



Rening av kväve i lakvatten från bergupplag inom Ön 1:1

Svensk Kärnbränslehantering AB

Färdig handling, 2025-11-13

TITEL	Rening av kväve i lakvatten från bergupplag inom Ön 1:1
RAPPORTNUMMER	2180-A
BESTÄLLARE	SKB
UPPDRAGSANSVARIG	Daniel Stråe
FÖRFATTARE	Peter Ridderstolpe, Daniel Stråe och Jacob Källbom
GRANSKNING	Daniel Stråe
UTGÅVA	Färdig handling
DATUM	2025-11-13
OMSLAGSBILD	Peter Ridderstolpe

Sammanfattning

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) kommer under en längre period spränga stora mängder berg vid anläggandet av Kärnbränsleförvaret och utbyggnaden av SFR. Bergmassor kommer att behöva lagras på bergupplag där kväverikt lakvatten uppstår som behöver renas innan det leds vidare till Östersjön. WRS har fått i uppdrag att ta fram ett förslag för rening av kväve i lakvattnet från detta bergupplag.

Den totala mängden kväve som maximalt beräknas lämna bergupplaget med lakvattnet uppgår till cirka 20 ton. Den årliga mängden kväve i lakvattnet är som störst under byggfasen för planerade slutförvar och bedöms maximalt uppgå till 4 ton per år. Planeringsförutsättningarna är osäkra, varför den kväverening som söks måste vara flexibel, robust och uthållig. Målsättningen som satts upp för kvävereningen är 70 % avskiljning av inkommande kväve.

Eftersom kvävet i lakvattnet till mer än 95 % förväntas bestå av nitrat behövs ingen process för nitrifikation. Den lösning som föreslås innebär att kvävet först denitrifieras i en flisdamm dit vattnet pumpas från upplaget. Ytterligare denitrifikation sker därefter i en 2,2 hektar stor våtmarksmiljö belägen i och i anslutning till Gunnarsbo-Lillfjärden. Vid perioder av extrema kvävebelastningar kan en flytande kolkälla i form av exempelvis Brenntaplus adderas till lakvattendammen vid bergupplaget för att öka reningsgraden ytterligare. Med föreslagna lösningar uppskattas 1 ton kväve per år kunna avskiljas i flisdammen och ytterligare 1,1 ton kväve per år i den efterföljande våtmarken under cirka 10 år. Vid den maximala årliga belastningen på fyra ton kväve behöver cirka två ton av den flytande kolkällan Brenntaplus tillsättas för att nå målet om 70 % rening. Sett över hela driftperioden kommer en kvävereduktion på 70 % per år uppnås utan tillsatts av flytande kolkälla.

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund.....	5
1.2	Syfte.....	5
2	Avgränsningar och arbetsmetod.....	5
3	Förutsättningar	5
3.1	Bergupplag	5
3.1.1	Flöde från lakvattendamm	5
3.1.2	Kväve i lakvattnet	6
3.2	Gunnarsbo-Lillfjärden.....	6
3.2.1	Geologiska förutsättningar, vattenstånd mm.....	6
3.2.2	Avrinningsområden.....	7
4	Bedömning.....	9
4.1	Skede 1.....	9
4.2	Fortsatt utredningsarbete	9
4.3	Behandlingslösning	10
4.3.1	Flisdamm	11
4.3.2	Kompletterande rening med flytande kolkälla.....	11
4.4	Reningseffekt av föreslagen åtgärd	12
4.4.1	Rening i flisdamm.....	12
4.4.2	Rening i våtmark.....	12
4.4.3	Kompletterande rening med flytande kolkälla.....	13
4.5	Anläggningens funktion vid höga flöden och skyfall.....	13
4.6	Utsläpps- och egenkontroll	14
4.6.1	Inkommande kvävemängder.....	14
4.6.2	Utgående kvävemängder.....	14
4.6.3	Egenkontroll	15
4.7	Kostnadsuppskattning	15
5	Slutsatser	16
	Referenser	17

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) kommer under en längre tid spränga ut stora mängder berg vid anläggandet av Kärnbränsleförvaret och utbyggnaden av SFR. Bergmassorna, som på grund av odetonerade sprängmedelsrester kommer innehålla relativt stora mängder kväve, planeras bland annat att läggas på ett bergupplag väster om Forsmarks kärnkraftverk.

För att minska kväveinnehållet i lakvattnet som avrinner från upplaget vill SKB utreda möjligheterna till behandling i våtmarken Gunnarsbo-Lillfjärden, belägen strax intill kylvattenkanalen, innan utsläpp sker till recipienten. WRS har fått i uppdrag att ta fram ett förslag till rening med tillhörande teknisk beskrivning.

1.2 Syfte

Syftet med uppdraget är att till miljöprovning redovisa:

- Dimensioneringsförutsättningar utifrån underlag från SKB
- Konceptuell beskrivning av behandlingssystem
- Förväntad kväveavskiljning och förväntat kväveutsläpp
- Möjlighet att vid behov komplettera våtmark med andra åtgärder
- Fortsatt utredningsbehov

2 Avgränsningar och arbetsmetod

I arbetet har vare sig ingått att planera upplagsområdet eller uppsamling av lakvattnet. Det förutsätts att lakvatten efter flödesutjämning kan pumpas och ledas till föreslagen plats för behandling.

Arbetet har genomförts i nära samarbete med SKB och deras konsulter. All information om mängd bergmassor och dess kväveinnehåll samt bedömningar om lakvattenmängder och dess innehåll av kvävet är uppgifter som SKB tillhandahållit. Utredningsområdets förutsättningar har bedömts utifrån flygbilder, topografiska och geologiska kartor och med hjälp av kartprogrammet Scalgo. Vid de två fältbesök som har genomförts har bland annat inmätningar gjorts och en enkel bedömning av jordarter och jorddjup på särskilt intressanta platser.

