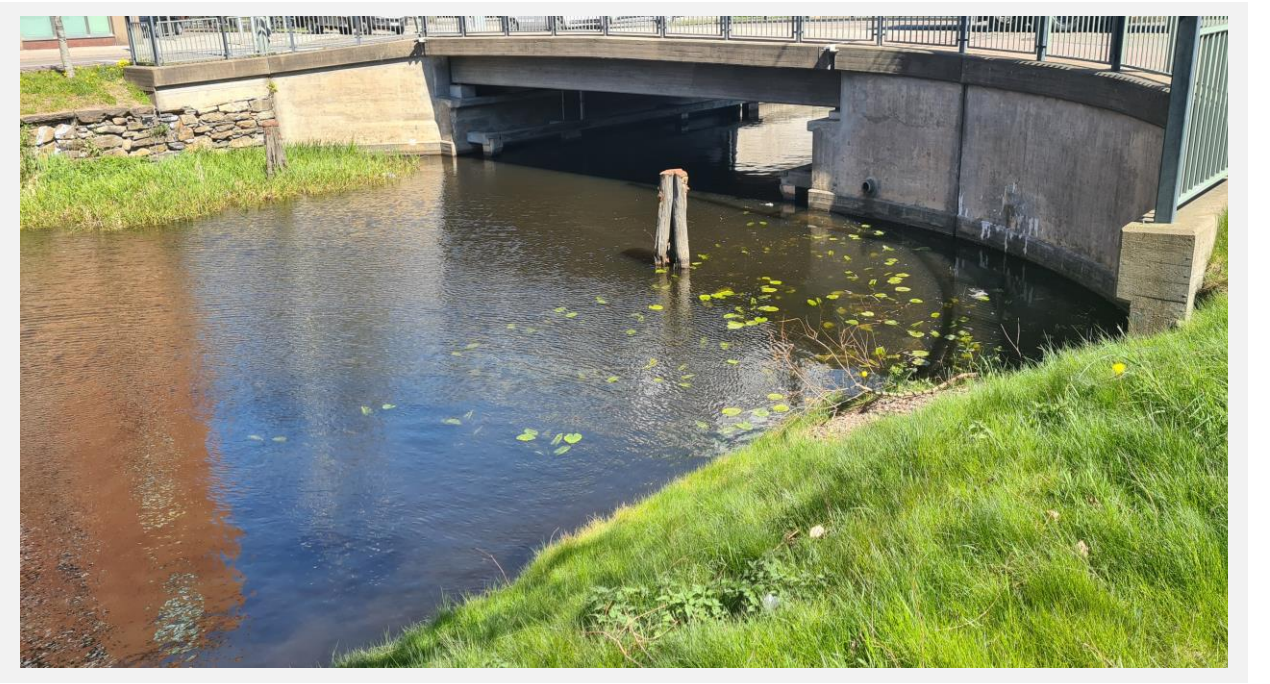
CHALMERS



Gråvattenspoling av klosetter

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

WILMA DAHLBERG
FELICIA WALLGREN

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNING FÖR INSTALLATIONSTEKNIK OCH AVDELNING FÖR VATTEN MILJÖ TEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Gråvattenspolning av klosetter

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Wilma Dahlberg

Felicia Wallgren

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik och avdelningen för vatten miljö teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2023

Gråvattenspolning av klosetter

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

WILMA DAHLBERG

FELICIA WALLGREN

© WILMA DAHLBERG, FELICIA WALLGREN, 2023

Examensarbete ACEX20
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik och avdelningen för vatten miljö teknik
Chalmers tekniska högskola 2023

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik och avdelningen för vatten miljö teknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Upphovsrätt:Wilma Dahlberg

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2023

Gråvattenspolning av klosetter

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

WILMA DAHLBERG

FELICIA WALLGREN

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik och avdelningen för vatten miljö teknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

På grund av klimatförändringarna har vattenbristfrågan blivit större och att spara vatten blir mer och mer relevant. Eftersom även Sverige upplever vattenbrist på vissa ställen under vissa delar av året är det relevant även här att spara vatten speciellt på de platser som upplever problematik. Med det sagt har Sverige i stort stora vattentillgångar, och är långt ifrån att ha de svårigheter som andra länder har. Till följd av detta har det gjorts ett val att i huvudsak undersöka gråvattensystem från en mer ekonomisk synpunkt.

Syftet med rapporten är att i första hand undersöka om det är ekonomisk gångbart för fastighetsägare att installera ett gråvattensystem som använder renat gråvatten till att spola toaletter med. Att rena vatten kostar pengar för de som äger vattenverk och det kostar för fastighetsägare att köpa in dricksvatten, därav anses undersökningen vara av nytta. I rapporten undersöks också olika typer av system och det görs dels för att utgöra en bas för antaganden vid beräkningar för återbetalningstid, dels för att se olika systems för- och nackdelar för att försöka ta fram ett system som är lämpligt här i Sverige.

I denna rapport används ett teoretiskt flerbostadshus vid beräkningar och detta antas bestå av 13 lägenheter med 2 personer per lägenhet. Vid undersökning av ekonomisk gångbarhet genomförs en analys av hur platsen flerbostadshuset befinner sig på kan påverkar återbetalningstidstid till följd av att VA-taxan varierar mellan kommuner.

Systemen implementerade utomlands använder typiskt bioprocesser för rening. När det gäller system i Sverige har författarna enbart hittat två implementeringar av gråvattensystem där renat gråvatten används för att spola toaletter. En av dessa två är en forskningsanläggning som undersöker ett kemiskt baserat system. Det andra är ett flerbostadshus som just nu har ett biologiskt baserat system installerat. De olika systemen som finns utomlands och i Sverige diskuteras där för-och nackdelar med olika system samt val av placering av tankar och reningssystem tas upp.

Det fastslås i rapporten att det inte är ekonomisk gångbart som fastighetsägare att installera ett gråvattensystem eftersom återbetalningstiderna är för långa, oavsett kommun och trots kostnadsmarginal på ± 15 % på uppskattade utgifter.

Nyckelord: gråvatten, gråvattensystem, återbetalningstid, VA-taxa, kemiskt baserat system, biologisk baserat system

Flushing with greywater in toilets

Degree project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering

WILMA DAHLBERG

FELICIA WALLGREN

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of building services engineering and division of water environment technology
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Due to climate change, the water shortage issues have become bigger and because of that saving water is becoming more and more relevant. Since Sweden also experiences water shortages in certain places during certain part of the year it is also relevant in Sweden. Having said that, Sweden generally has large water resources, and is far from having the difficulties that other countries have. Because of that a decision has been made to focus mainly on the economic sustainability perspective.

The primary focus of this report is to investigate whether it is economically viable for property owners in Sweden to install a greywater system which uses purified graywater to flush toilets. This study is considered by the authors to be beneficial since treating water cost money for the owners of water works and it cost money for property owners to buy drinking water. The report also examines different types of systems, and this is done partly to form a basis for assumptions when calculating the reinvestment period, and partly to see different systems' advantages and disadvantages in order to try and develop a system that is suitable in Sweden.

In this report, a theoretical apartment building is used when doing calculations, and this theoretical apartment building is assumed to consist of 13 apartments with two people per apartment. Since the water and wastewater tariff varies between different municipalities in Sweden, an analysis is carried out regarding how the location of the apartment building can affect reinvestment time.

The systems implemented abroad typically use bioprocesses for purification. When it comes to systems in Sweden, the authors have only found two implementations of greywater systems where purified greywater is used to flush toilets. One of these two is a research facility investigating a chemical-based system. The other one is an apartment building that currently has a biological-based system installed. The different systems that exist abroad and in Sweden are discussed where the advantages and disadvantages of different systems as well as the choice of location of tanks and purification systems are discussed.

It is stated in the report that it is not economically viable as a property owner to install a gray water system because the reinvestment times are too long, regardless of municipality and despite a ± 15 % cost margin on estimated expenses.

Key words: greywater, greywater systems, biological-based system, chemical-based system

Innehåll

SAMMANFATTNING I
ABSTRACT II
INNEHÅLL IV
FÖRORD VII
ORDLISTA IX

1 BAKGRUND 1
1.1 Vattenbrist idag 1
1.1.1 Vattenbrist i Sverige 1
1.2 Vattenbrist i framtiden 1
1.2.1 Framtidsutmaningar globalt 2
1.2.2 Framtidsutmaningar i Sverige 2
1.3 Föroreningar i vattendrag 3
1.4 Vattenanvändning i Sverige 3
1.4.1 Vattenanvändning i hushåll 4
1.5 Teknikutveckling 4
1.5.1 Diskmaskin 5
1.5.2 Dusch 5
1.5.3 Toaletter 5
1.5.4 Tvättmaskin 6
1.6 Tappvattenpriser i Sverige jämfört med omvärlden 6

2 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR 7

3 BEGRÄNSNINGAR 8

4 METOD 9
4.1 Litteraturstudier 9
4.2 Intervjuer 9
4.3 Mailkorrespondens 9
4.4 Beräkningar 9

5 RESULTAT 10
5.1 System implementerade utomlands 10
5.1.1 Skola i Indien som använder gråvattensystem 10
5.1.2 Flerbostadshus i Berlin 11
5.1.3 Ett åttavåningshus i Israel 12
5.1.4 Ett implementerat pilotprojekt med ett MBR baserat gråvattensystem i ett hotell i Spanien 14
5.1.5 ICGS i bostäder i Taiwan 16

5.2 System implementerade i Sverige 17
5.2.1 Flerbostadshus i Taberg, Jönköping 17
5.2.2 HSB Living Lab 18
5.2.3 Rörläggningskostnader 20
5.3 Kommunal taxa för vatten och avlopp (VA-taxa) 20
5.3.1 Ytterligare tillägg till följd av inflation 21
5.4 Skillnad i VA-taxa i Sveriges kommuner 22
5.5 Sparat vatten genom gråvattenåteranvändning 24
5.6 Byte från enkelspolande till dubbelspolande toalett 25
5.7 Investeringskostnad och driftskostnad för system 27
5.8 Tid till dess att investeringen fås åter 28

6 DISKUSSION 30
6.1 För- och nackdelar med olika system 30
6.2 Hur författarna skulle utforma ett gråvattensystem 31
6.3 Påverkan olika VA-taxor har på återbetalningstiden 31
6.4 Är ett gråvattensystem en hållbar lösning? 32
6.4.1 Ekonomiskt hållbart? 32
6.4.2 Miljömässigt hållbart? 33
6.4.3 Socialt hållbart? 33
6.5 Analys av felkällor 34
6.6 Vad kan göras i framtiden? 34
6.7 Intressekonflikter 35

7 SLUTSATS 36

8 REFERENSER 38

Förord

Efter tre år på Chalmers Tekniska Högskola är detta examensarbete avslutningen på högskoleprogrammet Samhällsbyggnadsteknik. Examensarbete utfördes på institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik på avdelningen installationsteknik och avdelningen för vatten miljö teknik. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng på högskoleprogrammet Samhällsbyggnadsteknik.

Under arbetets gång har vi fått hjälp av ett flertal personer. Jesper Knutsson (handledare på Chalmers) har under projektets gång varit ett bra bollplank för idéer samt givit oss värdefull information som direkt påverkat svar på frågor ställda i vår problemformulering i denna rapport. Anders Trüschel (examinator på Chalmers) och Torbjörn Lindholm (handledare på Chalmers) har varit av stor hjälp genom att även dem har agerat bollplank gällande idéer. Dem har även varit av stor hjälp vid uppstart av examensarbetet. Tomas Utterhall (handledare på WSP) var den som gav oss idéen till att skriva om spolning med renat gråvatten i toaletten. Han har även hjälp oss att formulera frågeställningar och varit ett bollplank för oss. Mattias Bergh (WSP) har liksom de övriga nämnda ovan varit bollplank för oss när frågor uppstått. Till sist vill vi tacka Per Ericsson (CEO på Graytec AB) för hans värdefulla information given till oss genom intervju och mailkorrespondens.

Göteborg juni 2023
Wilma Dahlberg, Felicia Wallgren

Ordlista

Alkalinitet: Oskar Modin (2022) beskriver att alkalinitet är ett mått på hur väl vattnet tål tillsats av syra utan att pH förändras.

BOD: Biochemical oxygen demand. Wikipedia (2018) skriver att BOD är ett mått på mängden biologiskt nedbrytbara ämnen det finns i vatten. Mätning av BOD kan pågå olika lång tid. Vanligtvis 7 eller 5 dagar. Antalet dagar som mätningen pågår kan man se som en nedsänkt siffra vid bokstaven D i ordet BOD. Till exempel innebär BOD_5 att mätningen av mängden biologiskt nedbrytbara ämnen i vatten skedde under fem dagar.

COD: Chemical oxygen demand. Det är ett mått på vilket syrebehov som finns för att fullständig kemiskt nedbryta organiska ämnen i vatten (Wikipedia, 2019).

Gråvatten: I denna rapport innefattar gråvatten det vatten som kommer från dusch/badkar, handfat och tvättmaskin om inget annat nämns i texten.

Konduktivitet: Modin (2022) skriver att man vid mätning av konduktivitet mäter vattnets förmåga att leda elektricitet. Koduktivitet är ett mått på den totala mängden joner i vattnet. Ju högre koncentration joner ett vatten har detso mer konduktivt är vattnet.

MBR: Membranbioreaktor. Simon Bengtsson et al (2017) beskriver att membranbioreaktorer är utformade så att slam behålls i reaktorn med hjälp av mikro- eller ultrafiltrering, dvs filter med porstorlek på mellan 0,03 och 0,4 µm, i stället för sedimentering.

PFAS: Per- och polyfluorerade alkylsubstanser är ämnen som finns i många produkter i marknaden där deras syfte är att avvisa smuts, fett och vatten (Naturskyddsföreningen, 2022).

pH: Modin (2022) beskriver att pH är aktiviteten oxoniumjoner i vatten. Han skriver att oxonimunjoner (H_3O^+) konstant är i balans med hydroxidjoner (OH^-) och att i de fall då det är fler oxoniumjoner än hydroxidjoner i vattnet är vattnet surt. I de fall då hydroxidjonerna är fler än oxoniumjonerna är vattnet basiskt. Om det är lika många hydroxidjoner som oxoniumjoner är vattnet neutralt.

RBC: Roterande biologisk kontaktor. Evoqua Water Techologies LLC (2015) beskriver att en RBC består av bassänger i betong eller stål som har en horisontell axel som roterar monterad på sig. Den horisontell axeln som roterar har ett antal korrugerade plastskivor fästa till sig. Skivorna roteras långsamt och är till 40 % nedsänkt i vatten.

TKN: Total Kjeldahl Nitrogen. Velp Scientifica (2022) beskriver att TKN är ett mått på organiskt kväve, ammoniak (NH_3) och ammonium (NH^+_4). Andra former av oorganiskt kväve, såsom nitritkväve och nitratkväve, ingår inte i TKN. TKN är alltså totalt organiskt kväve plus ammonium.

