



Dagvatten blir badvatten

Ett gestaltungsförslag på en baddamm i
Gränbyparken med naturlig rening

Ludvig Pärlefors Prado

Självständigt arbete, 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land
Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala
Uppsala 2023

Dagvatten blir badvatten: Ett gestaltungsförslag på en baddamm i Gränbyparken med naturlig rening

Transform from run-off water to bathing water: A design proposal for a swimming pond in Gränbyparken with natural purification

Ludvig Pärlefors Prado

Handledare: Lars Johansson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land

Examinator: Petter Åkerblom, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land

Bitr. examinator: Anna Robling, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur, A2E - landskapsarkitekturprogrammet - Uppsala

Kurskod: EX0860

Program/utbildning: Landskapsarkitekturprogrammet - Uppsala

Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2023

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Baddamm, dagvattenrening, naturlig pool, hållbar dagvattenhantering

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i JA, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i NEJ, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:<https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

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

Sammandrag

Att rena och fördröja dagvatten sker i allt större grad lokalt. Då dagvattenanläggningarna kommer närmare inpå den bebyggda miljön och i kontakt med stadens invånare, får landskapsarkitekten en viktig roll, genom att utforma öppna dagvattenlösningar. Kraven ställs på dagvattenhanteringen, att utöver sin primära uppgift som är att rena och fördröja dagvatten, även bidra med andra värden. I detta arbete undersöks hur en dagvattenanläggning i Gränbyparken i Uppsala kan utformas för att användas som en naturlig baddamm. En baddamm är en konstgjord damm som inte har kontakt med grundvattnet, reningen sker fysiskt och biologiskt med hjälp av växter och filtration. Det ställs höga krav på vattenkvaliteten för att vattnet ska bli badbart samt att utformningen av dammen går samman med miljön som finns på platsen idag.

Ett avrinningsområde lokaliseras där dagvatten leds via ett reningssteg av ett svackdike och ett biofilter innan vattnet når en nedre damm, vilken fungerar som ett vattenmagasin. Baddammen ligger högre i landskapet och det blir då möjligt att pumpa upp renat dagvatten från den nedre dammen till baddammen när avdunstningen är större än nederbörden.

Baddammen har intern reningen där vatten pumpas runt med hjälp av pumpar genom substratfilter och växtzoner. Reningssystemets främsta uppgift är att avlägsna bakterier och näringsämnen. Bakterier fastnar i biofilmen som uppstår i substratfiltret, där mikroorganismer förbrukar bakterierna. Fosfor anses vara det näringsämne som gynnar algutväxten. Att aktivt jobba med växter för att reducera fosforhalten i baddammen genererar ett klart, algfritt vatten. Dagvatten har beroende på aktiviteten i avrinningsområdet hög fosforhalt som behöver minimeras. Utöver fosfor innehåller dagvatten fler ämnen som är oönskade i en baddamm då de kan vara hälsofrämjande. Vidare undersökningar krävs för att säkerställa att dessa föroreningar kan avlägsnas med hjälp av de reningsystem som används i utformningen av baddammen och dagvattenhanteringen i Gränbyparken.

Summary

This thesis results in a proposal for a design of a naturally purified swimming pond in Gränbyparken, Uppsala. The pond is a part of the local management and the treatment of run-off water.

Background

In a climate where the rains are expected to be heavier and the dry periods longer, landscape architects are often participating in projects that includes delaying and/or treatment of run-off water. The water that flows on the surface when it is raining carries micro particles, nutrients and heavy metals. In nature, these particles are naturally filtered when plants clean and delay the storm water.

Nature could be imitated in human made systems to achieve the same result. One way could be using an artificial pond, designed for swimming, a Natural Swimming Pool, NSP. Run-off water contains a lot of pollutants that do not belong in the NSP. These first have to be removed in order for the water to be suitable for bathing.

Natural Swimming Pool

An NSP is a body of water that has no contact with groundwater. The water is purified physically and biologically and no chemicals may be used. The water in the pond is purified in the pond's regeneration facilities, which can be located next to the swimming area, in situ, or located separately from the swimming area, ex situ. Bathing only takes place in the swimming area and not in the regeneration zones. The water can be purified through filtration, where water passes through a substrate powered by pumps. The substrate filter can have plants, and is then counted as a technical wetland, or without plants, and is then called a biofilm-accumulating substrate filter bed. Purification can also take place in hydrobotanical systems, where absorption of pollutants by plants above and below the water surface is responsible for the purification.

In the summertime, the evaporation from the pond

requires pond, the pond to be refilled with fresh water, usually using water from the mains. By connecting the run-off from the surrounding area, the water level can be kept constant with the input from the run-off water.

The Location for the NSP

The Uppsala municipality's aim is that the city's residents should reach a swimming area within five kilometers of their home. Today swimming areas are only found in northern and southern areas of Uppsala. A swimming area closer to the center of Uppsala would offer more residents a swimming area closer than five kilometers.

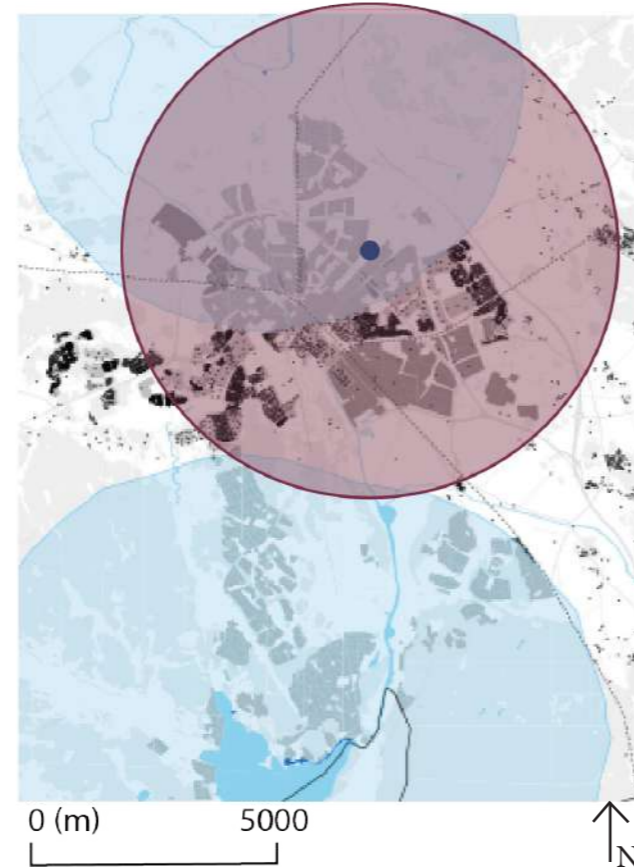


Figure A. The red circle indicates 5000 m radius from Gränbyparken

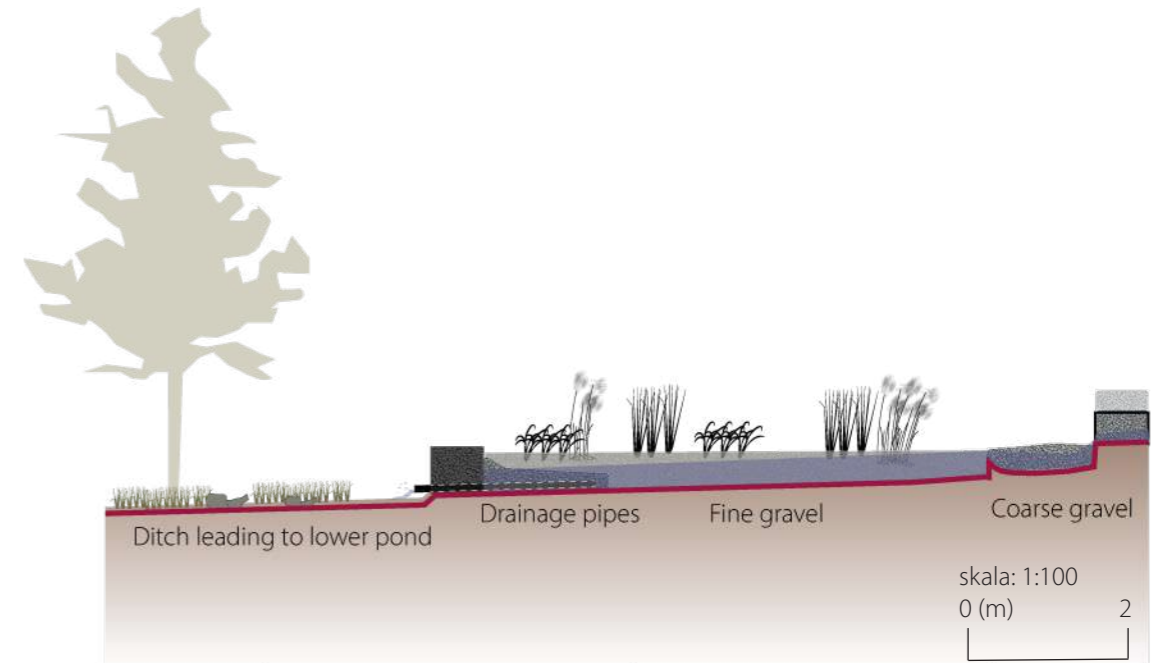


Figure B. A model of a biofilter, where the substrate and plants clean the water when it passes through the filter bed.

The location chosen for the project is Gränbyparken, located in eastern Uppsala. Gränbyparken is 13 hectares, and could therefore be appropriate for an NSP and its regeneration zones.

The Uppsala municipality has considered Gränbyparken before as a possible location for a swimming pool.

Aim

This project aims to examine in what way a stormwater system is suitable to use when building an NSP. The project also aims to design an NSP where water quality and design are prioritized and inspired by nature's purification system.

Questions

How can a nature-inspired pond in Gränbyparken be designed to achieve good water quality and a design that is inviting for people to swim in it?

What conditions are needed to clean the water inside, and on the way to, the pond?

Method

The method for the thesis was *Analysis through Synthesis*, where the aim was reached by possible solutions being tested through sketches. New problems were encountered in the sketches, which were solved within new sketches. In this way, the work process was iterative, where problems, analysis and results were reworked

during the process. To structure the work, the thesis is divided into four approaches: Knowledge gathering, Reference project, Inventory and Analysis, and the Design process.

Treatment of run-off water

In order to be able to use stormwater for swimming in, the stormwater needs to be purified before it reaches the NSP. This can be done using, for example, biofilters, wetlands or ponds. Samples of water from the outlets of these treatment facilities have shown that the ability to separate pollutants through these nature-based solutions is viable.

Sufficiently large catchment area for run-off water to be able to maintain a consistent water level in the NSP can be found in eastern Gränby. However, the catchment area is not large enough to be able to clean the water in a wetland or a stormwater pond, therefore biofilters are used as the method to purify the run-off water.

Water Quality in an NSP

In an NSP, clear, transparent water free of algae and bacteria is desired. On top of the surrounding sources of pollution, swimmers also pollute the water. In order to achieve the desired water quality, the regeneration zones need to be dimensioned based on the number of people who are expected to swim per day. In terms of reducing algae, the availability of phosphorus is the limiting factor for algae growth. Different filter types and plants can together reduce the bacteria and phosphorus

in the water of an NSP.

Where all the variables on the water contents and the purification capacity of the regeneration zones are present, it is possible to calculate the exact number of people that the NSP is dimensioned for, based on the ability to remove bacteria and phosphorus. As I do not have this information, I assume that:

- The regeneration zones must occupy approximately 50% of the NSP's total volume.
- For each person swimming, 10 m³ of water (regeneration zone and swimming area) is required to maintain the purification.
- All water should be recycled in one day (passes through the regeneration zone).

Design program

- The swimming pool must be able to receive 450 visitors/day (total water volume 4500m³/10m³ per visitor).
- The purification of the run-off water and the NSP must be achieved using nature-based solutions and if it's possible, be visible to the visitor.
- The addition on the site must be designed with a strong expression but at the same time follow the character of the site and therefore be seen as a natural feature of the park.
- The design must be attractive all year around.
- Design of water elements must follow directives to minimize the risk of drowning.

Program Plan

Run-off water from the catchment area is led in from eastern Gränby. The storm water is purified using a sloped ditch and a biofilter, before it reaches the lower pond. The purified run-off water from the lower pond is pumped up to the swimming pond. The swimming pool has an overflow to keep a constant water level. Water from the overflow passes through a hydrobotanical system before flowing further into the stream and the into a technical wetland system. Here the water is purified via filtration before the water reaches the lower pond. In the lower pond, the water mixes with the purified run-off water before it is pumped back to the NSP again. The lower pond is allowed to fluctuate in water level while the swimming pond will maintain a steady level. This works because the swimming pond is located higher than the lower pond which acts as a reservoir. In order for the water quality in the swimming pond to be sufficiently good, the water inside the swimming pond is also purified via two different purification zones, a technical wetland system with vertical flow from top to

bottom, and a non-water saturated technical wetland system followed by a hydrobotanical system.

Design

The NSP is wedged into the landscape between existing elevations. Organic irregular shapes give a sense of a natural place, but with created elements such as jetties, bridges and dams to make the place accessible. Around the pond, the regeneration zones meet perennial plantings that weave into each other, creating a smooth transition. The plants in and around the pond are adapted to the site environment. Outside the pond, the site is dry as the pond has no contact with the groundwater. The plants here are chosen for the site, but must visually interact with the expression of plants that usually grow next to water.

As a barrier to the in-situ purification zones, a jetty runs along one long side of the pond. The jetty also covers the sharp transition that occurs between the swimming and the regeneration area.

Discussion

The result indicates that it may be possible to use run-off water for filling up an NSP. This, based on results from the low pollution levels of heavy metals, phosphorus and bacteria. However, there may be many more harmful contaminants in run-off water that are not desirable in an NSP. To investigate further, samples of water from the catchment area in eastern Gränby should be collected. The result will show of which pollutants are found, and what possibilities there are to remove them.

Using nature-based solutions with open stormwater management shows in a pedagogical way the water cycle and how the natural systems remove pollution, while at the same time, there are great ecological and aesthetical values in using open stormwater management in urban design.

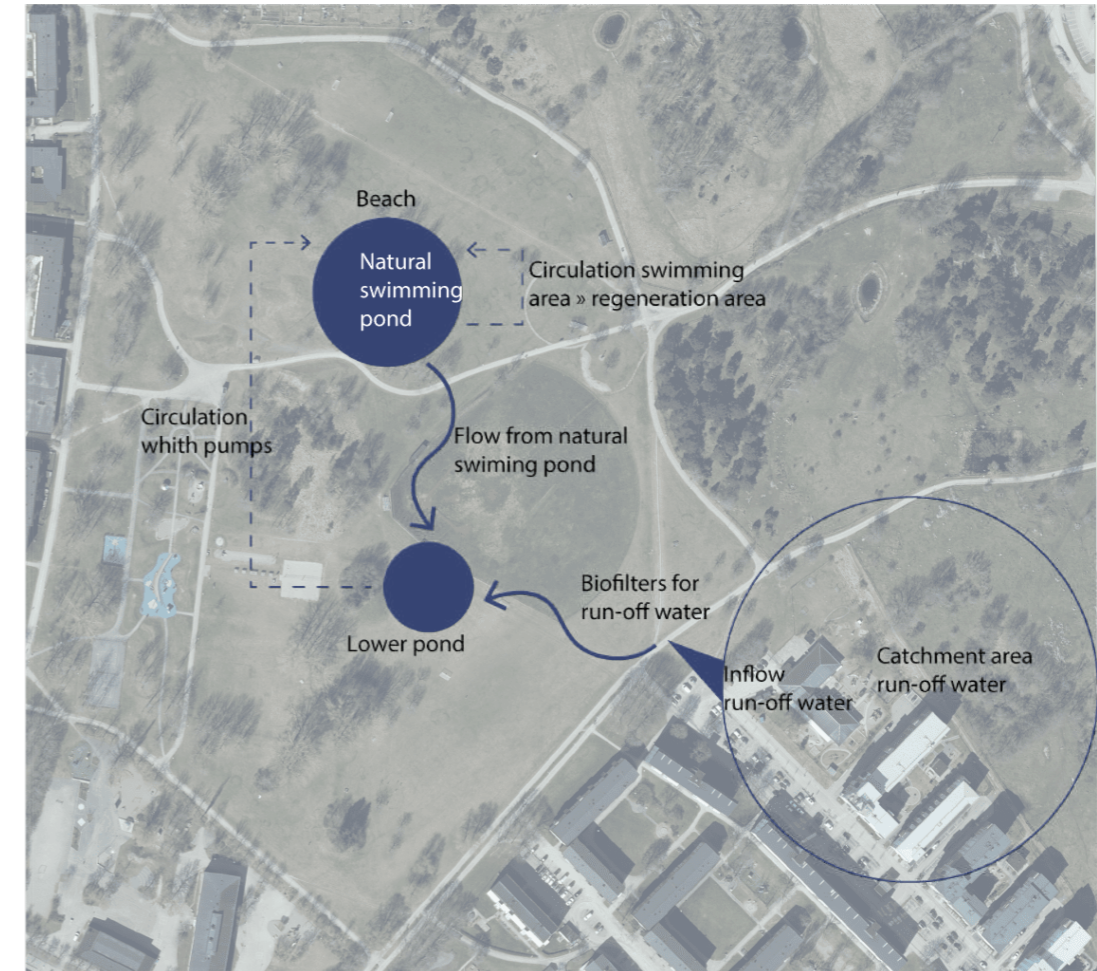


Figure C. Program plan for the water system.

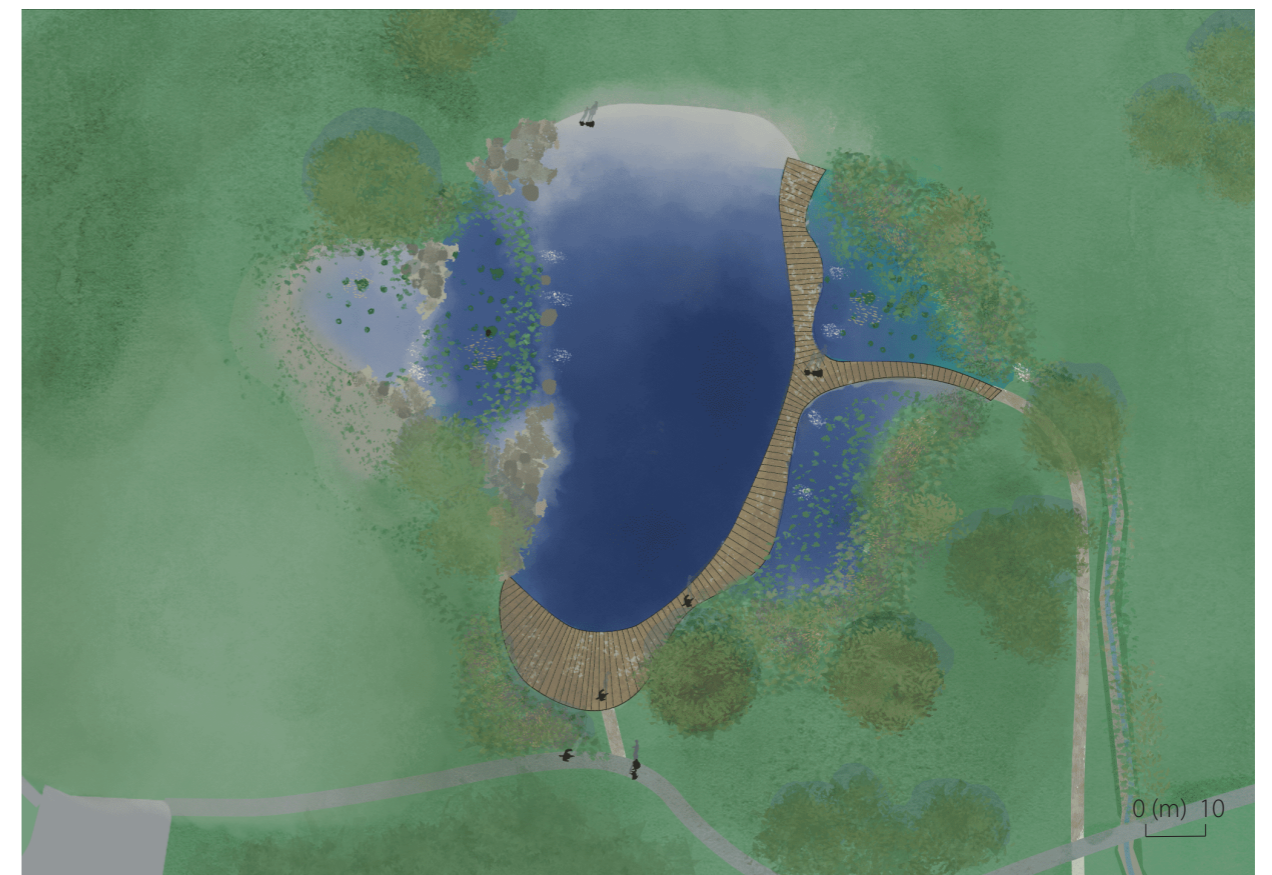


Figure D. Illustratet plan for the natural swimming pond.

Förord

Detta arbete är ett förslag på en utformning av en naturligt renad baddamm i Gränbyparken, Uppsala. Jag är själv uppvuxen i Gränby och har god lokalkännedom om platsen. Avsaknaden av närhet till en badplats är inget som jag har lidit av under min uppväxt då jag är en badkruka, men som blivande landskapsarkitekt tände synapserna till för att lösa ett problem och förmedla ett förslag på en baddamm. Jag var dock inte den första att ha denna tanke. Under arbetets gång har det kommit till min kännedom att fritids- och naturvårdsnämnden lade fram en motion redan 2011 om ett naturbad i Gränbyparken (Fritids- och naturvårdsnämnden 2011). Men det fritids- och naturnämnden, och för övrigt ingen annan i Sverige vågat sig på är att kombinera nytta med nöje. Baddammen är bara en del i ledet av ett lokalt omhändertagande och rening av dagvatten.

Gestaltningförslaget presenteras i detta dokument som är i A3-format.

Jag vill rikta ett tack till min handledare **Lars Johansson** som har sett möjligheterna i detta arbete och varit med från start med givande handledarträffar samt ett tack till **Jack Fluch** för rundtur på Midgårdsbadet och utbyte om kunskap om baddammar.

Innehållsförteckning

| | |
|---|-------------|
| 1. Inledning | S.7 |
| Bakgrund | S.8 |
| 2. Metod | S.11 |
| Metodens delar | S.12 |
| 3. Kunskapsinsamling | S.14 |
| Dagvatten | S.15 |
| Vattenkvalité på badvatten | S.17 |
| Baddammar | S.19 |
| 4. Referensprojekt | S.24 |
| Hybridbad med rening | S.25 |
| I en svensk kontext | S.28 |
| 5. Platsanalys och förutsättningar | S.33 |
| Markförhållanden | S.34 |
| Storlek baddamm | S.36 |
| Växtval runt damm | S.38 |
| 6. Gestaltungsprocessen | S.39 |
| Skissövningar | S.40 |
| Skisser som ledde fram till gestaltningen | S.43 |
| 7. Resultat | S.45 |
| Program | S.47 |
| Rening av dagvatten | S.50 |
| Rening av vattnet i baddammen | S.53 |
| Baddammens utformning | S.59 |
| 8. Diskussion | S.62 |
| 9. Referenser | S.64 |

1 Inledning

Bakgrund

Idag knyts ofta landskapsarkitekter till projekt som innefattar fördröjning och/eller rening av dagvatten. I ett klimat där nederbörden förväntas bli kraftigare och torrperioderna längre behöver vi jobba med långsamma system genom infiltration och naturlig rening av dagvattnet (Naturvårdsverket u.å.). Hanteringen av dagvatten sker i allt större utsträckning lokalt och närmare inpå vistelseytorna i staden. Landskapsarkitektens uppgift blir att utforma öppna dagvattenanläggningar, vars uppgift utöver att rena och fördröja dagvatten även bidra med andra värden. Skulle det vara möjligt att konstruera en kombinerad dagvattenanläggning med en baddamm?

Dagvatten och bad

En baddamm är ett slutet system utan kontakt med grundvattnet. Detta betyder att vatten måste tillföras till dammen för att vattennivån inte ska sjunka när avdunstningen är större än nederbörden. Att kombinera tillförsel av dagvatten till en baddamm är hållbar vattenhantering då dagvatten renas lokalt, samtidigt som dricksvatten inte behöver användas för att fylla upp baddammen. Problemet är att dagvattendammar är mottagare av en stor andel ohälsosamma partiklar och att bada i detta vatten brukar därför avrådas. Dagvattenutlopp nära badstränder kan vara ett hot mot vattenkvaliteten (Miljöförvaltningen 2022). Att slå ihop dagvattenhantering med en baddamm avrådes också ifrån, då dagvattendammar har en betydligt högre andel föroreningar och näringsinnehåll. Växter som trivs där vill ha mycket näring, medan vattnet i en baddamm är näringsfattigt och växterna som väljs måste anpassas till den miljön (Kircher & Thon 2016). Att samla regnvatten för att fylla på baddammen är en god idé då näringsinnehållet i regnvatten är lågt och det är ett lokalt omhändertagande av dagvatten (Dunnet & Clayden 2007).

Vatteninslag i offentliga miljöer kan innebära en drickningsrisk. Vid parker behöver dammar utformas för att minska risken för barndrunkningsolyckor (Boverket 2011:6).

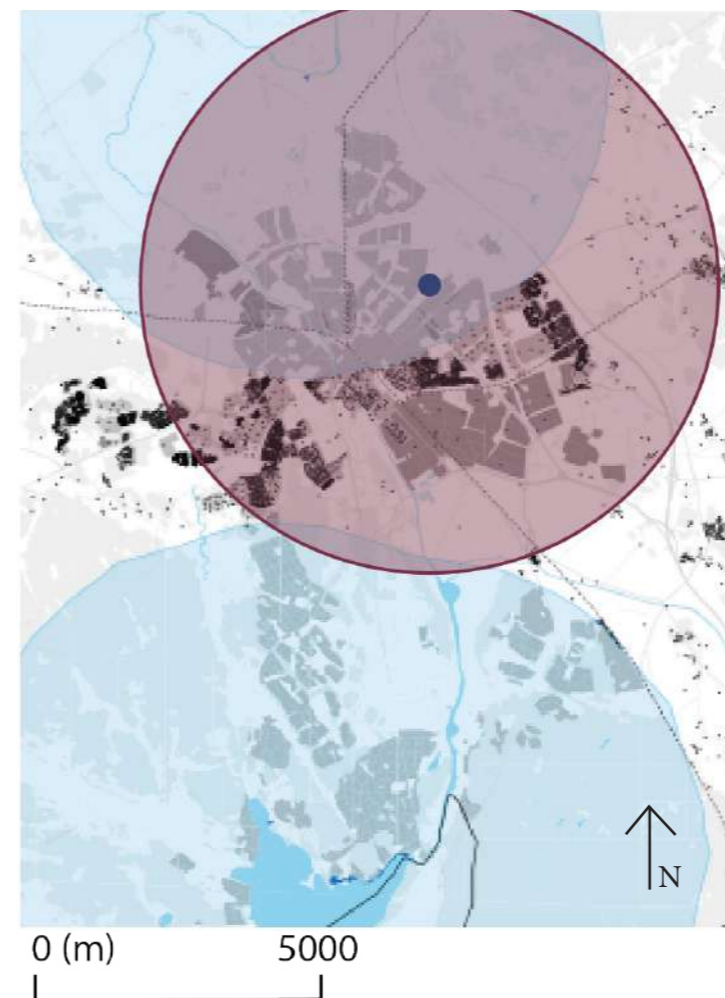
Vad är en baddamm

Under 1970-talet utvecklades baddammen i den tyskspråkiga världen (Österrike, Tyskland, Schweiz) (Kircher & Thon 2016; Kufner 2012). Målet var att skapa en damm med naturlig rening med syftet att bada i. Först användes växter som reningsmetod och senare lades även filtrering till, där vattnet perkolerar genom ett substrat. 1991 öppnades den första offentliga baddammen i Österrike. Idag finns det baddammar världen över, och IOB, International Organization of Natural Bathing Waters, har medlemmar från alla sex världsdelar.

En baddamm kan utformas med målet att efterlikna en naturlig sjö, till att likna en vanlig klorrenande pool, men gemensamt för alla baddammar är att de ska renas med naturlig rening. Vattnet i en baddamm återcirkulerar och pumpas ofta runt med hjälp av pumpar. Växter och substratfilter avlägsnar näringsämnen och bakterier för att få rent badvatten. Förutom yttre faktorer för kontaminering av badvattnet bidrar varje person som badar att höja närings- och bakterienivån, därför dimensioneras reningen av badvattnet efter max antal badare per dag, eller vice versa, att max antal badare per dag bestäms utifrån reningskapaciteten.

Badplatser i Uppsala

Genom centrala Uppsala rinner Fyrisån, med utlopp i Ekoln, Mälaren, i södra Uppsala. Ekoln har flera badplatser, medan Fyrisån har begränsade badmöjligheter. I norra Uppsala finns endast ett bad utmärkt av Uppsala kommun, Storvad. Storvad ligger ca 4 km från Gränbyparken. I figur 1 visas hur många adresser, svarta prickar, som ligger längre än 5000 meter från närmaste bad. Uppsala kommuns mål är att invånarna max ska ha 5000 meter till närmaste bad (Kontoret för samhällsutveckling u.å.). Ett bad i Gränbyparken skulle medföra att flera invånare kommer inom 5000 meter till närmaste bad. Gränbyparken är under upprustning, och i och med det har Uppsala kommun haft en medborgardialog. I medborgardialogen kommer det fram önskemål om "Möjlighet till vatten i form av vattenlek, plaskdamm eller någon form av bad." (Uppsala kommun 2022).



Figur 1. Sociotopkarta från Uppsala kommun som visar bad inom 5000 meter. Målet är att Uppsalas invånare max ska ha 5000 meter till närmaste bad. Den vinröda ringen visar en radie på 5000 meter från Gränbyparken. (grundkarta kontoret för samhällsutveckling u.å.)

Sociala fördelar med badplats i Gränbyparken

Uppsala kommun har gjort en socioekonomisk kartering över Uppsala kommuns olika stadsdelsområden där värden som inkomst, hälsa och utbildning vägs samman (Analysenheten 2021). Området kring Gränbyparken är socioekonomisk utsatt. Väster om Gränbyparken ligger författargatorna (se figur 4), en av Uppsalas mest socioekonomiska utsatta områden med det socioekonomiska värdet 1 av 5 (ibid). Öster om Gränbyparken ligger vädergatorna vilka enligt den socioekonomiska karteringen ligger på en 3 av 5, men med en medelinkomst på långt under medel för Uppsala kommun (ibid). Den ekonomiskt svaga positionen för en stor del av invånarna i direkt anslutning till parken baddar för ett sommarlov eller semester hemma, utan självklara möjligheter att resa på solsemestrar eller till sommarstugor vid kusten. Att konstruera en offentligt öppen damm med badmöjligheter kan därför möjliggöra kontakt med vatten för alla, utan att resa eller betala dyra entréavgifter.

Gränbyparken

Platsens historia

Under 1960-talet expanderade Uppsala kraftigt norrut och stadsdelen Gränby växte fram (*Kulturnämnden 2010*). Gränbyparken blev en del av den trattformade kilen som löper från centrala Uppsala ut mot den norra slätten (figur 4). Men det skulle dröja innan parken var på plats. I figur 2, flygfoto från 1975, går det att se hur åkermarken breder ut sig där Gränbyparken ligger idag. År 1977 ändrades stadsplanen för Gränbyparken och åkermarken omvandlas till anlagd park.

Gränbyparken idag

Gränby har idag en befolkning på ca 7 500 personer, men Gränby förtätas, norr om Gränbyparken återfinns Uppsalas två högsta bostadshus (17 våningar) och runt Gränbystaden byggs bostadshus på före detta parkeringen till gallerian.

Gränbyparken är en stor stadsdelspark på 13 hektar med stora flexibla öppna fält. I parken ligger Regnbågsparken som är en välanvänd lekplats (figur 3). Kommunen rustar upp den gröna kil som sträcker sig från Gränbystaden nästan hela vägen ner till centrum, (figur 4), där Gränbyparken ingår och också är under förändring. Idag är den tidigare instängslade basbollsplanen borttagen och nya träd har planterats och cykelvägarna har blivit bredare.

Gränsande till parken i nordost ligger Gränby backar med sina beteshagar och åkermark. Här finns odlingslotter och en 4H-gård.



Figur 2. Historisk karta över Gränby från 1975, Gränbyparken markerad i bild. Min karta ©Lantmäteriet. Skala 1:10000



Figur 3. Fotografi. Regnbågsparken [2022-01-30]



Figur 4. Karta över nordöstra Uppsala. Gränbykilen sträcker sig in mot Uppsala centrum min karta ©Lantmäteriet. Skala 1:20 000 (bearbetad av Ludvig Pärlefors Prado)

Syfte

Detta arbete syftar till att undersöka hur ett dagvattensystem kan nyttjas till att användas som badvatten. Vidare syfte i detta arbete är att gestalta en baddamm där vattenkvalitén och utformningen prioriteras genom att inspireras av naturens egna reningssystem.

Frågeställningar

Vilka förutsättningar behövs för att rena vattnet i och på väg till baddammen?

Hur kan en naturinspirerad damm i Gränbyparken gestaltas för att uppfylla god vattenkvalité och en utformning som bjuder in till bad?