3 Förutsättningar

3.1 Bergupplag

Bergupplaget planeras till ett 11 ha stort skogsområde beläget cirka 400 meter väster om Gunnarsbo-Lillfjärden, inom Ön 1:1, även kallat område 8. Totalt kommer 1,8 miljoner ton berg att föras till platsen och upplaget kommer som mest att nå höjden 30 m ö h (cirka 20 meter över marknivå). Upplaget kommer att användas fram till 2080-talet.

3.1.1 Flöde från lakvattendamm

Avrinning från bergupplaget har av SKB uppskattats med en modell för nederbörd och avdunstning. Dessa beräkningar visar att flödet från upplaget kommer att variera mellan 1 och

2,5 l/s beroende på årstid. Medelflödet uppskattas till 1,5 l/s. Lakvatten som genereras inom bergupplaget kommer att ledas till en lakvattendamm och sedan vidare österut för fortsatt rening.

3.1.2 Kväve i lakvattnet

Kvävemängder och kvävehalter i lakvattnet ökar succesivt från det att bergmassor börjar tillföras upplaget till som mest tre till fyra ton kväve per år. Som mest uppskattas halter på 150 mg/l kväve förekomma, där nästan allt kväve (mer än 95 %) utgörs av nitrat. Efter att den inledande mest intensiva bergdrivningsfasen avslutats kommer kvävehalterna avklinga. Den totala kvävemängden som förs bort via lakvattnet under denna inledande fas beräknas uppgå till knappt 20 ton och motsvarar en medelhalt på 50 mg/l.

Flöden och halter förväntas skilja sig väsentligt mellan regniga perioder och torrvädersperioder. Haltvariationer orsakas också av ojämn tillförsel av bergmassor. Beroende på hur effektiv utjämning av flöden som kan åstadkommas inom upplaget kommer dock variationer delvis jämnas ut.

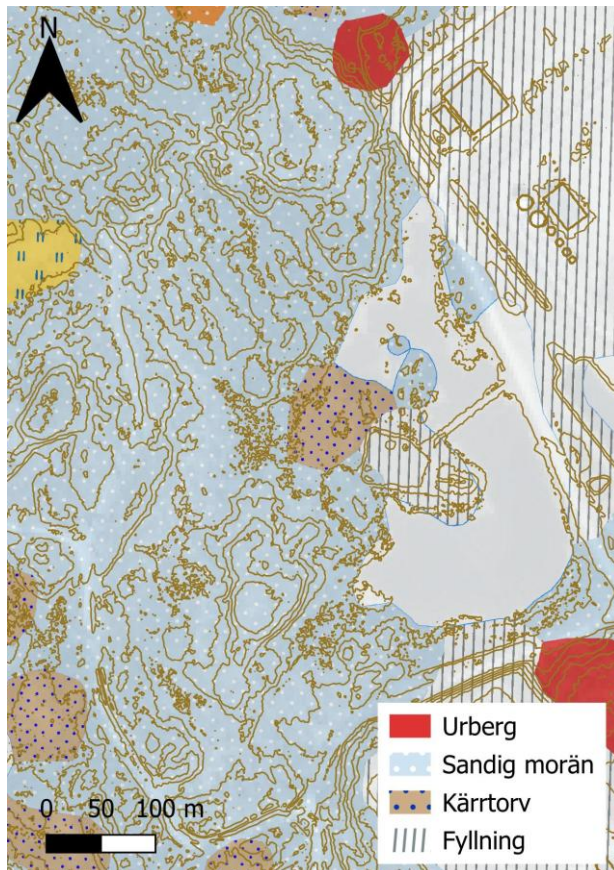
Planeringsförutsättningarna för bergupplaget inrymmer osäkerheter och det scenario som beskrivs här kan ändras. Fortsatt produktion av kväverikt lakvatten efter åtta år kan till exempel inte uteslutas och maximala kvävehalter kan vara överskattade. Det är därför en fördel om behandlingen vid behov kan upprätthållas under längre tid och om möjligt vara flexibel så att den kan anpassas efter belastning och ändrade förutsättningar. Ny information tyder på att utlakningen av nitratkväve från bergmassorna tar längre tid än man tidigare antagit. Ett möjligt scenario är därför att belastningstopparna blir mindre och att förloppet blir mer utdraget i tid.

3.2 Gunnarsbo-Lillfjärden

3.2.1 Geologiska förutsättningar, vattenstånd mm

Jordarterna runt Gunnarsbo-Lillfjärden består enligt SGU:s jordartskarta och den kvartärgeologiska utredning som SKB låtit göra för tillrinningsområdet till Gunnarsbo-Lillfjärden, till största del av sandig morän, men ett mindre område med kärrtorv och fyllning finns även väster om sjön (Sohlenius m.fl., 2019).

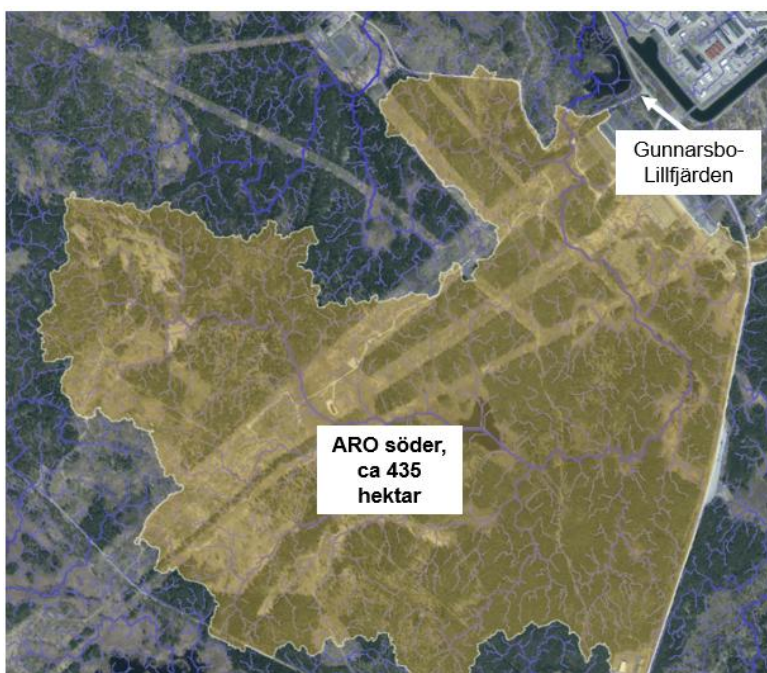
Gunnarsbo-Lillfjärdens vattenstånd var vid inmätning i början av maj 2025 +1,85 meter. Vid platsbesöket i januari var vattenståndet cirka +2,0. Sjön avdelas på mitten av en vall med en enkel körväg. Den norra delen av sjön är mycket grund och har våtmarkskaraktär medan den södra delen av sjön är något djupare och större.



