningsverk.
- UPPSALA VATTEN, 2023a. Vattenskyddsområden [internet]. Tillgängligt: <https://www.uppsalavatten.se/om-oss/verksamhet-och-drift/dricksvatten/vattenskyddsomraden> [Hämtad 2023-10-12].
- UPPSALA VATTEN, 2023b. *Översiktlig beskrivning av kommunal dricksvattenförsörjning avseende Fyrisån*. Uppsala.

- VATTENMYNDIGHETERNA, 2023. Åtgärdsbehov för fosfor och kväve enligt vattenförvaltningscykel 3 (v. 1.2) [internet]. M. Erlandsson Lampa och J.F. Petersson. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary.aspx?referenceLibraryID=55168> [Hämtad 2023-5-31].
- VATTENMYNDIGHETERNA och LÄNSSTYRELSENA, 2021. *Vattenmyndigheternas riktlinjer för jordbrukets påverkan på övergödning - Åtgärder och undantag*. Jan F Petersson, Martin Erlandsson Lampa, Daniel Smith och Niclas Engene.
- VATTENMYNDIGHETERNA, LÄNSSTYRELSENA, och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023a. Fyrisån Ekoln - Sävjaån (senaste bedömning) [internet]. VISS - *Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA67670465> [Hämtad 2023-2-28].
- VATTENMYNDIGHETERNA, LÄNSSTYRELSENA, och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023b. Fyrisån Ulva - Björklingeån (senaste bedömning) [internet]. VISS - *Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA81908340> [Hämtad 2023-2-28].
- VATTENMYNDIGHETERNA, LÄNSSTYRELSENA, och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023c. Fyrisån mellan Björklingeån och Vendelån (senaste bedömning) [internet]. VISS - *Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA21318508> [Hämtad 2023-2-28].
- VATTENMYNDIGHETERNA, LÄNSSTYRELSENA, och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023d. Fyrisån Jumkilsån - Sävjaån (senaste bedömning) [internet]. VISS - *Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA93715408> [Hämtad 2023-2-28].
- VATTENMYNDIGHETERNA, LÄNSSTYRELSENA, och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023e. Strukturkalkning [internet]. VISS - *Åtgärdskategori*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VIS SMEASURETYPE000719>.
- WRS, 2012. *Identifiering av riskområden med särskilda åtgärdsbehov för att förebygga näringsförluster*. Uppsala: S. Owenius. Julmyrans Vänner., Nr. 2012–0427.
- WRS, 2019. *Uppsala dagvattenplan*. Uppsala: Stråe, D., vad der Nat, D. och Granath, M., Nr. 2018-1294-A.
- WRS, 2020. *Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Fyrisån - Del 2 - Åtgärdsförslag för sträckan Vendelån-Ekoln*. Uppsala, Nr. 2018–1306 B.
- ÅSTRÖM, S., HALLBERG, L., och BIEROZA, M., 2021. *Utvärdering av Tvåstegsdiken i Sverige- Från ökad processförståelse till minskad övergödning*.
- ÖGREN, G., 2013. *Phosphorus to horses and cows*. Uppsala, Nr. 283.