Begreppsförklaring

(Alla definitioner utifrån Kircher och Thon 2016.)

| | |
|---|---|
| <i>Baddamm, naturpool, biologisk pool</i> | En anläggning som renas utan klor och med hjälp av biologiska processer. Kan innefatta såväl tekniska som helt naturliga lösningar. |
| <i>NSP</i> | Natural Swimming Pool/(Pond), övergripande förkortning för alla typer av baddammar. |
| <i>HBS</i> | Hydrobotaniskt system. |
| <i>TVM</i> | Teknisk våtmark. |
| <i>BSF</i> | Biofilmackumulerande subtratfilter. |
| <i>Skimmer</i> | Ytvattenintag till pump. Kan ha ett filter för löv och smuts som flyter på ytan. |
| <i>Liner</i> | Poolduk. |

Avgränsning

En vattenanläggning kommer innebära att löpande och påkallade skötselåtgärder behöver sättas in. Jag kommer inte inom detta arbete att göra skötselplan för dammen, men kommer att fatta avvägda beslut för en damm utan stora underhållskrav.

Högt grundvatten kan vara en utmaning i konstruktionen av en baddamm då grundvattnet kan trycka på linern underifrån. Detta problem går att lösa med hjälp av dränering eller cementplatta i botten, jag kommer därför inte ta en grundvattnet som en begränsande faktor i val av plats.

Gränbyparken är sedan 2022 under upprustning och planer finns på att anlägga en vattenlek intill lekplatsen (*Uppsala kommun 2022*) Vad som är planerat att anläggas i Gränbyparken framöver kommer inte att påverka min undersökning. Jag kommer att förhålla mig till parkens utformning vid projektets start (januari 2023).

Avgränsningen geografisk är att dammen kommer att ligga inom området som uppfattas som park. Nordost om parken ligger betesmark, kolonilotter, åkermark och en 4H-gård som enligt kommunen ingår i Gränbyparken men enligt mig benämns som Gränby backar.

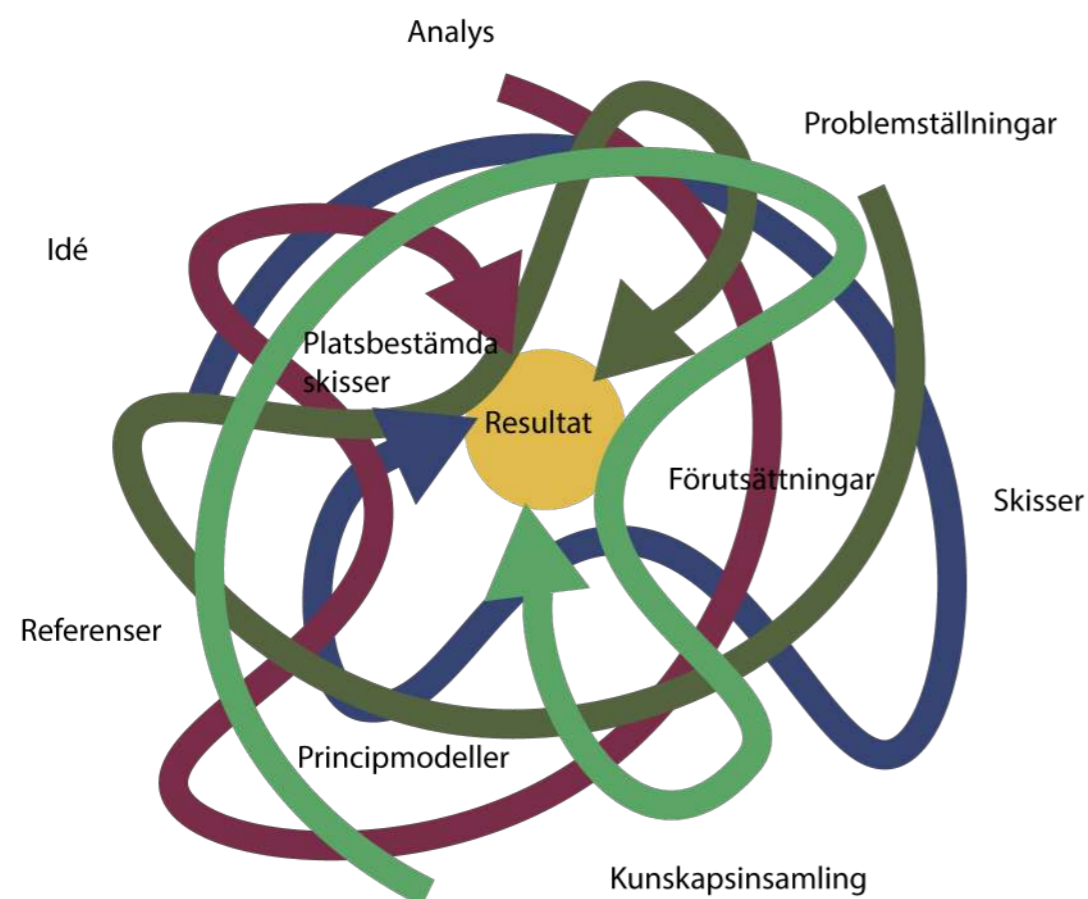
2 Metod

Metodens delar

I detta arbete använde jag mig av metoden *Analysis through synthesis*. Att i ett tidigt stadium börja skissa på lösningar samt att undersöka och definiera problemet kännetecknar *Analysis through synthesis*. Processen är icke linjär, då nya problem formuleras på vägen erfordras nya lösningar. Att gå från helhet till detalj, framåt och bakåt, problematisera och lösa. Det finns flera svar på problemen i en designprocess och problemen är ofta komplexa (Krupinska 2014).

“Kreativitet är att ställa frågor och presentera problem - inte att lösa dem!”
(Matti Bergström 1922-2014)

Arbetsprocessen delades upp i fyra olika tillvägagångssätt: kunskapsinsamling, referensprojekt, inventering och analys samt skissandet som verktyg. Arbetsprocessen var inte linjärt uppdelad. Samtliga fyra delar svarade och ifrågasatte varandra om och om igen under processen (figur 5).



Figur 5. Konceptuell bild över hur arbetsprocessen varit uppdelad. Bilden visar på komplexiteten i metoden då processen från start till resultat inte är linjärt uppdelad.

Kunskapsinsamling

Kunskapsinsamlingen skedde med hjälp av facklitteratur, forskarrapporter, myndighetsrapporter och intervjuer. Insamling av kunskap har sammanställts samt utretts hur användandet av kunskapen kan appliceras i gestaltningen. Sökandet av litteratur skedde på hemsidor på bibliotek, databaser som hanterar vetenskapliga artiklar (Scopus, Web of science och Google Scholar) samt vanliga sökmotorer för att få resultat av myndighetsrapporter, tidningsartiklar och foton. Sökord som använts var dagvatten, baddamm, vattenrening samt varianter på dessa och dess engelska synonymer. Sökningar gav många användbara resultat. Nyckellitteratur för kunskapsinsamlingen om baddammar var *How to build a natural swimming pool* (Kircher & Thon 2016) och *Recommendations for Planning, Construction, Servicing and Operation of Outdoor Swimming Pools with Biological Water Purification (Swimming and Bathing Ponds)* (FLL 2011).

How to build a natural swimming pool

How to build a natural swimming pool, skriven av Wolfram Kircher och Andreas Thon, är en komplett guide hur en NSP är uppbyggd och fungerar. Kircher är professor i växtgestaltning med fokus på naturalistisk design och Thon är professor i byggnadsteknik med fokus på bevattning och vattenrening. Då boken innehåller tekniska lösningar och många exempel har den varit en kärnfull källa.

FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau

FLL (*Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung Landschaftsbau*). Den tyskspråkiga världen ses som ledande inom utvecklingen av NSP. Det var Österrike följt av Tyskland som de första baddammarna byggdes och utvecklades. Det var även här de första standarderna och regelverken för vattenkvalité togs fram. Av praktiska skäl har jag lutat mig mot de tyska rekommendationerna, FLL 2011, *Recommendations for Planning, Construction, Servicing and Operation of Outdoor Swimming Pools with Biological Water Purification (Swimming and Bathing Ponds)*, då det fanns tillgängligt på engelska och det österrikiska, ÖNORM, bara fanns tillgängligt på tyska. FLL 2011 innehåller förutom regler och rekommendationer av vattenkvaliteten även beskrivning av olika reningsanläggningar och dess volym- och reningskapacitet.

Referensprojekt

Då inga dagvattendammar byggs för att bada i så fanns inga givna referensobjekt. Projektet letades genom att kombinera sökord som bada + dagvatten och engelska motsvarigheter. Sökningarna har skett på allmänna söktjänster samt databaser med vetenskapliga artiklar. Genom dessa sökningar hittades inget lämpligt objekt att användas som referensprojekt. Under kunskapsinsamlingen stötte jag på Nansenparken i Oslo. Parken har en konstgjord damm som tar emot dagvatten, och renar vattnet genom cirkulation via biofilter, likt metoden som baddammar renar vattnet. Studio Dreiseitl som har varit med och ritat Nansenparken hade fler intressanta projekt med rening av dagvatten, men då Nansenparken är ett nordiskt exempel, valdes det ut. Nansenparken studerades i en skrivbordsstudie. Platsen kartlades via foton och kartor. I masteruppsatsen, *Behandling av urbant övervann - En undersøkelse av biofiltrenes funksjonalitet og årsaker til algevekst i overvannsanlegget i Nansenparken, Fornebu* (Leikanger 2013) hämtades information om hur reningen av dagvattnet i Nansenparken fungerar.

I Sverige finns ett offentligt bad med biologisk rening, Midgårdsbadet i Märsta. Midgårdsbadet leder inte in något dagvatten till poolen, och utformningen liknar en konventionell klorrenande pool. Ändock är Midgårdsbadet intressant utifrån att badet endast renas med hjälp av växter och substratfilter. Kontakt togs med Jack Fluch, som är driftansvarig på Midgårdsbadet och representerande ordförande i Sverige för IOB, International Organization for natural bathing waters. Ett studiebesök gjordes den 20 april, 2023 där Fluch visade badbassängerna och reningssystemen. Under besöket ställdes frågor till Fluch om Midgårdsbadet haft dagvattenrelaterade problem, vilken reningsförmåga filterna har och vilken maxkapacitet av antal besökare som poolen klarar av.

Platsinventering och analys

Inventeringen av platsen startade med att kartunderlag studerats för att få en helhetsbild av platsen och en fingervisning om vad som skulle kunna vara av intresse att undersöka och registrera under det första platsbesöket. Det första besöket skedde den 30 januari 2023. På plats fotades miljöerna i och runt omkring parken. Uppsala kommun har inmätningar på parken. Så inga höjd eller längdmått togs.

För att ta reda på markens jordarter samt dess mäktighet, vilket är av intresse för utgrävning av damm samt för växtval, studerades SGU:s jordarts- och jorddjupskarta. Enligt FLL (2011) behöver markens förut-sättningar fastställas innan verkställande av damm kan påbörjas.

För att lokalisera avrinningsområden runt parken och punkter där vatten kan ledas in till parken har det digitala verktyget Scalgo använts. Verktöget kan räkna ut hur stor mängd vatten som kommer att rinna till den valda punkten beroende på nederbörds mängd och räknar då även in ifall underlaget är ogenomsläppligt eller permeabelt. Den 15 mars 2023 gjordes det andra platsbesöket och fokus var att granska avrinningsområdet och dess möjlighet att leda in vatten samt en djupgående inventering för den valda positionen av baddammen. Snösmältningen var påtaglig den 15 mars och möjligheten att se vatten i rörelse i avrinningsområdet var möjligt (figur 41, s.44).

Skissande som verktyg

Skissandet har varit en röd tråd i arbetet. Problem upptäcktes och löstes genom skissandet löpande under arbetets gång.

Att skissa är att konkretisera sina tankar för någon annan eller sig själv. Skiss kan vara mer än bara papper och penna. Det kan till exempel handla om modeller, fotomontage och digitala skisser. När idén visualiseras besvaras problem samtidigt som nya uppstår. Jag har använt mig av handritade och digitala skisser i plan och vy.

SWOT

I val av plats för baddammen använde jag mig av fotomontage där tre vattenförekomster fick representera en plats i parken. Användandet av befintliga vattenförekomster gav även en förståelse för skalan på platsen. De tre lägena utvärderades i en SWOT-analys där styrkor, svagheter, möjligheter och hot vägdes mot varandra internt och mot de andra lägena.

Workshop

När jag kommit så långt i processen att jag skissat fram en platsspecifik skiss, presenterade jag mitt förslag för fem landskapsarkitekter på WSP. WSP är ett konsultföretag med många anställda som har stor erfarenhet inom dagvattenkonstruktioner. Kontakten med företaget upprättades under min praktikplats på landskaps-

utbildningen. Presentationen användes för att konkretisera idéerna samt för att få kommentarer från erfarna landskapsarkitekter om hur verklighetsförankrad planen är. Sedan diskuterades idéer fritt om hur arbetet skulle kunna utvecklas vidare.

Växtgestaltning

Växtgestaltningen har grundat sig på tidigare erfarenheter inlärd från landskapsutbildningen, där växtval anpassas efter ståndort. Kriterier för växtval gjordes och växter valdes efter kriterierna. Källor till information av växter var, *How to build a natural swimming pool* (Kircher & Thon 2016), *Våtmarksflora* (våtmarksguiden 2020), *Perennkompendium* (Lagerström 1992), som är landskapsutbildningens samlade kompendium om perenner, samt vetenskapliga artiklar som behandlar växternas beskaffenhet för rening av olika föroreningar.

Målgrupp

Stora projekt som dagvattenanläggningar riktar in sig på den offentliga sektorn. Det skulle kunna vara kommunens stadsutveckling där kommunpolitiker, planarkitekter, landskapsarkitekter och samhällsutvecklare sitter. Då ämnet hanterar vatten och hur växter och bakterier renar vattnet, kommer uppsatsen även vara aktuell för hydrologer, vatteningenjörer och biologer. Samma processer kan användas av privatpersoner i mindre skala i egna projekt.

3 Kunskapsinsamling

Dagvatten

Dagvatten är tillfälliga flöden av vatten som rinner på ytan. Det kan vara i samband med regn eller under snösmältning som dagvatten uppstår (*Nationalencyklopedin 2023*). Dagvatten tar med sig föroreningar från ytan till recipienten som blir mottagare för föroreningarna. För att säkerställa att dagvattnet som ska förse baddammen med påfyllnadsvatten håller tillräckligt hög vattenkvalité, presenteras först vilka ämnen dagvatten kan innehålla och sedan vilka processer som opererar för att avlägsna dessa ämnen. Slutligen undersöks vilka olika reningsmetoder som används i dagvattenrening.

Vad behöver renas

Dagvatten innehåller organiska och oorganiska ämnen. En stor del av dessa ämnen kommer från antropogen påverkan, där trafik, inräknat med omkringliggande faktorer så som markbeläggning, halkbekämpning, avgaser m.m. står för den allra största källan till förorening av dagvatten (*Naturvårdsverket 2017*). Byggnadsmaterial tillsammans med trafik står för en stor del av de metaller som påträffas i dagvattnet (*Viklander 2017*). Det är främst under byggnadstiden som de flesta ämnen sprids (*Naturvårdsverket 2017; Burton Jr & Pitt, 2001*). Dagvattendammar där avrinningen kommer från jordbruksmark visar höga värden av lerpartiklar från erosion och hög andel fosfor från gödslingen (*Anderson et al. 2012*). Dagvattnets innehåll skiljer sig således beroende på markanvändningen i avrinningsområdet och årstid.

Tabell 1. Källor till föroreningar.

| Föroreningar | Källor till föroreningar |
|-----------------------------|--|
| partikulärt material | arbetsplatser, trafik, byggnadsmaterial, skräp |
| näringsämnen (P och N) | jordbruksmark, trädgård, husdjur |
| tungmetaller | trafik och byggnadsmaterial |
| salt (NaCl) | saltning av vinterväglag |
| olja | trafik |
| PAH:er | trafik, industri, |
| indikatorbakterier (E.coli) | djurspillning, organisk avfall |

Partiklarnas storlek

Ämnen kan påträffas i vattnet i partikelform eller löst i vattnet. (Viklander 2017) Inom dagvattenhantering benämns de suspenderade partiklarna för TSS (Total suspended soil) och de lösta för TDS (Total dissolved solids)(Viklander 2017). TSS har

förmåga att kunna sedimentera. Det kan vara sand, grus, lerpartiklar och organiska material. Dessa partiklar i sig utgör ingen direkt fara, men deras yta attrahera till att andra ämnen kan fästas till dem (Naturvårdsverket 2017)(Blecken 2016). TSS kan också bestå av partiklar såsom mikroplaster och partiklar från bilarnas bromsbelägg (Viklander 2017). Dessa partiklar attrahera också andra ämnen samtidigt som de är förorenande (Naturvårdsverket 2017).

TDS är lösta material, de är så små att de inte sedimenteras och kan därmed färdas långt i vattnet. Klorid (salt) är ett exempel på lösligt förorening i dagvatten. Men även metaller och näringsämnen kan påträffas i löslig form (Naturvårdsverket 2017). Vid lågt pH ökar metallers löslighet (Naturvårdsverket 2017; Ingri 2011). När näringsämnen och metallers förekomst mäts i dagvattnet kan de delas upp mellan TSS och TDS eller så benämns ämnets totala förekomst, TOT.

Hur fungerar det

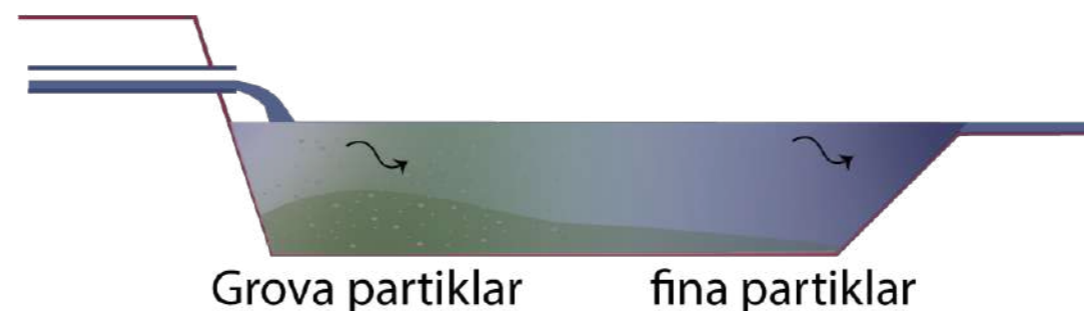
Övergripande kan föroreningarna i dagvattnet avlägsnas, omvandlas eller tas upp antingen fysiskt, fyso-kemiskt eller biologiskt (Egodowatta et al. 2016).

Tabell 2: Reningsprocesser

| Typ av rening | Process |
|--------------------|--|
| fysisk rening | urskiljning, sedimentering, filtrering |
| fyso-kemisk rening | adsorption |
| biologisk rening | denitrifikation, växters upptag, mikroorganismer |

Fysisk rening

Fysiska reningsprocesser renar en stor andel suspenderade partiklar och föroreningar. Galler och sandfång i brunnar samlar upp skräp, växtrester och större sandfraktioner som urskiljs redan i ett förstadium till reningen (Egodowatta et al. 2016; Blecken 2016). När flödes hastigheten på dagvattnet avtar, sedimenterar partiklarna. De grövre partiklarna sjunker till botten först, medan finare partiklar tar längre tid på sig att sedimentera, figur 6. Sedimentering kan skilja upp till 90% av TSS och är därför den främsta reningsprocessen för att urskilja partikelbundna föroreningar (Blecken 2016). Filtrering är när vattnet färdas genom ett finkornigt substrat. Föroreningar filtreras till viss del fysiskt, men biologiska och kemiska processer är inblandade i reningen (Jianghua et al. 2022).



Figur 6. Sedimentering av de grövsta partiklarna sker när vattnets hastighet har avtagit, ju finare partiklarna är desto längre tid tar det för dem att sedimenteras.

Fyso-kemisk rening

Många av reningsprocesserna påverkas av olika kemiska förutsättningar i vattnet. Tillgång på syre är ett krav i vissa reningsprocesser, men själva syret har ingen renande förmåga. Även pH-värdet påverkar hur olika reningsprocesser fungerar, det kan till exempel påverka växters upptag av olika näringsämnen och främja sedimenteringen av fosfor. Adsorption är när ett ämne fixeras vid ett annat, t. ex. kan fosfornivån reduceras vid adsorption med järnhydroxid (Kircher & Thon 2016).

Biologisk rening

Denitrifikationsprocessen är när mikroorganismer omsätter nitrat till kvävgas i sin respiration. För att detta ska ske krävs en syrefattig miljö. Kvävehalten i dagvatten är oftast inte så hög varpå denna typ av reningsprocess är av mindre betydelse (Vätmarksguiden u.å.).

Växters renande förmåga är varierande beroende på sammanhang. Förutom det direkta upptaget av näringsämnen och metaller kan växter bidra med att sakta in och fördela vatten (Blecken 2016). Växter tar upp förorening via rötter och rhizomer och lagrar i biomassan. Rötter och rhizomer har också förmågan att immobilisera föroreningar (Dadrassia & Chijioke 2013), till och med organiska kolväten (PAH:er) (Beral et al. 2023). Växterna står också för huvuddelen i att syresätta vattnet (Kircher & Thon 2016). Växternas beståndsdelar bildar ytor för biofilm att bildas. Biofilm är den slemmiga substans som kan uppstå på ytor under vattnet. I biofilmen finns mikroorganismer som livnär sig på näringsämnen, bakterier och föroreningar som fastnar på biofilmen (Kircher & Thon 2016).

Vilka anläggningstyper används

Det finns olika anläggningstyper som använder sig av olika reningsprocesser, ofta verkar flera reningsprocesser i de olika anläggningstyperna. För att uppnå fullgod rening kan en serie av olika anläggningar användas, där fokus går från grövre till finare partiklar (Egodowatta et al. 2016).

Brunnar

De grövsta partiklarna fångas upp i brunnarnas sandfång. I brunnarna kan det även finnas filter som avlägsnar finare partiklar. Dessa filter behöver kontrolleras och rensas ofta (Blecken 2016). Dessa filter medför inga övriga mervärden som t.ex. fördröjning av dagvatten, habitat för fåglar och djur eller upplevelsevärden.

Dammar

Dagvattendammar är en vanlig förekommande anläggning för att rena och fördröja dagvatten. Dagvattendammar använder sig främst av sedimentering som reningsprocess. Reningen av TSS är bra med en reningsgrad ofta över 70 % av TSS (Blecken 2016). Reningsgraden av metaller är också hög då många metaller är bundna till TSS. Även fosforhalten minskar kraftigt, ca 50 % (Ibid). Dammar kan fungera som ett försteg till ytterligare rening då stor andel partiklar kan avlägsnas via sedimentering men reningen av bakterier och lösta ämnen är begränsad. Dammen storlek bör vara 1-2 % av den hårdgjorda ytan på avrinningsområdet (Blecken 2016; Wu et al. 1996)

Biofilter

Biofilter är en bred benämning på en process där dagvattnet perkolerar genom ett substrat. Andra benämningar är rain gardens och infiltrationsväxtbäddar. Biofilter kan vara växtbeklädda eller avsakna vegetation helt. Biofilter med växter har visat sig generera bättre vattenkvalité med lägre närings- och metallhalter än de växtbäddar som saknar vegetation, även utanför växtsäsong (Beral et al. 2023). Växter bidrar också med att hålla porer öppna (Ibid). Substratet kan variera mycket men behöver ha en god permeabilitet. Biokol har blivit allt vanligare att tillsätta i infiltrationsväxtbäddar, dess effekt på rening har dock inte visat några positiva effekter (Blecken & Viklander 2022).

Reningen i biofilter sker fysisk, fyso-kemisk och biologiskt (Blecken 2016). Reningen varierar mycket beroende på utformning, substrat och vegetation, men är ofta väldigt hög för TSS och metaller (Chen et al. 2017). Då biofilter kan utformas på olika sätt varierar storleken som behövs för att tillgodose reningen av dagvatten, men de flesta biofilter har en storlek mellan 1-5 % av den hårdgjorda ytan på avrinningsområdet (Blecken 2016).

Våtmarker

Våtmarker har en bred reningsförmåga att kunna rena olika föroreningar med olika partikelstorlekar då dagvatten i våtmarker renas fysiskt, fyso-kemiskt och biologiskt. Våtmarker renar också effektivt bakterier (Blecken 2016). Växternas har en positiv påverkan på hydrauliken då växterna saktar in och fördelar vattnet jämnt över våtmarken. Växterna tar även upp näring och agerar yta för biofilm (Blecken 2016).

Tabell 3. Partikelstorlekar på föroreningar som kan renas i de olika anläggningstyperna. Tabell utifrån Blecken (2016).

| Annläggning \ Kornstorlek | <5 mm | 5 mm - 125 µm | 125 µm - 10 µm | 10 µm - 0,45 µm | <0,45 µm (lösta) |
|---------------------------|--|--|--|--|------------------|
| sandfång i brunnar | ████████████████████ | | | | |
| sedimentationsmagasin | ██ | | | | |
| dammar | | ██ | | | |
| svackdiken | | ██ | | | |
| våtmarker | ██ | | | | |
| infiltrationsanläggningar | | | ██ | | |
| biofilter/regnbäddar | | | ██ | | |
| brunnfilter | | | ██ | | |
| membranfilter | | | | ██ | |

Detta tar jag med mig till gestaltning

Dagvattnet som ska ledas in till baddammen bör passera flera olika reningsanläggningstyper, då de olika anläggningarna avlägsnar olika storlekar av partiklar samt olika typer av föroreningar.

Större partiklar avlägsnas via sedimentering, vilket är ett bra försteg till ytterligare rening.

Vattenkvalité på badvatten

Klart vatten kan i badandes ögon vara en parameter för hur kvalitén på badvattnet är. Men de prover som tas på badplatser rörande vattenkvalité rör endast förekomsten av mikrobiella bakterier samt ifall blomning av blågröna alger kan observeras med ögat. Badplatser med förväntat antal badare som överstiger 200 badare om dagen ska registreras som EU-bad. På dessa badplatser finns riktlinjer kring hur testandet av mikrobiella bakterier ska gå till, samt kvalitétklassificeringar av badet utifrån vattenprover under fyra badsäsonger.

Krav på badvatten

Enligt EU:s baddirektiv (2006/7/EG) mäts halten E.coli och Intestinala enterokocker på registrerade EU-bad (Europaparlamentets och rådets förordning 2006/7/EG). Dessa är bakterier som lever i tarmen i varmblodiga djur och fåglar, inklusive oss människor. Påträffas halter av höga värden kan det bero på avloppsläckage, naturgödsling eller kraftiga regn (Livsmedelsverket 2022). Enligt baddirektivet (EU 2006/7/EG) klassificeras badvattnet utifrån halten av dessa bakterier i vattnet och kan uppnå utmärkt, bra tillfredsställande eller dåligt. E. coli och enterokocker är indikatorbakterier och är nödvändigtvis inte patogena. Påträffas dessa finns troligtvis fler bakterier, virus eller parasiter i vattnet (Europaparlamentets och rådets förordning 2006/7/EG)(FLL 2011). Enligt EU:s klassificering för badvatten tas inga prover för organiska miljögifter, tungmetaller, industrikemikalier eller cyanobakterier, blågröna alger (Havs- och vattenmyndigheten u.å.). Enligt Sveriges rikets lag, badvattenförordningen, ska kommunen identifiera och bedöma förekomsten av cyanobakterier.

En profil för varje bad ska framställas där möjliga föroreningskällor inom avrinningsområdet registreras (SFS 2008:218). Cyanobakterier ger ifrån sig sig ett giftigt ämne som ger negativa hälsoeffekter på oss människor och djur. Att bada i vatten där algblooming pågår kan medföra klåda, men även magsjuka (Havs- och vattenmyndigheten 2019:a). Algerna kan blomma i vatten som är mellan 15-23 grader (Folkhälsomyndigheten 2016), men den optimala temperaturen för utveckling är en vattentemperatur på 25 grader C (Kircher & Thon 2016: Zeck, 2001; Mur et al.,1999) Det är främst övergödningen där ett överskott på kväve och fosfor är motorn till den kraftiga algbloomingen (Havs- och vattenmyndigheten 2019:a). Blågröna alger är inte som namnet tyder en alg, utan en bakterie. Den blågröna algen förökar sig bäst i skugga, vilket är i kontrast till algerna som förökar sig bäst i sol (Kircher & Thon 2016).

Tabell 4. Gränsvärden för bakteriell vattenkvalité för inlandsvatten enligt EU:s baddirektiv. (2006/7/EG)

*mätmetod med sämre noggrannhet används.

| Parametrar | utmärkt kvalité | bra kvalité | tillfredsställande kvalité |
|--------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|
| Intestinala enterokocker | 200 cfu/100ml | 400 cfu/100ml | 330 cfu/100ml* |
| Escherichia coli | 500 cfu/100ml | 1000 cfu/100ml | 900 cfu/100ml* |

Önskemål på badvatten

Färgen på vattnet påverkas av humushalten i vattnet. Vid höga nivåer av humus i vattnet färgas det gult/brunt. För att badvattnet ska vara attraktivt och lockande till att bada eftersträvas ett ofärgat och klart vatten. Ett klart vatten uppfattas även säkrare för bland annat drunkningsolyckor. Ett färgat vatten försvårar för ljuset att nå växtligheten längre ner i vattnet (VISS u.å). Vilket kan leda till syrefattiga sjöar. Utöver humus kan även järn och manganhalter öka vattnets färg. Hur stor andel humus vattnet innehåller beror på markanvändningen i avrinningsområdet, typ av jordar och hur snabbt vattnet omsätts. Utöver färgen på vattnet påverkar turbiditeten (grumligheten) hur klart vattnet är. Grumligheten påverkar också siktdjupet och en direkt konsekvens till försämrat siktdjup är försämrad vitalitet för undervattenvegetationen. Undervattenvegetationen tar upp näring från vattnet och konkurrerar ut fytoplankton (WRS 2013). Fytoplankton i sin tur är en anledning till hög turbiditet. Övriga orsaker till ökad turbiditet kan vara lerpartiklar, suspenderade partiklar och kraftig dagvattenavrinning (J.U. Grobbelaar 2009).

Trofiska nivåer

Trofisk nivå är ett klassificering på en vattenförekomstsnäringsnivå, vilket genererar möjligheterna till att skapa biomassa (Kircher & Thon 2016). Parametrar för att ta fram de trofiska nivåerna i svenska sjöar är biomassa av växtplankton, andel blågröna alger, trofisk planktonindex (indikatorarter), klorofyll och artantal (Naturvårdsverket 2007). Ur de badandes synpunkt eftersträvas ett vatten med låga näringsnivåer, då detta är korrelerat med ett klarare vatten. Oligotrofa förhållanden är benämningen för vatten med bra siktdjup, hög syrenivå och stor artdiversitet fast låg total biomassa. Mesotrofa sjöar har mer tillgängliga näringsämnen, vilket medför ett lägre siktdjup än en oligotrof sjö och är periodvis alg tillväxt. Eutrofa sjöar har lågt siktdjup, mycket växtlighet och stundtals dålig syreomsättning. Hypertrofa sjöar har mycket tillgänglig näring, dåliga syresättning och kraftig alg tillväxt (Kircher & Thon 2016).

Kvalitén på renat vatten från dagvattnets utlopp

När Stockholm stad ska lokalisera nya potentiella badplatser är närhet av utlopp från dagvatten en riskfaktor (Miljöförvaltningen 2022). Men ifall vattnet renas först, håller det då tillräckligt hög kvalitén för att blandas upp med badvatten? I Projektet NOS-dagvatten har data samlats in för fem dagvattendammar i Stockholm. Vattnet i inloppet har mätts och jämfört med vattnet från utloppet. Mätdata har fokuserat på metaller, näringsinnehåll och PAH:er (Anderson et al. 2012), dock finns inga värden för indikatorbakterier och vattnets färg. Ur hälsoaspekten är det viktigt att metaller och PAH:er är inom rekommenderade gränsvärden. För att alg-tillväxten ska begränsas är främst en låg halt av fosfor den begränsande faktorn. Medelhalten av totalfosfor i utloppen ligger mellan 0,04-0,15 mg/l, (tabell 5), men variationen är stor mellan lägsta uppmätta värde (0,01) till maxvärdet (0,88) (Anderson et al. 2012). Värden under 0,125 mg/l klassas som låga halter, tabell 6 (Naturvårdsverket 1999). Detta betyder att vattnet från utloppet har generellt låga nivåer av fosfor fast med maxvärden som klassas som mycket höga.

Tabell 5. Fosforhalten i utlopp i de fem dagvattendammarna (Anderson et al. 2012).

| Näringsämne | Medel utlopp | Max utlopp |
|-------------|----------------|----------------|
| Fosfor | 0,04-0,15 mg/l | 0,16-0,88 mg/l |

Tabell 6. Klassning av fosfornivåer i vattendrag. (Naturvårdsverket 1999)

| Klassning | Värde |
|----------------------|-----------------|
| Låga halter | < 0,125 mg/l |
| måttligt höga halter | 0,125-0,25 mg/l |
| höga halter | 0,25-0,50 mg/l |
| mycket höga halter | 0,50-1 mg/l |
| extremt höga halter | > 1 mg/l |

För metaller sätts ett medelsnitt (AA-MKN, medelsnitt för miljökvalitetsnorm) som nivåerna av de uppmätta medelvärdena från dammarnas utloppet inte ska överstiga, (tabell 7). Generellt är avskiljning av metaller bra i dagvattendammar och nivåerna för bly, nickel och krom ligger under AA-MKN medan nivåerna för zink, kadium och koppar ligger kring och över värdena för AA-MKN. Dock avser AA-MKN gränsen för lösta fraktionen medan mätvärdena från dammarna avser de lösta samt TSS. Ifall värdena för endast de lösta fraktionerna skulle tas fram i dammarna är det möjligt att fler ämnen skulle klara gränsvärdena för AA-MKN.