Figur 1. Jordarter och översiktlig topografi vid Gunnarsbo-Lillfjärden. Källa: SGU (2024).

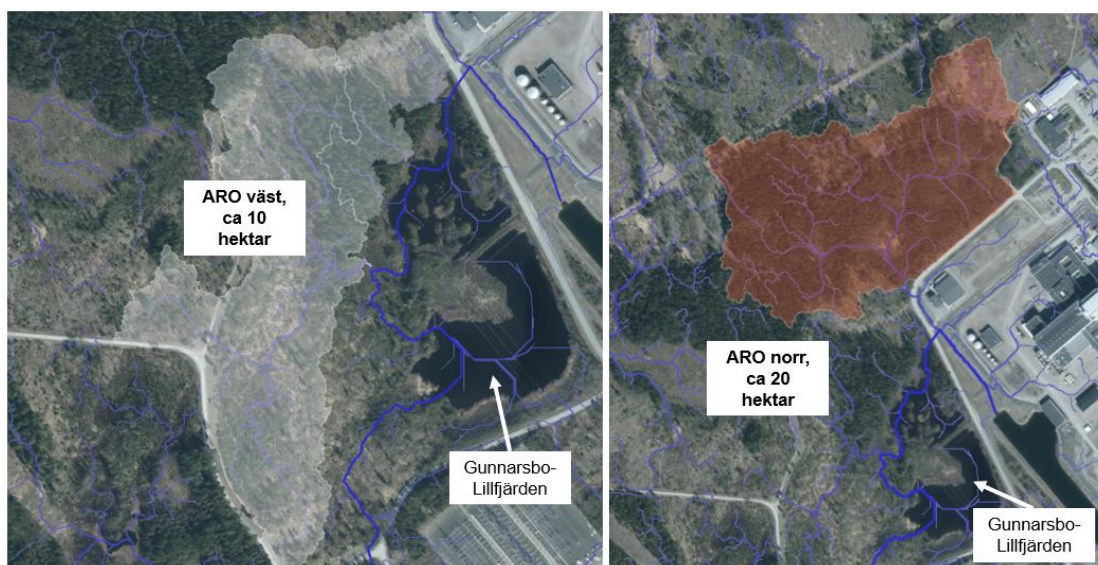
3.2.2 Avrinningsområden

Gunnarsbo-Lillfjärdens avrinningsområde består uteslutande av naturmark och är ungefär 480 hektar stort. 435 hektar av detta avrinningsområde leds direkt till den södra delen av sjön där också vattnet rinner ut till kylvattenkanalen och vidare ut i Östersjön. På grund av vallen mellan sjöarna bedöms tillrinningen från söder inte påverka den norra delen (Figur 2).



Figur 2. Delavrinningsområde för södra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden. Källa: Scalgo (2025).

För det norra området är avrinningsområdet ungefär 30 hektar stort. Ett delavrinningsområde på 10 hektar ligger på sjöns västra sida och ett något större delavrinningsområde på 20 hektar ligger norr om sjön (Figur 3). Medelavrinning från en naturmark på 30 hektar uppskattas vara ungefär 1,8 l/s vilket är i liknande storleksordning som medelflödet på lakvattnet på 1,5 l/s.



Figur 3. Delavrinningsområden för den norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden. Notera att bilderna har olika skala. Källa: Scalgo (2025).

4 Bedömning

4.1 Skede 1

I det första utredningsskedet gjordes bedömningen att befintliga våtmarksområden inklusive norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden sannolikt inte räcker för 70 % kväverening vare sig på årsbasis eller avseende total mängd.

Tre alternativ för kompletterande kväverening, eller en kombination av dessa, skisserades på och föreslogs för fortsatt utredning:

- Anläggande av kärr i dalgången väster om norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden.
- Komplettering med flytande (snabbverkande) kolkälla i form av Brenntaplus.
- Komplettering med fast (långsamverkande) kolkälla i form av träflis.

4.2 Fortsatt utredningsarbete

Det fortsatta utredningsarbete ledde till följande slutsatser:

- Anläggande av kärr i dalgången väster om Gunnarsbo-Lillfjärden bedöms inte vara lämpligt. Marken utgörs av morän med potentiellt hög genomsläpplighet. Ställvis förekommer lerskikt i dalgången, men leran är tunn, endast någon decimeter och är ej sammanhängande. Även det organiska ytskiktet är tunt, endast upp till några decimeters tjocklek.
- Lämplig lokalisering av flisdamm bedöms vara intill vägen i väster. Denna lokalisering minimerar intrånget i den kvarvarande al- och tallskogen längre österut, som lämnats kvar vid tidigare avverkningar. Lokaliseringen minimerar även behovet av körväg in i området och är fördelaktig med hänsyn till anläggande, tillsyn och drift. Flisdammen måste dock anläggas med geomembran och vidare avledning ner mot fjärden ske i tät ledning.
- Höjning av befintlig vall/körväg under kraftledning, vilket i tidigare skede diskuterats, accepteras sannolikt ej av ledningsägaren och bortskrivs.