TOC: Totalt organisk kol. TOC är ett direkt mått på såväl löst som partikulärt organiskt material i vatten (Naturvårdsverket, u.å, a.)

TN: Total nitrogen. Naturvårdsverket (u.å, b) beskriver att TN är ett mått på den totala mängden kväve. Velp Scientifica (2022) beskriver att TN analys görs när närvaro av inorganiskt kväve är relevant och att TN är TKN plus nitrit och nitrat.

TSS: Modin (2022) beskriver att TSS är koncentrationen totalt suspenderade fasta ämnen (total suspended solids). Han skriver också att substanser som är större än ca en mikrometer i diameter klassificeras som suspenderade partiklar. Partiklar suspenderade i vatten fastnar i de filter som ingår vid mätning av TSS och VSS.

Turbiditet: ALS global (2015) skriver att turbiditet är ett mått på vattnets grumlighet och att det som orsakar grumlighet antingen är partiklar eller opalescens (mycket små partiklar som gör så att vattnet ser ”mjölkigt” ut).

Va-taxa: Ett kommunalt vatten-och avloppspris.

VSS: Modin (2022) skriver att VSS är koncentrationen ”volatile suspended solids”.

1 Bakgrund

Rapporten syftar till att undersöka om det finns ekonomiska incitament för fastighetsägare att installera gråvattensystem i sina byggnader vilket dels skulle leda till minskade kostnader för ägare av vattenverk, reningsverk och VA-nät, dels minska dricksvattenanvändningen i Sverige.

Sydvatten (2021) konstaterar att enbart tre procent av allt vatten på jorden är sötvatten och att av dessa tre procent är endast en procent tillgängligt för oss att använda eftersom de resterande två procenten är bundna i glaciärer.

1.1 Vattenbrist idag

Unicef (u.å). fastslår att cirka en tredjedel av världens befolkning saknar tillgång till rent vatten och nämner att orsakerna till vattenbrist är många där torka, förorening, krig, ökenspridning, hög kostnad för vatten, undermålig kunskap gällande hur bakterier sprids samt bristande hygien i form av avsaknad av en bra toalett. De beskriver också att brist på rent vatten har stora konsekvenser för människors hälsa.

Ungefär en tredjedel av världens befolkning är beroende av grundvatten för att få bland annat dricksvatten men på många ställen görs för stora uttag från grundvattnet (Sydvatten, 2021). Fortsättningsvis konstaterar de att grundvattennivåerna sjunker när användningen blir för stor och att det kan medföra att salt tar sig in i grundvatten. Vidare framför de också att det kan vara svårt att bevattna odlingar och bibehålla en god matproduktion om grundvattennivåerna sjunker för mycket eller om grundvattnet blir saltskadat.

1.1.1 Vattenbrist i Sverige

Världshälsoorganisationen (2020) skriver att minsta vattenmängden man behöver per dag för att kunna sköta sin hygien är 50 liter. Detta är precis på gränsen för att man ska undvika sjukdomar och därför borde man använda 100 liter rent vatten per dag. Vattenmängden Sverige använder är 140 liter per dag (Sydvatten, 2020a).

I Sverige finns en hög tillgång på vatten men det innebär inte att det är en självklarhet med rent vatten (Svenskt Vatten, 2021c). WSP (2020) beskriver att det finns flera platser i Sverige som drabbats av vattenbrist, vissa på ett kritiskt sätt. En undersökning som WSP har gjort visade på att 40%, av de svenskar som tillfrågas, har under de senaste åren påverkats av vattenförsörjningsproblem (WSP, 2020).

1.2 Vattenbrist i framtiden

Planetens vattenmängd är konstant men befolkningen i världen växer snabbt och urbaniseringen ökar vilket leder till att fler människor måste dela på samma vattenmängd (Anderson & Guppy, 2017).

Vattentillgångar ett land har varierar då vissa länder har bra tillgång till vatten medan andra lider av vattenbrist (Sydvatten, 2021). Vad som påverkar ett lands vattentillgångar är mängden nederbörd samt grannländernas vattenflöde till eller från.

Vattentillgångar i ett land påverkas också av årstider och säsonger, men även klimatförändringar påverkar vattentillgången. Tillgång till vattnet ändras då klimatförändringen gör att glaciärerna smälter, havsnivåerna stiger, nederbördsmönstrerna förändras samt avdunstningen ökar (europa.eu, u.å.).

1.2.1 Framtidsutmaningar globalt

Klimatförändringar är en bidragande orsak till att det blir mer och mer vattenbrist globalt i världen (WSP, 2020). Klimatförändringen bidrar till bland annat skogsbränder, torka, stigande havsnivåer samt kraftiga översvämningar.

WSP (2020) skriver att på grund av läckande infrastrukturers vattenledningar försvinner 30 % av det tillgängliga vattnet.

Konflikter runt om i världen på grund av vattenosäkerhet blir mer och mer allvarliga (ecdpm, 2019). Många organisationers och nationella regeringars beslutfattare har satt upp mål för att minska risken för vattenbrist. Utöver regeringar och organisationer har även media tagit upp problematik gällande svårigheter med vattentillgång. Journalister har påpekat uppfattade direkta länkar mellan negativ påverkan på vattentillgång till följd av klimatförändringen och ökat våld och instabilitet. Vissa journalister går så långt som att hävda att vattenkrig kan finnas runt hörnet.

1.2.2 Framtidsutmaningar i Sverige

SMHI (2022) beskriver att vattentillgången varierar under året samt att den styrs av såväl nederbörd som avdunstning. De konstaterar att Sverige kommer bli varmare och få en ökad nederbörd i framtiden under alla årstider. De belyser också att avdunstning kommer öka till följd av att det blir varmare.

Grundvattennivån sjunker under torrperioder och låga grundvattennivåer kan påverka vattenkvalitén i grundvattentäkter (SMHI, 2022). Det belyses att det i framtiden sannolikt blir vanligare med låga grundvattennivåer till följd av ökad avdunstning och längre växtsäsong.

Hjerdt et al. (2019) fastställer att Sverige i stort har en bra tillgång på färskvatten, men att lokala variationer finns både vad gäller vattentillgång och vattenanvändning.

Det fastslås att vattenbristen har en stark koppling till vattenanvändandet och att vattenanvändandet till och med ibland kan vara anledningen till att vattenbrist uppstår (SMHI, 2022). Detta kan innebära att prioriteringar mellan olika typer av vattenanvändning kan behövas göras. SMHI (2022) listar fortsättningsvis också olika åtgärder som kan göras för att motverka vattenbrist varav en är att minska vattenanvändandet.

I Sverige har vi vattenledningar på runt 190 000 km som behöver underhållas, vilket kostar flera miljarder per år för Sverige (WSP, 2020). Även om det finns stora risker att med att inte underhålla vattenledningarna är det många kommuner i Sverige som sätter investeringarna att underhålla vattenledningarna till framtiden. En risk som uppstår om man inte framtidssäkrar vattenledningarna är möjlig kollaps av olika sociala funktioner i de fall det blir till exempel översvämningar.

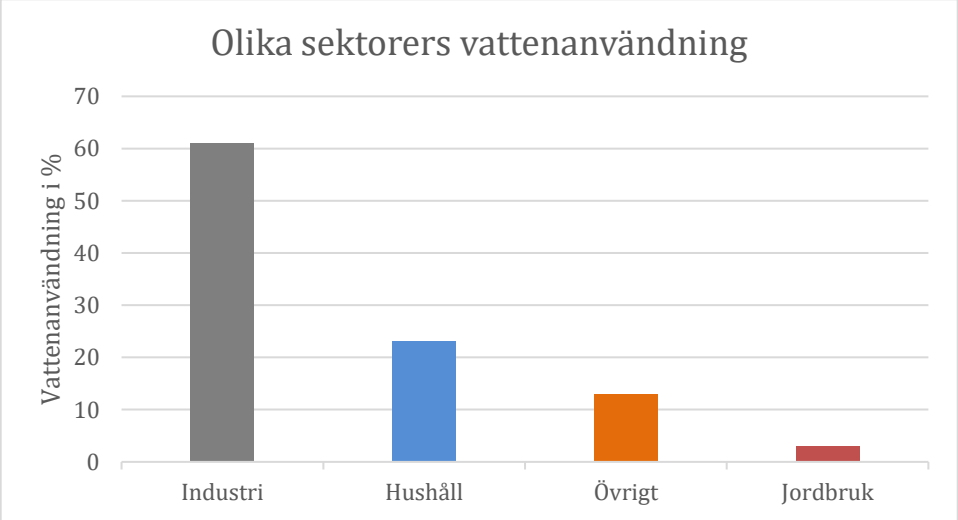
1.3 Föroreningar i vattendrag

Enligt Naturskyddsföreningen (2023) måste miljöskadliga ämnen renas bort i reningsverken då föroreningar i Sveriges vatten är ett samhällsproblem. Staten ska ge möjligheter till reningsverk att installera komplicerande reningsprocesser så att spridningen av farliga ämnen minskar (Naturskyddsföreningen, 2023). Vidare beskriver Naturskyddsföreningen (2023) att fler studier visar på att många av Sveriges sjöar och vattendrag innehåller läkemedel, mikroplaster, PFAS och andra miljöfarliga ämnen. Det belyses också att reningsverken i Sverige inte kan ta bort mikroplaster, PFAS och de andra miljöfarliga ämnena och att bara några reningsverk kan ta bort läkemedel. Till följd av att reningsverken inte är kapabla att ta bort alla miljöfarliga ämnen är de en starkt bidragande orsak till att flera miljöfarliga ämnen släpps ut i naturen via avloppsvattnet.

En effekt av att reningsverken inte kan ta bort PFAS kan till exempel vara att man inte längre kan äta fiskarna då de innehåller förmycket av det ämnet (Naturskyddsföreningen, 2 feb 2023). En annan effekt som kan uppstå är ökad antibiotikaresistens. Utsläpp av antibiotika medför att bakterier inte längre tar skada av det läkemedlet. Ökningen av antibiotikaresistens gör att sjukdomar blir mer svårbehandlade. Naturskyddsföreningen (2023) skriver att en följd av att miljöfarliga ämnen släpps ut i sjöar och vattendrag är att råvattnet inte har lika bra kvalité. Eftersom vattnet har dålig kvalité måste det renas med dyra reningsprocesser för att de miljöfarliga ämnena inte ska finnas i dricksvattnet. Föroreningarna bidrar också till att ekosystemen påverkas.

1.4 Vattenanvändning i Sverige

SCB (2017) skriver hur stor andel olika sektorer använde av den totala vattenmängden som användes i Sverige år 2015. I Figur 1.1 visas ett diagram baserade på de värdena.



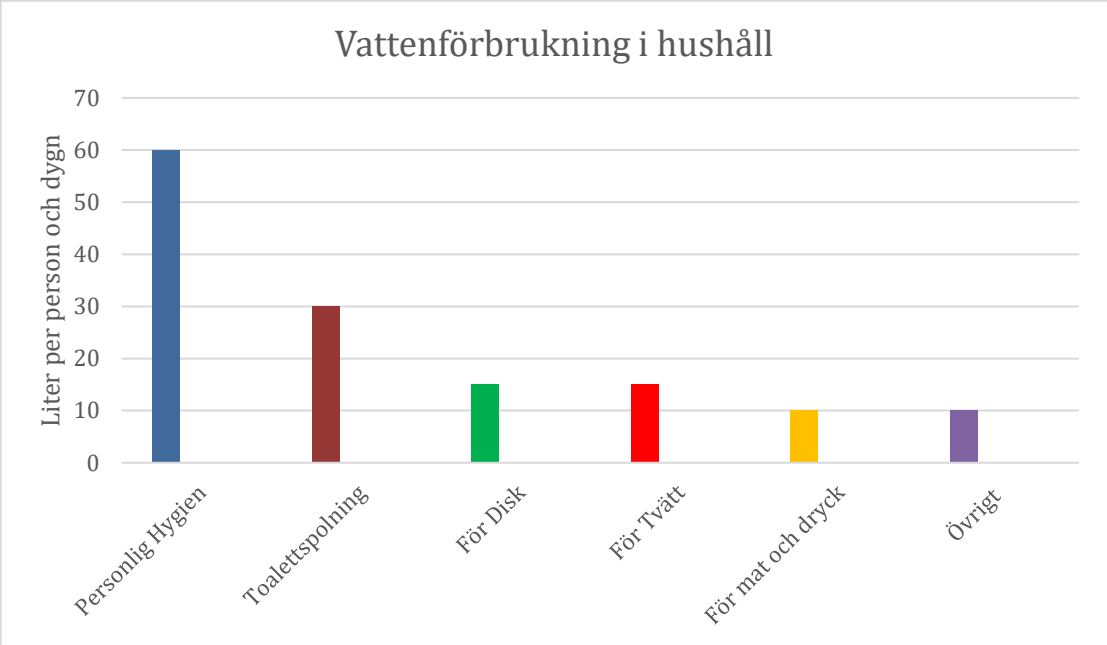
Figur 1.1 *Vattenanvändning hos olika sektorer i procent av total vattenförbrukning i Sverige. Övrigt står för kommunalt vatten inom övriga näringsgrenar såsom till exempel varuhandel och transporter.*

Det går att urskilja ur Figur 1.1 att hushållen utgör mer än en femtedel av vattenanvändningen i Sverige, och att det är den näst största vattenanvändande sektorn.

1.4.1 Vattenanvändning i hushåll

I Sveriges hushåll används i snitt 140 liter vatten per person per dygn, men under åren som gått går det att urskilja en långsam sjuknade trend av vattenanvändningen (Svenskt vatten, 2021a). Under de senaste åren har Sverige börjat använda vatten mer effektivt då det börjar närma sig att hushållsförbrukningen i stället är på 130 Liter vatten per person och dygn. Dessa värden är dock statistik från vattenmätare över hela Sverige så det varierar mycket beroende på kommun. Vattenförbrukningen i Sveriges hushåll varierar också mycket mellan olika år. Man väntar tills man har fått en stabil trend innan man kan sätta ett lägre värde på den genomsnittliga vattenförbrukningen i Sveriges hushåll, vilket kan ta några år.

I Svenskt Vatten, (2021b), listar värden för de olika typer av vattenförbrukning som finns i hushåll. Dessa värden har använts i Figur 1.2



Figur 1.2 *Hur många liter vatten per person och dygn som användes i de olika kategorierna.*

I Figur 1.2 kan man tydligt se att toalettspolning står för näst högsta vattenförbrukning i ett svenskt hushåll. Man kan också se att personlig hygien har högre vattenförbrukning än toalettspolning.

1.5 Teknikutveckling

På grund av klimatförändringarna finns det stora behov att aktivt förebygga vattenbrist genom att spara på vatten (Holm & Schulte-Herbrüggen, 2021).

Sydvatten (2020b) beskriver att en av anledningarna till att spara på vatten är att det går åt mycket energi att rena och producera dricksvatten. Kostnaden för reningen av dricksvatten är inbakat i den VA-taxa som bestämts av kommuner. Det finns dock ytterligare saker inbakat i priset, vilket beskrivs kort i 5.6 Kostanden som brukare betalar för vatten och avlopp varierar för olika kommuner, för mer information se avsnitt 5.6.