Dagvattendammarna har ett neutralt pH mellan 7-7,6. Regnvattnet är naturligt surt, runt 5,3-5,5 pH och sva-velnedfallet som sänker pH-värdet ytterligare till ca 4,6-4,8 pH (Havs- och vattenmyndigheten 2019:b). Betong i stadsklimatet och växters fotosyntes höjer pH-värdet i dammarna.

Tabell 7. Metaller halt jämfört med AA-MKN för att klassas som god nivå. *värdet beroende på vattnets hårdhet.

| Metall | Medelvärde (tot) | AA-MKN (lösta halter) |
|--------|------------------|-----------------------|
| Bly | 0,9-1,7 µg/l | 7,2 µg/l |
| Kadium | 0,04-0,13 µg/l | 0,08-0,25 µg/l* |
| Koppar | 5,4-11 µg/l | 4 µg/l |
| Krom | 1,3-2,1 µg/l | 3 µg/l |
| Nickel | 1,8-6,6 µg/l | 20 µg/l |
| Zink | 14-61 µg/l | 3-8 µg/l * |

Baddammar

En baddam är en konstgjord vattenförekomst som inte har kontakt med grundvattnet. Det betyder att en vattenavskiljare behöver finnas mellan baddammen och grundvattnet. Vanligtvis är det en plastduk, men det skulle också kunna vara tät lera. En baddam ska bara renas naturligt, inget klor får användas. Reningen av vattnet sker i reningszonen, reningszonen kan ligga i direkt anslutning till ytan avsatt för badning, *in situ*, eller ligga separat från baddammen, *ex situ* (FLL 2011). I reningszonen är det växter och substratet som renar vattnet. Tekniskt sett är pumpar ofta anslutna för att få vattnet att cirkulera mellan badzon och reningszon. Pumpar kan också få vatten att perkolera genom filtermaterial som har stor renande effekt.

En baddamm kan vara uppbyggd på olika principer och utformningen kan variera kraftigt. Antal badare och krav på vattenkvaliteten dimensionerar och utformar reningszonen. Det primära målet med reningen är att avlägsna bakterier och näringsämnen och det sekundära att få ett klart vatten, vilket har ett direkt samband med näringsinnehållet i vattnet. Med hög pumpkapacitet och rätt valda metoder för reningen kan vattnet i en baddamm vara kristallklart.

Begränsande faktorn för algtillväxt

Alger drivs, som alla andra växter, av fotosyntes. För att producera biomassa behövs näring och solljus. För att begränsa tillväxten av alger behöver näringstillgången vara begränsad. Det räcker med att ett näringsämne är tillräckligt lågt för att tillväxten ska begränsas. Det finns flera spårämnen som är viktiga för tillväxten men det är kväve och fosfor som är de primära näringsämnena för tillväxt, där det sistnämnda ofta betraktas som den begränsande faktorn för algtillväxt (institutionen för miljöanalys 1998). Kircher och Thon (2016) hävdar att det finns två vägar att begränsa algtillväxten: Begränsa tillgången på upptagbart kol eller begränsa tillgången på fosfor. Den förstnämnda kräver ett lågt pH för att tillgången ska minska på oorganisk kol som alger kan bygga biomassa av. Ju lägre pH desto mindre tillgängligt oorganisk kol. Det andra tillvägagångssättet är att begränsa löst fosfor. Här är ett basiskt pH fördelaktigt då det främjar sedimentering av fosfor. Det går att eftersträva begränsning av båda, men då ena gynnas av surt pH och den andra av basiskt pH kan det vara kontraproduktivt (Kircher & Thon 2016). FLL (2011) fokuserar på fosfornivån som begränsande faktorn och

att begränsa fosfortillgången är enligt Kircher och Thon (2016) den vanligaste använda metoden i baddammar.

Baddammens delar

Badzon

Badzonen är ytan där allt bad sker och är fri från växter, figur 7. Botten kan bestå av liner eller fixerat material. Bottensedimentet ska gå att avlägsna. Används grus till angöringen av det djupare vattnet ska det vara naturgrus 2-16 mm (FLL 2011) Badzonen kan bestå av en grundare barndel och en djupare del för simning. I offentliga NSP bör barnpoolen uppgå till minst 80 m² (ibid). För att motverka återsuspension av sedimentat material kan badzonen vara 2,5 m djup (Kircher & Thon 2016). I badzonen pågår även viss rening av zooplankton och sedimentering.

Reningszon

Reningszonen kan ligga separat från baddammen, men kan också ligga i anslutning till badzonen, figur 7. Reningszonen måste vara utformad på sådant sätt att ingen badning sker där (FLL 2011). När reningszonen ligger i direkt anslutning till badzonen kan vallar eller



Figur 7. Badzonen med klart vatten. I framkant syns en reningszon som är under renovering. [2023-04-20]



Figur 8. Reningszon, *ex situ*, på Midgårdsbadet, Märsta. Sprinklarna sprutar upp vatten som sedan perkolerar genom gruset. [2023-04-20]

murar avgränsa reningszonen från badande. I Offentliga baddammar ligger reningszonen oftast *ex situ* för att säkerställa att ingen ska bada där (figur 8)(Kircher & Thon 2016). Reningszonen kan skilja sig mycket åt i utformningen, allt från ett hav av näckrosor till en stenista under en brygga.

Påfyllnadsvatten

Målet är att vattennivån ska hållas ständig i en baddamm. Under sommaren avdunstar vattnet från baddammen och växterna evotranspirerar. Vatten i rörelse som skvatts från badande, fontäner o.s.v. bidrar med högre avdunstning än ett stilla vatten. Detta medför att vattnet i baddammarna behöver fyllas upp. Vattnet som fylls på kan komma från ledningsnätet, brunn eller samlat regnvatten. Ifall fosforhalten är hög i påfyllnadsvattnet påverkas vattenkvaliteten i baddammen negativt (Kircher & Thon 2016). Påfyllnadsvatten kan förbehandlas innan det når baddammen ifall resultatet av prover på vattnet visar högt fosforinnehåll.

Vad renar vattnet

I NSP finns en rad olika mekanismer som renar vattnet från näringsämnen, alger och bakterier. De har gemensamt att de drivs av naturliga processer.

Växter

Växter i en NSP kan vara undervattenväxter, *hydrofyter*, eller växter som delvis är vattentäckta, *helofyter*. Växter är konkurrenter till algerna om solljus och näringsämnen. Näringsämnena i en baddamm ska vara begränsade för alg tillväxten, men är också en begränsande faktor för övrig vegetation. I förhållanden med låga näringsnivåer är växternas funktion som renande begränsad. Undervattenväxter bidrar även till att syresätta vattnet. Höga syrenivåer är viktiga för att frigöra ämnen och inte starta denitrifikationsprocessen i baddammen. (Kircher & Thon 2011)

Zooplankton

Zooplankton är små djurplankton som lever på att äta fytoplankton. Fytoplankton försämrar turbiditeten, därför är zooplankton viktiga för att skapa ett klarare vatten. Zooplanktons förmåga att ta upp fosfor är minimal men kan ta upp till 100% av E. coli bakterier (FLL 2011)

Biofilm

Biofilm uppstår på ytor under vattnet som en slemmig hinna. I denna slemmiga hinna finns mikroorganismer som lever av bakterier, virus, näringsämnen m.m. som fastnar på biofilmen. För att biofilmen fortsatt ska vara aktiv behöver dessa ämnen hela tiden fastna på ytan, annars så dör biofilmen av. Att ha ett strömt vatten innebär att fler partiklar passerar ytorna. I NSP med biofilmmackumulerande substratfilter pumpas vatten konstant genom substratet för att biofilmen fortsatt ska vara aktiv (Kircher & Thon 2016).

Sedimentering

När små partiklar klumpas ihop blir de tyngre och sjunker till marken. Sedimentering kan även ske i badzonen, men är det inte tillräckligt djupt så återsuspenderas det sedimenterade materialet. Ifall badzonen består av en liner (poolduk) så kan en poolrobot rengöra botten, annars så behövs sedimenteringen avlägsnas på annat sätt en gång om året, t ex genom vakuumsug eller tömning av vattnet (Kircher & Thon 2016).

Solljus

Solljuset reducerar mikroorganismer (FLL 2011). Det ljus som oskadliggör bakterier i dammar, pooler och dricksvatten är UVC-ljus. Endast speciella lampor kan lysa UVC-ljus då detta solljus aldrig når jordens yta då det absorberas av ozonskiktet (Strålsäkerhetsmyndigheten 2017). Att desinfektera vatten i solljus används i U-länder med begränsad färskvattentillgång. PET-flaskor ställs ut i solen för att UV-ljuset tillsammans med en högre vattentemperatur ska rena vattnet. Vid 45 grader på vattnet eller mer syns en kraftig minskning av patogener (Boyle et al. 2008). Så huruvida solljuset skulle reducerar mikroorganismer i NSP där maxtemperaturen bör uppgå till max 25 grader är oklart.

Tekniska installationer

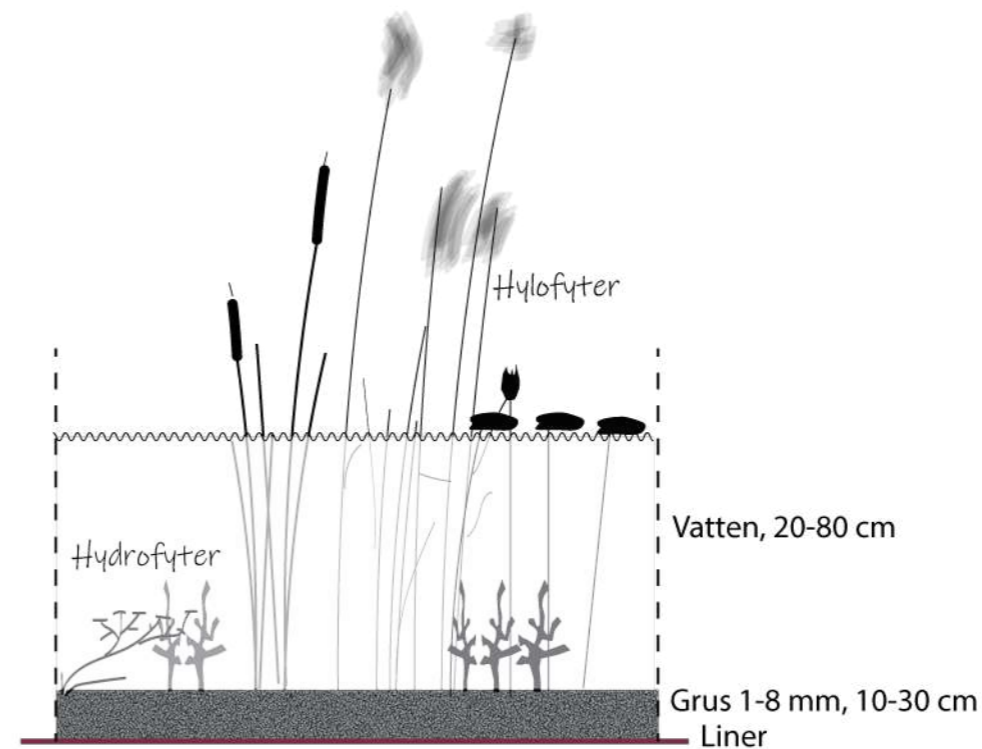
Det finns en rad tekniska installationer som kan påverka reningen i en baddamm. Mekaniska filter som renar flytalger och kemiska filter som kan binda fosfor. UVC-ljus tar död på bakterier, men även de bra. Att använda tekniska installationer i en baddamm utmanar frågan om det kan kallas NSP, *NATURAL* swimming pool.

Olika variationer av reningssystem

Hydrobotaniska system (HBS)

Ett hydrobotaniskt system är ett lugnt vatten täckt med växter (figur 9). Kan ligga in situ och ex situ. Växterna tar upp näring från vattnet. Mest näring kan hydrofyterna (undervattenväxter) ta upp, upp till 40 % av fosfor. Hydrofyterna (vattenväxter ovan vattenytan) kan ta upp 30 % av fosfor. När de kommer till att avlägsna bakterier av effekten låg. Endast 10 % av E. coli kan tas upp (FLL 2011). Olika växter har olika egenskaper för att avlägsna olika näringsämnen, tungmetaller, patogener m.m. (Kircher & Thon 2016). Om man vet vilka föroreningar vattnet innehåller går det att anpassa växtvalet efter det.

HBS är utrymmeskrävande. Eftersträvas ett klart vatten behöver hela 50-75% av baddammens totala area bestå av reningsszon med HBS (Kircher & Thon 2016) Med tanke på vilken yta som behövs för att rena samt den låga bakteriefiltreringer lämpar sig inte HBS ensamt till att rena en offentlig anläggning.



Figur 9. Ett hydrobotaniskt system där växterna tar upp näring från vattnet, vilket minskar halten av tillgängligt fosfor i vattnet.

Teknisk våtmark (TVM)

Växternas rötter, tillsammans med dess rhizomer renar vattnet. På substraten där vattnet passerar igenom bildas biofilm där bakterier, näringsämnen m.m kan fastna (FLL 2011). Substratet ska helst bestå av fint grus, storlek 2-6,3 mm, för att vattnet ska passera långsamt igenom (Kircher & Thon 2016). Vattnet kan passera vertikalt eller horisontellt. Passerar vattnet vertikalt kan det perkolera genom substratet uppifrån och ner med dränering i botten, (figur 10) eller nerifrån och upp med högt tryck i dräneringsrören och att det fritt får svämma över (figur 11). Att vattnet passerar horisontellt genom rotzonen är mindre vanligt i NSP då det är mer utrymmeskrävande.

I TVM elimineras främst bakterier, upp till 90% av E. coli kan avlägsnas i TVM. Elimineringen av fosfor är begränsad till 20%, men en stor del av fosfor mineraliseras (Kircher & Thon 2016).

TVM kan ligga i direkt anslutning till badzonen eller vara placerad ex situ. Rekommenderat genomflöde är $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{dag})$, $0,125 \text{ m/h}$, och avser vertikalt TVM. Används TVM i kombination med HBS kan reningsszonen begränsas till 30-40 % av den totala ytan för dammen

Biofilmkumulerande substratfilter (BSF)

Ett substratfilter utan växter (figur 12 & 13). Växter kan planteras på BSF, men med begränsade positiva egenskaper och risk för fler negativa effekter i form av att vattnet inte perkoleras jämnt genom profilen. Vattnet passerar genom substratet i hög hastighet, med minst $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \times \text{dag})$, $0,5 \text{ m/h}$. Men ju högre hastighet desto bättre (Kircher & Thon 2016; Frei 2012) I BSF behöver flödet vara konstant för att biofilmen inte ska dö av. Ibland behöver biofilmen få en nystart för att dött biofilmmaterial inte ska lossna och flyta ut i badzonen. Filtret behöver då "spolas tillbaka", vilket innebär att biofilmen tillåts dö av och pumpen vänds så att vattnet tillsammans med den döda biofilmen pumpas bort från substratet och ut ur baddammen. Detta behövs, beroende av filtrets storlek, användande och övriga reningssystemer ske mellan 2-8 gånger per säsong (Kircher & Thon 2016).

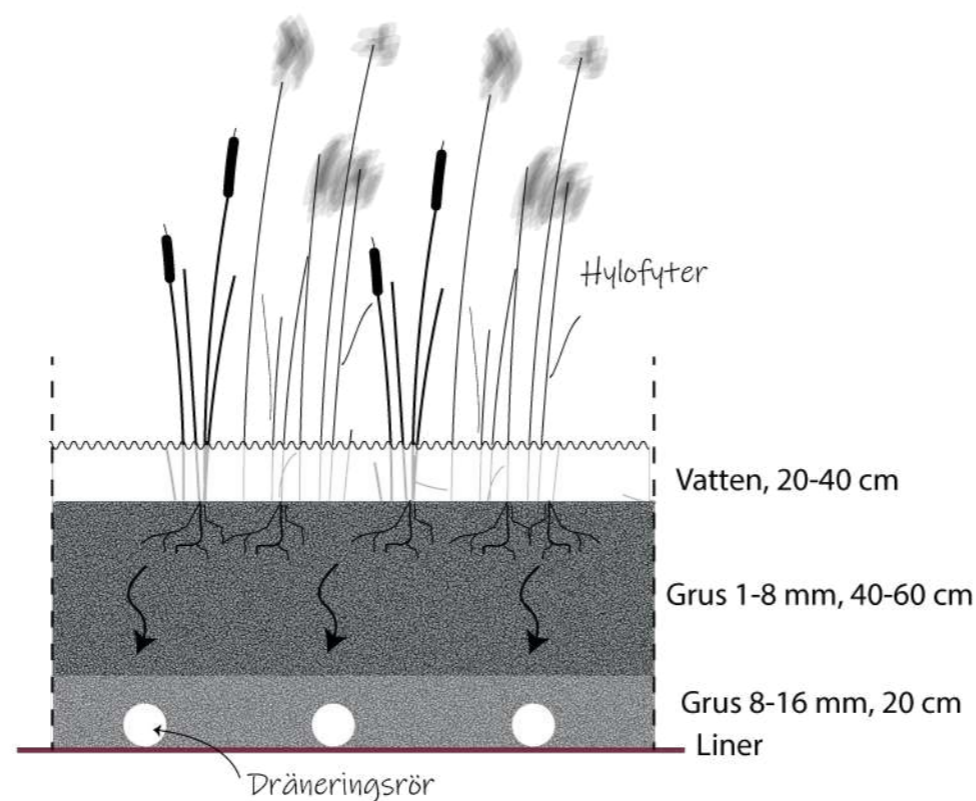
Då vattnet passerar med hög hastighet genom substratfiltret omsätts den totala volymen vatten snabbt. Därför är BSF utrymmeseffektivt. Reningsszonen kan placeras under en brygga eller liknande då endast 5-20 % av baddammens totala arean behöver vara reningsszon.

BSF används där ett kristallklart vatten efterfrågas. Det kräver dock ett påfyllnadsvatten med lågt fosforvärde då elimineringen av fosfor bara uppgår till 20 %. Näringsämnen men främst bakterier och patogener inkorporeras i biofilmen och omsätts av mikroorganismerna. 90 % av E. coli kan elimineras i ett BSF (FLL 2011).

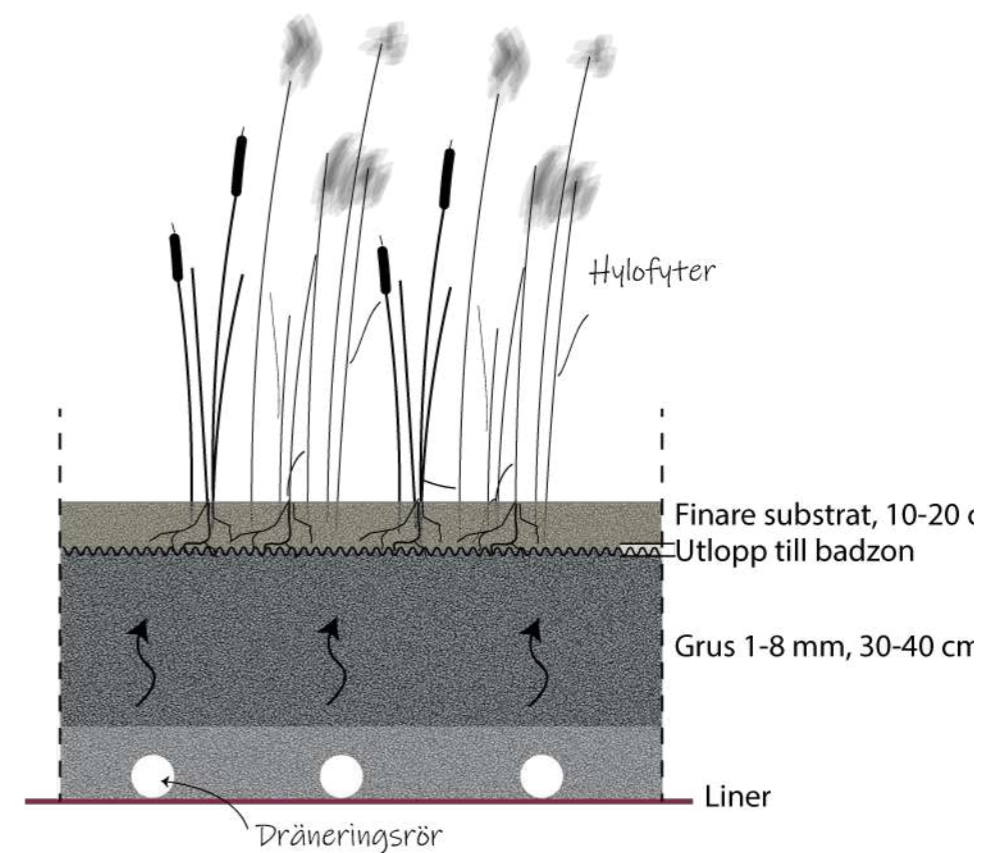
BSF fungerar bäst i vatten med högt pH, då partiklarna lättare binder till substratets ytor. Substratfilter kan bestå av kalksten för att höja vattnets pH (Kircher & Thon 2016).

Övriga funktioner för filtrering och rening

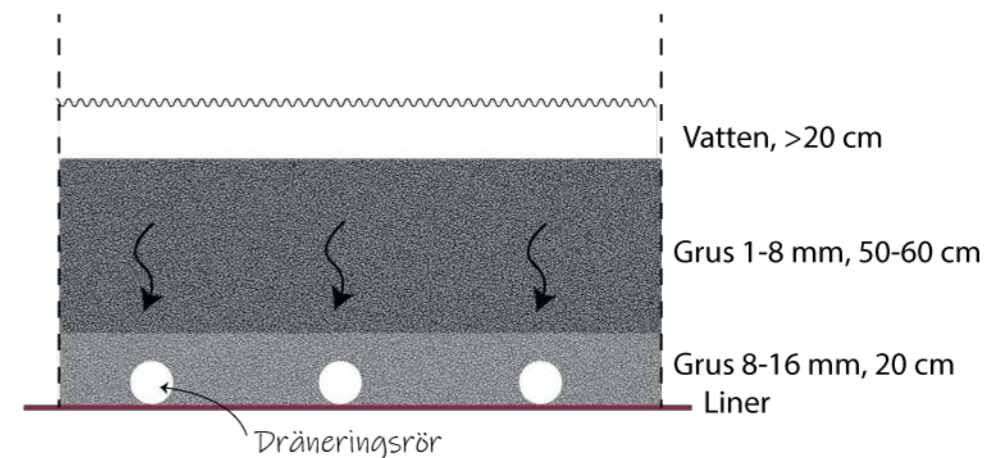
Utöver HBS, TVM och BSF som benämns som reningssystem i FLL (2011), så finns en rad andra reningssystem som används i baddammar t. ex. fosforfilter, UV-filter, silar, luftning med koldioxid. Dessa reningssystem kan ha liten till stor påverkan på vattnets kvalitet men det kan ifrågasättas om det är den typ av naturliga lösningar som ska användas i en baddamm (Kircher & Thon 2016).



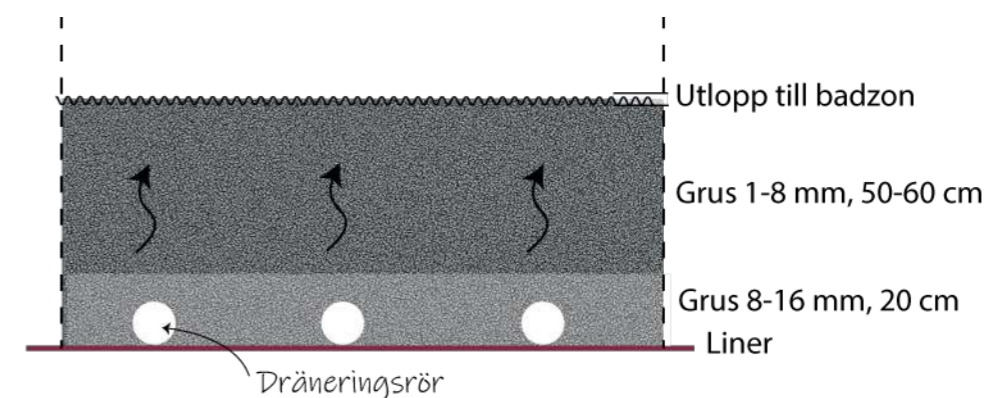
Figur 10. En teknisk våtmark där vattnet rör sig uppifrån och ner genom profilen. Filteranläggningar avlägsnar främst bakterier.



Figur 11. En teknisk våtmark där vattnet rör sig nerifrån och upp genom profilen.



Figur 12. Ett biofilmkumulerande substratfilter där vattnet rör sig Uppifrån och ner genom profilen.



Figur 13. Ett biofilmkumulerande substratfilter där vattnet rör sig nerifrån och upp genom profilen.

Modeller utifrån vattencirkulation

Kircher och Thon (2016) har delat in dammarna i 4 olika grupper utifrån tekniknivå.

1. Vattnets rörelse är sker endast naturligt (vind, temperaturskillnader o.s.v) Växter och zooplankton står för den största delen av reningen. Reningszonen är in situ och behöver vara stor i jämförelse med badzonen.

2. Ytvatten sugas in i en skimmer och pumpas ut i reningszonen. (alt. överflöd från badzonen via fall till reningszonen, som sedan pumpas tillbaka. Reningszonen kan vara in situ och/eller ex situ. Växter och zooplankton står för reningen.

3. Delar av reningen sker genom en teknisk våtmark(TVM). Teknisk våtmark är växtsubstrat (fint grus el. liknande) med planterade växter. Växternas rötter och rhizomer står tillsammans med substratet för reningen. Oftast ligger reningszonen ex situ.

4. Rening via biofilmackumulerande substratfilter (BFS). Stor volym av vattnet behöver pumpas runt för att biofilmen ska utvecklas. BFS består oftast av grus och eventuella växter har ingen renande förmåga. Vattnet blir klart och näringsfattigt. Ytan för reningszonen kan vara liten, men skötselnivån är stor.

Växtzoner i en NSP

Växter har två primära funktioner i en baddamm. De ska rena vattnet och utsmycka dammen. Eftersom näringsnivån är låg behöver växtval anpassas efter det. Vattendjupet är varierat för att kunna passa olika växtgrupper samt för att efterlikna en naturlig vattenförekomst. Lutningen bör inte överstiga 1:3, för att ge ett naturligt intryck och möjlighet för växterna att etablera sig, men kraftigare fall mellan zonerna kan finnas för att spara plats. Växtzonerna är indelade efter vattendjup och uppdelade på 5 zoner (figur 14)(Kircher & Thon 2016).

Zon 1

Zon 1 ligger utanför linern. Detta betyder att zon 1 inte har kontakt med dammen. Här kan det vara torrt till fuktigt beroende på platsens förutsättningar. Eftersom linern täcker infiltrationen av nederbörd så kan denna zon i anslutning till dammen vara torrare än omkringliggande mark. För att skapa ett naturligt intryck behöver växter väljas som kan ge intrycket att växa intill vatten, men som klarar torrare förhållanden.

Zon 2

Zon 2 ligger innanför linern. Här är det konstant fuktigt men jorden är inte översvämmad. Här trivs växter som har liknande förutsättningar i naturen, till exempel växter från kärr och mossar. Iris är ett släkte som också trivs i denna zon även om arten har många variationer som klarar torrt till översvämmad.

Zon 3

Zon 3 ligger kring vattennivån, jorden är nästan alltid översvämmad. Det är i denna zon ute i naturen som vass, *Phragmites australis*, växer, men även andra växter som tillåts växa med växtdelar under vattnet trivs i denna zon.

Zon 4

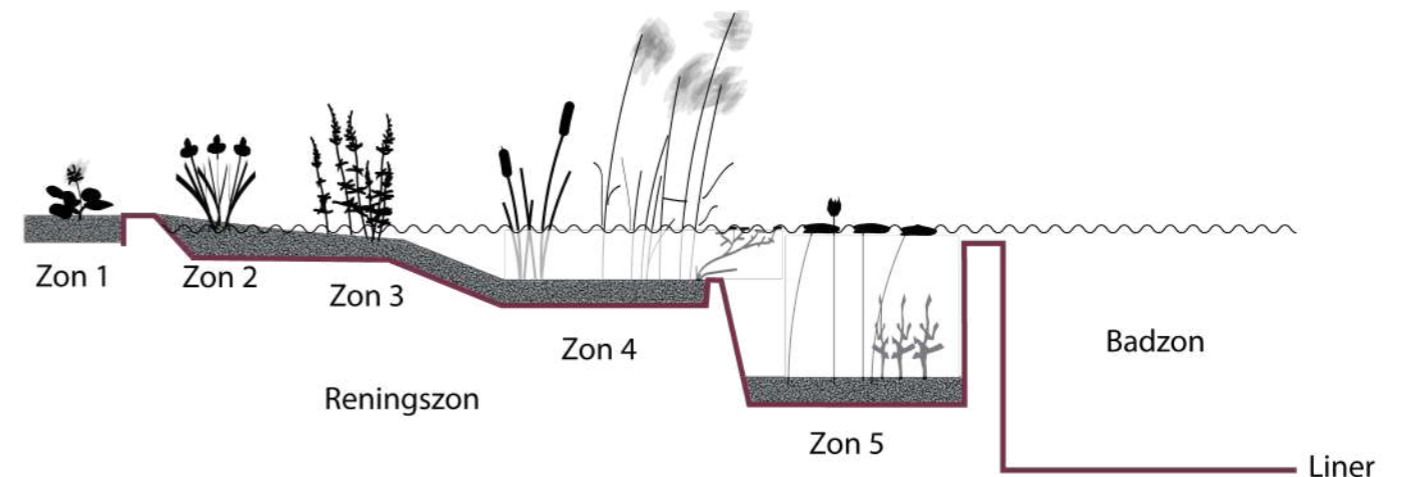
Zon 4 ligger 5 - 40 cm under vattenytan. Här finns både *helofyter* och *hydrofyter*. Växter i zon 3 och 4 sprider sig ofta kraftigt. Naturligt förekommer i denna zon är bredkaveldun, *Typha latifolia*. I det varma, grunda vattnet frodas även trådalger (0-20 cm). Växter konkurrerar med algerna, men att undvika intervallet mellan 0-20 cm kan vara en idé.

Zon 5

Zon 5 ligger på minst 70 cm djup och domineras av hydrofyter och flytande växter. I denna zon förekommer gul näckros, *Nuphar luteum*, i många svenska sjöar. Är vattnet klart och ljus kan transporteras långt ner i vattenprofilen kan hydrofyter växa på mycket större djup.

Tabell 8. Växtzoner i en damm och dess djup.

| Zon | Djup |
|-------|---------------------------|
| zon 1 | Utanför liner |
| zon 2 | 5-15 cm över vattennivå |
| zon 3 | 5 cm under till 5 cm över |
| zon 4 | 5-40 cm under vattennivå |
| zon 5 | < 70 cm under vattennivå |



Figur 14. Ett hydrobotaniskt system där växterna tar upp näring från vattnet.

FLL:s riktlinjer av vattenkvalité i NSP

FLL har satt upp riktvärden vad gäller fysiska värden, kemiska värden, biologiska värden samt hälsofrämjande mikrobiella värden, där endast den sistnämnda har ett absolut maxvärde. Gränsvärdena vad gäller max antal mikrobiella bakterier (tabell 9) *E.coli*, *Intestinala enterokocker* och *Pseudomonas aeruginosa*, i vattnet, ligger långt under värdena för EU:s klassificering för EU-bad (jämför med tabell 4 s. 19). FLL har även krav vad gäller gränsvärde för *Legionella*, men detta gäller bara i baddammar som är uppvärmda.

Tabell 9. Maxvärde mikrobiella bakterier enligt FLL (2011).

| Parametrar | Maxvärde |
|--------------------------|-----------------|
| Intestinala enterokocker | ≤ 50 cfu/100ml |
| Escherichia coli | ≤ 100 cfu/100ml |
| Pseudomonas aeruginosa | ≤ 10 cfu/100ml |

Övriga värden är rekommendationer så länge inte möjlighet till användandet av poolen påverkas. Fysiska värden är siktdjup till botten, hög syrehalt och en maxtemperatur på 25 °C. Är temperaturen högre är risken för att patogener utvecklas. Kemiska riktvärden är uppdelat i badvattnet och påfyllnadsvattnet (Se tabell 10 & 11). Störst fokus ligger på att hålla nere fosfor, det är inte ovanligt att vattnet på ledningsnätet innehåller upp till 1,5mg/l fosfor (Kircher & Thon 2011). Vilket pH-värde vattnet har påverkar växter och alger och dess näringsupptag, och är därför också en viktig faktor. De biologiska riktvärdena har endast en parameter, andel fytoplankton, som högst ska vara 1 mm³/l. Samt ska vattnet var fritt från fiskar då de ökar fosforhalten.

Tabell 10. Påfyllnadsvatten, enligt FLL (2011)

| Parameter | Rekomenderat värde |
|---------------|-----------------------|
| Amonium | ≤ 0.5 mg/l |
| Järn | ≤ 0.2 mg/l |
| Total fosfor | ≤ 0.01 mg/l |
| Hårdhet | ≥ 1.0 mmol/l |
| konduktivitet | ≤ 1000 µS/cm vid 25°C |
| Mangan | ≤ 0.05 mg/l |
| Nitrat | ≤ 50 mg/l |
| pH-värde | 6.0-9.0 |
| Syracapacitet | ≥ 2.0 mmol/l |

Tabell 11. Rekommenderade värden för poolvatten enligt FLL (2011).

| Parameter | Rekomenderat värde |
|---------------|-------------------------|
| Amonium | ≤ 0.3 mg/l |
| Total fosfor | ≤ 0.01 mg/l |
| Hårdhet | ≥ 1.0 mmol/l |
| konduktivitet | 200-1000 µS/cm vid 25°C |
| Nitrat | ≤ 30 mg/l |
| pH-värde | 6.0-8.5 |
| Syracapacitet | ≥ 2.0 mmol/l |

Vattenkvalitetstestet av NSP

Under 2000-talet har flera europeiska länder upprättat regelverk för vattenkvaliteten i NSP för att motverka bakteriell smittspridning. Regelverken är snarlika vad gäller parametrar och maxvärden, men skillnader finns. I Österrike och Italien mäts salmonella, och det testvärdet får inte innehålla några halter (Donzé et al. 2014).