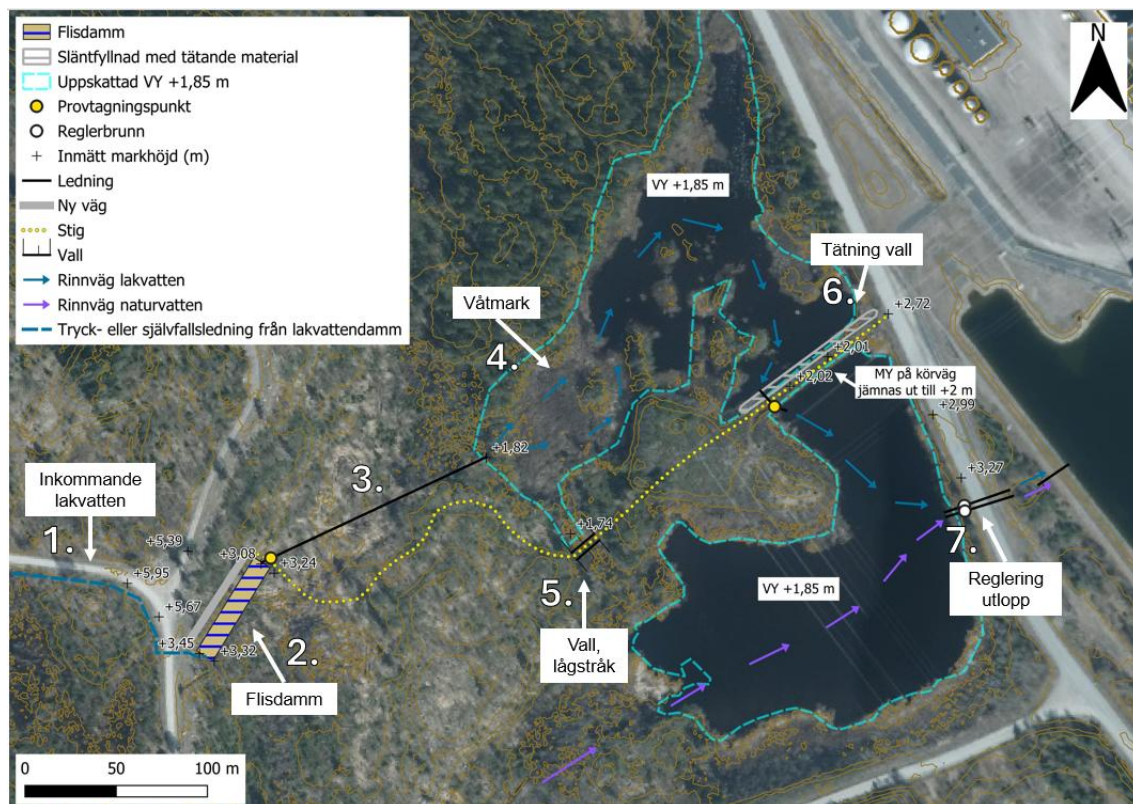
4.3 Behandlingslösning

Förslagen behandlingslösning innebär att det pumpade lakvattnet från bergupplagets lakvattendamm leds till en flisdamm som placeras intill grusvägen väster om Gunnarsbo-Lillfjärden (1 och 2 i Figur 4). I flisdammen sker denitrifikation effektivt i det nitratrika lakvattnet, där träflisen agerar som en långsamverkande kolkälla för de denitrifierande bakterierna. Lakvattnet leds därefter i en självfallsledning ner till våtmarksmiljön omkring norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden (3 och 4 i Figur 4).

I våtmarksmiljöerna och i norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden förväntas kvävehalterna minska ytterligare genom spontan denitrifikation. För att maximera reningspotentialen i våtmarkssystemet föreslås att en mindre vall anläggs tvärs över ett lågstråk lite sydost om utloppet för självfallsledningen (5 i Figur 4). Detta bedöms öka uppehållstiden i våtmarken då hela vattenflödet tvingas ta en längre nordlig väg genom våtmarkssystemet och norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden.

För att minska risk för vattenutbyte mellan norra och södra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden föreslås att vällen som delar Gunnarsbo-Lillfjärden tätas på den norra sidan och förses med ett definierat utlopp (trumma och brunn) (6 i Figur 4). Denna åtgärd ger också möjlighet att provta det utgående vattnet innan det blandas med den större vattenvolymen och det större flödet i sjöns södra del. Södra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden utgör alltså endast en del av bortledningssystemet men kommer också att fungera som ett fortsatt skydd för eventuella utsläpp till kylvattenkanalen.

En stig föreslås anläggas mellan flisdammen och östra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden för att underlätta utsläpps- och egenkontroll samt för att kunna visa upp anläggningen för besökare.



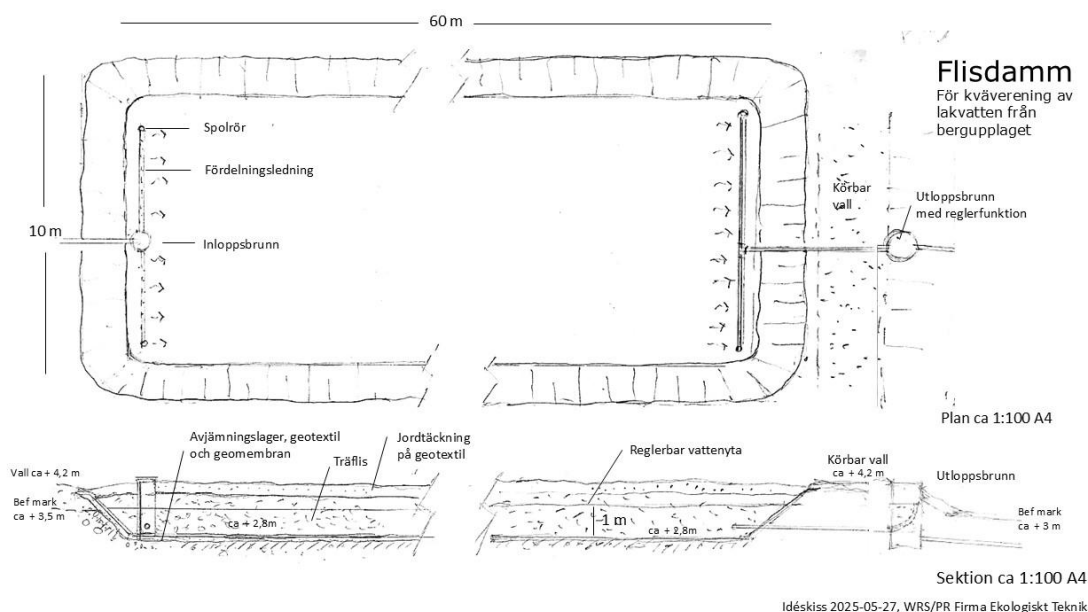
Figur 4. Översikt över föreslagen behandling för rening av lakvatten i Gunnarsbo-Lillfjärden.