Vattenbesparandeteknik i enskilda hushåll finns som är relativ enkla och tillgängliga att installera (Holm & Schulte-Herbrüggen, 2021). Nedan följer enkla sätt att använda mindre vatten genom val av produkter eller vattenbesparande tekniker i hemmet.

1.5.1 Diskmaskin

Hur mycket vatten som går åt i en diskmaskin beror på vilken märke man har, och vilket diskprogram man väljer (Holm & Schulte-Herbrüggen, 2021). Fortsättningsvis beskriver dem att vattenförbrukningen blir ca 10 till 20 % lägre om man till exempel använder exempelvis Eko-programmet. I stället för att använda de diskmaskiner som har en sämre prestanda kan man använda mer vattensnåla diskmaskiner och spara 40–50% av vattenförbrukningen (Holm & Schulte-Herbrüggen, 2021).

1.5.2 Dusch

För att spara vattenförbrukningen när man duschar kan man använda till exempel snålt spolande munstycke (sparlatorer) och recirkulerande dusch (Avloppsguiden, u.å.). Det beskrivs i Avloppsguiden (u.å.) att sparlatorer sparar vatten genom att de låter luft blandas in i vattenstrålen som gör att flödet halveras. Vidare beskrivs det att vattenstrålen inte får minskat tryck utan att det enbart är vattenflödet som minskas om man använder denna teknik. Det fastslås att man genom användning av sparlatorer sparar 25 % av vattenförbrukningen inom området personlig hygien. Avloppsguiden (u.å.) beskriver, utifrån utgångspunkten att en vanlig dusch använder 60 liter per person och dygn, att en 25 procentig besparing innebär att man sparar 15 liter per person och dygn om man använder sparlatorer.

Recirkulerande duschar fungerar genom att de har en sensor, nätfilter, mikrofilter och en UV-lampa (Avloppsguiden, u.å.). Sensorn mäter av föroreningsmängden i vattnet och om det har för mycket föroreningar släpps det vidare till avloppen annars skickas det till två filter som tar bort partiklar. Efter filtren finns UV-lampan som dödar bakterierna. Avloppsguiden (u.å.) fortsätter vidare med att skriva att mängden vatten man sparar genom att använda recirkulerande duschar beror på om man tar lång eller kort dusch. Om man tar korta duschar sparar man inte lika mycket då det innehåller ofta för mycket föroreningar. Avloppsguiden (u.å.) beskriver också att det tagits fram statistik som belyser att man sparar 70–75 % vatten om man använder en specifik recirkulerande dusch som varit basen för undersökningar och framtagning av statistik. Dessa 70 till 75 % beskrivs motsvara att man sparar 42 liter per person per dygn.

1.5.3 Toaletter

Holm & Schulte-Herbrüggen (2021) skriver att vissa gamla toaletter använder 30 liter per spolning och att toaletter idag använder betydligt mindre vatten vid spolning. En enkelspolande toalett idag använder 6 liter per spolning och vattensnåla toaletter använder 4 liter per stor spolning och 2 liter per liten spolning. Den vanligaste typen av toalett idag är dubbelspolande, d.v.s. en toalett med två knappar, en för stor

spolning och en för liten spolning. I avloppsguiden (u.å.) antas att det görs totalt sex spolningar per dag där en spolning är stor samt fem är små om det är dubbelspolande toalett.

1.5.4 Tvättmaskin

Beroende på vilket program som tvättmaskinen kör ger det olika vattenförbrukning (Holm & Schulte-Herbrüggen, 2021). Det beskrivs att minskning av vattenförbrukning kan göras genom att väga tvätten, läsa av hur smutsigt vattnet är som kommer ut samt kolla hur mycket vatten materialet suger upp. Att göra dessa mätningar är bättre än att ha automatisk inspolning av vatten. Även val av tvättmaskiner kan minska vattenförbrukningen. Holm & Schulte-Herbrüggen (2021) beskriver att en bra tvättmaskin kan ha mellan 10 och 20 % lägre vattenförbrukning jämfört med sämre tvättmaskiner.

1.6 Tappvattenpriser i Sverige jämfört med omvärlden

Priset för tappvatten varierar globalt, där Norge under 2021 toppade listan på länder med de högsta tappvattenpriserna i världen med ett tappvattenpris på 6,69 US dollar per m^3(Statista, 2023a). Landet med lägst pris för tappvatten var Saudiarabien med 0,04 US dollar per m^3(Statista, 2023b). För att ta reda på Sveriges snittpris på vatten används värdena i Svenskt Vatten(2022a). Vid beräkning av medelvärdet för typhus B fås det fram att snittpriset för Sverige bör ligga i närheten av 40 kr/m^3 vilket motsvarar ca 4,7 US dollar per m^3 om man använder medelväxlingskursen för 2021 från ExchangeRates UK (2023). Detta innebär att Sverige har lägre vattenpriser än flera andra men också att vi har betydligt högre än många andra länder i världen.

2 Syfte och frågeställningar

Vi i Sverige har inte ett nationellt problem med brist på vatten men vi vet att det finns problem lokalt på vissa ställen under vissa tider på året och att problemen väntas öka med tiden till följd av klimatkrisen. I Sverige är vi rätt så förskonade men även vi kommer få ökade problem lokalt under vissa perioder. Till exempel vet vi att grundvattennivåerna sänks på många ställen.

Som nämnts tidigare kostar det att rena vatten vilket är ett incitament till att spara på det. Det kommer i denna rapport genomföras en undersökning om man som fastighetsägare också har incitament för att spara på vatten genom spolning med renat gråvatten i toaletter sett ur ett främst ekonomiskt perspektiv.

Anledningen till att vi som författare valt att undersöka möjligheten att minska vattenanvändningen med användning av lokalt renat gråvatten till spolning av toaletter är en följd att det är dyrt att hämta in råvatten och rena vattnet i vattenverk till dricksvattenkvalitet. Vattnet från vattenverket flödas genom ett dyrt VA-nät och upp till hushållen för att sedan på direkten spolas ner i toaletter.

Genom att undersöka gråvattenspolning av toaletter kan vi hjälpa delar av Sverige genom att minska behov av vattenuttag samtidigt som vi också skulle kunna bli ett föregångsland ifall gråvattensystem utvecklas och testas här i Sverige. Genom att bli ett föregångsland skulle andra länder där klimatkrisen slår hårdare kunna undersöka det som görs i Sverige och sedan implementera det själva.

Det som vi vill undersöka är just möjligheten att använda gråvatten för spolning av toaletter i stället för dricksvatten. Frågorna som ska besvaras i rapporten är:

1. Vilka olika gråvattensystem finns implementerade utomlands och i Sverige? För och nackdelar?

2. Hur mycket färskvatten sparas genom att återanvända gråvatten till toalettspolning?

3. Är det ekonomiskt hållbart för fastighetsägaren att installera ett gråvattensystem vars syfte är att rena gråvatten för att spola toaletter med?

3 Begränsningar

För undersökning av vilka system och därmed vilka tekniker som används utomlands för rening av gråvatten görs inga begränsningar gällande typ av byggnad, dock sker en begränsning av att minst ett av områdena för användning av det renade gråvattnet ska vara att spola toaletter.

Vid undersökning av system i Sverige undersöks enbart flerbostadshus.

Vid beräkningar av återbetalningstid för ett gråvattensystem i ett fiktivt flerbostadshus görs begräsningen att kostnaderna för system, installation och drift inte beräknas av oss författare utan antas efter uppskattningar personer i branschen gör.

4 Metod

I detta avsnitt beskrivs vilka metoder som använts för att ta fram resultaten i avsnitt 3.

4.1 Litteraturstudier

För att ta reda på vilka system som finns implementerade utomlands genomfördes en litteraturstudie Framtagandet av information gällande system implementerade i Sverige skedde delvis med hjälp av litteraturstudier

4.2 Intervjuer

Utöver användandet av litteraturstudier för att beskriva system som är implementerade i Sverige genomfördes också intervjuer.

4.3 Mailkorrespondens

Förutom litteraturstudier och intervjuer för att beskriva system som är implementerade i Sverige sker även mailkorrespondens.

4.4 Beräkningar

För att ta fram återbetalningstid för gråvattensystemet behövs det först göras andra beräkningar. Den första beräkningen som sker är i avsnitt 5.3 och där tas det fram hur mycket vatten som sparas vid användningen av systemet för ett flerbostadshus av en viss storlek per liter och dygn. Det följs av ett antagande om vilken typ av toalett som är installerad i det fiktiva flerbostadshuset.

Ytterligare antaganden behövs göras före återbetalningstiden kan tas fram. Antaganden gällande investeringskostnad, driftskostnad och engångskostnader görs i avsnitt 5.4. Det görs ett antagande baserat på vad investeringskostnaden uppskattas vara för de gråvattensystem som beskrivs under avsnitt 5.2.1 och 5.2.2. Gällande driftskostnad antas samma värde som det som framkommit i 5.2.2. Gällande engångskostnader antas samma värde som det som uppskattats i 5.2.1.

Vid beräkningen av återbetalningstid antas värden på VA-taxor i Sveriges Kommuner. De värden som finns i typhus B i Svenskt Vatten(2022a) och i Krokoms Kommun (2022) antas utgöra VA-taxorna för kommunerna år ett av användningen av systemet. Därefter antas VA-taxorna öka år efter år med procentsatsen som står i avsnitt 5.6. En visualisation av skillnaden i VA-taxor gjordes i 5.6 för att få en överblick på hur mycket priset för VA skiljer sig runt om i Sverige. Denna skillnad har påverkan vid beräkning av återbetalningstiden vilket syns i 5.7.

När de ovanstående beräkningarna och antaganden gjorts beräknas till sist återbetalningstiden.

5 Resultat

Detta avsnitt visar resultat gällande gråvattensystem utomlands och i Sverige. Det görs även en visualisering över hur hög VA-taxan var för Sveriges kommuner under år 2022. Det beräknas hur mycket dricksvatten man sparar genom användning av ett gråvattensystem. Antaganden görs gällande investeringskostnad, driftskostnader och engångskostnader baserat på intervjuer och mailkorrespondens. Till sist beräknas återbetalningstiden för Sveriges kommuner varav 6 utvalda kommuner presenteras.

5.1 System implementerade utomlands

Det genomfördes en litteraturstudie för att undersöka olika gråvattenåteranvändnings system som finns implementerade i andra länder. Några projekt valdes ut och beskrivs nedan samt vilka tekniker för rening av gråvatten som använts. Alla projekt nedan rör gråvattenåteranvändning till toalettspolning men alla rör inte flerbostadshus. Fokuset var att undersöka implementerade system för återanvändning av gråvatten, oavsett typ av verksamhet eller byggnad, och se vilka reningstekniker som dessa projekt använder.

5.1.1 Skola i Indien som använder gråvattensystem

I en flickskola i Indiska staten Madhya Pradesh går det cirkla 300 flickor som har vattenbehov på 10 000 liter[1] under perioden 1 juli till 30 april (Gotfrey et al., 2009). Gråvatten systemet i Skolan renar 4000–6000 liter gråvatten under den perioden. Gråvattnet kommer från duschar och handfat och det renade gråvattnet används för toalettspolning, tvätta golv och bevattning.

Primär, sekundär och tertiär behandlingsteknik används för att rena gråvattnet. Systemet har utvärderats av NEERI för att se till att gråvatten håller kravet på renhet (Gotfrey et al., 2009). Primär behandling består av en syntetisk svamp och sedimenteringstank. I sedimenteringstanken sker sedimentering och tvållödder absorberas. Grus med storleken 10–60 mm och sand grovfilter används i den sekundära behandlingen för att filtrera gråvattnet. Till slut, innan man pumpar upp gråvattnet till tanken som är ansluten till toaletter, genomförs tertiär behandling av gråvattnet genom att lufta och klorera.

Gotfrey et al. (2009) analyserade både primära och sekundära kosteffekter. De undersökte både utgifter och intäkter. Vid analys av enbart primära utgifter och intäkter så är utgifterna mer än intäkterna. Vid undersökning av sekundära utgifter insågs det att dem var så små så de gick att försumma, men däremot såg man att de sekundära intäkterna var höga. Sekundära intäkter är höga eftersom reningen av gråvattnet innebär att man skyddar klimatet och hälsan på landets invånare. Med hjälp

[1] Det beskrivs att vattenbehovet är på 10 000 L vilket vi som författare anser vara rätt så lite. Vi ser en potentiell felkälla här, och ställer oss undrande till huruvida det kanske ska vara m^3. Om enheten stämmer undrar vi vad som vattnet används till och om stora vattenförbrukningsområden inte finns i skolan. Duschar dem verkligen i skolan och renas och återanvänds det gråvattnet sedan? Det är en fråga som vi som författare ställt oss till följd av att vattenbehovet är skrivet till att vara så pass litet.

av de sekundära kosteffekterna blir det lönsamt att installera in ett gråvattensystem i Indien.

5.1.2 Flerbostadshus i Berlin

År 1989 byggdes ett flerbostadshus för 70 personer i Berlin där ett gråvattensystem med RBC (roterande biologisk kontaktor) rening installerades (Nolde, 2000). Det installerade gråvattensystemet har visat sig vara effektivt under den 10 års period som gått från att systemet installerades till Nolde (2000) skriver om det. Gråvattnet i detta effektiva system behandlas först med sedimentering, följt av biologisk rening med RBC och sedan UV desinfektion. Från början var systemet inte fullt optimerat och hade i början bara en tvåstegs RBC men under 1997 ersattes det till en fyrastegs RBC.

Gråvattensystemet beskrivs av Nolde (2000) som följande:

- Först flödas gråvatten från badrum, se Figur 5.1 punkt 1.

- Gråvattnet flödas till en sedimentationstank, se Figur 5.1. punkt 2. Den typ av sedimenteringstank som anses vara den mest effektiva är en trattformad tank med en automatisk slambotgöring.

- Vattnet flödar vidare genom en flerstegs roterende biologisk kontaktor (RBC), se Figur 5.1. punkt 3. I rapporten nämns det ett alternativ till att ha biologiska rening med RBC men i denna rapport nämns bara RBC alternativet eftersom det är vad som används i flerbostadshuset som fallstudien görs på.