I en studie på fyra stycken privata NSP i norra Spanien togs två stycken tester på vardera pool under badsäsong. De tester som togs var på *Lenterokocker*, *E.coli* och *P.aeruginosa*. I testet av *Lenterokocker* visade tre pooler i minst ett av de två proven värden över 50 cfu/100ml, vilket är över max tillåtna värde. En utav dessa pooler visade även för höga värden på ett utav proven för *E.coli*. Ingen av testerna visade för höga nivåer av *P.aeruginosa*, även om alla prov innehåll bakterien. Endast en av fyra pooler klarade alla prover (Casanovas-Massana & Blanch 2013).

Vattnet under provtillfällena hade temperaturer på mellan 24-28 °C, vilket är över rekommenderade 25 °C och kan vara en möjlig anledning till den höga andel prov med resultat över gränsvärdet.

I en studie på 13 offentliga NSP i Nederländerna togs sammanlagt 153 prov på *Lenterokocker*, *E.coli* och *P.aeruginosa*. I 93-95% av testerna låg nivåerna på *Lenterokocker* och *E.coli* inom gränsvärdena och i 99% av testerna låg *P.aeruginosa* inom gränsvärdet. Temperatur över 25 °C och dålig turbiditet är gemensamma nämnare i flera av de tester som passerar gränsvärdet. Sammanlagt visar studien att den bakteriella vattenkvaliteten är god (van de Berg et al. 2020).

Vattenkvalité NSP jämfört med renat dagvatten

För påfyllnad av nytt vatten till NSP rekommenderas enligt FLL (2011) att vattnets fosforhalt (P_{tot}) inte ska överskrida 0,01 mg/l. Vattnet i utloppen från de fem dagvattendammarna i Stockholm (NOS-dagvatten) hade medelvärde på mellan 0,04-0,15 mg/l, vilket i relation till en vanlig sjö klassas som låga värden men ligger långt över FLL:s riktvärden. Dagvattendammarna hade lägstanivåer på 0,01, vilket tyder på att det går att komma ner i låga nivåer för fosfor. Dock är resultatet av utloppet starkt beroende av vattnet som kommer in i inloppet då reningen sker procentuellt, d.v.s lägre värden i inloppet ger lägre värde i utloppet o.v.v. (Andersson et al. 2012). Det totala genomsnittet för reduktion av fosfor för de fem dammarna är ca 40 %.

Studier på biofilter, där växter växer i lådor med sand, har visat förbättring av vattenkvaliteten med låga fosforhalter i vattnet från utloppet. Genom 90 cm substratfilter med växter minskade fosfornivåerna från 0,52 mg/l till 0,10 mg/l, där vattnet passerade filtret med 4,1

cm/h (Davis et al. 2006). I en liknande undersökning, med 60 cm substratfilter testades skillnaden med växter och endast substrat. I substratet utan växter minskade den totala fosforhalten med 47-74 %, och där *Cornus sp.* var planterad minskade den totala fosforhalten från inlopp till utlopp med 86-89 % (Beral et al. 2023) Den totala mängden i mg/l framgår ej, men resultatet tyder på en kraftig reduktion av fosfor i vattnet från utloppet. Det genomsnittliga totala medelfosforhalten i inloppet i de fem dagvattendammarna (NOS-dagvatten) är ca 0,15mg/l. Dagvatten från urbana områden innehåller i snitt 0,3 mg/l (Davis & Li 2016; Pitt et al. 2004). En 80 % rening av detta dagvatten skulle innebära en fosforhalt på 0,03-0,06 mg/l, vilket är en låg halt, men fortfarande över rekommenderat värde enligt FLL (2011).

Detta tar jag med mig till gestaltning

Det kan gå att kombinera dagvattenanläggning och baddamm. Men de måste till viss del skiljas åt så att endast renat vatten ansluter sig till NSP-systemet.

Badzon i solljus, då solstrålarna eventuellt avlägsnar bakterier och är troligtvis önskvärdt för de badande. Reningszon kan med fördel ligga i skuggan då algerna drivs av fotosyntes. Den grunda reningszonen värms också upp snabbare i solen och bakterier trivs bättre.

HBS läggs med fördel efter TVM då det mineraliserade fosfor kan tas upp av växterna.

BFS är det mest kraftfulla sättet att avlägsna bakterier, virus och fosfor, men kräver även mest skötsel.

4 Referensprojekt

Hybridbad med rening

Att hitta byggda referensobjekt för baddammar i kombination med dagvattenhantering är inte lätt, då dagvattnet ofta är förorenat och inte lämpas till badvatten. I Oslo, Norge, finns två exempel där vatten renas för att kunna bli badbart. Nansenpark och Halalokka. Norge har stor ytavrinning på grund av dess geologi och topografi och är ett föregångsland vad gäller byggandet av fosfordammar (Jordbruksverket 2010). Norge har generellt en grövre jordmån, som sedimenteras lättare än lera, vilket medför stor effektivitet av fosfordammar i Norge (ibid). Den grövre jordens sedimentering, och en liten andel organisk kol i vattnet, vilket indikerar humushalten, genererar ett ofärgat och klart vatten i de norska sjöarna (SLU u.å.). Kanske kan denna erfarenhet av rening tillsammans med det naturligt klara vattnet ha lett till att dessa renings/badhybrider finns i Norge. Utav dessa två projekt har jag valt att studera Nansenparken.

Nansenparken

FAKTA

Plats: Oslo, Norge

Färdigställt: 2008

Arkitekter: Bjorbekk & Lindheim

Konsult, vatteningenjör: Norconsult och

Studio Dreiseitl

Storlek damm: 6000 m²

Vattenvolym 9000 m³

Utformning

Projektet har höga hållbarhetsambitioner. Jordmassorna på platsen sanerades och återanvändes för att skapa ett kuperat landskap av den platta flygplatsen. Totalt flyttades 700 000 m³ jord (Byggeindustrien 2008), för att modellera kuperingen till en skålform där Nansenparken tillsammans med Centraldammen ligger central i lågpunkten, (fig 15). Till dammen går sju gröna korridorer. Dessa ligger lägre än omkringliggande bebyggelse för att kunna leda dagvatten från hus och vägar till dammen, (se illustrationsplan sida 28). Dammens utlopp går via en våtmark innan vattnet når recipienten.

Utformning damm

Centraldammen är utformad med ett djup på 20 cm de första 1,5 meterna för att slippa andra visuella säkerhetsåtgärder. Dammen har i botten ett membran och därför ingen kontakt med grundvattnet. På ena sidan dammen möter vattnet vad som liknar en naturlig strandzon med ett organiskt formspråk. Längs med andra sidan dammen löper en träbrygga och bryter av den naturliga organiska formen (figur 16).

Bakgrund

Nansenparken ligger på Fornebu, Oslo. Fornebu är en halvö som fram till 1998 varit plats för Oslos flygplats, innan all flygtrafik flyttades till Gardemoen. Efter sig lämnade den nedstängda flygplatsen ett tillplattat landskap med förorenad mark som skulle exploateras med nya vägar, parker, 6000 bostäder och arbetsplatser för 15000 personer. Till en början utvecklades infrastrukturen tillsammans med parken. I september 2008 invigdes parken och bostäder och kontor är i dagsläget under uppbyggnad.



Figur 15. Fotografi över Centraldammen. Vatten sirlar mellan blocken från den lilla dammen (höger i bild) till den stora dammen. Pumphuset (vita kuben) är en integrerande del av gestaltningen. Fotografi taget mot väst. Foto: Lars Johansson [2023-05-03]



Figur 16. Fotografi över Centraldammen. Dammkanten har en skarp övergång mot bryggan och en mjuk övergång mot naturmarken. Fotografiet taget från dammens utlopp mot norr. Foto: Lars Johansson [2023-05-03]

Plan över Nansenparken



Storöykilens naturreservat

Bostadsutveckling

Bostadsutveckling

Våtmark

Orenat vatten

pumphus

Renat från mikrosil

skimmer
breddavlopp

Centralsjön





skimmer

Biofilter

Tärnplassen

Bostadsutveckling

Skola

-  Fördröjande magasin
-  Avrinning hårdgjort
-  Orenat vatten
-  Renat vatten
-  Dagvatten

Bostadsutveckling

Forneburingen

50 m



Rening av infiltrationsvatten

Nansenparken har utformats med målet att synliggöra omhändertagandet av dagvatten. De sju armarna som sträcker sig mot sjön fördröjer och renar dagvatten. Vattnet renas när det silas över gräsdiken som det färdas i. Dikena däms upp av stenblock och skapar platser där vattnet stannar upp och partiklar tillåts att sedimentera.

Avdunstningen från dammen beräknas på årsbasis vara samma som tillförseln från avrinningsområdet. Vid låga flöden kan grundvatten behövas pumpas in till dammen (Leikanger 2013). Då infiltrerat vatten och avdunstning ligger på samma nivåer blir utflödet från dammen litet. Detta leder till att vattnet omsätts sakta, vilket ackumulerar föroreningar i dammen. Men med installerade pumpar kan hela dammens volym omsättas (återcirkulera) på under 3 dygn.

Rening via cirkulation

Vattnet cirkulerar runt med hjälp av pumpar belägna i ett pumphus (figur 15). Vattnet förs in via skimrar till pumphuset där grövre material silas bort. Sedan pumpas vattnet till tre olika reningsanläggningar där vattnet renas av biologiska sandfilter, mikrosil och luftning. Pumpen till mikrosilen sätts igång manuellt när när vattnets turbiditet är hög och silen kan då avlägsna flytalger som till viss del är orsaken till den dåliga turbiditeten.

Tärnplassen kan ses som vattnets startpunkt. Hit pumpas vatten och leds via ett konstverk för att sedan rinna tillbaka via en vattenkanal (figur 17). Vattnet syresätts när det hoppar över konstverken. (Leikanger 2013). Upptag av näringsämnen av växterna i kanalen borde också ha en renande effekt.

De tre biofiltrena (figur 18) är huvudkällorna till reningen av vattnet. Vattnet pumpas dit och översilas över ett sandsubstrat med dräneringsrör i botten. Reningsbädden är till hälften täckt med växter. Växter har positiv inverkan på permeabiliteten i infiltrationssubstrat då de översta porer inte slammas igen (Kircher & Thon 2016). Vattnet perkolerar långsamt genom biofilterna i Nansenparken och stundtals stängs vattentillgången av. Det långsamma och oregelbundna flödet försvårar möjligheterna till ett välmående biofilter (ibid). Biofilterna i Nansenparken klassificeras som teknisk våtmark enligt

FLL (2011) då flödet genom substratfiltret är för långsamt för att klassificeras sig som biofilmmackumulerande substratfilter (BSF). Enligt en av landskapsarkitekterna bakom Nansenparken har målet varit att vattnet ska uppehålla sig under lång tid i substratet (Leikanger 2013; Lindheim 2005).

Pumparna är igång från april-oktober, vilket betyder att under vintermånaderna står vattnet stilla och andelen föroreningar är betydligt högre under vintern och våren än från juni och framåt (Leikanger 2013).

Vattenkvalité

Leikanger (2013) har mätt vattenkvaliteten på faktorer som har inverkan på algutveckling från vecka 18 till vecka 44 under 2012. Under våren och försommaren var nivåerna av fosfor, TOC (total organic carbon) och kväve höga till medelhöga. Under denna period behövdes alger avlägsnas av skötselpersonal flera gånger i veckan. Från vecka 27 upphörde algrensningarna, och testvärdena från denna period visade på låga nivåer av fosfor och kväve samt medellåga nivåer av TOC. pH-värdet under mätperioden låg ständigt på 8-8,5 (Leikanger 2013). Från vecka 27 var troligtvis bristen på tillgången av fosfor den begränsade faktorn för algutveckling. Det höga pH-värdet främjar sedimentering av fosfor och vattnets låga fosforvärde klassar vattenförekomsten som oligotrofisk.



Figur 17. Nansenparkens vattenkanal. Vatten pumpas upp till tärnplassen (ligger vid föredetta flygtornet bortest i bild) från Centraldammen och rinner tillbaka till dammen via vattenkanalen. Foto: Nina Littman



Figur 18. Fotografi över biofiltrena öster om Centraldammen. Öppen vattenhantering och en informationsskylt blir ett transparent och pedagogiskt inslag i parken. Foto: Lars Johansson [2023-05-03].

Detta tar jag med mig till gestaltning

Utformning av organiska former som möter ett strikt formspråk.

Det går med hjälp av dammens utformning att undvika stängsel eller liknande.

Bryggor, hoppstenar och bänkar möjliggör att komma nära vattnet.

En stor damm behöver stor tillförsel av vatten för att vattencirkulationen ska uppnås naturligt.

Pumphuset som till följd av att pumparna behöver finnas på platsen vänds med gestaltningen till ett identitetsskapande och rumsbildande objekt.

I en svensk kontext

Midgårdsbadet

FAKTA
Plats: Märsta, Sverige
Färdigställt: 2010
Konstruktion: Bionova
Storlek badpooler: 3000 m²
Storlek reningspooler: 2000 m²
Vattenvolym: 8000 m³

Bakgrund

Midgårdsbadet ligger i Märsta och är den första offentliga badanläggningen med biologisk rening i Norden. Badet består av fyra stycken pooler avsedda för bad och två stycken pooler, ex situ, avsedda för rening. Alla pooler ingår i samma slutna system. Kostnaden för att bygga badet är endast en tredjedel av vad det skulle kostat att bygga klorerande pooler, och driftkostnaden är en bråkdel av vad det kostar att driva en kloranläggning då den biologiska reningen sköter sig själv¹.

Utformning

Poolerna avsedda för badning liknar till stor del konventionella klorerade pooler, se figur 19. Poolerna har cementväggar och botten som är klädda med en turkos liner, vilket får vattnet att likna en tropisk lagun. Bassängerna har även mindre reningszoner in situ, som är täckta med grus, figur 20. Dessa ytor skulle kunna vara planterade med växter. Jack Fluch som är driftansvarig på Midgårdsbadet tillika ordförande för IOB (*International Organization for natural bathing waters*) i Sverige säger att växter i badvatten har en negativ uppfattning av svenskar, då dessa anses skräpa ner vattnet. Växterna har därför placerats bakom dessa reningsfilter utanför poolen och är därför bara ett estetiskt uttryck och bi-

drar inte i reningsprocessen. De stora reningsdammarna som ligger ex situ, ligger avses från badbassängerna och är beläget lägre i landskapet.

Rening

I poolernas bräddavlopp svämmar vatten över och förs via gravitationskraften ned till reningsdammarerna i rör under marken. Det första steget i reningsprocessen är en grov filtrering av skräp i en sedimentkammare där de grövsta partiklarna fastnar. Därifrån pumpas vatten till reningszon A. Reningszonerna genomgår en renovering och byte av substrat och har därför inga växter vid studiebesöket. Det nya substraten kommer att innehålla mer kalk, vilket har en förmåga att binda in och sedimentera fosfor. Reningszon A kommer att vara en teknisk våtmark där vattnet perkolerar genom ett 75 cm lager av makadam (2-8 mm) klätt med växter. Därifrån pumpas vatten till reningszon B, där vattnet sprutar upp ur små fontäner och syresätts med kontakten med luften. Därefter perkolerar vattnet genom ett 115 cm substratlager. För att vattnet fritt ska syresättas och p.g.a tidigare erfarenheter med krävande skötsel kommer inga växter att planteras på denna yta. Kircher och Thon (2016) ser kvalitén med växter planterade på dessa typer av reningsystem då bl.a. växternas rötter håller porerna öppna. Bladvass används ofta på dessa reningszoner som ligger ex situ. Jack Fluch¹ ser bladvass som ett problematiskt växtval till dessa ytor, då de kan växa så tätt att infiltrationen blir ett problem.

Reningsbäddarna som ligger in situ (C,D) (figur 21) har också ett substratfilter som renar vattnet. Vattnet som renas i dessa pumpas ut i vattenrutschkanan och i grottan.

För att vattnet ska hålla en ständig nivå i poolerna fylls vatten på från ledningsnätet. Tester på påfyllnadsvattnet har visat en fosforhalt på 0,05 mg/l, vilket är över rekommenderade värdet på 0,01 mg/l. För att sänka fosfornivån passerar påfyllnadsvattnet ett fosforfilter.



Figur 19. Fotografi på hoppoolen. Utformningen av Midgårdsbadets hoppool liknar en konventionell pool, där änderna (som aldrig skulle bada i en klorrenande pool) är det enda som indikerar på att Midgårdsbadet är en NSP. [2023-04-20]



Figur 20. Fotografi på reningsfilter C. Reningsfiltret ligger in situ och saknar växter. Vattnet har tömts över vintern. [2023-04-20]

¹ Jack Fluch, muntligt. Studiebesök på Midgårdsbadet, [2023-04-20]



Plan över Midgårdsbadet



10 m

Reningskapacitet

Reningszon A och B, har en yta på 2000 m² som hantlar de stora mängderna vatten har en kapacitet att rena 300 m³/h, där det är pumparna kapacitet att pumpa tillbaka vattnet som är begränsningen. Själva reningsfilterna skulle klara av en högre infiltrationskapacitet.

Flödes hastighet per m²

300 000 L/2000 m² = 150L/m²/h

Flödes hastighet per m²/dygn

150*24=3600 L = 3,6m³/m²

Flödes hastigheten når max 150 l/h. För att uppnå en välmående biofilm rekommenderas minst 500 l/h. För teknisk våtmark rekommenderas max 125 l/h (Kircher & Thon 2016). Värdena på Midgårdsbadet ligger därför närmare värdena för teknisk våtmark, fast utan att ha några växter planterade i reningsbädd B.

Cirkulation för Reningszon A och B per dygn

3,6m³ x 2000 m² = 7200 m³

Reningszon A och B renar 7200 m³ per dygn

Med alla fyra reningszoner omsätts den totala vattenvolymen på cirka ett dygn.

Enligt beräkningsmodell från FLL (2011) har Midgårdsbadet en renande kapacitet för att klara av 3100 badande om dagen. Ledningen på Midgårdsbadet har satt en gräns på max 2500 besökare om dagen för att badvakter ska kunna uppehålla de badandes säkerhet samt ha en säkerhetsmarginal vad gäller reningen av bakterier införda från badande.

Vattenkvalité

En viktig del för att oönskade bakterier inte ska frodas är att vattnet har en hög syrenivå och en omsättning där inga döda zoner finns, d.v.s. där vattnet står stilla och inte omsätts. På midgårdsbadet fördelas det vatten som har renats och pumpas tillbaka i bassängerna på flera punkter på bassängernas botten. Det rena vattnet trycker upp smuts och får vattnet att cirkulera. På infärgningstester på Midgårdsbadet, där färg tillsätts

i vattnet som pumpas upp från botten, har resultatet visat på att spridningen av vattnet är bra och inga döda zoner finns¹.

Prover tas varje vecka på E.coli, Intestinala enterokocker och Pseudomonas aeruginosa, för att garantera att bakterienivåerna hålls inom maxvärdena. På samtliga tester ligger testvärdena inom gränsen för vad som tillåts¹.

Sommaren 2014 behövde badet stänga efter ett kraftigt skyfall. Även om vatten som rinner på ytan kan ta med sig mycket P. aeruginosa som finns i jorden, så var anledningen att badet behövde hålla stängt p.g.a översvämning i pumphuset¹. Testerna på badvattnet visade på bra vattenkvalité.



Figur 21. Fotografi över Midgårdsbadet från hopptornet. I den djupa poolen är vattnet kvar över vintern, medan det töms i lek och simbassängen. I anslutning till hoppoolen ligger reningsbädd D. [2023-04-20]

Detta tar jag med mig till gestaltning

Pumphus läggs ovan vattennivån.

Vatten som renats och pumpas tillbaka pumpas med fördel tillbaka på många punkter och från botten för att undvika döda zoner.

Den totala badytan på 3000 m² känns väl tilltagen och i liknande storlek som den planerade baddammen i Gränbyparken.

Reningszonen är 40% av den totala ytan.

Synlig liner är lätt att få suga ren, men det är tydligt när den är smutsig. Smutsig liner blir hal av alger.

5 Platsanalys och förutsättningar

Inventering

Gränbyparken ligger i den trätt som uppstår mellan författargatorna och vädergatorna, väster respektive öster om parken. Gång- och cykelvägar definierar parken i väst och i öst. I norr är avgränsningen mot Gränby backar mindre visuell. I söder ligger Liljeforsskolan som har klasser från förskoleklass till årskurs 5, i öster ligger Solskenets förskola som har elever upp till förskoleklass. Gränbyparken sluttar konstant från nordost till sydväst i svag lutning. Östra delen av parken har en öppen karaktär med stora fält. Den instängslade basebollplanen som syns i figur 29 är borttagen, vilket bidrar ytterligare till större sammanhängande öppna ytor. Den västra sidan har en tydligare parkkaraktär med träd i gräsmatta (figur 22). Många av träden är stora vilket matcher platsen skala. Centralt i parken finns en bit naturmark sparad, där vegetationen får utveckla sig fritt. Norr om naturmarken skiljer sig karaktären åt, här finns ruderat mark med olika gräs- och örtväxter som knappt täcker de grusiga kullarna (figur 30).



Figur 22. Träd i gräsmatta. Träden tillsammans med kupeeringen bidrar till att skapa rumsligheter i parken.

Analys

De flesta stråken går längs med parkens kanter och definierar parkens avgränsning (figur 29). Liljeforsskolan skolgård gränsar parken i söder och är en barriär för parkens centrala stråk vidare söderut. Gång- och cykelbanorna längs med parken är breda och målpunkten för stråken är mot Gränby centrum, vilket är en stor galleria med 6,7 miljoner besökare år 2019 (Gränbystaden u.å). De övriga stråken i parken leder

till lekplatsen, Regnbågsparken. I anslutning till lekplatsen finns det tennis- och volleybollplan, soldäck och grillplatser. Denna del av parken är den mest händelserika med variation i höjder och växtlighet vilket skapar en del större och några mer intima rumsindelningar. Övriga delen av parken är öppen och sluttar konstant från nordost till sydväst. Detta bidrar med utsikt över centrala Uppsala med slottet och domkyrkans spiror från parkens öppna och högt belägna nordöstra del.

Utvecklingsmöjligheter

Norr om parken ligger beteshagar med kulturella och ekologiska värden, figur 26. Denna miljö är viktig att behålla och ingrepp i denna miljö är känslig.

Parken har många stora öppna ytor (figur 23) som kan användas till att skapa en baddamm. I medborgardialogen uttrycks det positivt om de flexibla öppna ytorna, men möjligheten finns att fortfarande spara öppna ytor då parken är stor. I medborgardialogen nämns de stora träden (figur 28) som en tillgång i parken då de skänker skugga (Uppsala kommun 2022). Att spara de stora uppvuxna träden kommer att vara viktigt i en så stor öppen park.

Växtlighet

Gränbyparken består till största delen av klippt gräsmatta (figur 23). Centralt i parken ligger en moränkulle med fri utveckling av vegetationen. Det finns flera stora popplar som är identitetsstärkande för platsen (figur 28). Runtom Gränbyparken dominerar skogslönnen, och även i parken återfinns många lönnar. Övriga träd som gör avtryck i parken är ett stort antal askar (figur 24) och den glänsande silverpilen. Träden i parken är från år 1980 och framåt. Under 2022 planterades många nya träd, bland annat avenbok och ek (figur 25). Nordost om parken är det halvöppna betesmark. Där växer låga breda tallar som står sol- och vindexponerat (figur 26). Buskskiktet består av enar, rosenbuskar och trubbhagtorn (figur 27). Norr om parken är jorden fetare och i den halvöppna betesmarken växer lövträd.



Figur 23. Stor del av parken består av klippt gräsmatta. De öppna ytorna gillas av parkens brukare.



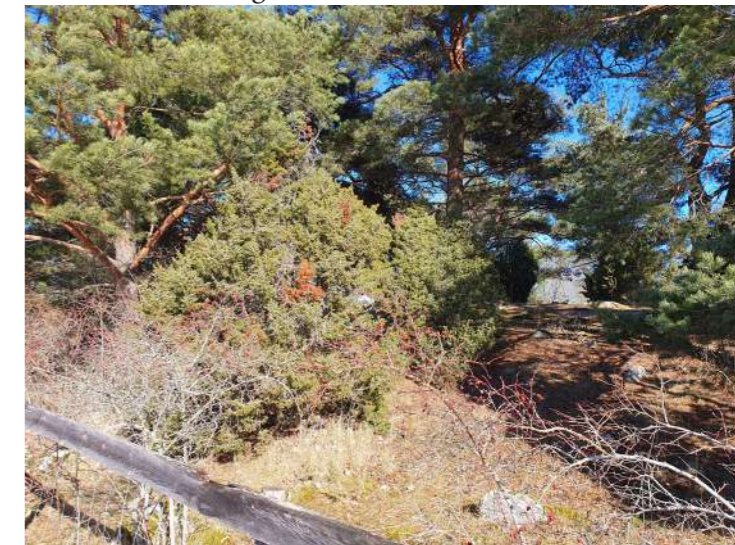
Figur 24. Ett av många askbestånd.



Figur 25. Nyplanterade ekar.



Figur 26. Solexponerade tallar i hagmark. Betesmarken har kulturella och ekologiska värden.



Figur 27. Enar och rosenbuskar i det nedre skiktet.



Figur 28. Poppeln är storväxt och är ett identitetskapande träd på platsen.



Figur 29. Inventerings- och analyskarta. I kartan visas områdesindelningar, de viktigaste mät punkterna samt vart fotografierna i detta kapitel är tagna ifrån. Min karta ©Lantmäteriet, bearbetad av författare.

Markförhållanden

Jordarter

Gränbyparken består till största delen av glaciallera (figur 31). Vilket håller mycket näring och vatten. Lera har låg genomsläpplighet. Glaciala finkorniga sediment (SGU 2020). Centralt i parken finns en gammal åkerholme med berg i dagen. Här tittar berget fram ur den sandiga moränen. Norra delen av parken består till stor del av fyllnadsmassor, marken är grusig och vegetationen har svårt att etablera sig (figur 30).

Jorrdjup

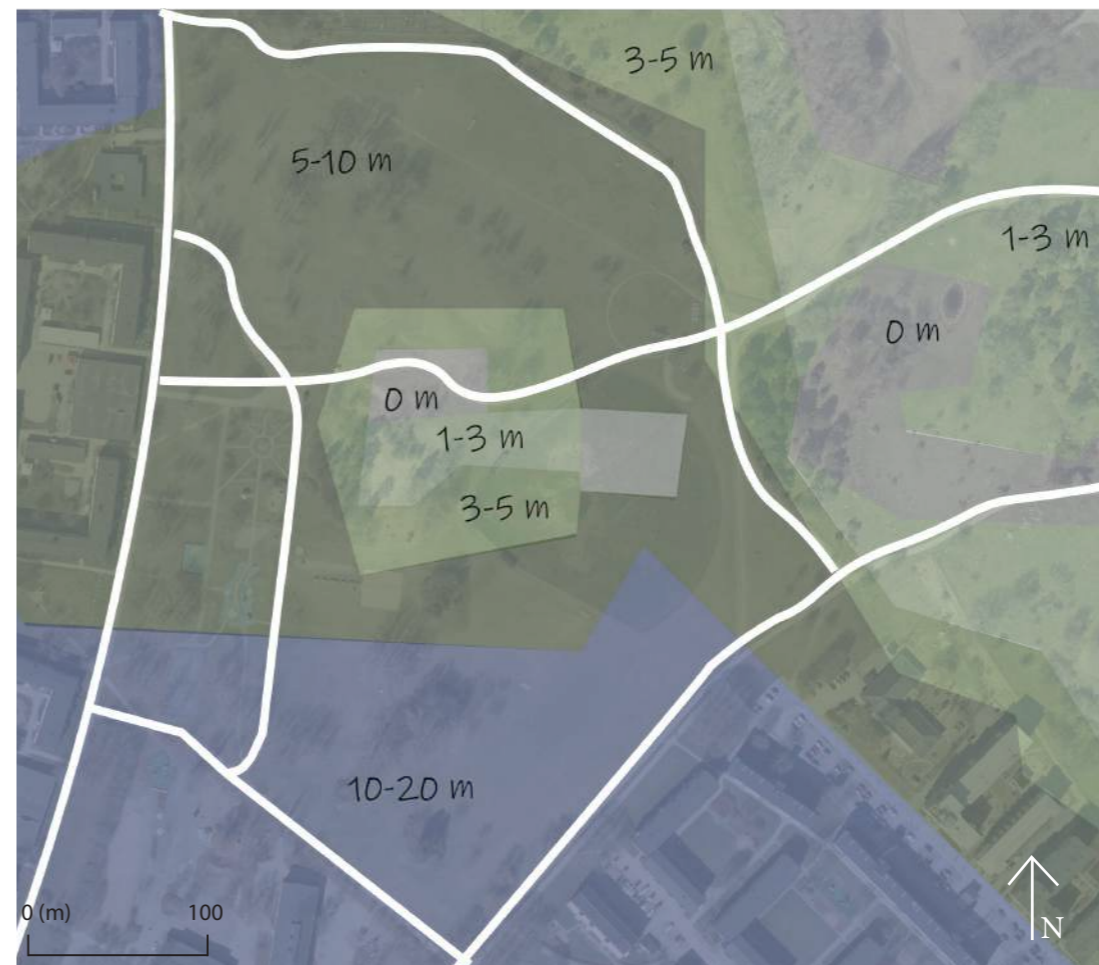
Jorrdjupet är mäktigt, endast i det gråa zonerna och eventuellt delar av de ljusgröna är jorrdjupet en begränsande faktor (figur 32). Jorrdjupet är dock inget definitivt hinder då berg kan sprängas, men det innebär ett större ingrepp på platsen.



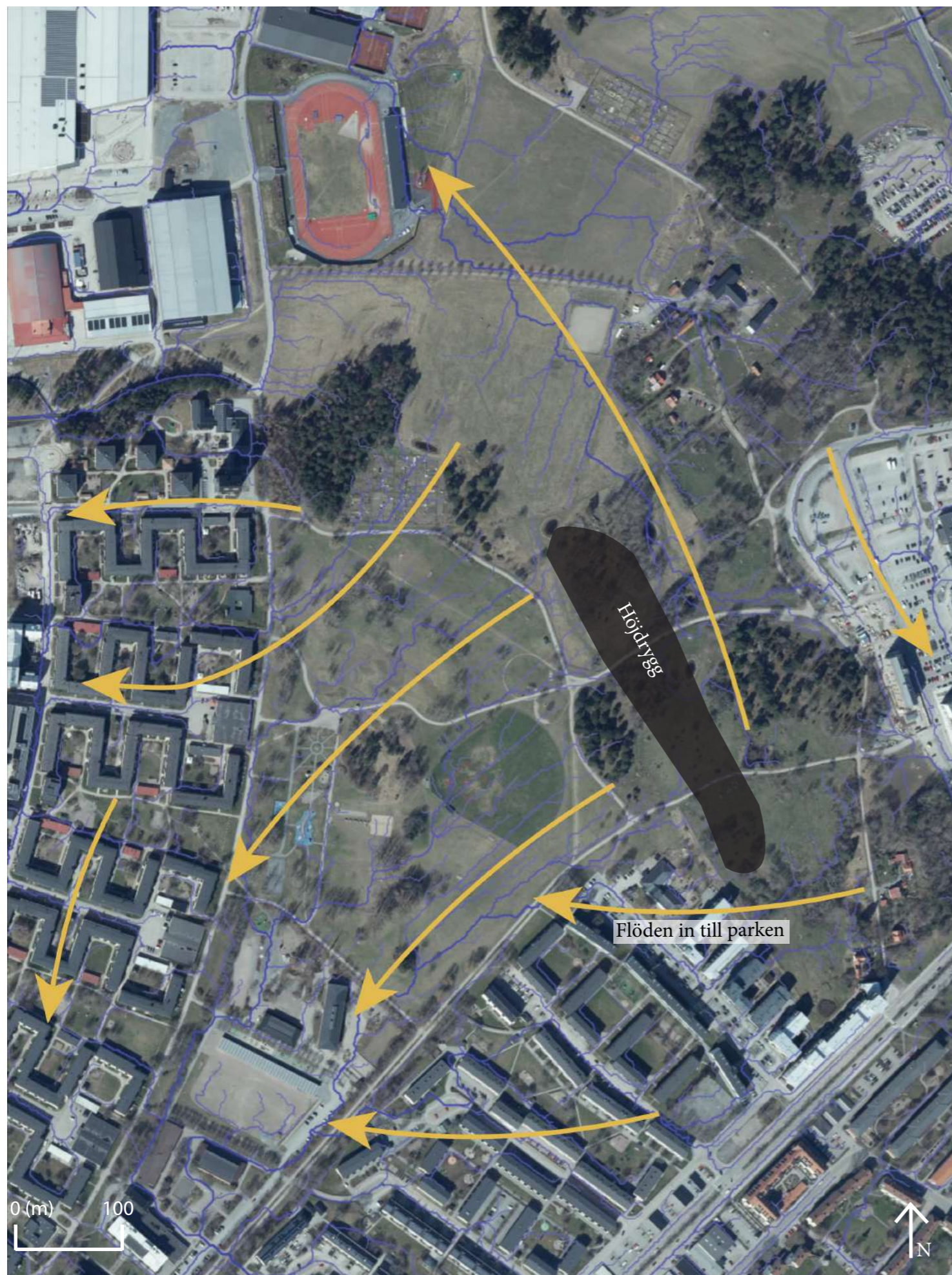
Figur 30. Svåretablerat för växtligheten på fyllnadsmassorna.