I den södra delen av sjön återfinns Gunnarsbo-Lillfjärdens utlopp (7 i Figur 4) i form av två betongkulvertar (D500 mm). Vid platsbesöket mättes kulvertarnas vattengång in till +1,5 respektive +1,4 meter, men då utloppen var övervuxna av rötter och växlighet står sjön uppdämd flera decimeter högre än så. För att säkerställa att värdefulla våtmarksmiljöer i norra delen av sjön bibehålls föreslås att kulvertarna kompletteras med reglerbrunnar som reglerar vattenytan till ca +1,85 meter.

4.3.1 Flisdamm

Flisdammen dimensioneras för att kunna denitrifiera ett ton kväve per år vilket innebär att den behöver en minsta volym på 600 m³. I terrängen strax öster om en befintlig grusväg finns en naturlig långsträckt sänka som vid platsbesök bedömdes vara lämplig för anläggande av flisdammen. Möjligheter finns här att med schakt och uppbyggnad av vallar skapa de volymer och nivåer som behövs och huvudsakligen uppnå lokal massbalans.

Föreslagen flisdamm är 10 meter bred och 60 meter lång (Figur 5). Utloppsbrunnen från flisdammen möjliggör provtagning för att bedöma reningseffekten i anläggningen.



Figur 5. Utformningsförslag flisdamm.

4.3.2 Kompletterande rening med flytande kolkälla

Som beskrivits ovan finns stora osäkerheter kring vilka kvävemängder som kan förväntas olika år. Om stora mängder lakas ut några år och man ser behov av extra kväverening utöver den som uppnås med flisdamm och våtmarker finns möjlighet att tillsätta flytande kolkälla. Det är tillgången på kolkälla som begränsar flisdammens och våtmarkens kapacitet för denitrifikation. Genom att tillsätta kolkälla ökar kapaciteten för denitrifikation i hela behandlingssystemet. Detta görs lämpligen i lakvattendammen vid bergupplaget. Brenntapulus är en produkt som är väl beprövad och pumpbar ner till -15° C. För att applicera Brenntapulus i lakvattendammen kan exempelvis en IBC-tank med produkten placeras intill i ett teknikhus med doserpump och styrutrustning.

4.4 Reningseffekt av föreslagen åtgärd

4.4.1 Rening i flisdamm

Försök med flisdammar visar på god potential för kväveavskiljning. En anläggning med 600 m³ träflis bedöms kunna avskilja ett ton kväve per år i fem till tio år.

Inkommande kvävehalter och flöden kommer troligtvis vara låga de första åren efter anläggning vilket innebär att flisdammen inte behöver tas i bruk direkt. Dammen kan då ”torrläggas” genom att reglera ned vattennivån i utloppsbrunnen. Om, vilket inte är troligt, flödena är mycket låga, men halterna höga, och man behöver köra dammen fylld med vatten kan långa uppehållstider uppstå. Detta kan i sin tur leda till syrebrist i vattnet och i värsta fall att giftiga ämnen så som svavelväte uppstår. Möjlighet finns då att recirkulera vattnet från utloppsbrunnen tillbaka till inloppsbrunnen där vattnet kan syresättas genom att vattnet får falla över en enkel kaskadluftare. Om man tror detta kan vara nödvändigt krävs att man drar fram el till flisdammen. I nuläget bedöms dock detta scenario vara mycket osannolikt.