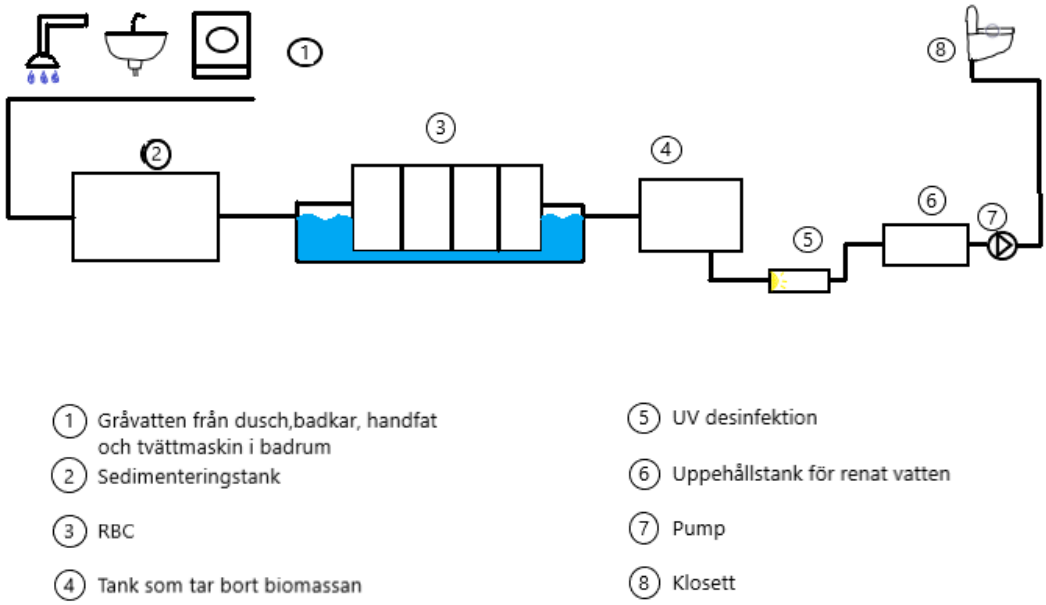
- Efter RBC tanken finns en tank som tar bort biomassan, se Figur 5.1, punkt 4.

- Det sista steget för rening av vattnet är UV desinfektion, se 5.1., punkt 5. De beskriver att man ska undvika kemisk desinfektion som klor i ett gråvattensystem eftersom en UV dos på mellan 250 och 400 J/m2 ger en tillfredställande desinfektion

- Vattnet färdas därefter till en uppehållstank som förvarar det renade vattnet, se Figur 5.1, punkt 6.

- Efter uppehållstanken finns en pump, se Figur 5.1 punkt 7

- Vatten pumpas till toaletterna vid behov, se Figur 5.1, punkt 8.



Figur 5.1 *Detta är en bild som visar en principskiss på systemet som finns i flerbostadshuset i Berlin. Bilden är baserad på Fig. 1 i Nolde (2000). Denna bild innehåller inte båda alternativen för biologisk process i reningen som Fig. 1 gör i Nolde (2000). Använd med tillstånd.*

Nolde (2000) beskriver att deras system för rening och efterföljande tank för renat vatten är i en 15 kvadratmeter stor källare. Dem nämner att det är bra idé att placera dessa komponenter bortom solljus till följd av att solljus har negativa effekter på gråvattnet.

Hela reningssystemet har ett energibehov på 1,5 kWh/m^3 (Nolde, 2000). Han beskriver att detta kan medföra svårigheter när man installerar denna typ av system i mindre hus med mindre vattenanvändning som medför ett mindre system. När systemet är mindre innebär det att energikostnaden och servicekostnaden högre i förhållande till besparingarna som görs av att använda systemet.

När det gäller investeringskostnad för att installera denna typ av system varierar det väldigt mycket, vilket gör att det blir väldigt svårt att säga vad investeringskostnaden blir (Nolde, 2000). Det som gör att investeringskostnaden varierar är systemets storlek.

5.1.3 Ett åttavåningshus i Israel

Friedler et al. (2005) skriver om ett implementerat gråvattensystem i ett åttavåningshus på Technion Campus i Israel. I den byggnaden har sju av åtta våningar ett separat system för det gråvatten som kommer från dusch, badkar och handfat. Detta system är alltså frånskilt från huvudledningen för avloppsvatten. Dem beskriver vidare att gråvattnet från dusch, badkar och handfat leds ner till anläggningen för rening som är i källaren med hjälp av gravitation. Fortsättningsvis redogör Friedler et al. (2005) för hur reningen går till. De beskriver att behandlingen av gråvattnet sker i sju steg:

Steg 1: Ett filter med en maskstorlek 1 mm^2 vars funktion är att rensa bort större fasta partiklar.

Steg 2: En utjämningsbassäng som rymmer 330 liter vatten där vattnet som längst får uppehålla sig i 10 timmar. Syftet med bassängen är att utjämna kvaliteten samt temperaturen på det obehandlade gråvattnet.

Steg 3: En roterande biologisk kontaktor (RBC). RBC reningen i denna byggnad sker i två bassänger om 15 liter vardera som är direkt efter varandra. Varje bassäng har en horisontell axel som roterar. Den horisontella axeln som roterar har många cirkulära skivor fästa runt den. Skivornas diameter är på 2,2 decimeter men den totala ytan per skiva är på en kvadratmeter. Axeln roterar och därmed roterar skivorna runt den. Rotationshastigheten ligger på 13 varv per minut och medeluppehållstiden i varje bassäng ligger på runt två timmar.

Steg 4: En sedimentationstank. Den är sammankopplad med den sista bassängen tillhörande RBC reningen. Volymen på sedimentationstanken är 7,5 liter och medeluppehållstiden för vattnet i tanken ligger på en timme. Slammet tas bort manuellt för att möjliggöra undersökning på produktionshastigheten av slam.

Steg 5: En förfiltreringstank. Syftet med tanken är att reglera det kontinuerliga flödet från sedimentationstanken som tillhör föregående steg och det periodvisa flödet till efterföljande sandfilter i steg 6.

Steg 6: Ett sandfilter. Inkommande vatten flödar uppifrån och ner genom ett sandfilter med hjälp av gravitation. Filtret är en decimeter i diameter och mediedjupet, som vattnet ska flöda igenom och som består av kvartsandsstorlek 0, är sju decimeter. Filtermediet stöds upp underifrån av en halv decimeter grus. Inflöde av vattnen från förfiltreringstanken i steg 5 sker periodvis. Vattnet flödas genom filtret under 15 minuter per gång och totalt 11 gånger om dagen. Hastigheten genom filtret ligger på 8,33 m/h.

Steg 7: Klordisinfektion. Doseringen av hypoklorit sker utan mänskilg inblandning d.v.s. det är en automatisk process som genomför dosering. Klordoserna baseras på klorbehov och på kravet att det max får vara 1 mg/l klorrester kvar efter en halvtimmes kontakttid.

Friedler et al. (2005) undersökte totalt 15 parametrar gällande vattenkvalité och dessa var; totalt COD, löst COD, totalt BOD_5, löst BOD_5, TP, TKN, VSS, TSS, ammonium, nitrat, nitrit, fekala koliforma bakterier, pH, HPC och turbiditet.

Undersökningarna som genomförts av Friedler et al. (2005) visade att många parametrar hade reducerats mycket efter att gråvattnet renats i anläggningen. De presenterade minskningen för många av de undersökta parametrarna men inte VSS, pH och löst BOD. Gällande de parametrar vars minskning presenterades, konstaterades det av Friedler et al. (2005) att de fekala koliforma bakterierna och HPC hade reducerats med 100 % respektive 99,99 % och att vattnet i detta avseende mötte dricksvattenkvalitet. Vidare presenterade dem att turbiditeten hade minskats med 98 %, ammonium med 96 %, totalt BOD med 96 %. Fortsättningsvis hade TKN minskat

med 87 %, TSS med 82 %, totalt COD med 75 %, organiskt kväve md 72 %, löst COD med 64 % och 58 % av TP. Att COD bara minskat med mellan 64 % och 75 % kan, som beskrivs av Friedler et al. (2005), innebära att gråvattnet innehåller långsamt biologiskt nedbrytbara ämnen.

5.1.4 Ett implementerat pilotprojekt med ett MBR baserat gråvattensystem i ett hotell i Spanien

Atanasova et al. (2017) beskriver att färskvattenanvändningen på ett hotell i Spanien tidigare varit väldigt hög vilket medfört att vattensparningsåtgärder har behövts. Hotellet i fråga hade fått veta redan på 90-talet att toalettspolning stod för mest vattenanvändning, och valde senare att separera gråvatten från rummens duschar och handfat och använda det för att spola toaletter. Det systemet som byggdes då medförde att gråvattnet gallrades för att få bort större partiklar, för att sedan samlas i en gråvattentank och därefter användas för toalettspolning. Från dess att gråvattnet från duscharna och handfaten flödats ner i separerade rör till dess att vattnet återanvändes för toalettspolning skedde bara en typ av rening; desinfektion med klor. Dem beskriver att hotellet generellt sparar cirka 10 000 kubikmeter färskvatten till följd av återanvändningen av gråvatten. Det systemet som hade byggts med enbart desinfektion som rening medförde dock att det uppstod otrevlig lukt under vissa perioder under somrarna vilket i sig medförde att kloranvändningen för desinfektion ökade.

Atanasova et al. (2017) beskriver att det installerades en pilotanläggning med MBR som observeras och analyseras under en 6 månaders period i det aktuella hotellet. Denna pilotanläggning ska kunna behandla uppemot 1 kubikmeter vatten per dag.

Atanasova et al. (2017) visar att MBR pilotanläggningen består av ett antal olika delar:

- Till att börja ned samlas vattnet i en 150 liters tank.
- Vatten pumpas sedan vidare från tanken med en pump.
- Vattnet flödas genom ett filter.
- Därefter flödas vattnet till en 160 liters aerob/anox tank med två membran nedsänkt. Membranen var av typen ZW 10 ultrafiltration med ihåliga fiber, och varje membran hade en genomsnittlig porstorlek på 0,04 mikrometer och den totala membranarean per membran var 0,93 m^2. Den aeroba/anoxa tanken har en luftare ansluten till sig. Från den aeroba/anaeroba tanken finns det en pump som pumpar bort avfallet och en annan pump som pumpar det renade vattnet mot en ny samlingstank.

För att reglera luftaren och alla pumpar i systemet övervakades transmembrantryckets värden, pH, upplöst syre, nivån på reaktorn och temperaturen (Atanasova et al., 2017).

Dem övervakade hur systemet fungerade i drift och energikonsumtionen optimerades genom att använda en typ av styrsystem för luftning av membran. (Atanasova et al, 2017). De skriver att normalt sett går 50 % av energianvändningen i MBR system åt att lufta membranen för att förhindra nedsmutsning av membranet. Genom att

använda det kontrollsystemet/styrsystemet som de använder kunde energianvändningen för luftning av membran minskas med upp till 32, 5 % jämfört med om de hade samma luftning som tillverkarnas rekommenderat.

De parametrar för vattenkvalité som man undersökte var COD, BOD_5, TOC, TN, TKN, $N-NH_4^+$, $P-PO_4^{3-}$ P-PO^{3-}_4, pH, alkalinitet, konduktivitet, turbiditet, TSS, VSS och det totala antalet koliforma bakterier. Efter rening reducerades de olika parametrarna:

- COD minskades med mellan 80 och 95 %.
- Ammonium reningen var inte stabil men generellt sett hög.
- Gällande nitrat reducerades det till nivåer under även det mest restriktiva scenariot i spansk lagstiftning för vattenåteranvändning.
- Gällande TN reducerades det i ca 85 % av fallen till nivåer under det mest restriktiva scenariot i spansk lagstiftning för vattenåteranvändning. Det betonas att inget kväve tas bort, utan det omvandlas bara genom nitrifikation.
- Patogener reducerades med mellan 3 och 5 log CFU/ml. (CFU- colony forming unit)

Baserat på det som framkommit under användningen av pilotsystemet, skapade dem en design och ekonomisk modell för att approximera genomförbarheten av olika storlekar på det MBR baserade gråvattensystemet (Atanasova et al., 2017). Vid beräkning av kostnader för att implementera det MBR baserade systemet för olika storlekar på systemet, undersöktes kostnaderna för separering av gråvatten, MBR behandlingen, desinfektion och förvaring av tanken för renat vatten. De skriver också att modellen som de skapat baseras på vatten och energipriser i Spanien, samt en planeringsperiod på 20 år. Resultaten som dem kom fram till var att:

- Installation för separering av gråvatten utgör en stor del av den totala kostnaden och att dess kostnad är proportionell till storleken på systemet. De undersökte rening på 1 ,3 ,5 ,7 ,10 ,15 ,20 ,30 och 50 m3/dag och kom fram till att andelen av den totala kostnaden för installationen för separation av gråvatten varierade mellan 13 och 42 % från det minsta systemet på 1 m^3/dag till det största systemet för rening av 50 m^3/dag.

- På grund av fysikaliska begränsningar med att producera enheter som använder väldigt lite energi måste man installera produkter som använder mer energi än nödvändigt för att behandla en liten mängd vatten vilket gör det mer dyrt per kubikmeter renat vatten för små system. Till exempel använder system som renar 1 m^3/dag gråvatten 6 kWh/m^3 medan ett system som renar 15 m^3 vatten använder mindre än 0,5 kWh/m^3.

- Totalt sett är det bättre med större system som ska rena mer vatten. De kom fram till att det inte är ekonomiskt genomförbart att implementera ett MBR baserat gråvattenreningssystem om man bara ska rena mellan 1 och 2 m^3/dag. Om man renare 3 m^3/dag har man först sparat in investeringskostnaden efter 15 år. De beskriver att det utan subventioner blir ekonomiskt genomförbart i Spanien, med de energipriser och vattenpriser som man räknat på, att implementera systemet när man renar 5 m^3/dag och då får åter investeringen efter 7 år. Om man i stället har ett system som renar 7 m^3/dag respektive 15 m^3/dag är den tiden i stället runt 5 år respektive 3 år.

Atanasova et al. (2017) konstaterar att det inkommande gråvattnet kan variera mycket i kvalité, speciellt COD nivåer, vilket kan orsaka problem i biologiska reningssystem men att ett MBR system på ett bra sätt kan hantera stora variationer i kvalité på vatteninflödet. Dem fastställer att MBR teknologi är lovande vid medelhög och hög gråvattenåteranvändning och att denna typ av teknik kan reducera COD med mellan 80 och 95 %. Att MBR baserad rening tar bort mellan 80 och 95 % av COD kan jämföras med projektet med RBC rening i avsnitt 3.1.3 där det systemet reducerade COD med mellan 64 och 75 %. Atanasova et al. (2017) beskriver att det finns indikation på att en mindre rening med desinfektion kan behövas efter MBR systemet beroende på vad det renade vattnet ska användas till, till följd av att reduceringen av patogener låg mellan 3-log och 5-log.

5.1.5 ICGS i bostäder i Taiwan

Ett konventionellt gråvattensystem fungerar som så att man leder gråvattnet ner till källaren där reningen sker och sedan pumpar man upp det till en tank uppe på taket (Yi-Kai., 2016). Där ifrån fördelas vatten ut till där det behövs. I Taiwan så fungerar inte det till följd av att det är väldigt tätbefolkat, vilket medför att de använder Interior Costomized Greywater system (ICGS) i Taiwan.

Fallstudien i Yi-Kai et al. (2016) görs för ett flerbostadshus i Taipei. Byggnaden har 12 våningar och totalt 40 lägenheter där varje lägenhet är på 79,3 m^2. I varje lägenhet bor 5 personer. Dessa lägenheter har de olika vattenanvändningsområdena nära varandra. I denna byggnad är ett s.k. ICGS system installerat i varje lägenhet.