Figur 31. Jordarter. Min karta ©Lantmäteriet, bearbetad av författare.



Figur 32. Jorrdjup. Min karta ©Lantmäteriet, bearbetad av författare.



Figur 33. Flödesriktningar på avrinningsområdena runt Gränbyparken. Karta: flödeskarta från Scalgo.

Avrinningsområde

Norr om parken höjer sig landskapet och bildar en avgränsare för avrinningsområdet, vilket medför att området för vatten som leds in i parken är till ytan liten, se figur 33. En stor del av ytan för avrinningsområdet är naturmark, vilket betyder att väldigt lite vatten leds på ytan då det infiltrerar marken. Endast bostadsområdet öster om parken har flöden som leds in i parken.

Detta tar jag med mig till gestaltning

Parken har många uppväxta träd som är värda att spara.

Endast en liten del av parken består av naturmark, även denna har ett värde av att vara kvar på platsen.

På platsen finns rumsskapande element som kan inkorporeras i gestaltningen.

Växterna på platsen idag och informationen om jordarterna ger en riktlinje vilka markförhållande som råder på platsen, vilket kommer att vara vägvisande i val av växter.

Att lägga vattnet samlat gör så att stora flexibla ytor hålls kvar.

Möjlighet att leda in vatten finns i nordöstra delen av parken.

Storlek baddamm

Utifrån antal besökare

Storleken på badplatsen dimensioneras utifrån platsens förutsättningar och förväntat antal besökare som badar per dag. Med tanken på att baddammen ska vara öppen för offentligheten samt kommer att vara Uppsalas centralaste badplats behöver höjda tas i antal badande per dag. Endast i stadsdelen Gränby bor ca 7 500 personer. Stockholm stad har en handlingsplan för att lokalisera nya badplatser. Att titta på hur många som bor i en stadsdel behöver inte innebära att dessa bad används av fler. Invånarna har möjlighet att röra på sig och välja bad efter egna preferenser, t ex barnvänligt (Miljöförvaltningen 2022). Men att titta på hur många som bor i direkt anslutning kan ge vägledning för underlaget.

Utifrån rening

Storleken av baddammen, inkluderat regenereringsytan behöver ha ett visst mått per badare för att säkerställa god vattenkvalité. Enligt tyska standarden för beräkning av offentliga baddammar sätts parametrarna intag av fosfor och intag av E.coli (FLL 2011). Det behövs minst 10 m³ vatten per badare om vattnet renas i samma damm, om reningen ligger utanför dammen kan det räcka med 3,5 m³ (FLL 2011). Varje badare tillför 74 mg fosfor till vattnet. Fosfornivån får tillfälligt stiga till 0,02 mg/l, men ska reduceras till 0,01 mg/l inom 48 h (FLL 2011). Franska standarden för baddammar AFFSET rekommenderar en volym på 10 m³ vatten per badare och att vattenvolymer omsätts inom 12 timmar (Donzé et al. 2014).

Den största delen av input av fosfor i en privatpool med medelanvändning sker från yttre faktorer, t ex föroreningar som förs in via regnvatten, organiskt material och påfyllnadsvatten (vatten från ledningsnätet) (Kircher & Thon 2016). Baddammen i Gränbyparken ska återfyllas med dagvatten och en stor del av intaget av fosfor kommer därför att komma därifrån.

Yta för omhändertagande av dagvatten

För att räkna på vilken yta för omhändertagandet av dagvatten som behövs för att kunna fylla upp baddammen under sommarmånaderna när avdunstningen är större än nederbörden behöver jag ta reda på hur stor den totala avdunstningen är i korrelation med nederbörden. I juni månad är skillnaden störst mellan avdunstning och nederbörd, se tabell 12 och 13. Om påfyllnad till baddammen dimensioneras utifrån värdena i juni, kommer även de andra månaderna att klara gränsen. Den nedre delen av dammen kommer också att fungera som magasin. Avdunstningen för sjöar är generellt högre än avdunstningen från land, men beroende av vilken typ av växtlighet behöver det nödvändigtvis inte vara så (Eriksson 1981).

I en jämförelse av den potentiella avdunstningen och avdunstningen från sjöar på ett år, går det att konstatera att värdena ligger nära varandra. Jag utgår därför från den kalkylerade potentiella månadsavdunstningen efter Erikssons (1981) modell. Kircher och Thon (2016) hävdar att avdunstningen kan uppgå till 5 mm om dagen under sommaren och att den höga avdunstningen varierar beroende på antal växter och eventuella vatteninslag som fontäner och vattenfall. Detta skulle ge ett månadsavdunstning på ca 150 mm, vilket är i närhet med 126 mm, som är den potentiella avdunstningen enligt Eriksson (1981). För att ta reda på den totala mängd som avdunstar från baddammen i juni månad behöver jag veta baddammens totala yta. Utifrån reningskapacitet, Gränbyparkens storlek och avrinningsområdets storlek, uppskattas en yta för baddammen på 3000 m².

Tabell 12. Genomsnittlig månadsnederbörd 1990-2020 (SMHI 2021).

| Nederbörd | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Tot |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Uppsala | 38,8 | 31,8 | 28,7 | 31,8 | 39,3 | 61,2 | 57,4 | 73,6 | 48,6 | 53,4 | 52,8 | 47,3 | 564,9 |

Tabell 13. Genomsnittlig potentiell avdunstning per månad (Eriksson 1981).

| Avdunstning | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Tot |
|-------------|---|---|----|----|----|-----|-----|----|----|----|---|---|-----|
| Uppsala | 2 | 5 | 16 | 47 | 94 | 126 | 110 | 82 | 41 | 13 | 1 | 0 | 537 |

Vattenbalans för juni månad

(a) avdunstning (mm)
(n) nederbörd (mm)
(y) yta baddamm (m²)(3000 m²)
(v) tot avdunstnings volym (l)

$$(a-n)*y=v$$

$$(126-61)*3000=195\ 000\ l$$

Under juni minskar baddammens vattenvolym med 195 000 l

195000 l vatten behöver ledas in under juni månad för att vattennivån ska hållas ständig.

Ytan (yd) för omhändertagandet av vatten måste kunna leda in 195 000 L under juni månad.

Avrinningskoefficienten (ak) sätts till 0,4, och avser då bebyggelsen runt om parken som har en låg-medelensitet (tabell 14). När vattnet kommit fram till reningssteget kommer inte allt vatten att nå baddammen. Under reningen kommer koefficienten (kv) 0,7 användas för förluster av avdunstning och vattenupptag av växter (Egodowatta et al. 2016). Minsta möjliga yta för omhändertagande av dagvatten för att hålla vattenbalansen blir då 7611 m².

Yta som krävs för att kunna hålla vattenbalansen under juni månad:

(v) volym
(n) nederbörd
(ak) avrinningskoefficient
(kv) koefficient växters upptag

$$v/(n*ak*akv)=yd$$

$$195\ 000/(61*0,4*0,7)=7611\ m^2$$

Avrinningsområdet behöver minst vara 7611 m²

Tabell 14. avrinningskoefficient utifrån (Dunnet & Clayden 2007; Meiss 1979)

| Markandvändning | Avrinningskoefficient |
|-----------------|-----------------------|
| Tät stad | 0.7-0.9 |
| Mediumtät stad | 0.5-0.7 |
| Småhusområde | 0.2-0.3 |
| Sportplaner | 0.1-0.3 |
| Parker | 0.0-0.1 |

Avrinningsområde: Möjlighet att leda in vatten

Det avrinningsområde som lokaliserats möjligt att leda in vatten från vid punkten i slutet på Solskengsgatan (figur 35) har en total area på 5 ha (figur 34), och är då drygt 6 gånger så stort som beräknas kräva till att hålla vattenbalansen. Avrinningsområdet består till stor del av hagmark, så avrinningskoefficienten bör vara lägre än den valda i räkneexemplet.

Ett rimligt antagande är att månadsnederbörden fördelas över sex gånger i juni. Vilket skulle ge en snittnederbörd på 5 mm per regntillfälle. Det digitala verktyget SCALGO räknar ut att 127 000 l rinner av från avrinningsområdet när det regnar 5 mm. Multipliceras det med sex regntillfällen, ger det en total volym på 762 000 l under juni månad. Av detta når 70% baddammen då 30% försvinner från avdunstning och växters upptag under reningsprocessen (Egodowatta et al. 2016). Detta ger en total vattentillförsel på 533 400 l, vilket är mer än de 195 000 l som behövs.

Total avrinning från avrinningsområdet juni månad:

(n) nederbörd (l)
(nt) nederbördstillfälle
(kv) koefficient växters upptag
(v) volym

$$n \cdot nt \cdot kv = v$$

$$(127\ 000 \cdot 6) \cdot 0,7 = 533\ 400$$



Figur 34. Det gröna området visar avrinningsområdet. Karta över avrinningsområde från Scalgo.



Figur 35. Punkt där vatten kan ledas in i parken. Fotot är taget i slutet på Solskengsgatan. [2023-03-15]

Reningsstrategi dagvatten

Avrinningsområdet, figur 34 har en total yta på 5 ha varav 14000 m² hårdgjord yta. En dagvattendamms storlek ska vara 1-2-% av avrinningsområdet hårdgjorda yta (Blecken 2016; Wu et al. 1996) Det skulle i detta fall innebära en damm på max 28 m². Vilket är för litet för att uppnå optimal rening. Större dammar har visat sig ha bättre reningsförmåga (Blecken 2016; Pettersson et al. 1999).

En kombination av reningsmetoder för att rena olika typer av föroreningar och partikelstorlekar är det bästa (Blecken 2016). Att i ett tidigt skede avlägsna de större partiklarna gör så att dessa partiklar inte sätter igen porer i senare reningssteg, avsatta för att rena mindre och lösta partiklar (Egodawatta et al. 2016)

Detta tar jag med mig till gestaltning

Avrinningsområdet i nordöstra Gränby (figur 41) är tillräckligt stort för att kunna hålla vattenbalansen i en baddamm på 3000m².

Avrinningsområdet är inte tillräckligt stort för att vattnet ska kunna renas i en dagvattendamm.

Växtval runt baddammen

En baddamm är ett ytvatten utan kontakt med grundvattnet. Detta betyder att en PVC-duk eller liknande kommer att avskilja dammen från omkringliggande mark. Längs med dammen, fast utanför PVC-duken kommer markförhållandet att vara torra, jämfört med längs en verklig vattenförekomst där kantzonen oftast är delvis vattenmättad och markförhållandena är fuktiga. För att eftersträva att skapa en naturlig gestaltning behöver växtvalen utgå från växternas karaktär fast med tanke på platsens ståndort.

När de kommer till att välja träd behöver flera parametrar tas i åtanke. Trädens blad ska ej falla i vattnet. Löv ökar halten av organiskt kol, fosfor samt färgar vattnet brunt. Stora mjuka blad har störst påverkan på höjda fosforhalter i vattnet, medan mindre blad samt barrträd har mindre påverkan (Kircher & Thon 2016). Träden ska med fördel skugga delar av dammen för att sänka temperaturen på vattnet. FLL (2011) tillåter en maxtemperatur på max 25 grader. Lägre temp ökar syretillgången och kolet omsätts snabbare. Bakterier och alger frodas i varma förhållanden, detta gäller dock även de önskvärda mikroorganismerna.

Fåglar i baddammen kan bidra med mikrobiella bakterier och ökade halter av fosfor. Enligt FLL ska handlingar tas som undviker fåglar i baddammen (FLL 2011). Att undvika träd med frukter och bär för att inte locka fåglar skulle möjligtvis ha en positiv inverkan.

Träden ska kunna ge skugga och skapa rumslighet till besökarna som önskar avskildhet eller naturlig skugga på varma dagar. För att skapa rumslighet används träd där det går att komma in under trädkronan. Träden ska inte ha ytliga rötter eller rotskott och förslagsvis undviks även nötter, kottar, frukt och dylikt, då detta kan vara problematiskt som underlag att ligga på.

6 Gestaltungsprozessen

Skissövningar

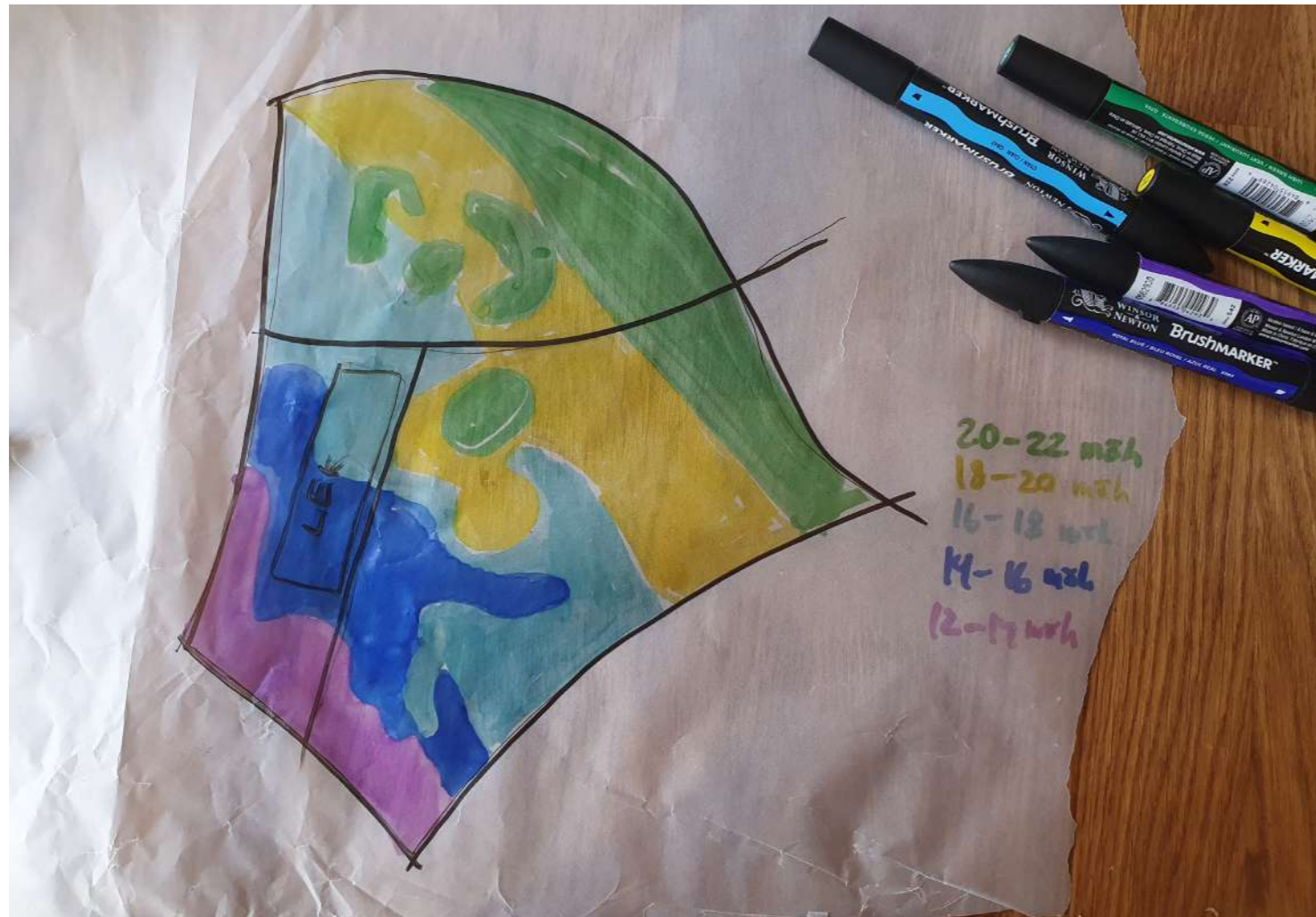
I enlighet med den valda metoden för arbete är skissandet en central del i processen för att nå resultatet. Nedan presenteras tre övningar som utfördes tidigt i arbetsprocessen för att få igång skissarbetet och den cirkulära processen där problem löses och uppstår med nya skisser.

Skissövning 1: höjder

Att förstå höjder är essentiellt när det kommer till gestaltning med vatten. Parkens höjdkurvor ritades upp på fri hand utifrån kommunens inmätningar (figur 36).

Vatten rinner från högt till lågt. En uppskissad karta med höjder i olika färger ger snabbt ett perspektiv på

parkens höjdsituation. Höjdekvidistansen mellan varje färg är två meter, så höjdvartionen inom färgen kan variera. Gränbyparken är relativt jämnt sluttande från nordöst till sydväst. Några kullar genom parken centrala delar i nord-sydlig riktning skapar en variation i höjder.



Figur 36. Handritad skiss över gränbyparken där varje färg har en höjdekvidistans på 2 m.

Detta tar jag med mig till gestaltning

Parken har en jämn sluttning från nordost till sydväst.

Parken centrala axel kan fungera som vattenavskiljare då höjderna är högre än runtomkring.

I söder finns parkens lågpunkter, det är dit vattnet strävar att komma.

Skissövning 2: storlek och placering

För att få en förståelse för platsen storlek och möjliga placeringar av vattnelementen samt inspireras från tidigare projekt för att kunna utveckla och bygga vidare på använde jag mig av tekniken skiss i foto. Vilken är en del av metoden mimicking. Att starta skissandet i tidigt skede kan uppfattas svårt. Att titta på tidigare

gestaltningar för att applicera och utveckla är ett sätt att attackera problemet (Krupinska 2014). Satellitfoto från tre olika platser med vatteninslag valdes ut. Vattenförekomst A, Midgårdsbadet (referensprojekt), vattenförekomst B, Nansenparken (referensprojekt) och vattenförekomst C, Storvad, vilket idag är det närmaste badet från Gränby och välbekant för mig. Fotona placerades ut på lämpliga ställen på en karta över Gränbyparken, figur 37. Urklippen anpassades och roterades efter läget, vilket betyder att väderstrecken ändrats.



Figur 37. De tre vattenförekomsterna i sin verkliga storlek, utplacerade i Gränbyparken för att skapa en förståelse för skala och placering. Min karta ©Lantmäteriet och Eniro/ ©Lantmäteriet, bearbetad av författaren.

SWOT - vilken plats är bäst

Utvärdering av de tre platserna i skissövning 2 gjordes utifrån en SWOT-analys. Där placeringens styrkor (S, strengths), svagheter (W, weakness), möjligheter (O, opportunities) och hot (T, threats) kunde identifieras.

LÄGE A, INTILL LEKPARKEN

| S - Strengths (styrkor) | W - Weaknesses (svagheter) |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Centralt läge • Lågpunkt i parken | <ul style="list-style-type: none"> • Många träd, vilket medför mycket löv i vattnet • Begränsad yta |
| O - Opportunities (möjligheter) | T - Threats (hot) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Många möjligheter att leda in vatten • Strand i söderläge • I och med lågpunkten ser vattnet naturligt ut på platsen | <ul style="list-style-type: none"> • Närhet till lekpark • Närhet till Liljeforssskolan, låg och mellanstadiet • Ytvatten leds direkt in utan att renas, då det är en lågpunkt |

LÄGE B, ÖSTRA DELEN

| S - Strengths (styrkor) | W - Weaknesses (svagheter) |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Stor yta • Få träd som tappar blad | <ul style="list-style-type: none"> • Inget sammanhang med övriga parken • Barriär |
| O - Opportunities (möjligheter) | T - Threats (hot) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Möjlighet att jobba med olika utformningar, t.ex. långsträckt | <ul style="list-style-type: none"> • Närhet till förskola |

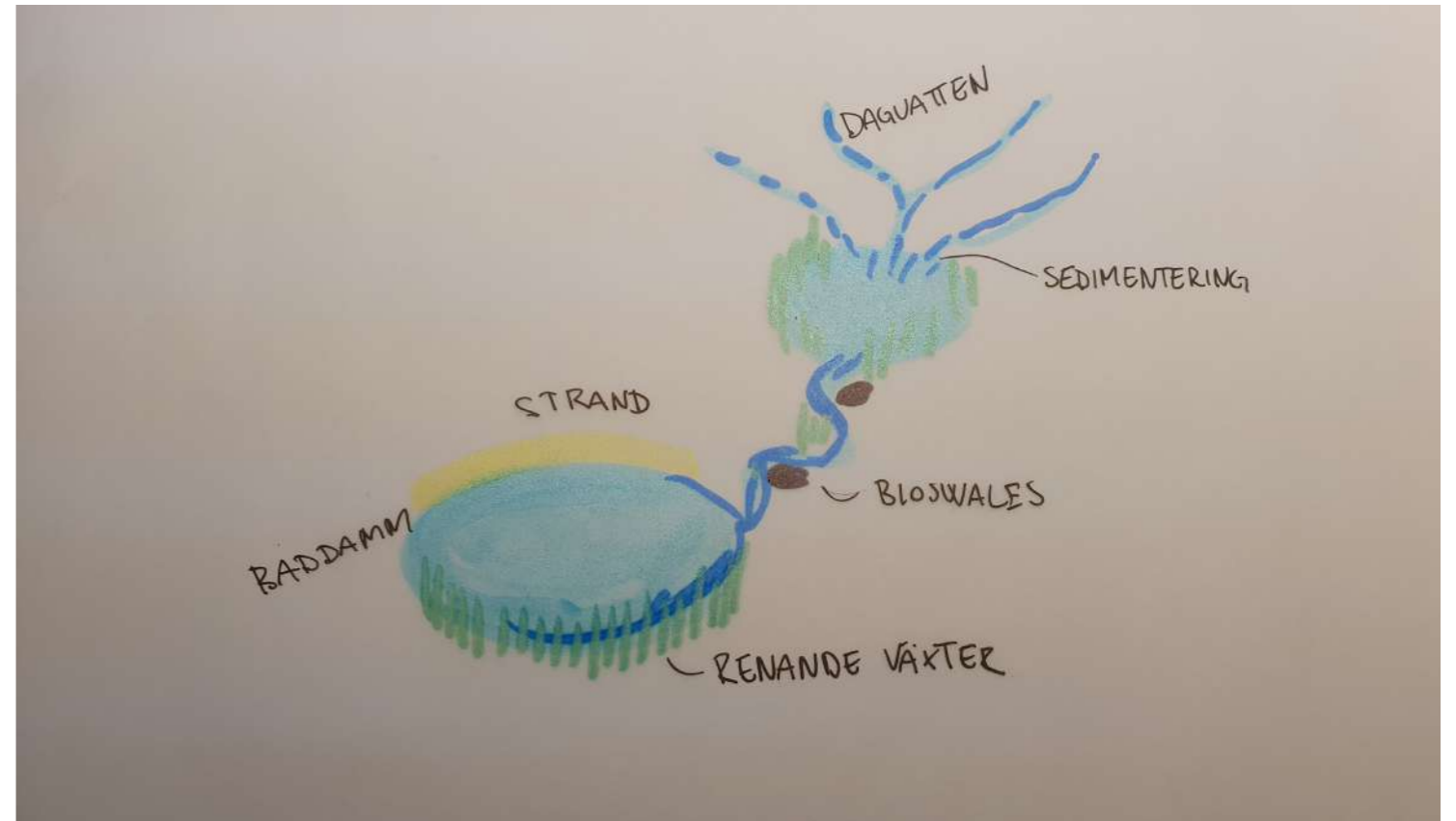
LÄGE C, NORRA DELEN

| S - Strengths (styrkor) | W - Weaknesses (svagheter) |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Stor yta • Högt i landskapet, mindre andel ytvatten som leds in i dammen | <ul style="list-style-type: none"> • Svårt att leda in vatten då det ligger högt i landskapet • Ligger gömt |
| O - Opportunities (möjligheter) | T - Threats (hot) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Möjlighet till avskärmning • Att leda in dagvatten via pumpar | <ul style="list-style-type: none"> • Beroende av att pumpar fungerar • Närhet till beteshagar, risk att ytvatten för med mikrobiella bakterier från djurens avföring |

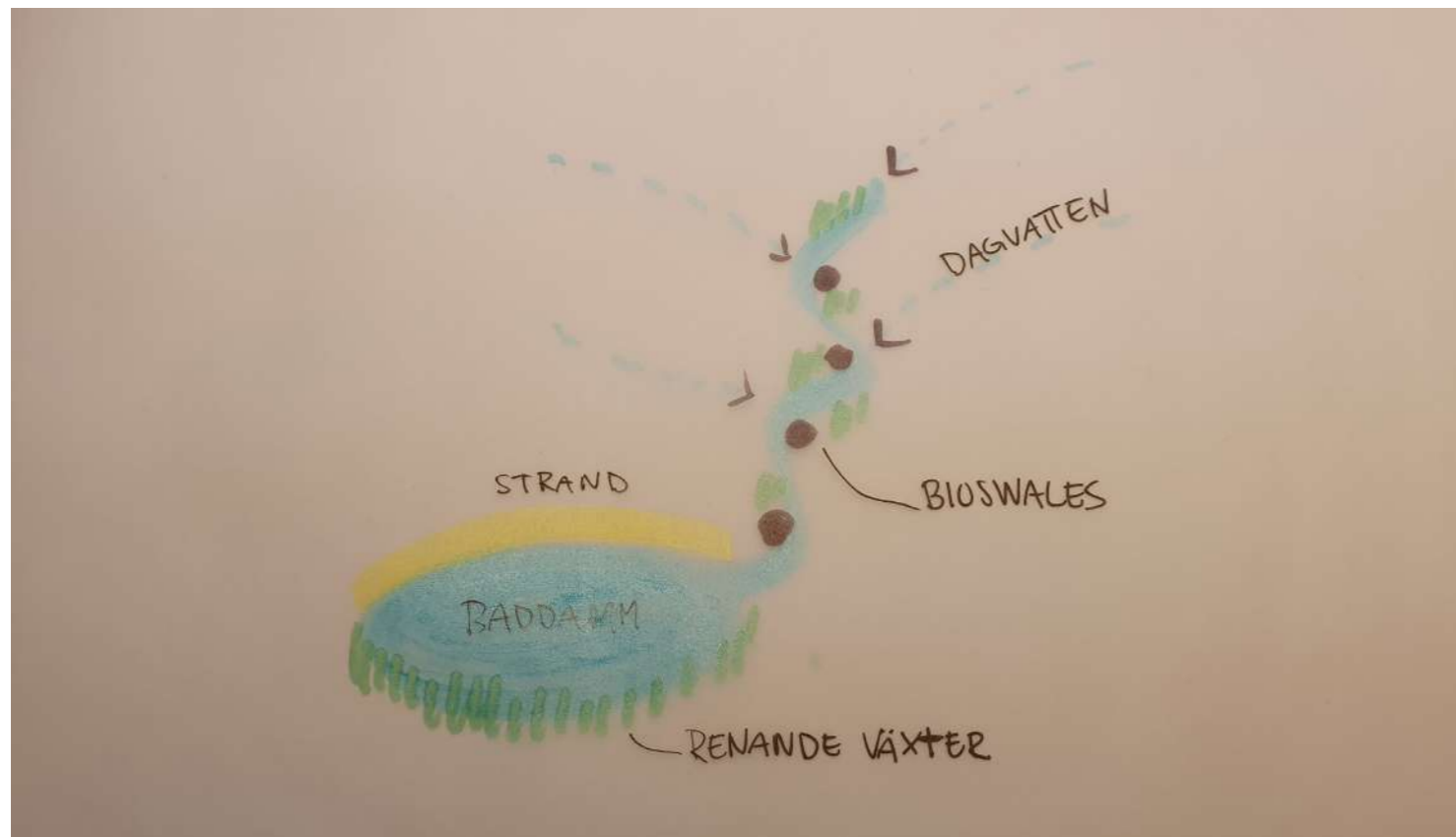
Skissövning 3: strukturell uppbyggnad

Strukturen hur reningsprocesserna ska inkluderas i en design är en grundsten i designen. Skisserna utvecklas allteftersom nya problem påträffas med designen. I figur 38, den första skissen, kunde jag konstatera att sedimenteringen sker i baddammen, ifall botten rörs upp kan det ske återsuspension av sedimenterat material (Blecken et al. 2022). En damm avsedd för sedimentering lades till i figur 39. I figur 40 provades idén att rena vattnet med hjälp av våtmark och med hjälp av pumpar lägga baddammen uppströms.

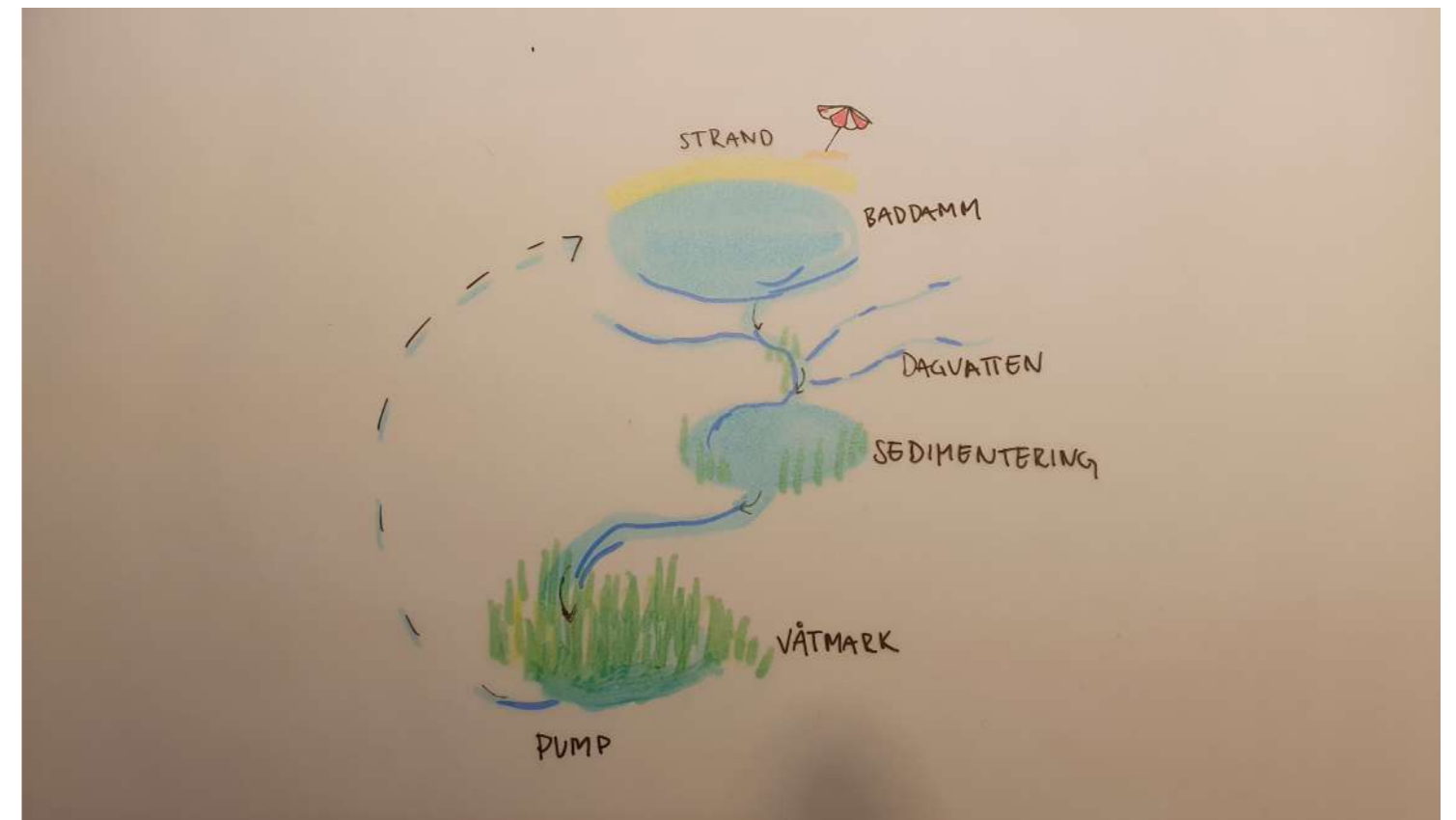
För att kunna hålla en stabil nivå på vattnet i baddammen utan att behöva fylla på med vatten från ledningsnätet är det en bra idé att placera reningsdammen lägre än baddammen, då kan baddammens vattennivå hållas stabil samtidigt som reningsdammen tillåts att fluktuera i nivå. (Kircher & Thorn 2016). Jag kom fram till att fortsätta utveckla skissarbete utifrån figur 39 och 40. I figur 39 behöver problemet lösas hur nivån ska hållas ständig och i figur 40 finns risk att vatten från baddammen utlopp kommer att återsuspendera material från sedimenteringsdammen.



Figur 39. Andra skissen, en damm för sedimentering lades till.



Figur 38. Första skissen där sedimentering sker i baddammen.