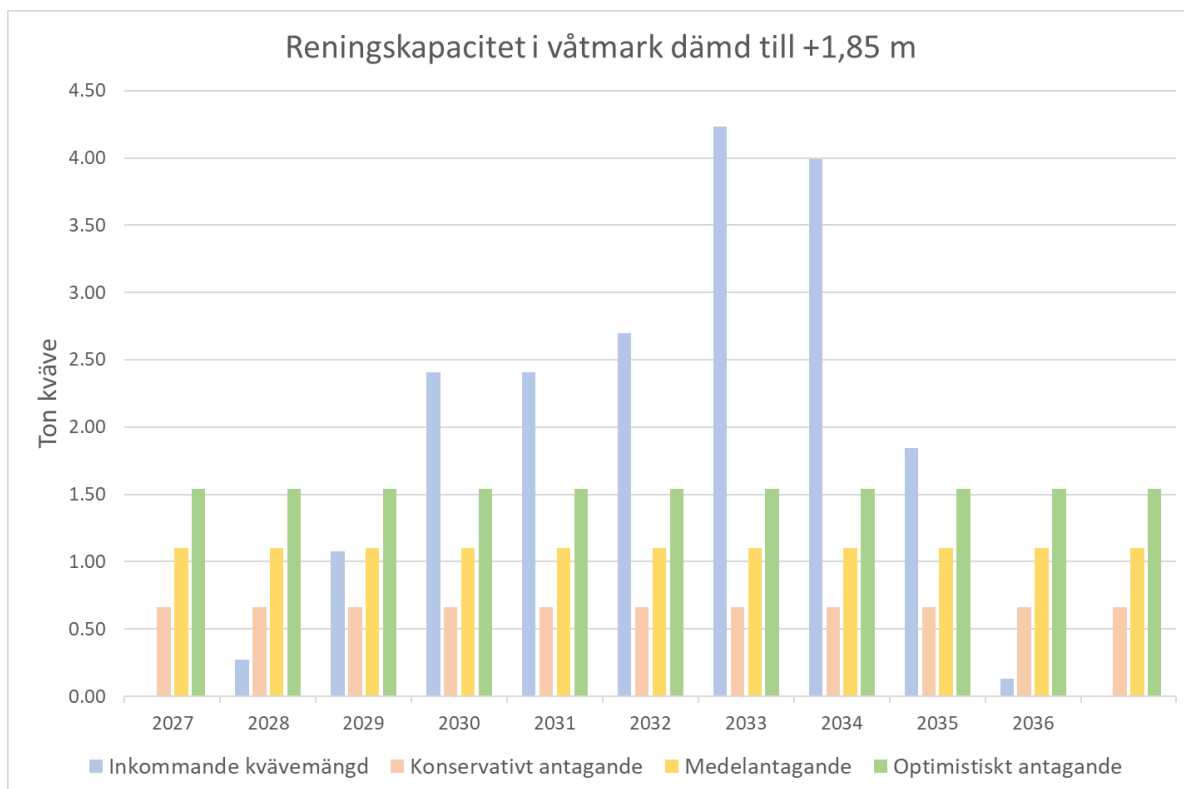
4.4.2 Rening i våtmark

Litteraturen anger stora variationer i våtmarkers kapacitet för denitrifikation. Bra sammanställningar om hur denitrifikation fungerar i våtmarker och vilka reduktionsnivåer man funnit i olika studier finns i den systematiska utvärdering som genomfördes av EVIEM ”Hur bra är anlagda och restaurerade våtmarker på att rena vatten från kväve och fosfor” (2016), samt den nyligen publicerade rapporten ”Multifunktionella våtmarker i förändrat klimat” publicerad av Naturvårdsverket (2024). Dessa rapporter visar att kväveavskiljningen i naturliga och anlagda våtmarker i jordbrukslandskapet kan variera mycket, från nära noll till drygt ett ton per hektar och år. I svenska spillvattenvåtmarker där närmast ideala miljöer kan skapas för denitrifikation, har avskiljningsnivåer på mellan 750 kg och upp till 2 ton kväve per hektar och år uppmätts. Faktorer som man funnit vara avgörande för denitrifikation i våtmarker är näringstillstånd, (nitrat-)kvävebelastning, temperatur och uppehållstid.

I Gunnarsbo-Lillfjärdens norra del bedöms kvarvarande kväve föreligga i behandlingsbara kvävekoncentrationer trots viss utspädning med avrinning från omgivande marker och förutsättningarna sammantaget relativt gynnsamma för denitrifikation. Osäkerheterna är dock stora, varför tre scenarier tagits fram för kvävereduktion i våtmarken:

- Konservativt antagande: 300 kg reducerat kväve per hektar våtmark. Totalt 650 kg kväve reduceras då i våtmarken per år.
- Medelantagande: 500 kg reducerat kväve per hektar våtmark. Totalt 1 100 kg kväve reduceras då i våtmarken per år.
- Gynnsamt antagande: 700 kg kväve per hektar våtmark. Totalt 1 500 kg kväve reduceras då i våtmarken per år.

Här antas att reningsgraden motsvarar medelantagandet vilket betyder att våtmarken tillsammans med flisdammen tillsammans kan avskilja uppskattningsvis 2,1 ton kväve per år. Den modellerade årliga inkommande belastningen från upplaget uppgår dock till 4 ton kväve under en kortare period (Figur 6). För att kunna hantera så pass stora mängder och samtidigt uppnå kravet om 70 % avskiljning, krävs tillsats av flytande kolkälla.



Figur 6. Tre scenarier för kväveavskiljning i våtmarken per år sett till inkommande kvävemängd från lakvattnet. Medelantagandet har använts för uppskattning av reningsgrad.

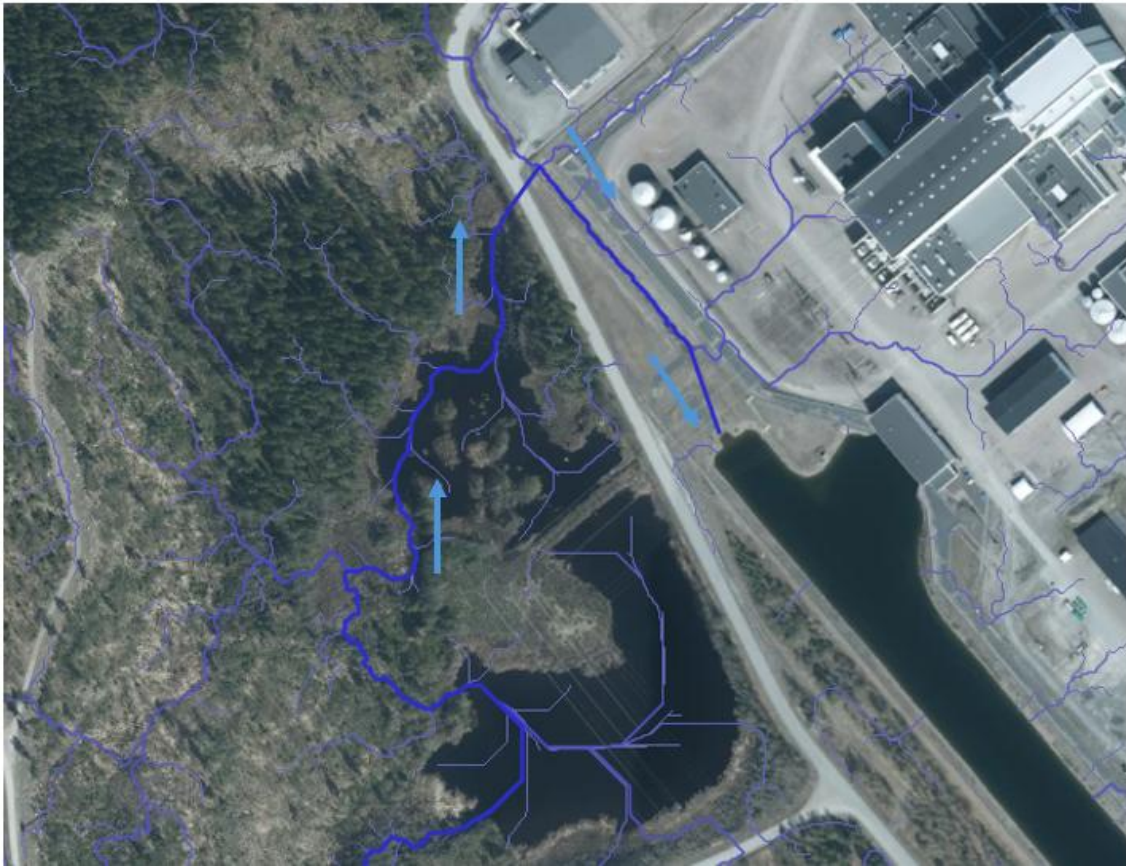
4.4.3 Kompletterande rening med flytande kolkälla