ICGS systemet fungerar så att färskvatten kommer utifrån och går till dusch, handfat och tvättmaskin (Yi-Kai et al., 2016). Färskvattnet används och det vatten som har använts kallas gråvatten. Efter att rening skett av gråvatten används det för spolning och bevattning. Systemet i deras fallstudie består av:

- En samlingstank under duschgolvet
- Pump
- Tre filter
- En samlingstank för renat gråvatten som även innehåller UV enhet.

Det första som händer i systemet är att allt gråvatten från såväl dusch, som handfat och tvätt flödas till en samlingstank som är lokaliserad under duschgolvet. I denna tank sker sedimentering och filtrering som tar bort större partiklar och hår (Yi-Kai et al, 2016). Gråvattnet pumpas därifrån vidare till tre filter som är lokaliserade i väggen intill duschen. Det första filtret av dessa tre tar bort fasta fällningar såsom sand, mikroorganismer och lera. Det efterföljande filtret använder granulärt aktivt kol för att absorbera till exempel färg, lukt och kemikaliska substanser. Det sista filtret använder mesh-aktiverat kol som absorberar färg, klorgas och organiska kemikaliska föroreningar. Från det sista filtret flödas gråvattnet neråt till en samlingstank som finns under dessa tre filter. Denna samlingstank desinfekterar vattnet med UV-ljus. Det renade vattnet i samlingstanken kan sedan användas till toalettspolning eller bevattning.

5.2 System implementerade i Sverige

Vid genomförande av litteraturstudie upptäcktes två implementeringar av system där man återanvänder gråvatten för spolning av toaletter. Dessa beskrivs nedan.

5.2.1 Flerbostadshus i Taberg, Jönköping

I Sörsjön pågår ett projekt där totalt 11 hus med totalt 144 lägenheter ska byggas (Junehem, 2023). Det innebär cirka 13 lägenheter/hus i snitt per hus. Junehem (2023) beskriver att byggandet av de 144 lägenheterna delas upp i två etapper. Etapp 1 bestående av 63 lägenheter är redan färdigbyggda och hade inflytt under 2022. Byggandet av 81 lägenheter i etapp 2 pågår och har inflytt mellan december 2023 och augusti 2024.

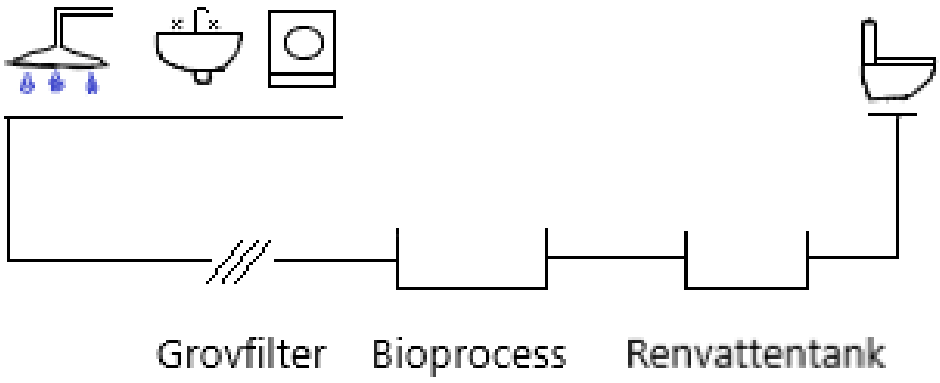
I lägenheterna används renat gråvatten från bad, dusch och tvätt för att spola toaletter med (Junehem, 2023). I en intervju med Per Ericson (8 februari, 2023) som är CEO på Graytec AB framkom det att gråvatten från badrum är ekonomisk bra att återvinna till en hög grad till skillnad från gråvatten från kök.
Han konstaterar att de stora volymerna från badrum innehåller mycket energi och är förhållandevis enkelt att rengöra jämfört med gråvatten från kök som innehåller mycket fett.

Ericson (8 februari, 2023) beskriver i intervjun att det gråvattensystem som de valt att installera i Sörsjön har en bioprocess men ingen desinfektion. Enligt honom är anledningen till att det inte finns med en desinfektion att man inte har kontakt med vattnet som man spolar med, vilket medför att desinfektion inte är nödvändigt. Det viktigaste att ta bort är exempelvis schampo, fett och tvål vilket bioprocessen tar bort. Han framhåller dock att man behöver genomföra en kemisk rening ungefär en gång vartannat år för att lösa upp fett i systemet och att kostnaden för detta är svårt att uppskatta men han tror att det kan ligga på runt 10 000 kronor. Investeringskostnaden jobbar han på att få ner, men just nu så ligger den mellan 100 000–150 000 kr för de av lägenhetshusen som byggts som består av 16 lägenheter. Av investeringskostnaden är det inköpet av systemet i sig som står för majoriteten på runt 70–80 % och kostnaden av installationen av själva reningssystemet beskrivs vara liten. Utöver 100–150 000 kr kommer kostnaden för rördragning och installation av rören.

När det gäller uppsamlingstankar har de första 5 husen sina nergrävda på utsidan enligt Ericsson (Intervju, 8 februari, 2023). De sista 6 husen ska dock ha dessa tankar på insidan av källaren. Anledningen till detta är att det inte fanns några lämpliga dimensioner på tankar att gräva ner, vilket medför att tankarna som grävts ner i de första husen är överdimensionerade. För de 6 återstående husen där man har tankarna på insidan kan man ha betydligt mindre tankar som motsvarar behovet bättre.

Via mailkorrespondens beskriver Ericsson (30 mars 2023) hur reningsprocessen går till. Han beskriver att reningsprocessen (se Figur 5.2) går till som så att gråvattnet tars från badrummet (handfat, tvätt och dusch) och går till ett grovfilter, därefter till bioprocessen och till sist renvattentanken. Grovfiltret tar bort större partiklar och fungerar som överflödesskydd. Backspolning och självrens renar grovfiltret. Bioprocessen består av ett ultrafiler som har porstorleken 0,02 mm. Schampo och tvål är exempel på vad som tas bort i bioprocessen. Det som sedimenteras i bioprocesstanken pumpas regelbundet bort. Det renade vattnet går vidare till en

renvattentank. Det vattnet är klart att användas för toalettspolning och pumpas till toaletterna när det behövs.



Figur 5.2 *Denna bild är baserad på information given via mailkorrespondens med Ericsson (30 mars 2023). Gråvatten flödas ner genom separata avloppsrör ner till reningsprocessen som inleds med grovfilter, följt av en bioprocess och därefter en renvattentank. Från renvattentanken kan vatten pumpas upp till toaletter vid behov.*

Bioprocessen fungerar genom att det tar bort de ämnen som det ska, men den är långsam, opålitlig och tanken tar plats säger Ericsson (Intervju, 8 februari, 2023). På grund av detta vill de undersöka om flockning eller elektrokoagulering går att använda i stället. Flockningssystemet är enklare att kontrollera och det systemet använder mindre tankar än system med biologisk rening. Reningen går snabbare också med flockningssystemet. Det behöver forskas mer om flockningssystemet innan det kan användas i vanliga flerbostadshus som inte är testanläggningar.

5.2.2 HSB Living Lab

HSB Living Lab (u.å., a) är en byggnad som är ett levande laboratorium där man kan forska på nya sätt att bygga samt utforma framtidens boende. Det är en byggnad och ett boende där studenter och forskare bor permanent som gör att forskningen samt utvecklingen sker i en verklig miljö. Knutsson (21 mars 2023), säger i en intervju att HSB Living Lab består av 29 lägenheter och ungefär 35 boende samt att det byggdes och stod klart 2016. Han beskriver att det är en öppen plattform som alla kan ansöka att få tillgång till för att utreda sina projekt. Knutsson pratar om hur projektet med återanvändning av gråvatten tog fart. Han beskrev att Ericson som är CEO på Graytec kom till honom och undrade varför vi inte återanvänder gråvatten från duschar och han hade inget bra argument till varför det inte gjordes. Detta medförde att en ansökan till HSB Living Lab gjordes för att kunna utreda möjligheten att återanvända gråvatten.

Sedan 2018 har HSB Living Lab (2019) testat ett system för lokal återvinning av gråvatten tillsammans med Chalmers, Graytec AB och Bengt Dahlgren Göteborg AB. Det som gjorts i projektet är att ett separat avloppsystem installerats i byggnaden. Detta separata system leder vattnet från dusch och handfat vidare till ett lokalt reningssystem. HSB Living Lab (2019) beskriver vidare att en testgrupp bestående av 8 personer fick testa att duscha i det återvända gråvattnet efter de hade säkerställt

renligheten av gråvattnet. Testgruppen hade en bra upplevelse av systemet. Det klargjordes att återanvändandet av renat gråvatten kan spara uppemot 60 % av vattenförbrukningen.

Gråvattnet samlas in en central reningsprocess i fastigheten som innehåller mekanisk och kemisk rening (VVSforum, 2019). Föroreningar och smuts tas bort i reningsprocessen där stegen grovfilter, ultrafilter, aktivt kolfilter, jonbytesfilter och avancerad oxidationsprocess (AOP) ingår. Därutöver kan även mikroplaster fångas upp i den centrala reningsprocessen i fastigheten. Det beskrivs också att när man använder detta system för att återanvända gråvattning till duschen så kan enbart varmvattnet återcirkuleras, men eftersom varmvattenanvändningen vid duschning är stor sparas uppemot 90 % färskvatten. Knutsson et al (2021) beskriver att återbetalningstiden för såväl systemet i sig som installationen av systemet i HSB Living Lab blev 3,7 år. Detta är alltså återbetalningstiden för gråvattensystemet som återanvänder renat gråvatten till duschning.

På Living Lab produceras mer lokalt renat gråvatten än vad de använder, vilket gör att de nu testar att spola med det rena gråvattnet också (HSB living Lab, uå., b). Eftersom 20 procent av bostäders vattenanvändning går till toalettspolning kan de spara mycket vatten genom det. Knutsson säger (21 mars 2023) i en intervju att en av anledningarna till att man valde att nu testa att använda renat gråvatten för spolning i klosetter är för man behöver inte rena vattnet i samma utsträckning. Han förklarade också att det dessutom är lättare ur ett marknadsföring perspektiv att sälja in att man använder gråvatten i klosetter jämfört med att använda renat gråvatten till dusch eftersom man inte är i direkt kontakt med det vatten som man spolar med.

Reningssystemet som används i HSB Living Lab förändras över tid eftersom HSB Living Lab är en försökanläggning där de kollar vad som fungerar eller inte (Jesper Knutsson, Intervju, 21 mars 2023). Jesper förklarar att Ericson ville testa att utveckla det reningssystem som finns i bostäderna i Junehem, som det skrivs om mer i 3.2.1, från ett biologiskt baserat system till ett flockningssystem. Flockningsystem för rening av gråvatten är det system som därav finns installerat i HSB i dagsläget. Flockningssystemet som de har kommit fram till fungerar bäst är kemisk flockning med två filter.

Knutsson (Intervju, 21 mars 2023) säger alltså att man ersatt det reningsystem som användes under projektet där man duschade i renat gråvatten på HSB Living Lab och att reningsystemet som finns installerat idag ser annorlunda ut. Han beskriver hur det nuvarande systemet ser ut, det som bara är till för att använda gråvatten för att spola toaletter med. Gråvattnet samlas i en samlingstank där det går vidare till en kemisk flockning i en sedimenteringstank. Aluminiumsulfat läggs till i denna tank och rörs om, vilket gör att flockar bildas. Flockarna sedimenteras och pumpas ut ur avloppet. Det renare vattnet pumpas vidare till ett mekaniskt filter och kolfilter. Sedan går vattnet vidare till en renvattentank och väntar tills det ska användas. Kemiska flockningen är det som tar bort det mesta föroreningar, ca 95%, medan mekaniska filtret tar bort flockar och kolfiltret tar bort luktrester från till exempel schampo och tvål.

Knutsson (Intervju, 21 mars 2023) beskriver vidare att eftersom gråvattnet enbart renas för den kvalité som krävs för spolning av toaletter så behövs inte lika många

steg i reningsprocessen. Gråvattnet som renas i det nuvarande systemet är inte lämpligt längre att använda som duschvatten till följd av den ändrade utformningen av reningsprocessen. Därför användes inte renat gråvatten för duschning i HSB Living Lab längre.

Knutsson (Intervju, 21 mars 2023) uppskattar att kostnaden för själva reningssystemet, exklusive rördragning i huset, som de har i HSB Living Lab just nu kostade ungefär 100 000 kr. Han säger dock att kostnaden för ett reningsystem kommer variera för varje projekt och han beskriver att det borde landa på runt 0,5 % av projektkostnaden för fastigheten. Knutsson (mailkorrespondens, 3 april 2023) ger ett exempel som säger att om projektbudgeten är på 100 miljoner kr skulle kostnaden på reningssystemet landa på runt 500 tusen kr. Gällande driftkostnader så beskriver Knutsson (21 mars, 2023) att han inte har räknat på hur stora driftkostnader som det är för systemet i HSB Living Lab. Knutsson (mailkorrespondens, 3 april 2023) uppskattar att driftskostnaden för ett gråvattensystem där man bara använder gråvatten för till att spola toaletter med och som inte har någon värmeväxlare kommer ligga på runt 10 till 20 kr/m^3. Han betonar dock att det finns viss osäkerhet kring den givna driftskostnaden. Knutsson säger i intervjun (21 mars 2023) att det som behöver köpas in under användningstiden för det systemet som är installerat på HSB Living Lab just nu är aluminiumsulfat, natriumhydroxid och filter patroner. Han säger även att energikostnaderna inte har någon större påverkan på driftkostnaderna då det drar mindre än 1 kWh/m^3.

Knutsson (21 mars, 2023) säger att det kommer ta längre tid att få tillbaka investering kostnaden för att använda gråvatten för spolning om man gör så utan att man också kör en värmeväxlare.

Knutsson berättar dock att det finns en tänkbar positiv ekonomisk påverkan med att använda ett gråvattensystem och det är att fastigheten kommer öka i värde eftersom boende kommer känna sig mer säkra under vattenbristtider. På detta sätt kan fastighetsägare få tillbaka sina investeringskostnader genom att priset på bostäderna ökar. Kostnaderna till följd av inflation och energikrisen kommer medföra en potentiell ökning för inköp och installation av systemet. Han beskriver vidare att materialkostnaderna kommer öka samtidigt som VA-taxan också gör det.

5.2.3 Rörläggningskostnader

I en mailkorrespondens med Andreas Karlsson som jobbar på Bengt Dahlgren AB beskriver han att de har gjort en LCC analys på ett annat system än de vi undersöker. Eftersom undersökta systemet i rapporten inte är likadan så har Karlsson gjort en grovuppskattning vad det kan vara för vårt system. Och då fick de fram kostnaden för rörläggningen för separata gråvatten avloppet och rören från gråvattensystemreningen till toaletterna (inkl. ventiler och komponenter) samt pump blir till 90 000 kr.