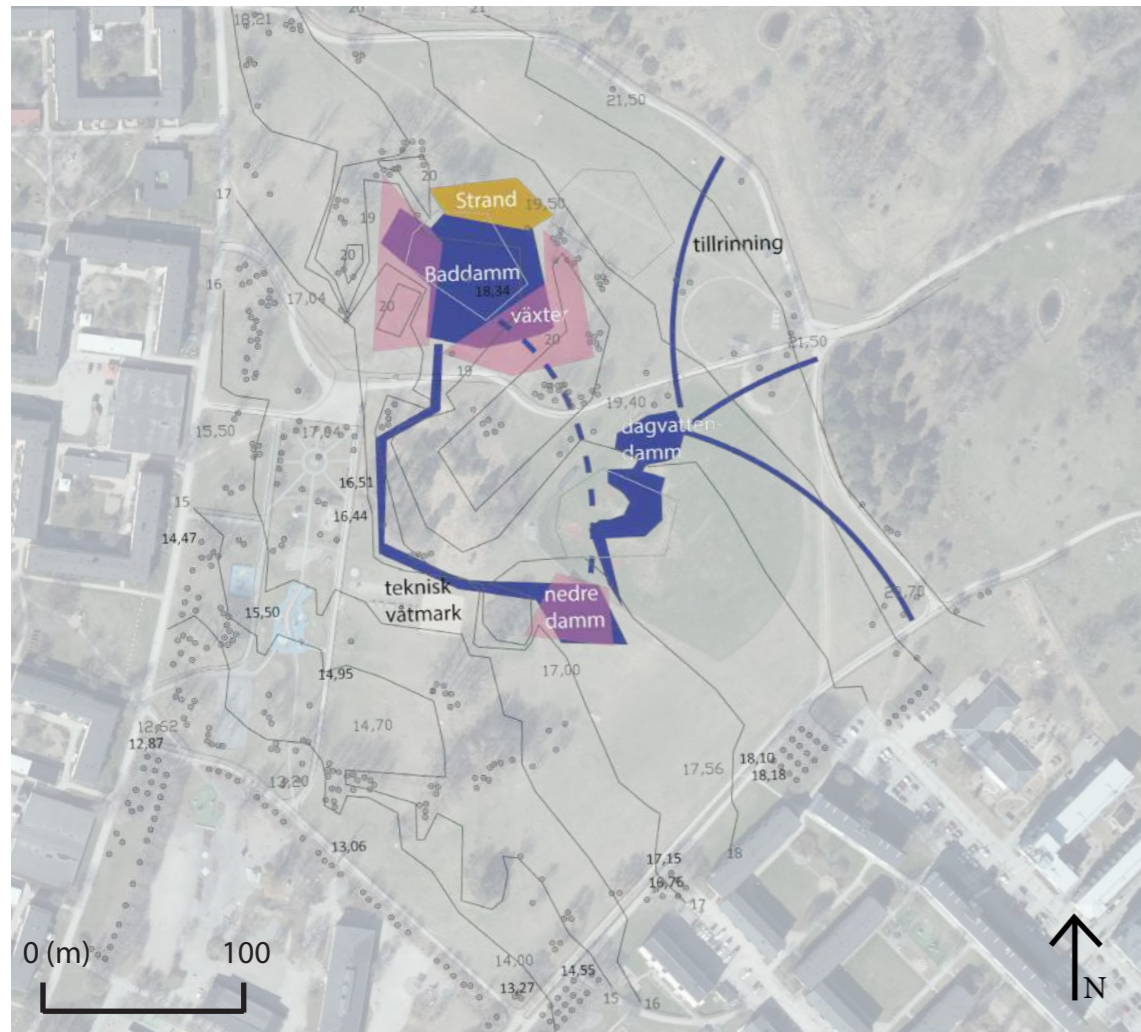


Figur 40. Tredje skissen, rening med sedimenteringsdamm samt våtmark.

Skisser som ledde fram till gestaltningen

Principskiss till workshop

En platsspecifik principskiss presenterades på workshopen med WSP, figur 41. Höjder, storlek, funktionalitet och reningsteknik var fokusområden för skissen och diskussionerna under workshopen. Som underlag för skissen ligger höjdkurvor som är uppdragna efter kommunens CAD-underlag för parken. Dagvattnet renas i en damm innan de ansluter till den nedre dammen, som fungerar som magasinering av vatten. Härifrån pumpas vatten upp till baddammen. Vatten från baddammen leds via en bäck som fungerar som rening till den nedre dammen för att ansluta allt till samma system.



Figur 41. En av de första platsspecifika skisserna. Kartunderlag, min karta ©Lantmäteriet, bearbetad av författeren.

Givande tips och idéer från workshopen

- Använd beräkningsverktyg för avrinningsområdet (Scalgo).
- Arbeta med naturliga fall av vattnet istället för pumpar.
- Bra placering av baddamm med öppen yta för sol och lek norr om dammen.
- Hur leds vattnet till dagvattendammen?

Utveckling av principskissen

Den tidigare principskissen utvecklas genom att dagvattendammen flyttas till nordöstra delen av parken där möjligheten finns att leda in vatten (figur 42). Förbindelsen mellan baddammen och den nedre dammen flyttas till östra sidan om naturmarken för att få ett tydligare samband mellan dammarna. Tanken på hur rörelsestråket kan se ut läggs till. Vattnelementen får inte bli barriärer i parken. Det ska finnas möjligheter att komma nära vattnet, därför läggs gångstråk intill vattnet, kompletterat med bryggor och broar.



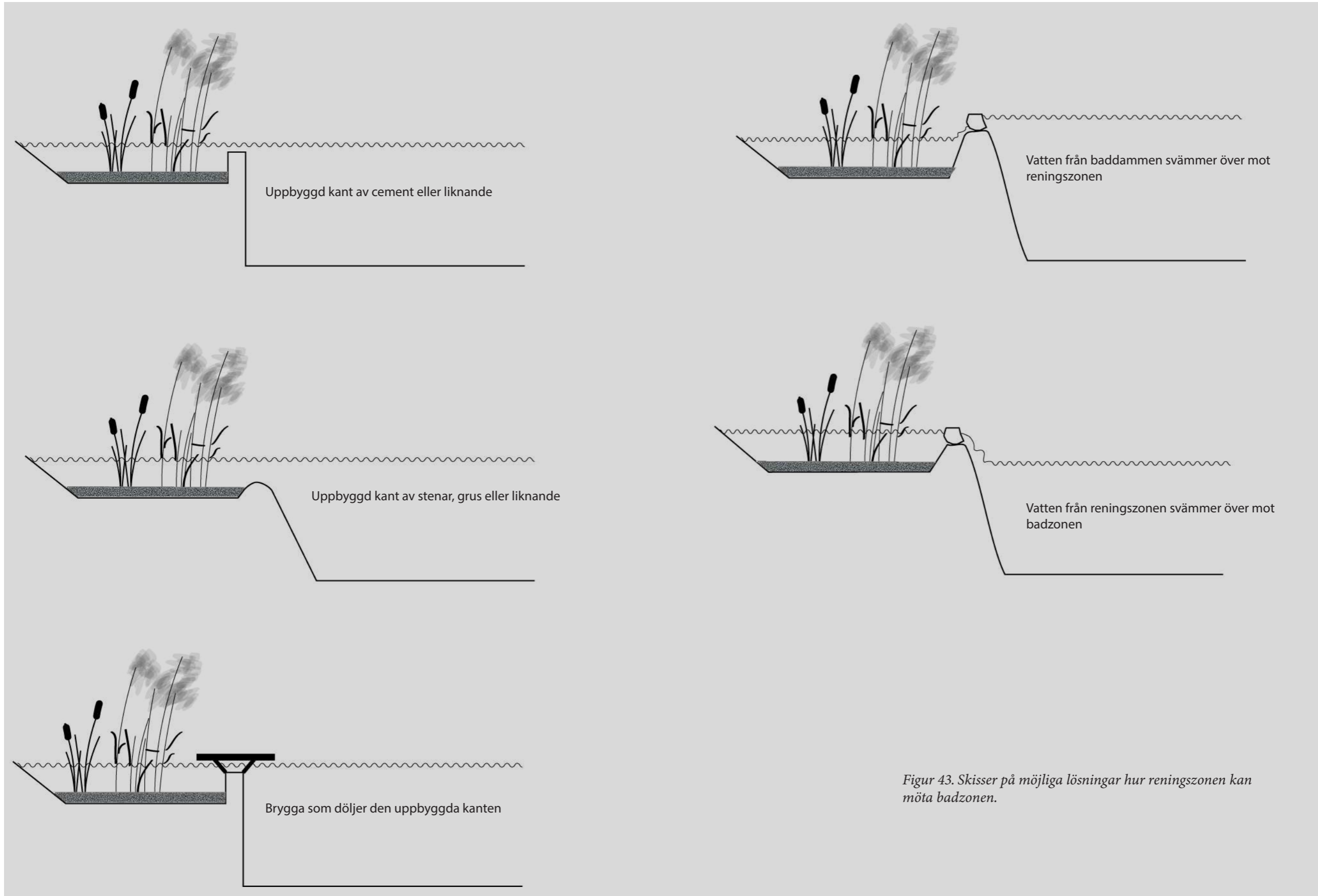
Figur 42. Nya gångstråk och bro längs med vattnet, för fri rörelse i parken och möjlighet att komma nära vattnet. Kartunderlag, min karta ©Lantmäteriet. Bearbetad av författeren.

Problematisering

- TVM renar effektivare än HBS, behövs det mer TVM?
- Hur ska bäcken utformas för maximal rening. Fördämningar eller liknande? Vilket flöde har bäcken?
- Följer baddammens form landskapets höjder och form?
- Hur ska bryggorna utformas? Möjlighet till att sitta, sola? Organiskt eller strikta former?
- Reningssdammen behöver minskas i storlek alternativt används annan reningssystem då ytan överskrider 2% av den hårdgjorda ytan på avrinningsområdet.
- Hur hanteras stort inflöde av dagvatten till nedre dammen?
- Hur samlas vaten in från avrinningsområdet?

Möten kantzoner

Reningszonerna kommer i stor grad att ligga i anslutning till baddammen. Utformningen av mötet mellan dessa två zoner behöver tillgodose två punkter: ett möte som uppfattas naturligt, samt fungerar som en barriär mot att de badande beträder reningszonen. Nedan är exempelskisser på hur detta möte kan utformas (figur 43).



Figur 43. Skisser på möjliga lösningar hur reningszonen kan möta badzonen.

7 Resultat

Förutsättningar för baddamm i Gränbyparken med naturlig rening som fylls upp med dagvatten

Dagvatten kommer ledas in i i östra delen av parken.

Dagvattnet måste först renas separat innan det cirkulerar i baddammens rening. Att rena dagvatten i damm är inte möjligt då avrinningsområdet är för litet.

För att baddammens vattennivå ska vara konstant behöver vatten fyllas på sommartid (från renat dagvatten).

Ytterligare en damm med en vattennivå som tillåts fluktuera behövs, denna damm behöver ligga lägre än baddammen.

För varje badare krävs ca 10m³ vattenvolym (badzon + reningszon) för att reningen ska uppehållas.

Hela vattenvolymen för baddammen bör cirkulera inom ett dygn.

Placering baddamm

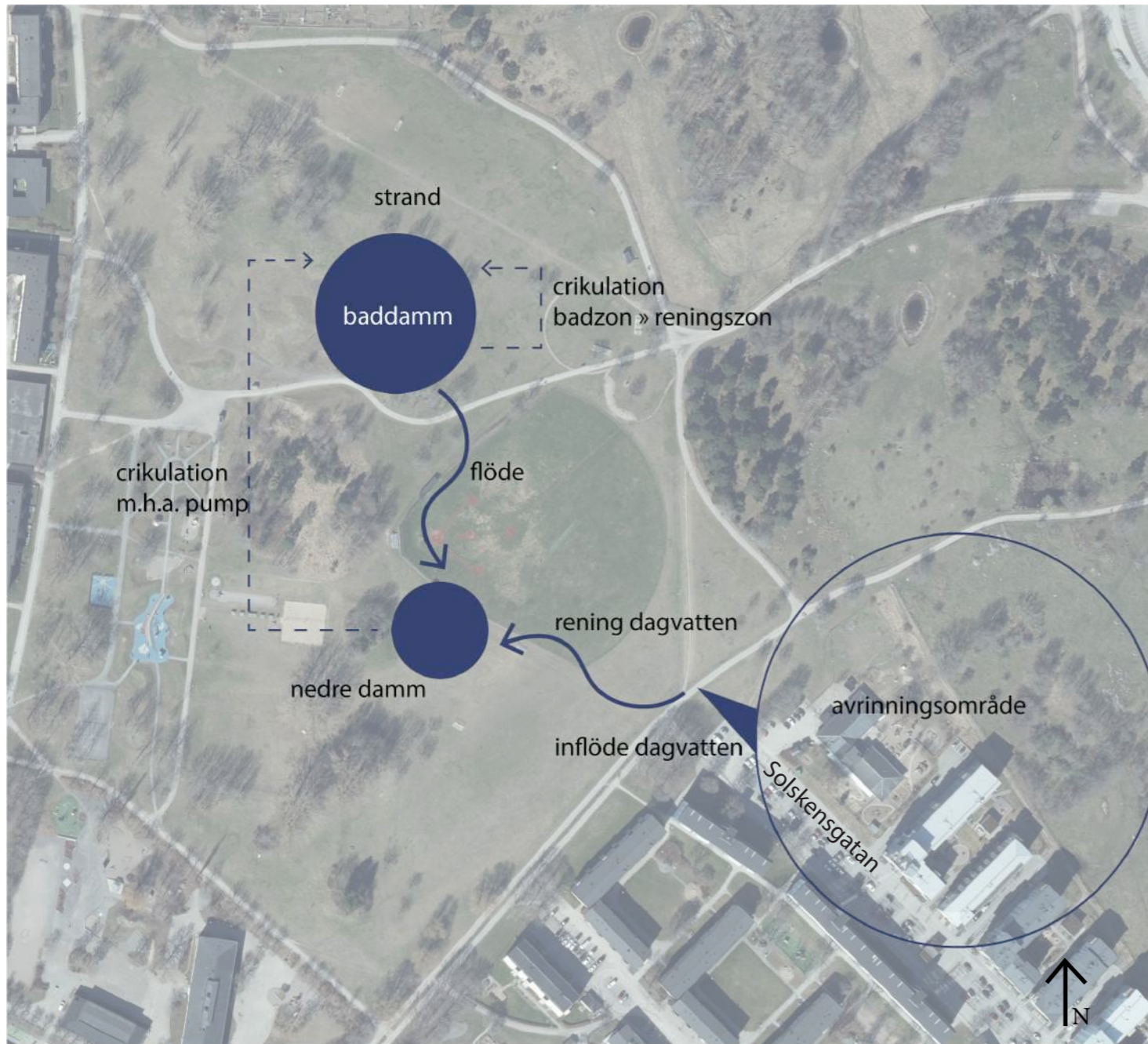
Valet av baddammens placering är utifrån flera variabler: Vetskapen att baddammen behöver ligga högre än påfyllnadsdammen. Inventering och platsanalys om markförutsättningar och rumsbildande element, där möjligheten att konstruera en damm i olika markförutsättningar är möjligt och inte ett definitivt hinder, men hjälper till att hitta ett läge som inkorporerar mer naturligt med omkringliggande miljö, t. ex. en damm ter sig mer naturligt nedgrävd i lera än mot sprängt berg. Principskisser i vilken ordning reningssteg behöver komma samt som jämförts mot höjdvariationer på platsen. Enligt SWOT-analysen där för och nackdelar vägs mot varandra, kan flera lägen lämpa sig, men där ett läge på en öppnare yta har fler möjligheter, samtidigt som slutna platser skapar bättre rumslighet.

Utifrån denna samlade kunskap lokaliserades ett läge för baddammen i den norra delen av parken. Ytterligare ett platsbesök var avgörande för val av plats, då beslutades att baddammen skulle anpassas efter kullarna norr om moränkullen, se figur 44. I en workshop med landskapsarkitekter från WSP presenterades läget i en planskiss, vilket fick positiv återkoppling.



Figur 44. Vit markering är vald plats för baddammen, mellan kullarna norr om moränkullen. Den stora jordkullen i bakgrunden ska bli en pulkabacke enligt kommunens nya plan tas därför inte med i beräkningarna. Fotografi taget mot norr från moränkullen centralt i parken. [2023-01-30].

Program



Figur 45. Programplan som visar placering för vattnelementen.
Kartunderlag, min karta ©Lantmäteriet.

Programpunkter

Baddammen ska klara rening för 450 besökare/dag (tot. vattenvolym 4500m³/10m³ per besökare).

Reningen av dagvattnet och baddammen ska grunda sig på naturbaserade lösningar och i den grad det är möjligt vara synlig för besökaren.

Tillägget på platsen ska utformas med ett starkt uttryck men samtidigt följa karaktären på platsen och för att därmed kunna ses som ett naturligt inslag i parken.

Utformningen ska ha attraktionsvärde under årets alla årstider.

Utformning av vattnelement ska följa direktiv för att minimera drunkningsrisken.

Programplan

Dagvatten från avrinningsområdet leds in från Solskengatan, öster om parken (figur 45). Dagvattnet renas innan det når den nedre dammen. Det renade dagvattnet från nedre dammen pumpas upp till baddammen. Baddammen har ett bräddavlopp för att vattennivån ska hållas jämn. Vatten från bräddavloppet förs via ett reningssteg ner till nedre dammen, där det blandas med det renade dagvattnet innan det pumpas tillbaka till baddammen. Den nedre dammen tillåts fluktueras i vattennivån medan baddammen kommer att hålla en jämn nivå. Detta fungerar på grund av att baddammen ligger högre än den nedre dammen som fungerar som ett magasin. För att vattenkvaliteten i baddammen ska vara tillräckligt bra renas även vattnet internt i baddammen.

Skapad natur

Inspiration till växtmaterialet har hämtats från platsen, fast med fokus på att det ska passa ihop i sitt nya sammanhang. Vatten- och näringstillgången bestämmer förutsättningarna för växterna, och de valda växterna skapar en ekoton, d.v.s. en sammansättning av inhemska och exotiska växter som kräver samma förutsättningar och till synes ser ut att växa i samma habitat.

Organiska oregelbundna former ger en känsla av en naturlig plats, fast med skapade element som bryggor, broar och fördämningar för att tillgängliggöra platsen.



Övergripande illustrationsplan

Figur 46. Övergripande illustrationenplan.
Kartunderlag, min karta ©Lantmäteriet.

Illustrationsplan



Figur 47. Illustrationsplan.
Kartunderlag, min karta ©Lantmäteriet.

Rening av dagvatten

Att rena vatten i öppna system skapar biologiska och estetiska värden, men det finns även en pedagogisk vinning att i öppna system visa på hur smutsigt dagvatten kan renas med hjälp av naturbaserade lösningar. I detta gestaltungs-förslag (figur 46, 47) renas allt vatten i öppna system och baddammen är med en bäck sammankopplad med den nedre dammen för att visa på hur dagvattnet är inkorporerat i baddammens system.

Då avrinningsområdet begränsade storlek inte möjliggör för en dagvattendammsanläggning används en kombination av reningstekniker där det första steget är ett svackdike följt av ett biofilter och slutligen den nedre dammen (figur 50, s.54).

Dagvattnet från avrinningsområdet leds i öppna kanaler eller via brunnar vidare via ett rör under gång- och cykelbanan till svackdiket där vattnet leds genom vegetation. Här fastnar de grövsta partiklarna. Från svackdiket leds vatten in i biofiltret där vatten perkolerar genom ett substratfilter täckt med växter. Här renas vattnet fysiskt genom att fastna högt upp i profilen men även fyso-kemiskt via adsorption och biologiskt av växternas upptag. Vattnet som perkolerat genom biofiltret förs via dräneringsrör ut till en bäck där vattnet leds till den nedre dammen. I den nedre dammen kommer växter täcka hela ytan. Växterna tar upp fosfor som mineraliserats i biofiltret.

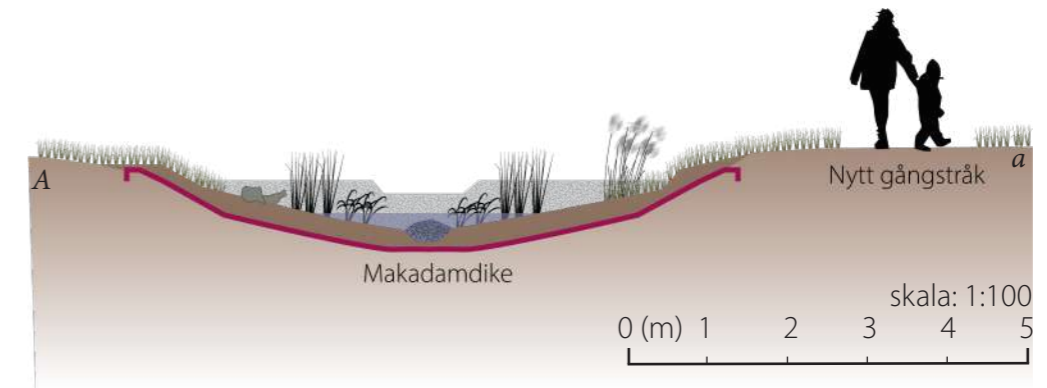
Svackdike

Utformning

Svackdiket har en relativt låg reningsgrad, men är bra som ett första reningsteg innan biofiltret då de grövsta partiklar avskiljs. Svackdiket ser även till att jämna ut vattenflödet (VA-guiden u.å.). Ofta används svackdiken som fördröjande lager och för infiltration. I detta fall kommer diket ha en tät botten då så stor andel som möjligt av dagvattnet behöver ledas in till den nedre dammen. Diket är 7 meter brett och 20 meter långt med en sidolutning på 1:3. Dess totala storlek på 140 m² är ca 10 % av den hårdgjorda avrinningsytan, vilket är rekommenderad dimension för svackdiken (VA-guiden u.å.). Utanför inloppet till diket anläggs ett makadamlager för att motverka erosion. Svackdiket har en lutning mot biofiltret. För att sakta upp flödet, samt för att öka reningsgraden fördäms svackdiket med en grusvall (figur 49). Grusvallen har en öppning centralt i överkant som släpper igenom höga flöden (figur 48). För att låga flöden ska nå biofiltret går en smal djupdel med makadam, där vattnet inte tas upp av växter och jord.

Växter

Svackdiket har sidovallar i lerjord. Under leran finns en ogenomsläpplig duk, vilket håller kvar vattnet, men även hindrar vatten att röra sig uppåt i jordprofilen. Detta skapar en växtmiljö med stundtals torra förhållanden och ibland fuktig lerjord. Växterna ska därför klara av varierad vattentillgång i en jord som inte är dränerande. Näringstillgången från dagvattnet är till skillnad från vattnet i baddammen relativt god. Därför kan växter med något högre krav på näring trivas.



Figur 48. Snitt A-a över svackdiket. Vid låga flöden rinner vattnet i makadamdiket. Vid extremt kraftiga flöden rinner vattnet över öppningen i den permeabla fördämningen.

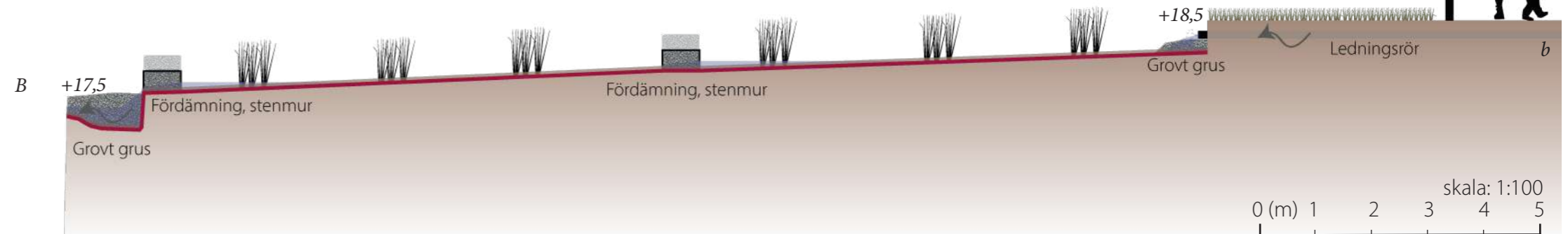
Växter till svackdike:

Långt ner i diket:

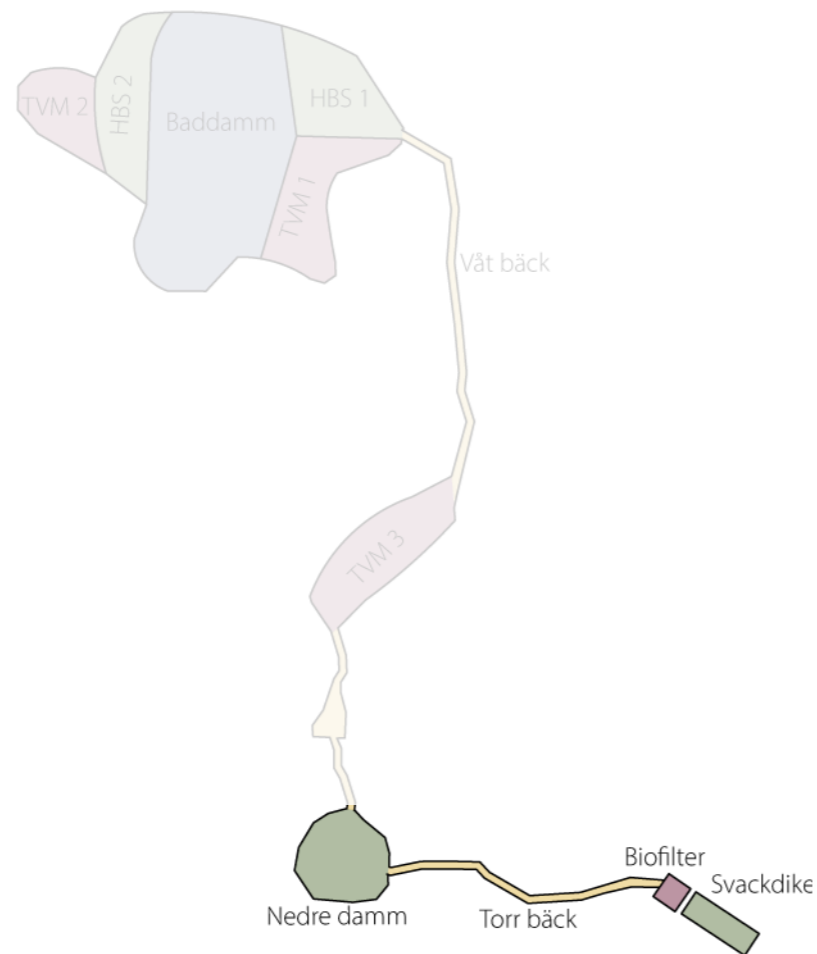
| | |
|----------------------------------|---|
| Carex muskingumensis - palmstarr | 50 cm. Friskt grönt, smalbladigt och tätt bladverk. |
| Carex pseudocyperus - slokstarr | 70 cm. Friskt grönt bladverk. Yvigt med ljusgröna hängen. |
| Juncus effusus - vecketåg | 70 cm. Mörkgröna strån från samlad bas. |

Högt upp:

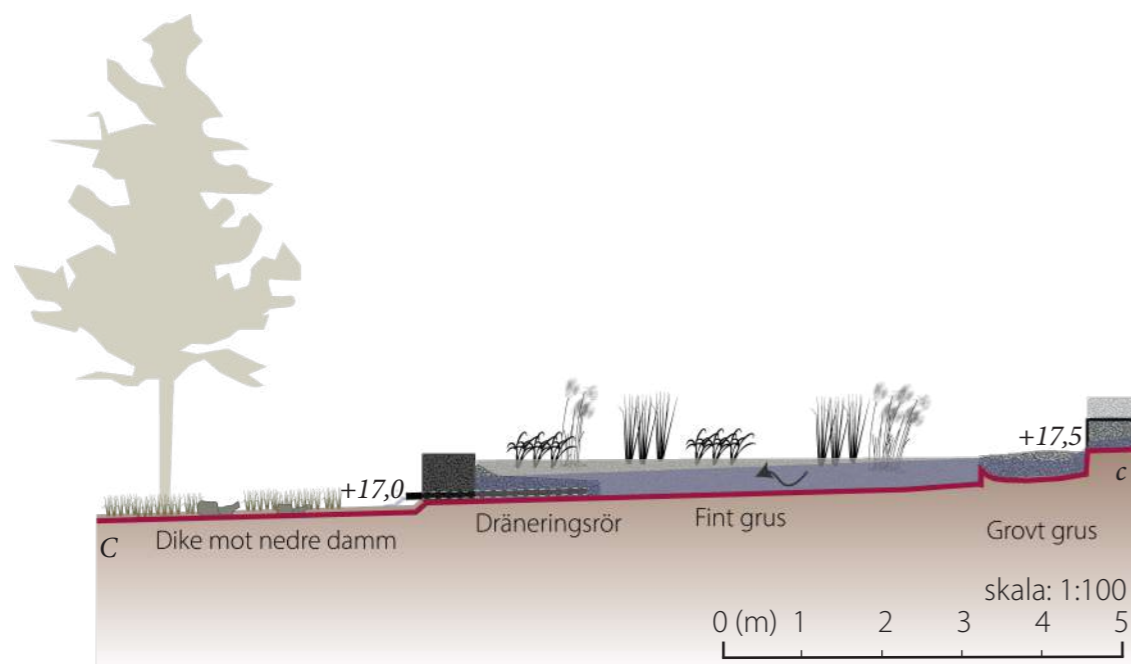
| | |
|---|--|
| Calamagrostis x acutiflora 'Overdam' - tuvrör | 125 cm. Upprättväxande bruna vippor och gröna blad med vit rand. |
| Juncus effusus - vecketåg | 70 cm. Mörkgröna strån från samlad bas. |



Figur 49. Snitt B-b över svackdiket. Den permeabla fördämningen stoppar upp och saktar in flödet som tillfälligt tillåts att magasineras i diket innan det i jämnt flöde strömmar in i biofiltret



Figur 50. Grafisk uppdelning av reningen av dagvatten som visar de olika reningszonerna. I de gröna zoner står till störst del växterna för renandet, och i de röda zoner står främst filtreringen för reningen.



Figur 50. Snitt C-c över biofiltret. Vattnet har främst en vertikal rörelse genom grusbädden innan vattnet når dräneringsröret som leder vattnet till det torra diket.

Biofilter

Utformning

Biofiltret får en kvadratisk utformning som är lika bred som svackdiket (figur 51). Dess storlek blir då 49 m² (7x7), vilket motsvarar ca 3,5 % av den hårdgjorda ytan för avrinningsområdet. Vatten från svackdiket rinner till ett makadamdike längs med biofiltret för att få en jämnare fördelning av dagvatten över större delen av ytan. Ytan är konkav för att kunna magasinera vatten som inte infiltreras direkt, samt för att skapa olika växtzoner.

Växter

Biofiltret har ett grovt substrat som är dränerande. Detta betyder att växtplatsen mestadels kommer att vara torr, fast vid kraftiga regn kommer vatten att vara stående tills det infiltrerat undan. Detta betyder att växterna ska klara torra förhållande i en lätt jord där stående vatten kan förekomma.

Torrt dike

Diket är en transportsträcka från biofiltret till den nedre dammen. Diket får en svag meandring med mycket natursten och gräsbeklädda sidor med svag lutning. Inga växter planteras längs med diket.



Figur 52. Fotografi på veketåg i Botaniska trädgården, Uppsala. [2023-02-15]

Växter till biofilter:

Lågpunkt:

Juncus effusus - veketåg (figur 52)

70 cm . Mörkgröna strån från samlad bas.

Carex muskingumensis - palmstarr

50 cm. Friskt grönt, smalbladigt och tätt bladverk.

Panicum virgatum - jungfruhirs

140 cm. Sirliga vippor blad uppräta något bredare blad.

Filipendula rubra - amerikanskt älggräs

150 cm. Luftiga ljusrosa blommor (juli-augusti) och djupt flikade blad med sågad kant.

Cornus sericea 'kelseyi' - tuvkorrell

50 cm. Rundat något krypande, kompakt växtsätt.

Högre upp:

Molinia caerulea 'Moorhexe' - blåtätel

50 cm. Upprätt och strikt växtsätt. Blågrön ton i blad och mörkbruna ax.

Allium schoenoprasum - gräslök

30 cm. Mörkgröna blad från samlad bas. Ljuslila klotformade blommor i juni-augusti.

Amelanchier laevis - kopparhäggmispel

4-6 m. Upprätt vasformat växtsätt. Blommor i maj-juni.

Iris Germanica-Gruppen - trädgårdsiris

100 cm. Svärdformade grågröna blad och blåa blommor i juni-juli.

Nedre damm

Utformning

Den nedre dammen (figur 54) får en rundad form med en diameter på ca 25 meter, med flack strandzon med lutning 1:4. Dammen fungerar både i ett renande syfte då växterna tar upp näring, men dess främsta uppgift är att magasinera vatten för att fungera som en påfyllnads-magasin till baddammen när avdunstningen är större än nederbörden. Den nedre dammen är försedd med ett bräddavlopp anslutet till ledningsnätet när dammen blir för full, vattnet är då renat och påverkar således inte recipienten negativt.

Växter

Dammen täcks helt med växter i både strandzonen och på den djupare delen. Växternas primära funktion är renande av vattnet, men strandvegetationen fungerar även som ett skydd mot att gå ner i vattnet. Dammens flacka strandzon skapar en bred grundzon där vattennivå kommer variera under säsongen. På den djupare delen finns det växter både under och på ytan. Alla växter i dammen finns vilt växande i Sverige och är starkväxande, men inte invasiva. De kommer därför kunna tävla om att täcka en stor yta utan att konkurrera ut varandra.



Figur 53. Fotografi på kabbeleka som växer bland bredkaveldun, längs med Fyrisån, Uppsala. [2023-05-13]

Växter till nedre damm:

Strandzon:

Iris pseudacorus - gul svärdsilja

120 cm. Grågröna svärdsliknande blad och gul blomma i juni-juli.

Typha angustifolia - smalkaveldun

200 cm. Grågröna blad och ljusbruna 'Cigarrer'. Ger ett gracilare uttryck än den ofta förekommande Typha latifolia, bredkaveldun.