Vid tillsats av flytande kolkälla i form av Brenntapulus kan doseringen anpassas beroende på önskad avskiljning. En IBC-tank på ett ton räcker till att reducera uppskattningsvis 250 till 300 kg kväve. Vid en maximal årlig belastning på fyra ton och en avskiljning i flisdamm och våtmark på 2,1 ton krävs tillsatts av ungefär tre ton Brenntapulus till lakvattendammen för att uppnå en reningsgrad på 70 %. För att möjliggöra en tillväxt av ett denitrifierande bakteriesamhälle i flisdammen introduceras slam eller jord under flisdammens inledande driftsättningsperiod. Om behov med tiden uppstår av att tillsätta mer fosfor, så måste det ske på annat sätt eftersom Brenntapulus inte innehåller fosfor.

4.5 Anläggningens funktion vid höga flöden och skyfall

Anläggningen kommer inte nämnvärt påverka vattenflöden och vattennivåer i Gunnarsbo-Lillfjärden vid skyfall och inte heller påverkas själv av skyfall. Vid skyfall pumpas fortfarande ett mindre, reglerat flöde från lakvattendammen till anläggningen. I den mån vattennivåer i sjön stiger vid skyfall beror detta på den naturliga tillrinningen och kapaciteten i utloppet till kylvattenkanalen.

Om inkommande flöden till sjön överskrider kulvertarnas kapacitet bräddar flöden över vägen på sjöns östra sida och vidare till kylvattenkanalen (Figur 7). Reningskapaciteten i systemet förväntas endast tillfälligt minska under regnepisoden.



Figur 7. Flödesväg vid bräddning i Gunnarsbo-Lillfjärden. Källa: Scalgo (2025).

Flisdammen bedöms förbli helt opåverkad av höga flöden och skyfall då inkommande flöden till dammen styrs via pumpning. Anläggningens nivå i terrängen kommer vara ca +3,1, vilket är strax över bräddningsnivån över vägen i öster för Gunnarsbo-Lillfjärden.

4.6 Utsläpps- och egenkontroll

För att kunna kontrollera att reningsanläggningarnas funktion upprätthålls behöver flera provtagningsplatser finnas i systemet. Med dessa ska man kunna bedöma om tillräcklig rening uppnås i systemet och se eventuellt behov av tillsats av flytande kolkälla vid höga belastningar.

4.6.1 Inkommande kvävemängder

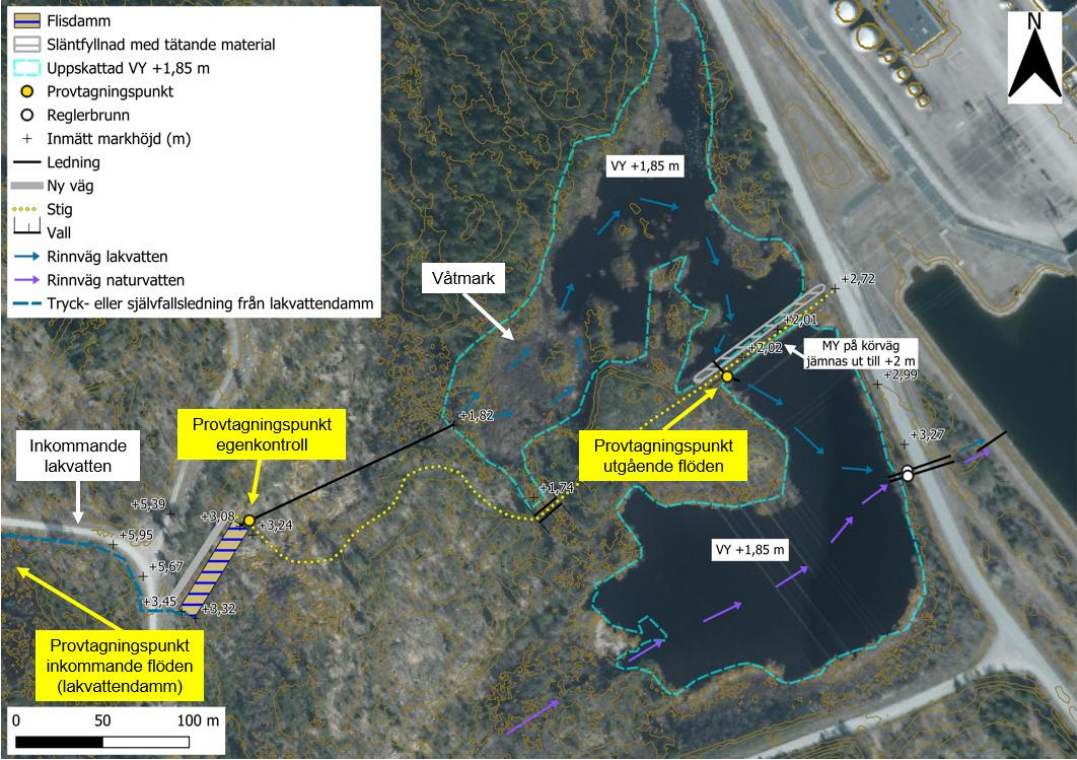
Lakvattnets kvävehalt mäts genom stickprovtagning i lakvattendammen (Figur 8). Med hjälp av gångtider på pumpar som leder lakvattnet vidare till flisdammen kan inkommande flöden och mängder beräknas.