5.3 Kommunal taxa för vatten och avlopp (VA-taxa)

Vid beräkning av återbetalningstiden för ett gråvattensystem finns ett behov av att veta hur mycket den minskade vattenanvändningen motsvarar i kronor. Därav behöver vi först veta lite mer om vattenpriser och förväntade höjningar av vattenpriser vilket förmedlas i detta avsnitt.

Svenskt vatten (2022b) har undersökt VA-taxorna för Sveriges kommuner sedan en lång tid tillbaka och har gjort rapporter varje år som kommenterar statistiken. Vid deras undersökningar av VA-taxor används två typhus.

Svenskt Vatten (2022a) beskriver att Typhus A är ett enbostadshus, en villa, utan källare. Villan har 5 ROK (rum och kök), badrum med toalett, tvättstuga, ett extra toalettrum och garage. Ytan för villan är 150 kvadratmeter som även innefattar ett 15 kvadratmeter stort garage. Tomtytan är på 800 kvadratmeter och vattenförbrukningen är på 150 kubikmeter per år, d.v.s. 150 000 liter/år eller 411 liter/dag. Villan är ansluten till dricksvatten, spillvattenavlopp och dagvattenavlopp.

Vidare beskriver Svenskt Vatten (2022a) att typhus B är ett flerbostadshus. Fastigheten för flerbostadshuset är ansluten till vatten, spill- och dagvatten. Flerbostadshuset de räknat på har 15 lägenheter¸ 1000 m^2 våningsyta och 800 m^2 tomtyta.

Svenskt vatten (2022b) skriver i rapporten för 2022 att VA-taxan skiljer sig rejält åt mellan olika kommuner, där skillnaden mellan den lägsta VA-taxan och den högsta för typhus A är på nästan 500 %. Genom enkla beräkningar kan det också urskiljas att skillnaden mellan lägsta och högsta VA-taxa för typhus B ligger på över 600%, baserat på data för VA-taxor för år 2022 från Svenskt Vatten (2022a).

Skillnaderna i VA-taxa mellan olika kommuner beror på flera saker, och Svenskt Vatten (2022b) har gjort en analys av vad som orsakar skillnaderna. De kom fram till att antal personer som är anslutna till det kommunala VA-nätet, tillväxt, klimat, geografi, elpris, miljö, vatten, hur VA-ekonomin sett ut historiskt på platsen, och hur samverkan ser ut påverkar priset för VA. De beskriver också att analysen kan fördjupas och bli mer nyanserad men att den då blir mer komplicerad.

För år 2022 låg medelnivån för VA-taxehöjningar för typhus B på 3,7 % vilket är under det behov som finns (Svenskt Vatten, 2022b). Till följd av framtida investeringar och ökade driftskostnader behöver VA-taxan bli dubbelt så hög som idag inom en tjugoårsperiod vilket innebär att VA-taxan måste öka, med 4% med ytterligare tillägg för prisökningar på grund av inflation, år efter år.

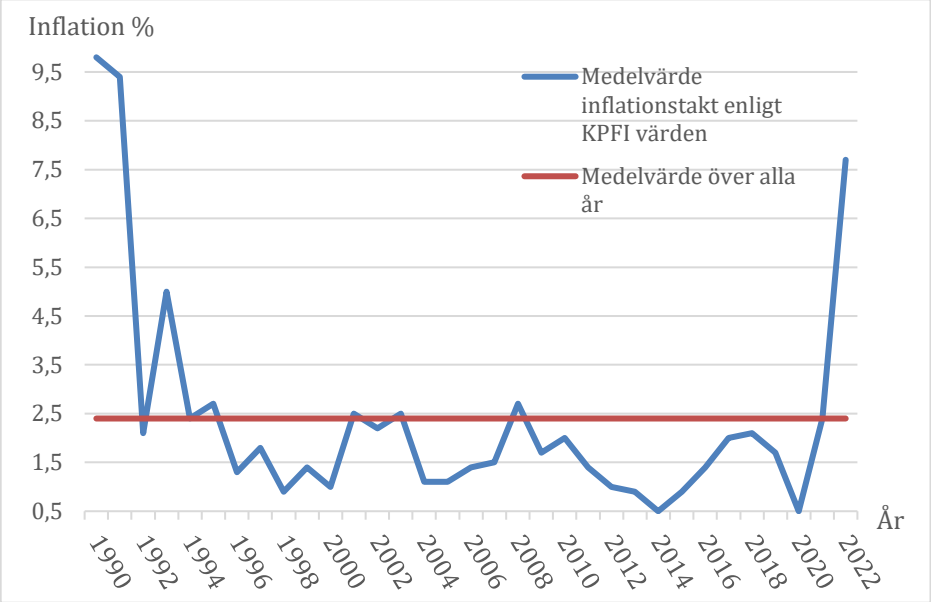
5.3.1 Ytterligare tillägg till följd av inflation

Eftersom det i 5.3 beskrivs att VA-taxan måste öka med 4 % plus ytterligare tillägg för inflation undersöks hur inflationen sett ut i medelvärde för varje år under de senaste 33 åren samt genomförs en beräkning av vad medelvärdet är sett över alla år är.

Det finns flera olika sätt att mäta inflationstakt. Före september 2017 använde Riksbanken KPI som målvariabel för deras inflationsmål (SCB, u.å.). Därefter ersattes KPI med KPFI. SCB (u.å.) förklarar vad KPI respektive KPFI är. De beskriver att KPI har två olika index för räntekostnader varav den ena är för småhus med äganderätt och den andra är för bostadsrätter. Dessa två index består i sin tur av ytterligare två index som multipliceras med varandra. Det ena indexet är för räntesatser och det andra

indexet är för kapitalstockens utveckling. De beskriver att skillnaden mellan KPI och KPFI är att effekten av förändrade räntesatser räknas bort i KPFI.

Vid undersökning av data från SCB (2023a) syns det att inflationstakten varierar från månad till månad. I Figur 5.3 kan vi utläsa att medelvärdet för inflationstakten varje år mellan 1990 och 2022 och se att dessa varierar kraftigt från år till år samt att medelvärdet för inflationstakten sett över 33 år ligger på 2,4 %.



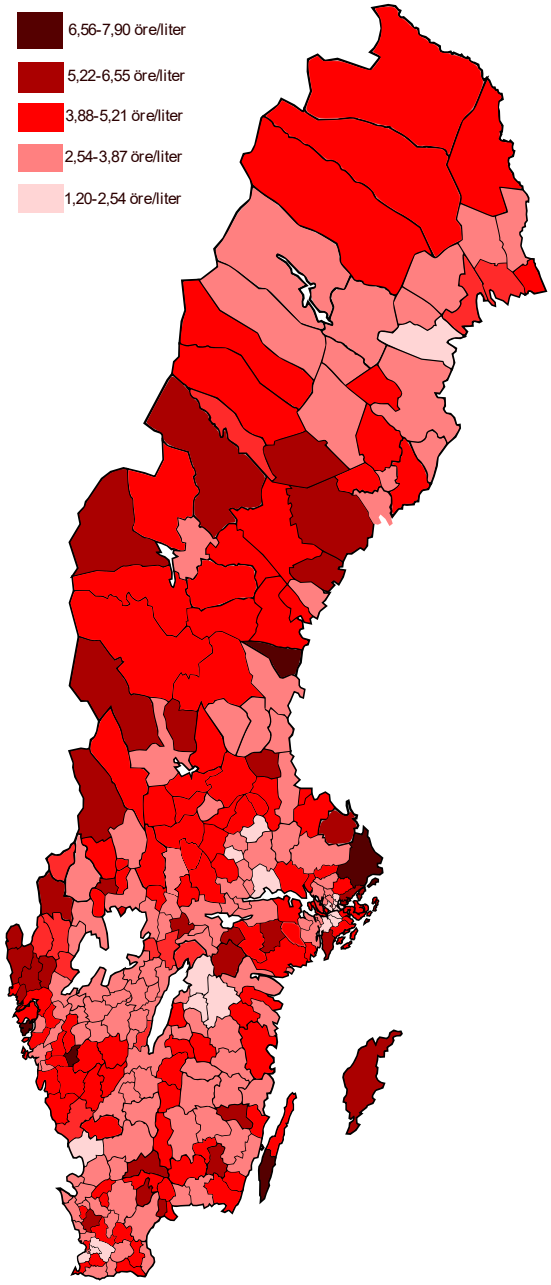
Figur 5.3.*Medelvärden för inflationstakt år för år från 1990 fram till 2022 (blå linje) samt medelvärdet för inflationstakten mellan 1990 och 2022(röd linje). Värdena som medelvärdena är beräknade från är KPFI värden för inflationstakt som återfinns i SCB (2023a).*

5.4 Skillnad i VA-taxa i Sveriges kommuner

Före beräkningar av återbetalningstiden kan ske behövs det göras antaganden av vilka VA-taxor som används vid beräkningarna. I rapporten antas det vara samma brukningsavgifter (VA-taxa) som återfinns i typhus B i Svenskt Vatten (2022a) för det antagna flerbostadshuset på 13 lägenheter under det första året av användning av systemet. Krokoms kommuns brukningsavgifter var nollade i Svenskt Vattnen (2022a), därför används värde från Krokoms kommun (2022) för Krokoms kommun i stället. Efter ett år antas en ökning av VA-taxan ske för alla kommuner med 4 % + Inflation. Detta till följd av vad som framkom i avsnitt 5.3. I avsnitt 5.3 står det att framtida investeringar och ökade driftskostnader innebär att VA-taxan måste öka med 4% med ytterligare tillägg för prisökningar på grund av inflation, år efter år. Det värde som väljs som ”Inflation” som vi adderar till 4 % är det medelvärdet som tas fram i 5.3.1 som är på 2,4 %.

I Figur 5.4 syns det att VA-taxan varierar mycket mellan Sveriges kommuner. Eftersom priset på vattnet varierar kommer det att ha en effekt på hur lång återbetalningstid olika kommuner har vilket kan urskiljas i avsnitt 5.6 och avsnitt 5.8. Det går att urskilja att VA-kostnaderna runt om i Sveriges kommuner i huvudsak

ligger mellan 2,54–5,21 öre/liter. Det finns strax över 10 kommuner som har en lägre VA-taxa och lite fler än 30 som har högre. Vi kan till exempel se att några kommuner öst om Vättern (Motala, Linköping och Mjölby) har en lägre VA-taxa medan kommuner såsom Gotland samt några högt upp på västkusten (Orust, Munkedal, Lysekil, Tanum, Färglanda och Strömstad) för att nämna några har en högre VA-taxa



Figur 5.4 *Detta är en bild, gjord av författarna till rapporten, över hur hög VA-kostnad olika kommuner hade för typhus B år 2022. Värdena som kartan baseras på är alltså värdena i Svenskt Vatten(2022a). För Krokoms kommun gäller dock värdet funnet i Krokoms kommun (2022). Kartan är en omgjord karta. Ursprunglig karta är av: Lokal_Profil, CC BY-SA 2.5,* https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1929839

.

5.5 Sparat vatten genom gråvattenåteranvändning

För att ta fram återbetalningstiden för ett gråvattensystem behövs det finnas information om mängden vatten som flerbostadshuset sparar i liter per dygn. För att ta fram denna mängd görs det några antaganden. Det görs ett antagande i rapporten att beräkningar av återbetalningstid ska ske för ett flerbostadshus med 13 lägenheter där 2 personer bor per lägenhet. Valet av antalet lägenheter är en följd av det som framkommer i avsnitt 5.2.1. Antagandet av 2 personer per lägenheter följer av att SCB (2018) skriver att det i snitt bor 1,9 personer per lägenhet i flerbostadshus.

I avsnitt 1.5.3 framkom att Avloppsguiden (u.å.) gör ett antagande om att en person gör en stor spolning och fem små spolningar per dag, d.v.s. totalt sex spolningar. I denna rapport väljs samma antagande.

Avloppsguiden (u.å.) skriver om antal liter som de olika typerna av toaletter använder vid spolning och detta visas nedan.

- För en snålspolande (dubbelspolande) toalett: Stor spolning är på 4 liter och en liten är på 2 liter.
- Enkelspolad toalett: 6 liter per spolning

Från Avloppsguiden kan vi göra antagandet att en person spolar 6 gånger per dag. Med de antaganden som står ovan kan vi räkna totala antalet liter per dag per person för den enkelspolande toaletten och för den dubbelspolande toaletten, se Tabell 5.1

Tabell 5.1 *Antalet liter vatten enkelspolande och dubbelspolande toaletter använder per dag givet att det är en person som gör totalt 6 spolningar per dag.*

	Antal Spolningar	
Liter per spolning	**Enkelspolande toaletter**	**Dubbelspolande toaletter**
2		5
4		1
6	6	
Totalt (liter per dag)	**36**	**14**

Med hjälp av värdena från tabell 5.1 räknades den totala spolningsmängden per dag för flerbostadshuset fram för dels enkelspolade toaletter dels dubbelspolande. För att se den totala spolningsmängden för det antagna flerbostadshuset om enkelspolande toaletter är installerade se tabell 5.2. För dubbelspolande toaletter, se tabell 5.3 i stället.

Tabell 5.2 *Total spolningsmängd för antaget flerbostadshus om det är enkelspolande toaletter installerade*

Lägenhetantal:	13
Antal personer per lägenhet:	2
Enkelspolande toaletter (liter/dag)	36
Flerbostadshus totala spolningsmängd(liter/dag) :	936

Tabell 5.3 *Total spolningsmängd för antaget flerbostadshus om det är dubbelspolande toaletter installerade.*

Lägenhetantal:	13
Antal personer per lägenhet:	2
Dubelspolande toaletter (liter/dag)	14
Flerbostadshus totala spolningsmängd(liter/dag) :	364

5.6 Byte från enkelspolande till dubbelspolande toalett

Det är betydligt enklare att byta toalett jämfört med att genomföra rördragning och installation av ett reningssystem i en byggnad. Därav görs ett antagande om att man, i de fall enkelspolande toaletter för tillfället är installerade, byter typ av toalett till dubbelspolande toalett som ett första steg i vattenbesparing. Att bara byta toalett så att mindre dricksvatten används vid varje spolning medför en minskning på ca 61 % av dricksvattenförbrukning. För ett flerbostadshus av antagen storlek på 13 lägenheter med 2 personer per lägenhet motsvarar det en besparing på nästan 209 000 liter på ett år.

Nedan visas två tabeller, den ena Tabell 5.4 för enkelspolande toaletter, och Tabell 5.5 för dubbelspolande toaletter, på hur mycket det kostar en fastighetsägare per år att betala för den vattenförbrukning som sker genom spolning av toaletter.