Caltha palustris - kabbeleka (figur 53)

30 cm. Läderartade blad och smörblommeliknande blommor i maj-juni

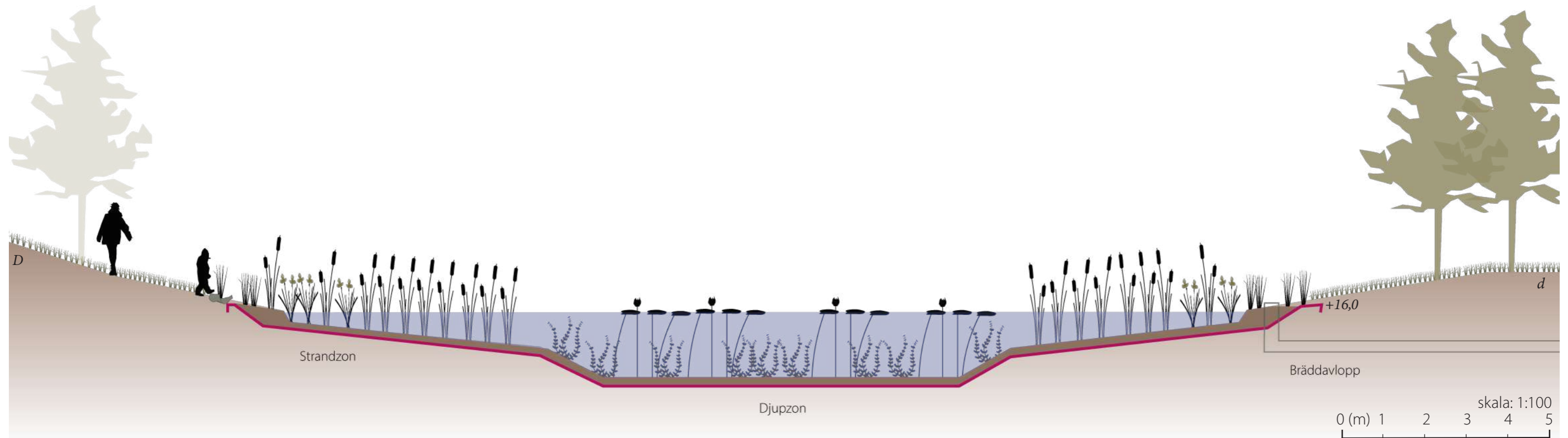
Djupzon:

Myriophyllum sibiricum - knoppslinga

Undervattensväxt där gröna tofsar växer i jämna våningar på den ljusbruna slingan.

Nuphar lutea - gul näckros

Ovala blad som flyter på ytan. Gula blommor i juni-juli.



Figur 54. Snitt D-d över nedre dammen. Dammen är uppdelad i en djupzon och en strandzon som båda är kraftigt bevuxna med helofyter och hydrofyter.

Rening av vattnet i baddammen

Baddammen är uppdelad i ett internt och ett extern reningsystem (figur 56). I det interna renas badzonen ytvatten i de intilliggande reningszonerna och cirkulerar tillbaka. I det externa reningsystemet renas först vattnet i ett HBS som leder fram till en bäck. Bäckens leder sedan fram till en horisontell TVM. Därifrån leds vattnet vidare till den nedre dammen, där det rena vattnet blandas med renat dagvatten.

Flödestabell

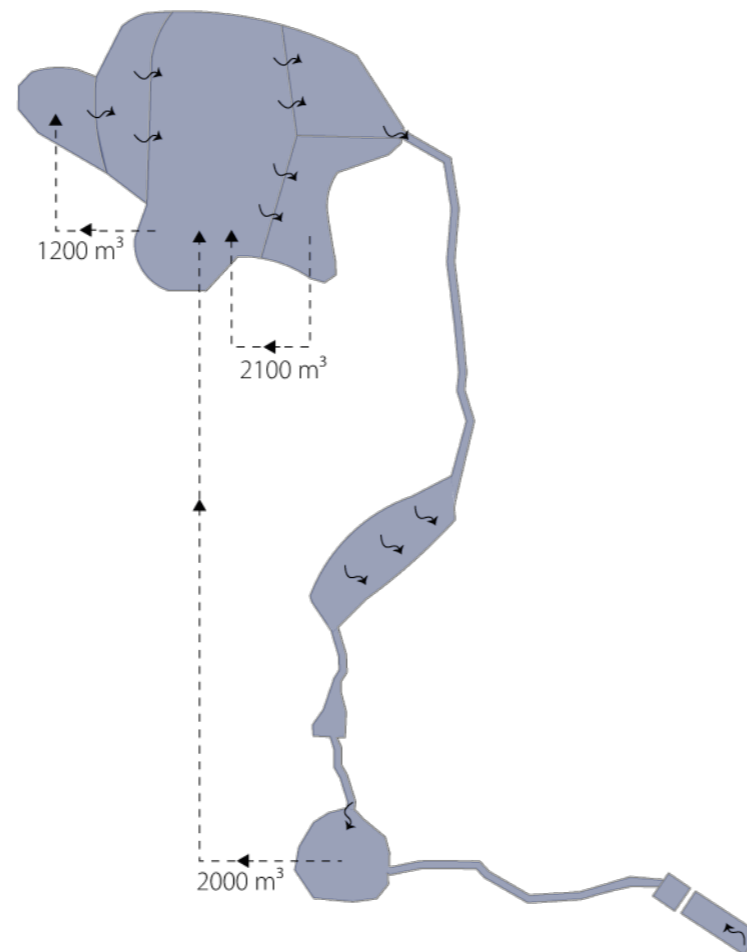
Anläggningen utformas med så få pumpar som möjligt. Naturliga fall används för att få vattnet att cirkulera, se figur 55. Detta skapar ett system likt naturens och medför en lägre installations- och driftkostnad.

Flödesmängder är dimensionerade efter rekommenderade värden från FLL (2011), där TVM kan rena 3 m³ per kvadratmeter och dygn och HBS kan rena 5 m³ per kvadratmeter och dygn.

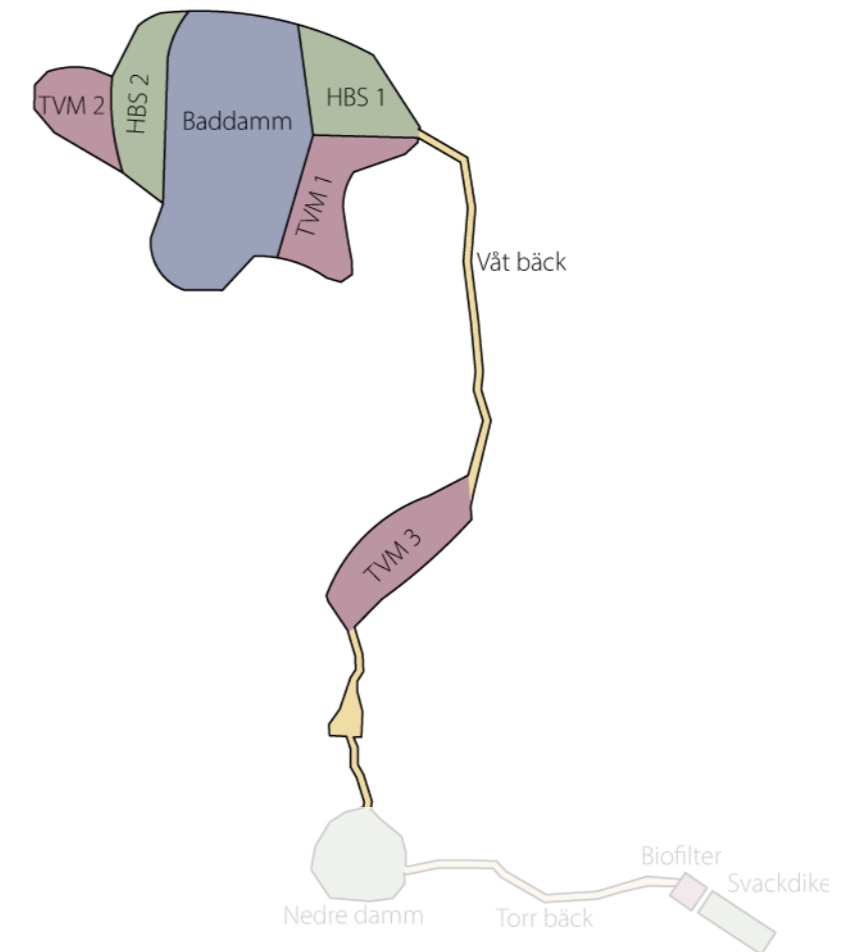
Intern rening: 1200 m³/dygn pumpas till TVM2 (ej vattenmättad tekniskt våtmark) och förs via gravitationen till intilliggande HBS 2 för att sedan blandas ut med vattnet i badzonen.

Intern rening: TVM 1 (vattenmättad teknisk våtmark) renar 2100 m³/dygn. Vatten förs in via gravitation över bräddavlopp till reningszonen och pumpas sedan tillbaka till badzonen.

Extern rening: Från den nedre dammen pumpas 2000 m³/dygn upp till badzonen. Via gravitation över bräddavlopp till HBS 1. Sedan vidare i naturligt fall till TVM3 och slutligen nedre dammen.



Figur 55. Figuren visar vattnets fria flöde och den mängd (m³/dygn) som pumpas runt.



Figur 56. Figuren visar de olika reningsanläggningarna som används i reningen av badvattnet. I de gröna zoner står till störst del växterna för renandet, och i de röda zoner står främst filtreringen för reningen.

TVM1

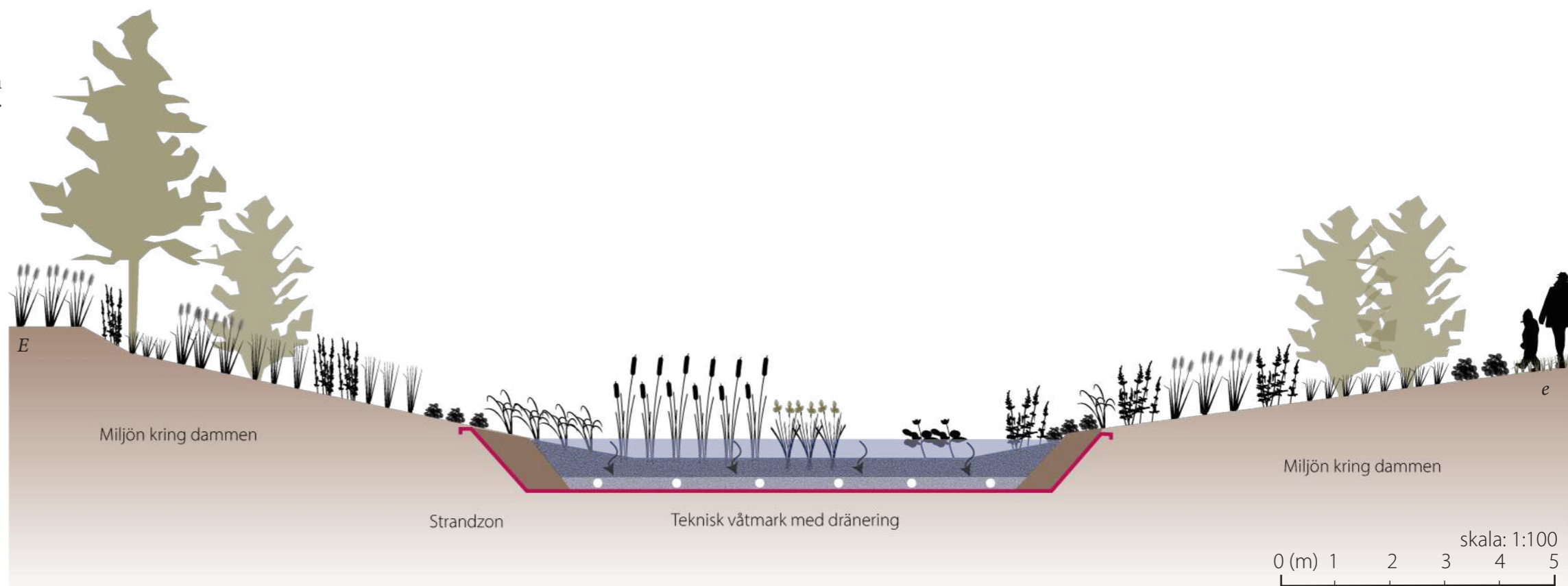
Utformning

Den tekniska våtmarken (figur 57) har en vattenmättad zon med ca 20-40 cm vatten och separeras visuellt från badzonen via bryggorna. Under bryggorna byggs en mur upp som skiljer de två delarna åt. Över murens överkant rinner vatten från badzonen in till den tekniska våtmarken. Dräneringsrör under botten gör att vattnet kan perkolera genom substrat och rotzonen. Härifrån pumpas vatten tillbaka till badzonen.

Växter

Växterna fungerar renande och som barriär att badande inte ska ta sig in i reningszonen. Växterna närmast bryggan måste därför skapa en barriär där det inte går att ta sig ner. För maximal rening används helofyter och hydrofyter. Växtzonen enligt vattendjupet är växtzon 4 med 40 cm djup närmast bryggan och 20 cm djup närmare stranden. Linern fortsätter under stranden för att skapa en fuktig zon, vilket skapar ett naturliknande intryck då övergången från blött till torrt mer flytande. I övergången från blött till torrt planteras växter som klarar av det blötare och det torrare för att skapa en mjuk övergång.

Det finns en planteringsgrupp till den djupare delen och en till den grundare delen av den tekniska våtmarken (40-20 cm under vattenytan) men övergången mellan de två zonerna är utsuddad och växterna väver in i varandra.



Figur 57. Snitt E-e över TVM1 som är en vattenmättad teknisk våtmark. Vattnet rör sig horisontellt genom profilen uppifrån och ner. Strandzonen och perenner runt dammen väver in i varandra.

Växter till TVM1:

Växter med utgångspunkt i det djupare vattnet (40 cm):

| | |
|---|---|
| Butomus umbellatus - blomvass | 150 cm. Vassliknade växt med smala blad och ljusrosa blommor i juni-juli |
| Myriophyllum sibiricum - knoppslinga | Undervattensväxt där gröna tofsar växer i jämna våningar på den ljusbruna slingan. |
| Iris pseudacorus - gul svärdslija | 120. Grågröna svärdsliknande blad och gul blomma i juni-juli |
| Typha angustifolia - smalbladigt kaveldun | 200 cm. Grågröna blad och ljusbruna 'Cigarrer'. Ger ett gracilare uttryck än den ofta förekommande Typha latifolia, bredkaveldun. |

Växter med utgångspunkt i det grundare vattnet (20 cm):

| | |
|--------------------------------------|--|
| Menyanthes trifoliata - vattenklöver | 30 cm. Kraftiga blad. Växer med jordstammar och skapar ett tätt bestånd. Blommar med vita blommor i maj-juni |
| Mentha aquatica - vattenmynta | 80 cm. Liknar vanlig mynta och har rosalila blommor i juni-september |

Växter i övergångszonen:

| | |
|--|---|
| Carex pendula - hängstarr | 120 cm. Klumpformad växtsätt med breda blad. |
| Euphorbia palustris - kärrtörel | 90 cm. Klumpformad växtsätt. Blommar i gult i maj. |
| Lythrum salicaria - fackelblomster | 120 cm. Upprättväxande, rosa blommor i juli-september. |
| Eutrochium maculatum - fläckflockel (figur 58) | 180 cm. Storvuxen perenn med rosa blommor i augusti-oktober. |
| Bistorta officinalis - blodormrot | 100 cm. Frodigt bladverk med klarröda blommor på ax juli-oktober. |



Figur 58. Fotografi på Blodormrot (klarröda blommor) och fläckflockel (lila blommor) från Skärholmens perennpark. [2022-09-19]

TVM2

Utformning

I den tekniska våtmarken (figur 59) trycks vatten upp från dräneringsrör och rör sig uppåt genom profilen. Vattennivån är i höjd substraten och den tekniska våtmarken är därför ej vattenmättad. Vattnet har ett naturligt fall från TVM2 till HBS 2 över större stenar.

Växter

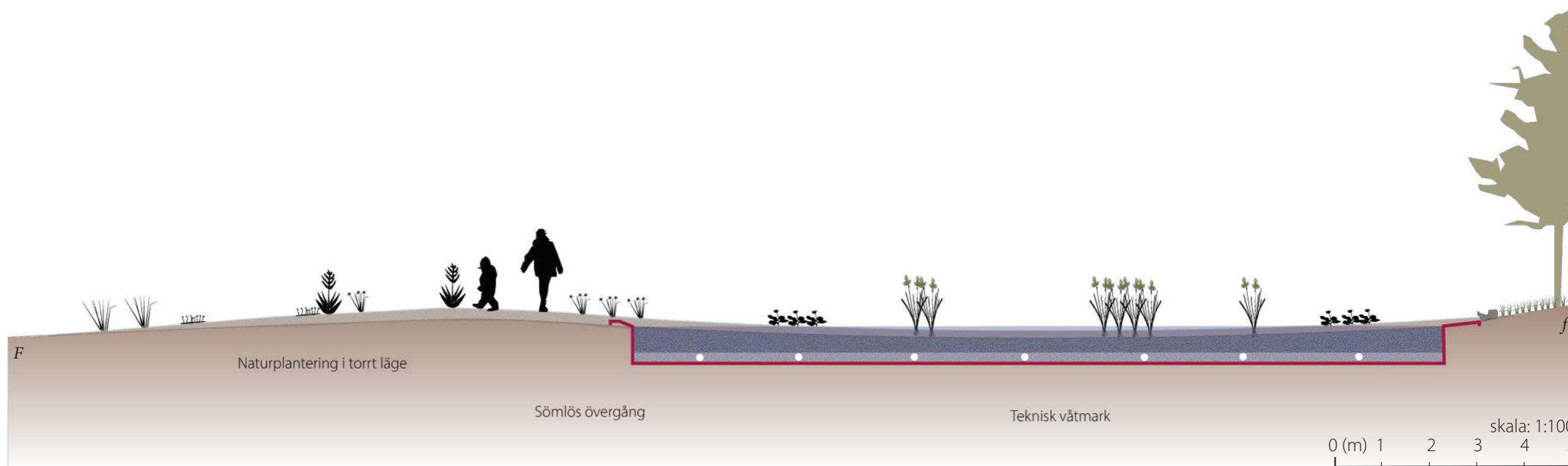
Då vattennivån ligger i samma höjd som substratet råder växtzon 3, enligt zoneringsen efter vattendjup. Substratet består av grus och fortsätter upp utanför linern. Materialet på platsen idag är fyllnadsmaterial och det nya växtsubstratet kommer att vara liknande. Detta ger en skarp övergång från blött till vått. Växterna i den tekniska våtmarken plateras glest och mycket grus kommer att vara synligt. Växterna utanför linern ska klara en torr växtplats och inspiration till växterna är tagna från den växtplats som finns där idag.

Växter till den tekniska våtmarken:

| | |
|--|---|
| Iris pseudacorus - gul svärdslija | 120. Grågröna svärdsliknande blad och gul blomma i juni-juli |
| Caltha palustris - kabbeleka | 30 cm. Läderartade blad och smörblommeliknande blommor i maj-juni |
| Växter till torr yta: | |
| Pulsatilla vulgaris - backsippa (figur 60) | 20 cm. Blålila blomma i april-maj. Ludna blågröna blad. |
| Echium vulgare - blåeld | 80 cm. Blågröna smala blad och blåa blommor längs med hela stjälken under juni-juli. |
| Allium schoenoprasum - gräslök | 30 cm. Mörkgröna blad från samlad bas. Ljuslila klotformade blommor i juni-augusti |
| Antennaria dioica - kattfot | 10 cm. Silvrigt, marktäckande med små rosa blommor på stängel under maj - juni |
| Verbascum thapsus - kungsljus | 180 cm. Första året en bladrossett och andra året en hög förgrenad stängel med gula blommor i juni-augusti. |



Figur 60. Fotografi på backsippa. Backsippan gillar grusiga förhållanden som vid denna väggkant längs med Uppsalaåsen. [2023-05-10]



Figur 59. Snitt F-f över TVM 2 som är en ej vattenmättad teknisk våtmark. Vattnet rör sig horisontellt genom profilen nederifrån och upp. Strandzonen likt TVM 2 täcks med grus vilket skapar en sömlös övergång.

TVM 3

Utformning

Teknisk våtmark som perkolerar horisontellt (figur 61). Bäckens rinner in i ett makadamstråk där vattnet kan perkolera substratet där växterna växer. För att en horisontell våtmark ska fungera optimalt ska flödet vara långsamt. Därför kommer en del av bäckens flöde ledas förbi utan att filtreras genom våtmarken. TVM 3 är bred för att så stor yta som möjligt ska kunna renas. Längden som vattnet rör sig genom filtret är 6 meter, vilket behövs för att det horisontella filtret ska fungera effektivt (Kircher & Thon 2016).

Växter

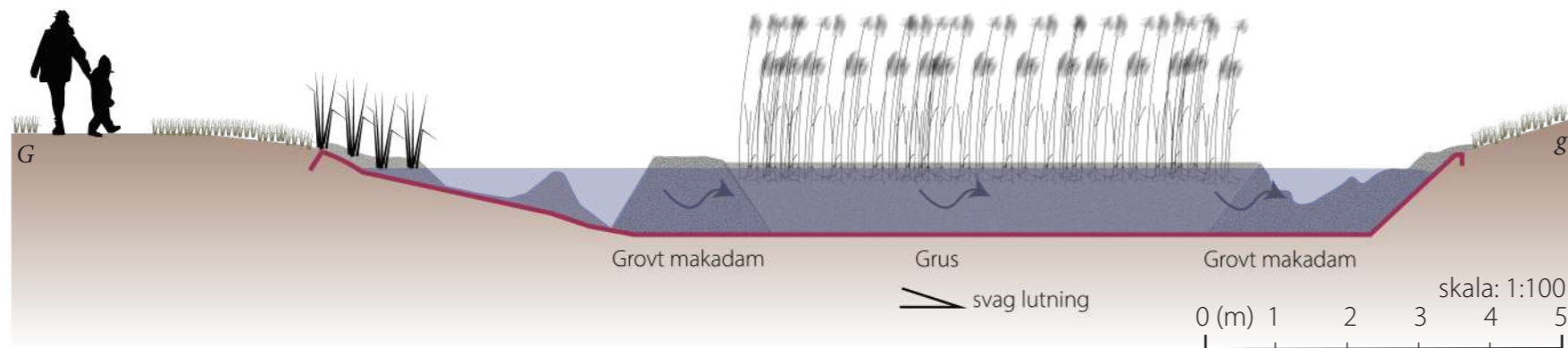
Växterna till filtret ska klara vattnets rörelse och har starkväxande rotsystem. Växterna placeras i grupper jämnt över filtret. Växterna kommer tävla om ytan, men då de alla är starkväxande kommer ingen direkt att konkurrera ut den andra, även om bladvassen över tid troligtvis kommer att ta över.



Figur 62. Fotografi på bladvassens vackra vippor. Foto från Fyrisån, Uppsala [2023-03-23]

Växter till TVM 3:

| | |
|--|--|
| Schoenoplectus lacustris - sjösäv | 180 cm. Mörkgrönt strå med spretig fröställning längst upp. |
| Phragmites australis - bladvass (figur 62) | 200 cm. Blad fästa längs med strået och en sirlig vippa på toppen. |
| Carex riparia - jättestarr | 130 cm. Vassliknande starr med kraftigt växtsätt. |



Figur 61. Snitt G-g över TVM 3. Vattnet rör sig vertikalt genom filtret.

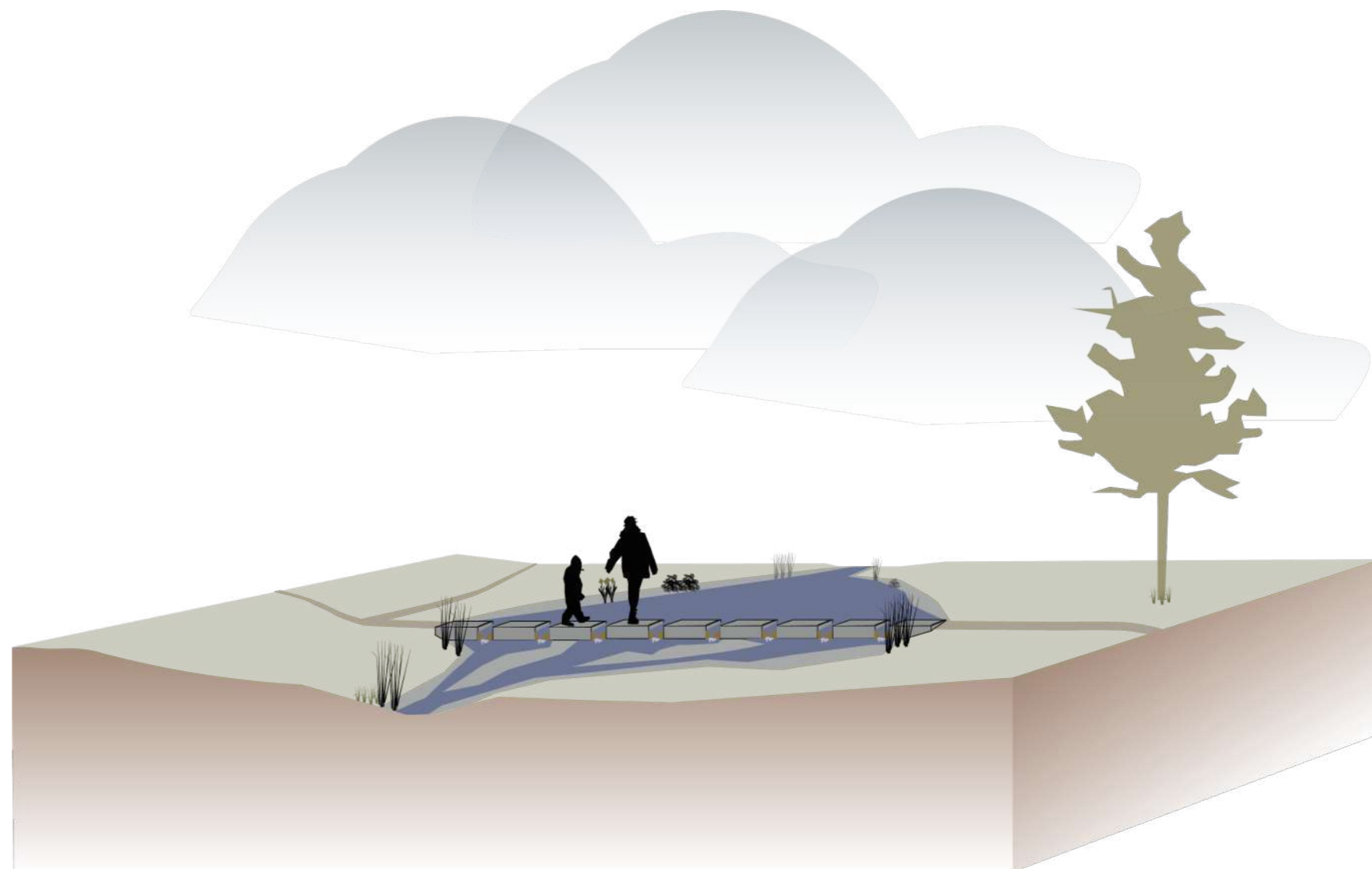
Våt bäck

Utformning

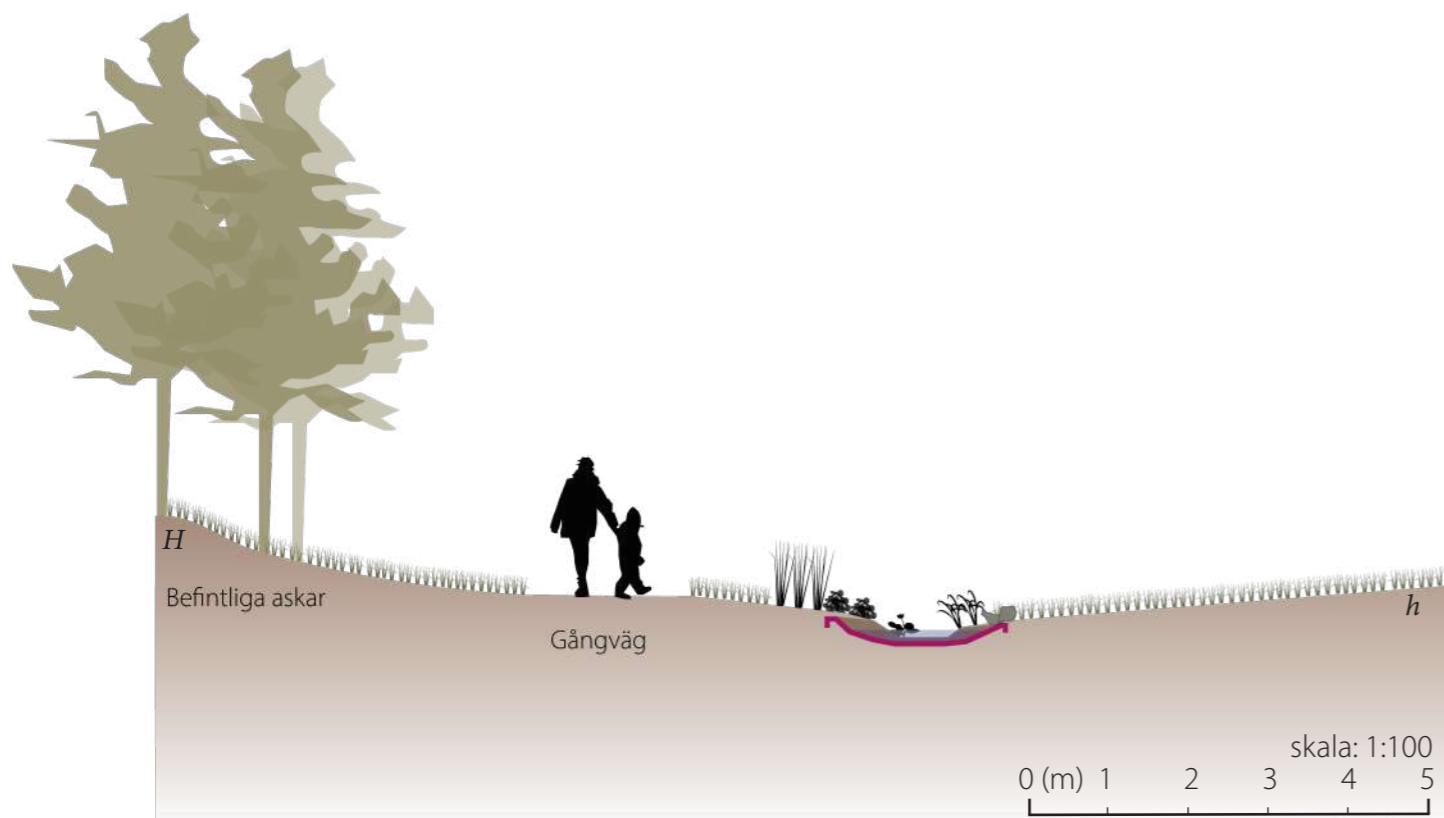
Bäcken (figur 63) rinner från ett överfall i baddammen och vidare under en befintlig gång- och cykelbana. Längs med bäcken går ett gångstråk, vilket möjliggör att följa vattnets reningsväg från baddammen via TVM3 och till den nedre dammen. Bäckfåran har en mjuk meandrande form. Där gångvägen korsar bäcken innan vattnet når den nedre dammen dämmer gångvägen upp bäcken med stora granitblock (figur 64). Vattnet tållåts att passera mellan blocken.

Växter

När pumparna är igång (april-oktober) kommer vattenflödet att vara konstant. Växterna som växer längs med bäcken kommer att ha god tillgång på vatten. Då vattnet från baddammen har låg näringsnivå, behöver växternas krav på näring vara lågt. Växterna ska även klara av vattnets strömmande.



Figur 64. Profil MM-mm över bäcken där gångvägens granitblock dämmer upp bäckens flöde men samtidigt låter vatten passera mellan blocken.



Figur 63. Snitt H-h över våt bäck. Gångvägar anläggs längs med bäcken, vilket underlättar för att följa vattnets väg.

Växter till våt bäck:

| | |
|---|--|
| Allium schoenoprasum - gräslök | 30 cm. Mörkgröna blad från samlad bas. Ljuslila klotformade blommor i juni-augusti |
| Caltha palustris - kabbeleka | 30 cm. Läderartade blad och smörblommeliknande blommor i maj-juni |
| Euphorbia palustris - kärrtörel | 90 cm. Klumpformad växtsätt. Blommor i gult i maj. |
| Cornus sericea 'kelseyi' - tuvkornell | 50 cm. Rundat något krypande, kompakt växtsätt. |
| Calamagrostis x acutiflora 'Overdam' - tuvrör | 125 cm. Upprättväxande bruna vippor och gröna blad med vit rand. |

HBS 1

Utformning

Till den hydrobotaniska reningzonen (figur 66) rinner vatten fritt över ett fall under bryggan. Närmast bryggan är vattnet djupare och närmare strandzonen grundare vilket erbjuder alla fem olika växtzoner. Från den hydrobotaniska reningzonen rör sig vattnet vidare över ett fall till bäcken mot den nedre dammen.

HBS 2

Utformning

Vatten från TVM2 rinner via dess gravitation till HBS 2 (figur 65). Med natursten byggs avgränsningarna mot TVM 2 och badzonen. Den hydrobotaniska reningzonen får då en djuppunkt mitt på, och grundare zoner närmare TVM 2 och badzonen.