4.6.2 Utgående kvävemängder

För beräkning av utgående mängder föreslås en provtagningspunkt i utloppet till södra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden (Figur 8). Då delar av flöden och inkommande kvävemängder till våtmarken består av naturlig avrinning behöver en hydrologisk modell användas för att beräkna reningsgraden i systemet. Lämpligtvis tas ett *börvärde* fram för kvävehalten som motsvarar en naturlig kvävebelastning från avrinningsområdet tillsammans med utgående kvävemängder från lakvattendammen efter 70 % rening. Om halterna överskrider det framräknade börvärdet innebär det att flytande kolkälla behöver tillsättas i lakvattendammen.

4.6.3 Egenkontroll

För att möjliggöra kontroll av flisdammens funktion föreslås en provtagningspunkt i flisdammens utloppsbrunn (Figur 8). Förutom kväve kan det även finnas behov att mäta ytterligare parametrar som exempelvis syrgashalt, fosfor, TOC/DOC och COD, vilka kan ge kompletterande information.



Figur 8. Förslag till provtagningspunkter i systemet för beräkning av inkommande och utgående mängder samt för egenkontroll.

4.7 Kostnadsuppskattning

Tabell 1 visar en kostnadsuppskattning för förslagen behandling med flisdamm och justeringar i den befintliga våtmarken. Sammanlagt uppskattas kostnaden för entreprenadarbeten uppgå till 2,2 miljoner kronor, vilket efter påslag på 20 % för byggherrekostnader och 20 % för osäkerheter summer till cirka 3,1 miljoner kronor. Till detta tillkommer en driftkostnad för Brenntaplus som uppskattas till 30 000 till 50 000 kr per ton avskilt kväve.

Tabell 1. Kostnadsuppskattning för anläggning av åtgärdsförslag.

Anläggningsdel	Investering	Mängd	Enhet	Å-pris	Summa (avrundat)
<u>Flisdamm</u>					1 600 000 kr
	Avverkning och röjning	1		50 000 kr	
	Körväg	70	m	400 kr	50 000 kr
	Flisdamm	600	m ²		1 500 000 kr
<u>Justeringar befintlig våtmark</u>					600 000 kr
	Avverkning och röjning vall och ledning	1		50 000 kr	50 000 kr

Schakt och fyllnad för vall över lågstråk	10	m	400 kr	20 000 kr
Självfallsledning D110 inkl. schakt och fyllnad	130	m	2000 kr	260 000 kr
Trumma vall/serviceväg	1		15 000 kr	15 000 kr
Tätning vall/serviceväg	70	m	500 kr	40 000 kr
Installation nivåreglerbrunnar inklusive schakt och fyllnad	2		100 000 kr	200 000 kr
Enkel installation för pumpning av kolkälla			20 000 kr	20 000 kr
Totalsumma (inklusive påslag 20 % byggherre, 20 % osäkerhet)				3 100 000 kr

5 Slutsatser

- Befintliga våtmarksområden inklusive norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden bedöms inte tillräckliga för 70 % kväverening vare sig på årsbasis eller avseende total mängd.
- Kompletterande kväverening behövs för att nå 70 % rening för det studerade konservativa scenariot avseende kvävemängder i lakvattnet per tidsenhet och med ett medelantagande för våtmarkens denitrifierande kapacitet.
- Flexibilitet i behandlingen är önskvärd på grund av planeringsosäkerheter rörande variationer i tid.
- Kvävet i lakvattnet föreslås renas i en flisdamm och ett 2,2 hektar stort våtmarks- och sjöområde omfattande norra delen av Gunnarsbo-Lillfjärden. Vid extrema kvävebelastningar kan en flytande kolkälla i form av exempelvis Brenntaplustillsats adderas till bergupplagets lakvattendamm för att öka reningsgraden till 70 %.
- Med föreslagna lösningar uppskattas 1 ton kväve per år kunna avskiljas i flisdammen och ytterligare 1,1 ton kväve per år i den efterföljande våtmarken. Vid den maximala årliga belastningen på fyra ton kväve behöver cirka tre ton Brenntaplustillsats årligen.
- Föreslagen flisdamm beräknas översiktligt kosta cirka 1,5 miljoner kronor och justeringar i den befintliga våtmarken 0,6 miljoner kronor. Med påslag för osäkerheter och byggherrekostnader beräknas den totala entreprenadkostnaden översiktligt till 3,1 miljoner kronor.

Referenser

- EVIEM, 2016. Våtmarker som fallor för kväve och fosfor.
- JORDBRUKSVERKET, 2015. Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket [internet]. Tillgängligt: https://www2.jordbruksverket.se/download/18.704fc84714d2baac7efc9b0c/1431091028248/ra15_7.pdf [Hämtad 2024-10-22].
- LAND, M., GRANÉLI, W., GRIMVALL, A., HOFFMANN, C.C., MITSCH, W.J., TONDERSKI, K.S., och VERHOEVEN, J.T.A., 2016. How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal? A systematic review. *Environmental Evidence*, Vol. 5, Nr. 1, s. 9.
- NATURVÅRDSVERKET, 2024. *Kväveavskiljning i multifunktionella våtmarker i ett förändrat klimat*. Stockholm, Nr. 7147.
- RIDDERSTOLPE, P., 2017. *Kompensationsåtgärder för kvävereduktion vid Alunda och Gimo Avloppsreningsverk*. WRS uppdrag för SKB, Svensk Kärnbränslehantering AB Nr. PM nr 2017-1122-A.
- SCALGO, 2025. Scalgo Live [internet]. Tillgängligt: <https://scalgo.com/live/> [Hämtad 2025-3-17].
- SGU, 2024. Jordarter 1:25 000-1:100 000 (WMS).
- SOHLENIUS, G., WILIN, L., HEDENSTRÖM, A., och KARLSSON, C., 2019. *Quaternary deposits in the drainage area of Gunnarsboträsket in Forsmark Stratigraphical and surficial distribution of Quaternary deposits*. Nr. P-19-15.