Tabell 5.4 *Visar hur mycket 6 utvalda kommuner betalar för vattenförbrukning i kr/år för 6 olika år, för enkelspolande toaletter. År 1 antas vara det första året som gråvattensystemet används och VA-taxan för år 1 antas vara samma som i Svenskt Vatten (2022a) och Krokoms Kommun (2022). Därefter ökas VA-taxan med 6,4 % för varje år som går vilket påverkar hur mycket vattenförbrukningen kostar fastighetsägaren.*

	Enkelpolande toaletter kr/år					
	1 år	**9 år**	**10 år**	**13 år**	**14 år**	**15år**
Solna	4 100	6 734	7 165	8 631	9 183	9 771
Stockholm inkl Huddinge	5 808	9 540	10 151	12 227	13 009	13 842
Osby	16 399	26 937	28 661	34 523	36 733	39 083
Dorotea	17 424	28 620	30 452	36 681	39 028	41 526
Nordanstigs	23 573	38 721	41 200	49 627	52 803	56 182
Tjörn	26 990	44 333	47 170	56 819	60 456	64 325

Tabell 5.5. *Visar hur mycket 6 utvalda kommuner betalar för vattenförbrukning i kr/år för 6 olika år för dubbelspolande toaletter. År 1 antas vara det första året som gråvattensystemet används och VA-taxan för år 1 antas vara samma som i Svenskt Vatten (2022a) och Krokoms Kommun (2022). Därefter ökas VA-taxan med 6,4 % för varje år som går vilket påverkar hur mycket vattenförbrukningen kostar fastighetsägaren.*

	Dubbelspolande toaletter kr/år					
	1 år	**9 år**	**10 år**	**13 år**	**14 år**	**15 år**

Solna	1 594	2 619	2 786	3 356	3 571	3 800
Stockholm inkl Huddinge	2 269	3 710	3 947	4 755	5 059	5 383
Osby	6 377	10 475	11 146	13 426	14 285	15 199
Dorotea	6 776	11 130	11 842	14 265	15 178	16 149
Nordanstigs	9 167	15 058	16 022	19 299	20 535	21 849
Tjörn	10 496	17 241	18 344	22 096	23 511	25 015

Vid analys av Tabell 5.4 och Tabell 5.5 kan man se en väsentlig skillnad mellan hur mycket pengar en fastighetsägare behöver lägga på att köpa in vatten som sedan spolas ner i toaletten beroende på om det är en enkelspolande eller dubbelspolande toalett. För att ge ett exempel på skillnaden mellan enkel- och dubbelspolande toaletter kan man analysera kostnader för vattenanvändning för spolning i Tjörn. Tjörn är den kommun med högst VA-taxa och det kostar 26 990 kr under första året med 2022 års VA-taxa för enkelspolande men 10 496 kr för dubbelspolande. Vid byte av toalett under år 2022 hade det inneburit en besparing på nästan 16 500 kr. Med de VA-taxor som finns idag kan en kommun med hög VA-taxa såsom Tjörn alltså tjäna ca 16 000 på ett år genom att bara byta typ av toalett. Om 15 år, med antagen ökning på 6,4 % per år, tjänar man nästan 40 000 kr på ett år genom att ha en dubbelspolande toalett. Toaletter har visserligen en kostnad, och för det antagna flerbostadshuset skulle 13 toaletter behöva bytas och författarna uppskattar kostanden för toaletterna till att vara någonstans mellan 1500 och 5000 per toalett beroende på toalett (antar att man inte väljer de dyraste toaletterna på marknaden). Den uppskattningen baseras på en enkel sökning på att köpa en toalett under tiden för skrivande av rapporten där priset på olika toaletter som man kunde köpa syntes. Utöver kostnaden för själva toaletter tillkommer arbetskraftskostnad. Hus.se (2022) redogör för ungefärliga timpriser för olika typer av hantverkare. Timpriset för en rörmokare uppskattas vara 450–600 kr/h. Författarna här antar att timpriset ligger på 550 kr/h. ABCrör (2021) beskriver att det inte borde ta mer än en till två timmar att byta en toalett. I denna rapport antas det att det tar 1,5 h att byta en toalett. För ett flerbostadshus med 13 lägenheter och totalt 13 toaletter medför detta att arbetskraftskostnaden ligger på ca 10 725 kr. Arbetskraftskostnaden tillsammans med toalettpriserna innebär att totalkostnaden blir på ca 30 225–75 725 kr.

Antagande om att bostaden är lokaliserad i Tjörn görs och att VA-taxan år ett av användning av toaletten är på samma nivå som VA-taxan var för typhus B år 2022, samt att VA-taxan därefter ökar med 6,4 % år efter år. Detta tillsammans med uppskattningen av totalkostnad ovan medför en återbetalningstid på ca 2,7–6,1 år. För en kommun som Osby ligger återbetalningstiden i stället på ca 4,3 till 9 år. För en kommun som Solna med låg VA-taxa ligger den i stället på mellan ca 12,8 och 22,5 år.

Efter att man sparat ihop samma summa som man lade vid investeringen att byta toalett genom minskad vattenanvändning, sparar man mycket pengar per år som fastighetsägare i en kommun med medelhög till hög VA-taxa. Till skillnad från ett gråvattensystem som har driftskostnader och engångskostnader har ett byte av toalett bara kostnader vid ett tillfälle vilket är vid inköp av nya toaletter och installationen av dem. Om man byter från enkelspolande till dubbelspolande toalett kan man efter att man nått återbetalningstiden tjäna in flera tusen kronor per år i en kommun med

medelhög till hög VA taxa, där antalet kronor man tjänar in per år ökar och ökar. Till exempel kan en fastighetsägare i Tjörn under år 7 av användandet av dubbelspolande toalett spara ca 15 200 kr och år 10 av användande av dubbelspolande toalett spara ca 18 300 kr. Detta givet att VA-taxan ökar med 6,4 % år efter år och att VA-taxan år ett är på samma nivå som i Svenskt Vatten(2022a) för typhus B. Dessa pengar kan användas till något annat än att betala för vatten som används för att spola toaletter med.

Ovan beskrivs det att det finns en skillnad i återbetalningstid, för att byta från enkelspolande toalett till dubbelspolande toalett, mellan olika kommuner. Återbetalningstiden för olika kommuner varierar och det beror på att olika kommuner har olika stor VA-taxa. Genom att byta toalett kan en fastighetsägare minska mängden vatten som går åt till spolning av toaletter med runt 60 % och för kommuner med medelhög till hög VA-taxa kan man återfå de satsade kronorna relativt snabbt vilket gör det gynnsamt att byta toalettyp där. Kommuner med någorlunda hög VA-taxa kan alltså genom byte av toalett gynna både dem själva och miljön. Frågan som kvarstår är huruvida det är ekonomiskt hållbart för en fastighetsägare att minska den återstående vattenförbrukningen på ca 133 000 liter per år för antaget hus genom att installera ett gråvattensystem. För beräkningen av återbetalningstid för gråvattensystem i avsnitt 5.8 görs alltså ett antagande att det är dubbelspolande toaletter installerat i det fiktiva huset med 13 lägenheter.

5.7 Investeringskostnad och driftskostnad för system

För att kunna beräkna återbetalningstiden för systemet behövs förutom informationen om hur mycket vatten som sparas i liter per dygn för dubbelspolande toaletter i tabell 5.3, också antaganden gällande kostnad för investering, driftskostnad och eventuella engångskostnader. I detta avsnitt behandlas detta.

I avsnitt 5.2.2 beskrivs det att kostnaden för det gråvattensystem som är installerat på HSB Living Lab just nu uppskattas till ungefär 100 000 kr, där denna kostnad är exklusive rördragning i huset. Det beskrivs i samma avsnitt att det är totalt 29 lägenheter med runt 35 personer som bor i HSB Living Lab. Det uppskattas i avsnitt 5.2.2 att driftskostnaden för ett gråvattensystem som bara använder gråvatten för till att spola toaletter med och som inte har någon värmeväxlare kommer ligga på runt 10 till 20 kr/m^3.

I avsnitt 5.2.1 skrivs det att den uppskattade kostnaden för systemet installerat på lägenhetshusen i Junehem är på mellan 100 000 och 150 000 kr, där kostnaden är exklusive rördragning. Detta system skulle rena vatten för 16 lägenheter. I 3.2.1 beskrivs det också att de måste genomföra en kemisk rening ungefär vart annat år och att den kostnaden uppskattas ligga på runt 10 000 kr.

I 5.2.3 förklaras det att Karlsson hos Bengt Dahlgren uppskattat att kostnaden för rördragning ligger på cirka 90 000 kr för ett system som bara använder renat gråvatten för spolning av toaletter.

I avsnitt 5.5 stipulerades ett antal antaganden i arbetet. Dessa var att beräkningar ska ske för ett flerbostadshus med 13 lägenheter där 2 personer bor per lägenhet. Detta i sig betyder att det totalt bor 26 personer i flerbostadshuset.

Informationen i föregående stycken leder till ett antal antagaden som kommer göras för kommande beräkningar. Det första antagandet gäller investeringskostnaden. Till följd av begräsningen 13 lägenheter och 2 personer per lägenhet väljer vi att anta en investeringskostnad för själva reningssystemet på 100 000 kr. Detta eftersom det valda flerbostadshuset med antalet boende är mindre än både det på HSB Living Lab och de redan byggda lägenhetshusen på Junehem. Vi väljer alltså att lägga oss i underkant på den investeringskostnaden som gavs för Junehem och på samma som för HSB Living Lab. Anledningen till att vi inte drar ner priset ytterligare är till följd av att siffrorna är uppskattade, inte beräknade och är därmed en aning osäkra. Det finns en osäkerhet hos författarna hur mycket som är rimligt att priset sänks till följd av att det har lite färre boende. Antagandet på 100 000 kr för systemet görs i ett försök att inte underskatta hur lång tid som det tar att få åter investeringen. Därutöver väljer vi att anta samma rörläggningskostnad som Karlsson uppskattat, d.v.s. 90 000 kr. Vårt antagande angående investeringskostnaden blir alltså; 100 000 för systemet adderat med 90 000 för rörläggning, d.v.s. 190 000 kr.

Nästa antagande gäller driftskostnader. Driftskostnaden för ett system utan värmeväxlare, som bara är till för att rena vatten för att spola i toaletter med, uppskattades till att vara mellan 10 och 20 kr/m^2. Författarna väljer att ta medelvärdet av uppskattningen, d.v.s. ett antagande görs om att det är en driftskostnad på 15 kr/m^2. Eftersom det tidigare konstaterats i 5.2.1 att kemisk rening med flockering behöver mer forskning görs ett antagande om att det i det valda flerbostadshuset är biologisk rening. Detta medför att vi antar en engångskostnad vart annat år på 10 000 kr för kemisk rening för att lösa upp fett i systemet med start från år 2 av användningen av systemet.

De antaganden som gjorts åskådliggörs i Tabell nedan.

Tabell 5.6 *Visar antagen kostnad för system, antaget värde för driftskostnad och engångskostnader under användningsfasen av systemet.*

Kostnad för system	190 000 kr
Kostnad i drift	15 kr/m^2
Engångskostnader under driftstid	10 000 kr vartannat år med start från driftår 2

5.8 Tid till dess att investeringen fås åter

Nedan följer två tabeller. Kommunerna i i nedanstående tabeller har valts som en representation för kommuner med låga VA-taxor, medelhöga VA-taxor samt höga VA-taxor. Solna är den kommun med lägst VA-taxa följt av kommunerna Stockholm och Huddinge. Osby och Dorotea är två kommuner som ligger någonstans nära mitt emellan den högsta och lägsta VA-taxan där många kommuner befinner sig. Vidare är Tjörn den kommun med högst VA-taxa, och Nordanstig den med näst högst.

I Tabell 5.7 visas det hur lång återbetalningstiden är för de 6 utvalda kommunerna för dubbelspolande toaletter.

Vidare visar Tabell 5.8. hur mycket mer pengar i kr som behöver tjänas in efter år 15 för att återfå investeringen. För att återfår investeringen görs besparingar i form av

minskad användning av vatten, samtidigt som pengar också spenderas på drift och engångskostnader.

Tabell 5.7 *Tabellen visar hur lång tid det tar för några få utvalda kommuner att återfå investering genom minskad vattenanvändning. Den visar hur lång tid det tar för om dubbelspolande toaletter är installerade i flerbostadshuset.*

	Återbetalningstid Dubbelspolande toaletter
Solna	Längre än 15 år
Stockholm inkl Huddinge	Längre än 15 år
Osby	Längre än 15 år
Dorotea	Längre än 15 år
Nordanstig	Längre än 15 år
Tjörn	Längre än 15 år

Författarna har också testat hur återbetalningen tiden skiljer sig åt om driftkostnaden, engångskostnaden och investeringskostnaden ändras med ±15%. Resultatet vi fick var att om kostnaden höjs så är tar det av uppenbarliga anledningar längre än 15 år att få tillbaka investeringen. Om kostnaderna minskar med 15% så tar det exakt 15 år för Tjörn att få tillbaka investeringskostnaden och för resten fortfarande längre än 15 år.

Tabell 5.8 *Tabellen visar hur mycket pengar som är behöver tjänas in för att återfå investeringen efter att år 15 har passerat. Här räknas besparingar till följd av minskad vattenanvändning som intäkter och investeringskostnaden för system och rörläggning tillsammans med driftkostnader och engångskostnader som utgifter.*

Antal kronor kvar att tjäna in till dess att man fått tillbaka sin investering efter år 15.	
	Dubbelspolande toaletter
Solna	251 633
Stockholm inkl Huddinge	235 692
Osby	136 853
Dorotea	127 288
Nordanstig	69 898
Tjörn	38 015

6 Diskussion

6.1 För- och nackdelar med olika system

Vid undersökning av system för gråvatten visar det sig att många använder biologisk rening, och oftast antingen RBC eller MBR rening. Vid jämförelse av RBC och MBR kan man urskilja att MBR är bättre på att rena COD jämfört med RBC. När det gäller biologisk rening så har det framgått att det tar mycket plats och är en relativt långsam process. I Sverige finns därav en vilja att gå från biologisk till kemisk process. Den biologiska processen är väl testad och har bevisligen fungerat medan den kemiska processen inte har studerats så mycket. Författarna av denna rapport anser att det är en bra idé att undersöka möjligheten till kemisk rening såsom det görs på HSB Living Lab just nu. Detta eftersom det tar mindre plats och är snabbare vilket vi anser kan få fler att vilja investera i ett gråvattenåteranvädningssystemet. Författare till rapporten inser att det måste göras fler studier på kemiska process för att kunna jämföra hur bra sådana är på att rena gråvatten jämfört med bioprocessen.

Det som märktes vid undersökning mellan system utomlands och system i Sverige är synen på behov av desinfektion. Många använder någon form av desinfektion utomlands, vanligtvis UV desinfektion, medan det i Sverige anses som onödigt till följd av att man inte har kontakt med vattnet man spolar med. Författarna till denna rapport anser att även om vi naturligt inte har kontakt med vattnet att det ur en försäljningsynpunkt kan vara bra med desinfektering i flerbostadshus. Detta till följd av att folks oro ifall de skulle komma i kontakt med vattnet. Att tillägga till det som står ovan är att vattnet i en toalett alltid är orent eftersom det är just en toalett även om vattnet i tanken till toaletten är av god kvalité. Därav är det alltid dåligt att komma i kontakt med det. Med det sagt anser vi fortfarande att UV desinfektion ändå skulle göra det lättare att marknadsföra systemet eftersom det möjligtvis skulle minska människors oro även om det kanske inte gör en reell skillnad på hur rent vattnet är i toaletten.