Växter till HBS

I den hydrobotaniska reningzonen står växterna för reningen. Växterna konkurrerar ut algerna genom att täcka ytan samt genom upptag av näringsämnen. Hydrofyterna tar all sin näring från vattnet och är därför ett viktigt inslag i ett hydrobotaniskt system. Helofyternas delar under vattnet bildar yta för biofilm att utvecklas och har därför också en betydande renande effekt i systemet. Utöver dess renande funktion är växterna ett dekorativt inslag i dammen. Då näringsnivån av fosfor ska vara låg i dammen kommer växterna inte ha någon kraftigt spridning, vilket betyder att balansen mellan växterna kommer att vara stabil.

Växter till HBS:

Djupzon 4-5:

| | |
|--------------------------------------|--|
| Potamogeton perfoliatus - ålnate | Undervattenväxt. Grönbruna blad längs med den bleka slingan. |
| Nymphaea alba - vit näckros | Stora rundade blad. Vit blomma i juni-augusti. |
| Myriophyllum sibiricum - knoppslinga | Undervattensväxt där gröna tofsar växer i jämna våningar på den ljusbruna slingan. |

Mellan 2-4:

| | |
|--------------------------------------|--|
| Menyanthes trifoliata - vattenklöver | 30 cm. Kraftiga blad som sitter tre och tre. Växer med jordstammar och skapar ett tätt bestånd. Blommor med vita blommor i maj-juni. |
| Lythrum salicaria - fackelblomster | 120 cm. Upprättväxande, rosa blommor i juli-september. |

Typha angustifolia - smalbladigt kaveldun 200 cm. Grågröna blad och ljusbruna 'Cigarrer'. Ger ett gracilare uttryck än den ofta förekommande Typha latifolia, bredkaveldun.

Carex pseudocyperus - slokstarr 70 cm. Friskt grönt bladverk. Yvigt med ljusgröna hängen.

Strand 1-2:

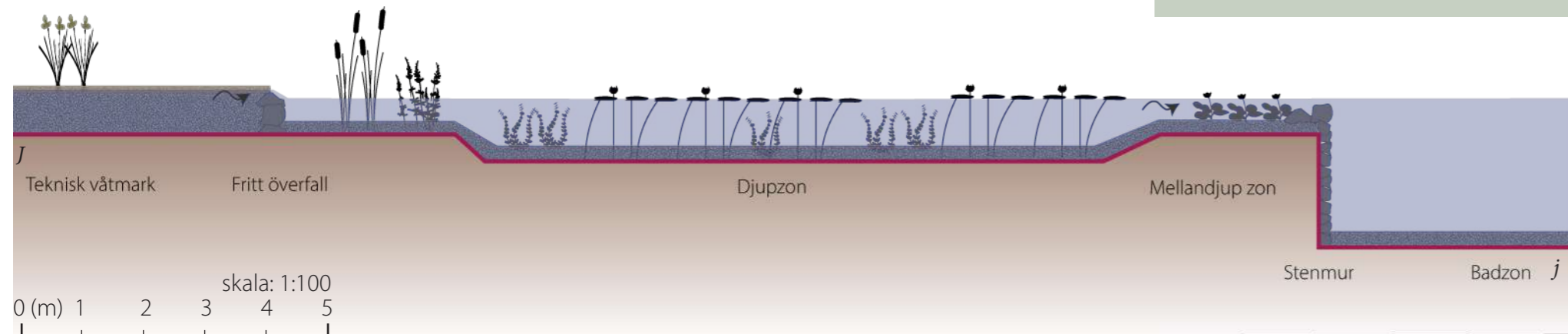
Carex pseudocyperus - slokstarr 70 cm. Friskt grönt bladverk. Yvigt med ljusgröna hängen.

Euphorbia palustris - kärrtörel 90 cm. Klumpformad växtsätt. Blommor i gult i maj.

Lythrum salicaria - fackelblomster 120 cm. Upprättväxande, rosa blommor i juli-september.

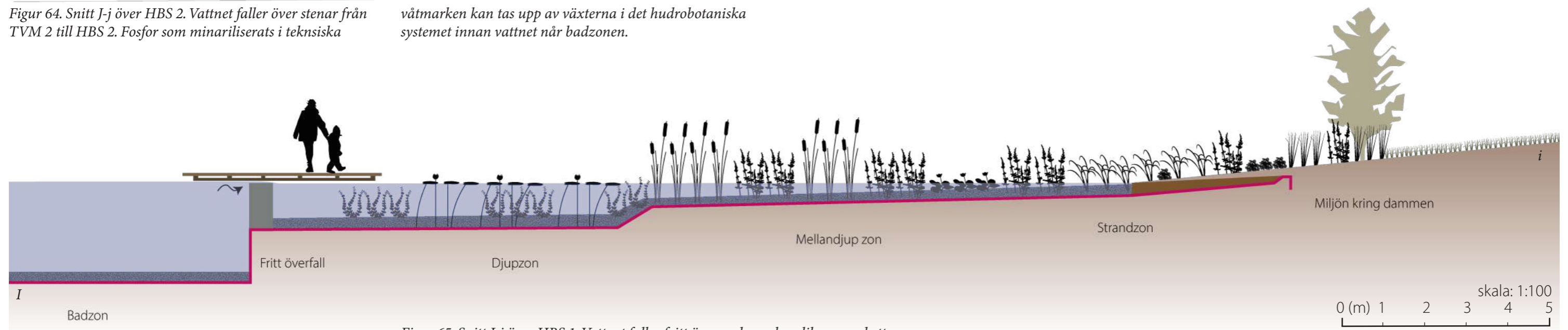
Eutrochium maculatum - fläckflockel 180 cm. Storvuxen perenn med rosa blommor i augusti-oktober.

Bistorta officinalis - blodormrot 100 cm. Frodigt bladverk med klarröda blommor på ax juli-oktober.



Figur 64. Snitt J-j över HBS 2. Vattnet faller över stenar från TVM 2 till HBS 2. Fosfor som minariliserats i tekniska

våtmarken kan tas upp av växterna i det hydrobotaniska systemet innan vattnet når badzonen.



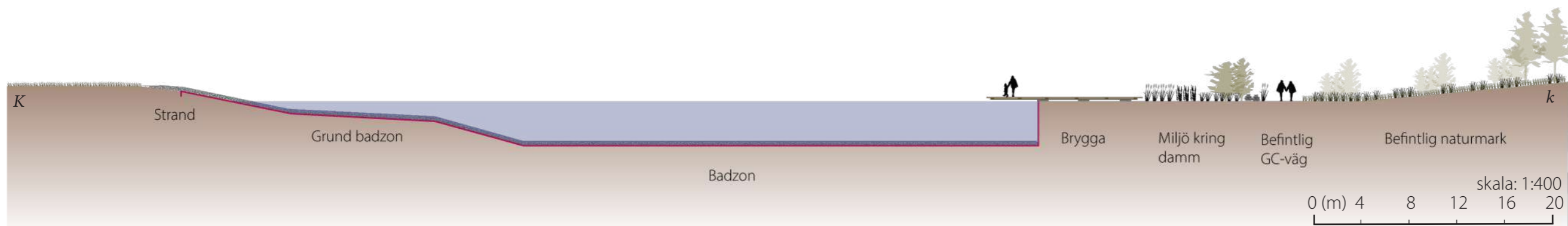
Figur 65. Snitt I-i över HBS 1. Vattnet faller fritt över vad som kan liknas med ett bräddavlopp under bryggan och rör sig vidare genom HBS 1 innan det når bäcken.

Baddammens utformning

Baddammens form följer höjderna som finns i landskapet. Baddammen har en area på 4500m² och ett generellt djup på 2,5 m, (figur 68) så att bottensedimenten inte ska röras upp. Linern som följer dammens botten täcks av fint grus för att ge ett naturligare intryck, samt för att sedimentet på botten ska bli mindre tydligt. Då dammen till stor del är djup blir mötet till de betydligt grundare reningszonerna skarp. Längs med dammen östra långsida löper en brygga i organisk form, vilket definierar badzonen samtidigt som den täcker den skarpa höjdskillnaden mellan badzon och reningszon (figur 67). Längs med dammens västra sida byggs gränsen mellan de två zonerna upp med natursten. Stenen är till största del under vattenytan, men närmare kanterna sticker den upp över vattenytan (figur 73 s.64). Utöver stenarna definierar växtligheten gränsen för badzonen.

Stranden är vänd mot söder, vilket gör det möjligt att vända sig mot solen och se baddammen samtidigt. Intill stranden finns en grundare badzon, där det går att bottna (figur 68). Där det är grunt blir vattnet varmare och alger trivs bättre, sediment rörs även upp när botten nås, därför är strandzonen förhållandevis liten jämfört med dammens totala area.

Figur 67. Illustration över baddammens norra del, där bryggan omsluts av perenner. I bakre delen av bilden syns den tekniska våtmarken som avgränsas från badzonen med hjälp av bryggan.



Figur 68. Snitt K-k över baddammen. Baddammen har en grundare zon, men är till största delen 2,5 meter djup, där material kan sedimenteras och inte röras upp igen.

Illustrationsplan baddamm

Baddammens form följer de höjder som finns på platsen. Mötet mellan dammen och miljön omkring sveps in med perenner och solitärbuskar som mjukar upp mötet. Natursten och växter ramar tillsammans med bryggan in badzonen, och visar tydligt vart det går att bada. Bryggans skarpa men ändå organiska form bryter av i en harmonisk kontrast mot dammens mjuka formspråk och kantzoner. I västra delen av dammen, där det idag är fyllnadsmassor, skapas en grusig äng i de torra markförhållanden.

skala: 1:500
0 (m) 5 10 15 20 25



Miljön kring dammen

Växter utanför linern ska ge ett uttryck att vara anpassade till miljön kring en damm. Då denna damm inte har kontakt med grundvattnet är dock växtplatsen utanför dammen torrare än en naturlig dammkant. Därför är det viktigt, i eftersträvan att hitta ett naturligt uttryck, att växterna har ett växtsätt som visuellt samspelar med miljön men klarar att växa i normal till något torrare växtjord.

Växterna placeras i grupper som blandas över ytan, (figur 69). Övergångszonen mellan perennplanteringen och strandzonen går in i varandra där växter från strandzonen fortsätter in i perennplantering. Bland perennerna planteras buskar vilka ger volym och flor innan perennerna kommit upp (figur 73).

Många av perennerna har växtdelar som står kvar och är fina under vintern (figur 70). Därför klipps perennerna ner på våren. Perennerna under hösten och vintern fungerar även som ett skydd mot att löv från omkringliggande träd och buskar ska blåsa ner i dammen, vilket blir en näringstillförsel till vattnet.

Träd

Träden som planteras kommer inte att vara i kontakt med vattnet då alla vattenelement kommer att ha ett skyddande membran för att vattnet inte ska infiltreras i grundvattnet. Inga träd kommer kunna planteras innanför membranfiltret, därför kommer växtplatsen, oavsett närhet till vattnet att ha en normalfuktig jord. För de träd som står i närheten av vattnet gäller att träd väljs utifrån kriterierna att de visuellt ska passa ihop med en vattennära miljö. De träd som inte står i anslutning till vatten är platskapande träd vars uppgift bl.a. är att skänka skugga. Alla träd som väljs är arter eller artvariationer till träd som finns på platsen idag.



Figur 69. Fotografi över Drömparken, Enköping. Större grupper av perenner blandas med varandra och skapar ett hav av perenner som vid första anblick ser ut att blandats fritt över ytan. [2022-10-07]



Figur 70. Fotografi på glansmiskantus som har stått kvar under hela vintern. Foto från Svartbäcken, Uppsala [2023-03-03]

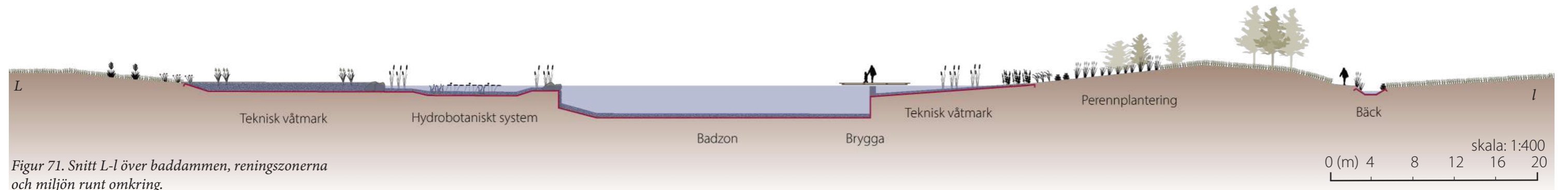
| | |
|---|---|
| Växter till miljön runt dammen: | |
| Perenner: | |
| Lythrum virgatum - smalt fackelblomster | 50 cm. Upprätt växtsätt, rosa blommor i juli-augusti. |
| Calamagrostis x acutiflora 'Overdam' - tuvrör | 125 cm. Upprättväxande bruna vippor och gröna blad med vit rand. |
| Miscanthus sinensis - glansmiskantus (figur 70) | 150 cm. Upprätt, vasformat gräs med stora glänsande vippor. |
| Doronicum orientale - vårkrage (gemsrot) (figur 72) | 50 cm. Helgula prästkrageblommor i maj-juni. |
| Phlomis tuberosa - röd lejonsvans | 130 cm. Upprätt, ljuslila blommor längs med stjälken i juli-augusti. |
| Deschampsia cespitosa - tuvtåtel (figur 71) | 80 cm. Klumbildande gräs med halmfärgade gracila vippor. |
| Buskar: | |
| Amelanchier laevis - kopparhäggmispel | 4-6 m. Upprätt vasformat växtsätt. Blommor i maj-juni. |
| Cornus mas - körsbärskornell | 4-6 m. Rundat till brett växtsätt. Gula blommor på bar kvist i april-maj. |
| Cornus sericea 'kelseyi' - tuvkorrell | 50 cm. Rundat något krypande, kompakt växtsätt. |
| Träd: | |
| Populus balsamifera 'Elongata' - jämtlandspoppel | 12-15 m. Grova grenar. Glänsande blad. |
| Quercus robur - skogsek | 20-25 m. Rundad krona. |
| Salix caprea - sälg | 9-12 m. Vasformat växtsätt. Videkissar på våren. |
| Prunus padus - hägg, flerstammig | 8-12 m. Rundad krona med hängande grenar. Vita blommor i maj. |
| Betula pendula 'Dalecarlica' - ornäsbjörk | 20-25 m. Oval krona. Djupt flikade blad. Sirligt uttryck. |
| Pinus sylvestris - tall | 10-25 m. Växtsätt beroende av ljusstilling. |



Figur 71. Fotografi på tuvtåtel. Foto från Drömparken, Enköping [2022-10-07]



Figur 72. Fotografi på vårkrage. Foto från Svartbäcken, Uppsala [2023-05-11]



Figur 71. Snitt L-l över baddammen, reningszonerna och miljön runt omkring.

8 Diskussion

Diskussion av valda metoder

I detta arbete har jag använt mig av metoden *Analyzing through synthesis*, vilket syftar till att använda skissandet som analysmetod. Skissandet ska inte bara svara på problemen, det ska även ta fram nya problemställningar. Även fast problemet inte är analyserat bestämt, ska tester med skisser svara på problemet. Detta har varit svårt i min arbetsprocess, då kategorin är tvärvetenskaplig och många förutsättningar för gestaltningen behövdes urskiljas och bestämmas innan jag kunde gå vidare i gestaltningen. I boken *What an architecture student should know* skriver Krupinska att en erfaren designer ska kunna jobba med osäkerheter och otillräcklig information av problemställningen (Krupinska 2014; Cross 1990). Att använda sig av metoden *Analyzing through synthesis*, på ett framgångsrikt sätt kan ta många år in i arbetslivet (Krupinska 2014). Mer oerfarna designer jobbar på att hitta problem och lösa dem, medan de skickliga designerna omformar problemet utifrån sina idéer och skisser (Ibid). Krupinskas redovisning för hur en ej fullt utvecklad designer använder sig av problemlösning som metod stämmer stundtals in på min arbetsprocess, då problemet analyserades innan skissprocessen gick vidare. Dock fanns en vision tidigt i arbete på möjliga slutprodukter, dit målet har varit att komma med gestaltningen, vilket enligt Krupinska (2014) utmärker sig hos den erfarna designern.

Referensobjekten har varit inspirerande vad gäller utformning men även hur de använder sig av vattenrening. De har även fungerat som en legitimering av ämnet då det anses ganska provokativt att använda dagvatten till att bada i. Midgårdsbadet var ett referensobjekt där jag gjorde ett fysiskt studiebesök medan Nansenparken i Oslo bestod av skrivbrdsstudie. Att vara på plats gör stor skillnad i uppfattningen av skala och höjder, då det är svårt att ta in via foton. Ett fysiskt besök i Nansenparken skulle resultera i bättre förståelse för platsen och därför fungera bättre som inspirationskälla till gestaltningen.

Att använda sig av metoden *Analyzing through synthesis* i en presentation som har en linjär följd, blir svårt presentationsmässigt då metoden har en cirkulär följd och ordningen för arbetsgången inte är densamma som det skriftliga arbetets följd. Att presentera arbetet efter arbetsgången skulle på ett transparentare sätt visa på hur metoden tillämpats.

Då metoden inte har några tydliga riktlinjer, och utformas efter utövarens preferenser, kommer resultatet att skiljas åt bland olika landskapsarkitekter. Detta göra att samma resultat inte kommer att uppnås i en repetitiv studie av en annan utövare.

Diskussion av resultat

Att rena dagvatten är i stor utsträckning är möjligt. Vattnet som renas i dagvatten uppnår tjänliga nivåer på flera parametrar efter EU:s klassificeringsmodell. När det kommer till att rena vattnet så pass väl att de klarar kriterierna för baddamm är det svårt att komma ner i så låga fosforvärden som rekommenderas för baddammar. Målet med denna uppsats var att med hjälp av naturbaserade lösningar kunna visa hur vattnet renas, men många baddammar använder kemisk rening i form av fosforfilter för att avlägsna fosfor från påfyllnadsvattnet samt badvattnet.

Gestaltningprocessen, och beräkningar på möjligheten att leda in vatten, gav tillsammans underlag för baddammens storlek. Möjligheterna fanns att göra en större damm i enlighet med hur mycket vatten som kan ledas in. Då målet med utformningen var att uppnå en naturlig gestaltning anpassades dammen efter platsens höjdvärden. Växtvalen gjordes efter samma principer, att skapa en naturlig plats. Under åren kommer en del växter att trivas bättre och kunna konkurrera ut de andra. Detta är en del av den naturliga utformning att naturen själv får vara med och ändra resultatet över tid.

De föroreningar som jag har fokuserat på att rena från dagvattnet är ämnen som har angivna gränsvärdet när det kommer till badvatten enligt EU:s baddirektiv (2006/7/EG) och vattenkvalité enligt FLL (2011). Utöver detta redovisar jag även för reningsgrad av metaller då reningsanläggningarna av dagvatten och forskningsartiklar om dagvattenrening i stor utsträckning syftar till att rena vattnet från metaller. Utöver dessa föroreningar finns en rad andra föroreningar ur antropologisk bakgrund där industri och trafik är källan. Då baddammen i Gränbyparken förväntas förses med dagvatten från en yta delvis bestående av parkering, går det att dra slutsatsen att vattnet troligtvis kommer att innehålla en del av dessa trafikrelaterade föroreningar från oljan, drivmedel, bromsbelägg m.m. I ett fortsatt arbete av baddammen i Gränbyparken behöver det utredas ifall detta dagvatten inte innehåller hälsofrämjande föroreningar över tillåtna nivåer, samt om det är möjligt att rena dessa föroreningar.

Vidare arbete med baddammens utformning behöver lösa tillgänglighetsfrågor runt och i dammen, är platsen tillgänglig och möjlig att användas av alla? Stegar från bryggan till vattnet och bänkar i miljön runt omkring är exempel på element som gör platsen mer tillgänglig.

En plats behöver väljas för ett pumphus som kan vara mångfunktionellt och på det sättet göra platsen mer tillgänglig genom att t. ex. erbjuda omklädningsrum, WC och dricksvatten.

9 Referenser

Referenser

Analysenheten (2021) *Den sociala kompassen - Uppsala kommun*. KSN-2021-01763. Uppsala: Uppsala kommun. Social kompass_Uppsala kommun_2021 [2023-03-07]

Andersson, J. Owenius, S. Stråe, D (2012) *NOS-dagvatten - Uppföljning av dagvattenanläggningar i fem Stockholmskommuner*. (2012:02) Stockholm: Svenskt vatten utveckling. NOS-dagvatten – Uppföljning av dagvattenanläggningar i fem Stockholmskommuner | Vattenbokhandeln (svensktvatten.se)

Beral, H. Dagenais, D. Brisson, J. Kõiv-Vainik, M. (2023) *Plant species contribution to bioretention performance under a temperate climate*. Science of the Total Environment. Vol. 858, Part 3, no. 2023-02-01 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160122>

van den Berg, H.H.J.L. Schets, F.M. Lynch, G. de Rijk, S. de Roda Husman, A.M. & Schijven, J.F. (2020) *Evaluation of water quality guidelines for public swimming ponds*. Environment International, Vol. 137, 2020-04, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105516>

Blecken, G. (2016) *Kunskapssammanställning dagvattenrening*. (nr. 2016-05) Stockholm: Svenskt vatten utveckling

Blecken, G. Lundy, L. Viklander, M. & Österlund, H. (2022) *Svensk dagvattenforskning - En systematisk genomgång av forskning under perioden 2012-2021*. Luleå: VA-teknik, Luleås tekniska universitet. ISBN 978-91-8048-040-6

Blecken, G. & Viklander, M. (2022) *Rening av dagvatten i biofilter - Effekt av biokol som tillsats i filtermaterialet*. Rapport NV-06919-21. Luleå: Luleå tekniska universitet

Boverket (2022). *Pooler, dammar och brunnar*. Boverket: Karlskrona Pooler, dammar och brunnar - PBL kunskapsbanken - Boverket [2023-03-07]

Boyle, M. Sichel, C. Fernández-Ibáñez, P. Arias-Quiroz, G.B. Iriarte-Puña, M. Mercado, A. Ubomba-Jaswa, E. & McGuigan, K.G. (2008) *Bactericidal Effect of Solar Water Disinfection under Real Sunlight Conditions*. ASM Journals. Vol. 74, no. 10. <https://doi.org/10.1128/AEM.02415-07>

Byggeindustrien (2008) *Nansenparken*. Nansenparken • Byggeindustrien [2023-04-13]

Casanovas-Massana, A & Blanch, A.R. (2013) *Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools*. International Journal of Hygiene and Environmental Health. Vol. 216. issue 2, 2013-03, p. 132-137. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.04.002>

Chen, Y. Kratky, H. Li, Z. Chengjin, W. Xiangfei, L. & Tong, Y. (2017) *A critical literature review of bioretention research for stormwater management in cold climate and future research recommendations*. Frontiers of Environmental Science & Engineering. Vol. 11, artikelnr. 16. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0982-y>

Dadrasnia, A. & Emenike, C. (2013). *Remediation of Contaminated Sites*. Hydrocarbon. p-66-82. <https://doi.org/10.5772/2722>.

Davis, A.P & Li, J (2016) *A unified look at phosphorus treatment using bioretention*. Water Research, Vol. 90, 2016-03, p.144-155. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.12.015>

Davis, A.P. Shokouhian, M. Sharma, H. & Minami, C. (2006) *Water Quality Improvement through Bioretention Media: Nitrogen and Phosphorus Removal*. Water Improvement Research. Vol 78, issue 3, 2006-03, p. 284-293. <https://doi.org/10.2175/106143005X94376>

Donzé, G. Giampaoli, S. Garrec, N. Valeriani, F. Erdinger, L. & Romano Spica, V. (2014). *Regulations concerning natural swimming ponds in Europe: Considerations on public health issues*. Journal of Water and Health. in press. <https://doi.org/10.2166/wh.2014.211>.

Dunnett, N. & Clayden, A. (2007). *Rain gardens: managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Portland, Or.: Timber Press. ISBN: 9780881928266

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2006/7/EG, av den 15 februari 2006 om förvaltning av badvattnets kvaliteten och om upphävande av direktiv 76/160/EEG (4.3.2006 L.37-64) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007>

FLL (2011) *Recommendations for Planning, Construction, Servicing and Operation of Outdoor Swimming Pools with Biological Water Purification (Swimming and Bathing Ponds)*. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau

Folkhälsomyndigheten (2016) *Sjukdomsinformation om algtoxinförgiftning*. Sjukdomsinformation om algtoxinförgiftning — Folkhälsomyndigheten (folkhälsomyndigheten.se) [2023-03-14]

Fritids- och naturvårdsnämnden (2011) *Motion av Erik pelling och Rahima ortac båda (s) om att utveckla Gränbyparken, Gränby sportfält och 4 H-gården med dess betesmark till ett sammanhållet park- och friluftsområde, för idrott, lek och bad*. (KSN-2010-0668, FNN 2011-0009) Uppsala: Fritids- och naturvårdsnämnden, Uppsala kommun

Grobbelaar, J.U. (2009) *Turbidity*. Encyclopedia of Inland Waters. 2009, 699-704. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00075-2>

Gränbystaden (u.å) *Om Gränbystaden*. Om Gränbystaden (granbystaden.se) [2023-03-10]

Havs- och vattenmyndigheten (2019:a) *Algblomning*. Algblomning - Havsmiljö och vattenmiljö - Miljöpåverkan - Havs- och vattenmyndigheten (havochvatten.se) [2023-03-14]

Hav och vattenmyndigheten (2019:b) *Försurning av sjöar och vattendrag*. Försurning av sjöar och vattendrag - Surt regn - Orsaker och konsekvenser - Miljöpåverkan - Havs- och vattenmyndigheten (havochvatten.se) [2023-03-14]

Havs- och vattenmyndigheten (u.å.) *Fakta om badvatten*. Fakta om badvatten - Badplatser och badvatten - Havs- och vattenmyndigheten (havochvatten.se) [2023-03-14]

Institutionen för miljöanalys (1998) *Eutrofieringsbegreppet*. Eutrofiering_Begrepp (slu.se) [2023-04-13]

Jianghua, Y. Yusheng, H. Zeyi, W. & Youngchul, K. (2022) *Submerged zone and vegetation drive distribution of heavy metal fractions and microbial community structure: Insights into stormwater biofiltration system*. Science of the Total Environment. Vol. 853, no. 2022-12-20 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158367>

Jordbruksverket (2010) *Dammar som samlar fosfor*. Jönköping: Jordbruksverket. ISSN 1102-8025 JO 10:11. jo10_11.pdf (jordbruksverket.se) [2023-03-10]

Kircher, W. & Thon, A. (2016). *How to build a natural swimming pool: the complete guide to healthy swimming at home*. Filbert Pres. ISBN: 9780993389214.

Kontoret för samhällsutveckling (u.å.) *Parkplan för Uppsala kommun*. Uppsala: Kontoret för samhällsutveckling. parkplan-bakgrund-tillgangsanalys-plan-par-kutveckling.pdf (uppsala.se) [2023-03-06]

Krupinska, J. (2014) *What an Architecture Student Should Know*. New York: Routledge. ISBN: 9780415702331

Kulturnämnden (2010) *Bostadshus i Gränby, Löten och Nyby - Arkitektur under 1960-, -70- och -80-talen*. Uppsala: Uppsala kommun. ISBN 978-91-633-7002-1. Arkitekturguide-Gränby-Löten-Nyby.pdf (kulturellaspar.se) [2023-03-07]

Leikanger, E. (2013) *Behandling av urbant övervann - En undersökelse av biofiltrenes funktionalitet och årsaker till algevekst i övervannsanlegget i Nansenparken, Fornebu*. Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for plante- og miljøvitenskap

Livsmedelsverket (2022) *Escherichia coli och koliforma bakterier i dricksvatten från små dricksvattenanläggningar för privat bruk* (L2022 nr.14, ISSN 1104-7089) Uppsala: Livsmedelsverket

Miljöförvaltningen (2022) *Handlingsplan för nya bad 2022*. Stockholm: Stockholm stad. Handlingsplan för nya bad 2022 (stockholm.se) [2023-03-07]

Nationalencyklopedin (2023) *Dagvatten*. dagvatten - Uppslagsverk - NE.se [2023-04-13]

Naturvårdsverket (1999) *Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Sjöar och vattendrag*. Rapport 4913. Stockholm: Naturvårdsverket. ISBN 91-620-4913-5.

Naturvårdsverket (2007) *Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon - En handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp*. Handbok 2007:4., utgåva 1. Stockholm: Naturvårdsverket. ISBN 978-91-620-0147-6.

Naturvårdsverket (2017) *Analys av kunskapsläget för dagvattenproblematiken*. (NV-08972-16) Stockholm: naturvårdsverket

Naturvårdsverket (u.å) *Klimatförändringar - klimatet i framtiden - effekter i Sverige*. Effekter i Sverige (naturvardsverket.se) [2023-03-07]

SGU (2020) *Glaciala finkorniga sediment*. Glaciala finkorniga sediment (sgu.se) [2023-03-10]

SFS 2008:218 *Badvattenförordningen*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet

SLU (u.å.) *Vattnets färg - Klimatbetingad ökning av vattnets färg och humushalt i nordiska sjöar och vattendrag*. SLU. Vattnets färg (slu.se) [2023-03-10]

SMHI (2021) *Normal nederbörd 1992-2020*. Normal-nbd-1991-2020.xlsx (live.com) [2023-04-18]

Strålsäkerhetsmyndigheten (2017) *Om UV-strålning. Om UV-strålning - Strålsäkerhetsmyndigheten (stralsakerhetsmyndigheten.se)* [2023-03-14]

Uppsala kommun (2022) *Gränbyparken - från medborgardialog till utvecklad park*. Gränbyparken (arcgis.com) [2023-03-06]

VA-guiden (u.å) *Svackdiken*. Svackdiken | VA-guiden (vaguiden.se) [2023-05-10]

Viklander, M (2017) *Föröreningar i dagvatten*. Luleå: Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå tekniska universitet.

VISS (u.å.) *Vattnets färg*. Vattnets färg - VISS-Hjälp (lansstyrelsen.se) [2023-03-24]

Våtmarksguiden (u.å.) *Reningsprocesser*. Reningsprocesser – Våtmarksguiden (vatmarksguiden.se) [2023-04-13]

WRS (2013) *Skötsel av dagvattendammar - en handbok*. (Rapport nr 2013-0555-A) Uppsala: WRS (Microsoft Word - Handbok sk\366tsel av dagvattendammar_131126) (oxunda.se)

Muntliga referenser

Fluch, J. Ordförande i Sverige för IOB, *International Organization of Natural Bathing Waters*, samt driftansvarig för Midgårdsbadet [2023-04-20]

Figurförteckning

Figurer

Figur 1, kartunderlag Uppsala kommun, bearbetad av Ludvig Pärlefors Prado

Figur 2, min karta ©Lantmäteriet, ca 1975

Figur 3, 7, 8, 19-28, 30, 35, 52, 53, 58, 60, 62, 69-72 Foto-grafi, Ludvig Pärlefors Prado

Figur 4, 29, 31, 32, 41, 42, 45kartunderlag, min karta © Lantmäteriet, bearbetad av Ludvig Pärlefors Prado

Figur 5, 6, 9-14, 36, 38-40, 43, 46-51, 54-57, 59, 61, 63-66, 68, 73 illustration, Ludvig Pärlefors Prado

Figur 15, 16, 18, fotografi: Lars Johansson

Figur 17, fotografi: Nina Littman

Figur 33, 34 kartunderlag från Scalgo, bearbetad av Ludvig Pärlefors Prado

Figur 37, fotomontage, kartunderlag min karta ©Lantmäteriet, utklipp: Eniro/ © Lantmäteriet

Figur 44, fotografi, Ludvig Pärlefors Prado, bearbetat av Ludvig Pärlefors Prado

Figur 67, illustration, Ludvig Pärlefors Prado.

Träd: meye.dk, CC-BY-NC, Mikkel Eye.

Skalfigurer: skalgubbar.se CC-BY-NC, Teodor Javanaud Emdén.

Plankor till träbrygga: ipernity.com, CC-BY-NC, Crystal Rayz.

Illustrationsplaner

Illustrationsplan Nansenparken, Ludvig Pärlefors Prado

Illustrationsplan Midgårdsbadet, Ludvig Pärlefors Prado

Övergripande illustrationsplan (figur 46), Ludvig Pärlefors Prado kartunderlag min karta ©Lantmäteriet

Illustrationsplan (figur 47), Ludvig Pärlefors Prado, kartunderlag min karta ©Lantmäteriet

Illustrationsplan baddamm, Ludvig Pärlefors Prado

Tabeller

Tabell 1, Ludvig Pärlefors Prado

Tabell 2, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån Egodowatta et al. (2016)

Tabell 3, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån Blecken (2016)

Tabell 4, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån EU:s baddirektiv (2006/7/EG)

Tabell 5, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån Andersson et al. (2012)

Tabell 6, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån Naturvårdsverket (1999)

Tabell 7, Ludvig Pärlefors Prado

Tabell 8, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån Kircher och Thon (2016)

Tabell 9, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån FLL (2011)

Tabell 10, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån FLL (2011)

Tabell 11, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån FLL (2011)

Tabell 12, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån SMHI (2021)

Tabell 13, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån Eriksson (1981)

Tabell 14, Ludvig Pärlefors Prado, utifrån (Dunnet & Clayden 2007; Meiss 1979)

Engelsk sammanfattning

Figure A, kartunderlag Uppsala kommun, bearbetad av Ludvig Pärlefors Prado

Figure B, illustration, Ludvig Pärlefors Prado

Figure C, kartunderlag, min karta ©Lantmäteriet, bearbetad av Ludvig Pärlefors Prado

Figure D, illustration, Ludvig Pärlefors Prado