När undersökning av systemen skedde insåg författarna att det fanns olika ställen man kunde placera systemet för rening på samt tanken för det renade vattnet. Vissa hade reningssystemet och tank för renat vatten i källaren medan det också finns projekt där reningssystemet är i källaren medan rentanken är på taket. Därutöver kan man gräva ner uppsamlingstankar i marken. Sedan visade vi även ett exempel på att varje enskild lägenhet kan ha ett reningssystem.

Författarna till denna rapport ser för och nackdelar med de olika lösningarna. Vi anser att nedgrävning av uppsamlingstankar kanske inte är så bra om vattenanvändningen är för låg men att det kan vara en bra lösning när man har flerbostadshus som har stor vattenanvändning. Nedgrävning frigör trots allt utrymme i källarplan. När det kommer till enskilda reningssystem för varje lägenhet i ett flerbostadshus kanske det för tillfället inte finns anledning att ha det här i Sverige till följd av att det inte riktigt finns ekonomiska incitament för det. Man tjänar mer på sådana lösningar i andra länder som är mer tätbebyggda, där utrymme i källarplan/vindsplan saknas och/eller vattenpriset är högre. Gällande system som har reningssystemet i källaren men tank för renat vatten på taket som är ett konventionellt sätt att göra på vissa platser enligt 5.1.5, tycker vi att det är en mindre bra lösning till följd av det som står i 5.1.2. Det

som står 5.1.2 är att gråvatten inte bör utsättas för solljus. En renvattentank ska innehålla renat vatten men hur rent behöver vattnet vara? I 5.1.2 framkommer det inte vad anledningen är till att gråvatten inte bör utsättas för dagsljus vilket medför att vi anser att det är en mindre bra lösning att ha tankar på taken, oavsett om det är uppsamlingstankar eller renvattentankar.

Författarna av denna rapport anser till följd av ovanstående anledningar att placering av reningssystem och tank för renat vatten bör båda vara i källaren här i Sverige, med undantag för flerbostadshus som har en mycket stor vattenanvändning.

6.2 Hur författarna skulle utforma ett gråvattensystem

Det bästa systemet att använda i Sverige bedömer vi som författare, baserat på de för- och nackdelar som funnits för olika system, innehåller dessa komponenter i denna nummerordning:

1. Avskild avloppsrörläggning för gråvatten som kommer från badrum. Detta är för att gråvattnet från badrum innehåller mindre fetter än gråvattnet från köket.
2. Samlingstank där gråvattnet bevaras innan det går igenom reningsprocessen. Den ska vara placerad i källaren.
3. Grovfilter med porstorleken 0,02–0,04 mm.
4. En flockeringstank, där en kemisk fällning tillsätts och flocker bildas som sedan faller mot botten. Flockarna som bildas tas sedan bort. Anledningen till att kemiska rening valdes är att den tar mindre plats och mer tideffektiv. Denna process är fortfarande under forskning och det undersöks hur bra den fungerar. Om kemisk rening är lika bra som biologiska rening på att rena gråvattnet anser vi at det är det bästa alternativet för Sverige.
5. Filtrering som tar bort bland annat lukt och färger.
6. UV-desinfektion. Vi anser att det blir lättare att sälja in användning av ett gråvattensystem på marknaden ifall ett sådant steg finns med.
7. Reningsvattentank där de renade vattnet bevaras tills det behövs.
8. Pump som pumpar upp vattnet till toaletterna som har en inbyggs tank med vattnet.

6.3 Påverkan olika VA-taxor har på återbetalningstiden

Återbetalningstiden varierar kraftigt till följd av olika VA-taxor, vilket indirekt kan urskiljas i Tabell 5,8. I Tabell 5.8 urskiljs det att beroende på hur hög VA-taxa en kommun har, varierar det hur mycket mer pengar som behöver sparas fram till dess att återbetalningstiden nås. Många kommuner har mindre pengar att spara nu jämfört med vid start men kommuner med låg VA-taxa har mer än de ursprungliga 190 000 kr kvar att spara till dess att återinvestering nås eftersom utgifter i form av driftskostnader och engångskostnader är större in inkomster i form av minskad vattenanvändning.

Även om det framgår av Tabell 5,8 att kommuner med hög VA-taxa kanske inte har särskilt många år fram till dess att återbetalningstiden nås väljs det av författarna av rapporten att avsluta beräkningarna efter att 15 år har gått. Detta eftersom vi anser att ingen kommer investera om återbetalningstiden är mer än 15 år. På grund av detta ser vi bara att återbetalningstiden är längre än 15 år för alla kommuner som man kan se i Tabell 5.7. Med undantag när vi kollade skillnaden om vi ändrade investeringskostnaden, driftkostnaden och engångskostnaden med -15 %. Då lyckades Tjörn precis att få återbetalningstiden på exakt 15 år.

Det som också tydliggjorts under avsnitt 5.8 är att trots att vi har relativt höga VA-taxor jämfört med omvärlden som beskrevs i avsitt 1.6, har vi så pass låga VA-taxor överallt i Sverige att återbetalningstiden är lång oavsett vilken kommun det gäller. För dubbelspolande toaletter, som är den vanligaste typen av toalett som används idag enligt avsnitt 1.5.3, är återbetalningstiden längre än 15 år oavsett vilken kommun som den antagna byggnaden finns i.

6.4 Är ett gråvattensystem en hållbar lösning?

Detta är en mångfasetterad fråga som inte har ett enkelt ja eller nej svar men författarna för denna rapport ger sin syn angående huruvida systemet är hållbart.

6.4.1 Ekonomiskt hållbart?

Vi anser att det är ekonomiskt hållbart speciellt i kommuner med medelhög till hög VA-taxa att byta toaletter från enkelspolande till dubbelspolande toaletter till följd av tillräckligt korta återbetalningstider tillsammans med antalet kronor man tjänar in per år efter att återbetalningstiden nåtts. Däremot anser vi inte att det är ekonomiskt hållbart för en fastighetsägare, som bygger ett nytt flerbostadshus och sätter in dubbelspolande toaletter eller har ett gammalt hus som bytt från enkelspolande till dubbelspolande toaletter att installera ett gråvattensystem. Återbetalningstiderna är så pass långa, över 15 år, att investeringen upplevs som osäker tillsammans med att det är svårt att veta hur något kommer vara om 15+ år. Ingen kommun får tillbaka investeringen inom en 15 års period för dubbelspolande toaletter vilket är den allra vanligaste typen av toaletter som finns installerade idag. Installerar man ett gråvattensystem där man renar gråvatten och använder det till spolning i toaletter i ett flerbostadshus av antagen storlek görs det inte för att tjäna pengar.

Till bedömningen att det inte är ekonomiskt gångbart att ha denna typ av gråvattensystem är det värt att nämna att våra beräkningar inte tar i hänsyn eventuell ökning av fastighetsvärdet och hur hög den är. Beroende på hur stor eller liten den är kan svaret på huruvida den är ekonomiskt hållbar ändras. Lägg därtill att svaret även kan ändras om VA-taxan förändras på ett mycket annorlunda sätt över tid. Om det blir kraftig vattenbrist i framtiden kanske VA-taxan höjs rejält och då kan man kanske som fastighetsägare få mycket nytta av sitt system. Därtill är det värt att påpeka att det finns betydligt större flerbostadshus än det vi räknat på och till följd av det som framkommit i kap 5.1.4. vet vi att lönsamheten ökar vid medelhög till hög vattenanvändning. Det innebär att även om det är långt ifrån att vara ekonomiskt gångbart för ett flerbostadshus av antagen storlek kan ett betydligt större hus med betydligt större vattenanvändning möjligtvis vara ekonomiskt gångbart men det är osäkert och något som kan undersökas.

Även om det verkar som att det inte är ekonomiskt hållbart för fastighetsägaren skulle en undersökning behövas göras gällande hur det ekonomiskt påverkar reningsverk och vattenverk som behöver rena mindre vatten till följd av ett lägre behov av vatten från befolkningen. Då är det intressant att undersöka hur många som behöver återanvända gråvatten för spolning av toaletter för att det ska bli någon större ekonomisk påverkan för de som är ansvariga för vattenverk, reningsverk och VA-nätet. I avsnitt 1.3 nämner de att reningsprocesserna för att ta bort miljöskadliga ämnen är dyra. Det blir

intressant att undersöka hur mycket ägare av vattenverk tjänar på att fastighetsägare renar föroreningarna lokalt i ett gråvattensystem. Det ska gå att ta bort till exempel mikroplaster i ett lokalt gråvattensystem vilket nämns i avsnitt 5.2.2.

Det är också en fråga om vilka sekundära inkomster man får från färre skador på gröna områden i Sverige. När man använder gråvattensystem sparar man på vatten, vilket medför att grundvattnets nivå sjunker mindre (om vattenuttaget sker från en grundvattentäkt). Konsekvenserna av detta kan medföra att risken för att skogsbränder sker blir mindre för att ge ett exempel. Om samhället behöver lägga mindre kostnader på skogsbränder medför det att man får sekundera kostnadsbesparingar, som visserligen inte gör det mer ekonomiskt hållbart för en enskild fastighetsägare. Vi har inte kollat på dessa sekundära kostnader, men Indien har undersökt sekundära besparingar och de kom fram till att det blev ekonomiskt hållbart med ett gråvattensystem om man tog hänsyn till detta.

6.4.2 Miljömässigt hållbart?

Skogar blir mindre torra under torra perioder om vattenuttag från grundvattentäkter minskar eftersom grundvattnets nivå då sjunker mindre. Detta kan göra så att de ekologiska systemen får lämnas mer ifred i skogarna. Till vilken grad minskade grundvattenuttag minskar risken för till exempel brand vet vi inte till följd av att vi inte genomfört någon undersökning på det.

Genom att minska behovet av vatten behöver vattenverk producera mindre dricksvatten vilket medför att vattenverkets utsläpp kan minskas. Dock produceras utsläpp när man tillverkar komponenter till gråvattensystemet så frågan är hur mycket mindre utsläpp som användandet av ett gråvattensystem medför om det ens är mindre nettoutsläpp. Vi kan inte göra denna bedömning eftersom vi inte har gjort någon undersökning på om nettoutsläppet blir mindre.

Reningsverken står till stor del bakom att många farliga ämnen inklusive mikroplaster är i Sveriges sjöar och vattendrag enligt avsnitt 1.3 I avsnitt 5.2.2 skrivs det om att duscha i renat gråvatten och att det installerade gråvattensystemet tog bort mikroplaster. Om man installerar gråvattensystem i byggnaderna har man verktyg för att kunna ta bort dessa miljöfarliga ämnen som större reningsverk har svårt att ta hand om. På så sätt är gråvattensystem miljömässigt hållbart.

6.4.3 Socialt hållbart?

I rapporten avsnitt 1.1.1 nämns det att många har drabbats av vattenbrist i Sverige trots Sveriges i genomsnitt goda tillgång på vatten. I avsnitt 1.2.2. beskrivs det att finns lokala variationer av såväl vattentillgång som vattenanvändning i Sverige samt att vattenanvändning ibland till och med kan vara det som orsakar vattenbrist. Det spås även bli större problem med vattenbrist i Sverige i framtiden. I 1.2.2 beskrivs också att en av åtgärderna man kan använda sig av för att minska vattenbrist är vattenanvändning.

Som syns i Figur 1.1 i avsnitt 1.4 är industrin den sektor som står för störst vattenförbrukning och därefter kommer hushåll. Inom ett hushåll är det näst största användningsområdet för färskvatten att spola toaletter. Ett av sätten som kan minska

vattenbristen är att minska hushållens användning av färskvatten genom återanvändning av gråvatten till toalettspolning.

Genom att minska vattenbristen genom att minska vattenanvändningen behöver färre drabbas av vattenbrist och de problem som det för med sig. De personer som bor i ett hus med återanvändning av gråvatten kan både vara med och minska vattenbristen eller risken för vattenbrist och ha vetskap om att det finns en renvattentank som innehåller vatten som de kan spola med en tid framåt. Det medför att de inte kommer få problem lika snabbt med att inte kunna spola sina toaletter som övriga i de fall då svår vattenbrist uppstår i ett område. De boende kan på sådant sätt känna en viss trygghet, vilket kan minska stress vid torra perioder.

6.5 Analys av felkällor

De beräkningar som gjorts bygger på många antaganden och uppskattningar. Om verklig kostnad varierar mycket från det antagna lär det påverka resultaten till viss del eftersom besparingen enbart fås genom minskad vattenanvändning. Vid en variation på 10 000 till 20 000 kr kan återbetalningstiden minskas eller öka med något eller några år.

6.6 Vad kan göras i framtiden?

Det har konstaterats att det inte är ekonomisk hållbart för fastighetsägare att installera ett gråvattensystem som använder renat gråvatten till att spola toaletter med där rördragning i huset måste ske och där man inte återvinner värme från gråvatten. Om en byggnad redan har ett gråvattensystem fast gråvattnet inte används till något utan man bara utvinner värme från det i nuläget, hur lång återbetalningstid skulle en installation av ett gråvattensystem då kosta? Rördragningskostnad lär bli betydligt lägre eftersom en stor del av rördragningen redan måste ha skett, och därtill sker en besparing genom inte bara minskad vattenanvändning utan också genom energibesparing till följd av värmeväxlaren. Hur mycket påverkar det återbetalningstiden? Kan en fastighetsägare som redan har gjort mycket av rördragningen och har värmeväxling få ekonomisk gångbarhet för installation och drift av ett reningssystem för gråvatten? Detta är frågor som skulle kunna undersökas i framtiden.

I rapporten finns många exempel på biologisk rening men som det nämndes i 5.2.1 behövs mer undersökningar gällande kemisk rening såsom det som görs i HSB Living Lab i 5.2.2. Sedan om fler sådana undersökningar görs kan man jämföra olika biologiska reningsprocesser med kemiska. Man kan granska de olika processernas fördelar och nackdelar.

Det kan i framtiden genomföras undersökningar gällande hur minskad vattenanvändning genom till exempel spolning av renat gråvatten i toaletter påverkar VA-nätet, vattenverk och reningsverk. Då kan man undersöka hur mycket vattenanvändningen måste minska för att få betydande ekonomiska vinster.

Vidare kan man även göra en livscykelanalys (LCA) för ett gråvattensystem som renar gråvatten för att sedan använda det till att spola i toaletter. Detta för att bedöma dess miljöpåverkan under hela systemets livscykel.

Utöver det som redan nämnts kan man även undersöka vilka steg i en lokal reningsprocess i en byggnad som krävs för att rena gråvatten från till exempel mikroplaster. Om man gör det kan man undersöka hur det påverkar mängden mikroplaster eller miljöfarliga ämnen som släpps ut från reningsverk till vattendrag. Man kan även undersöka hur ett sådant reningssystem anpassat för att ta bort mikroplaster, eller PFAS eller annat hälsovådligt ämne påverkar dessa ämnens koncentration i reningsverk om de placeras i andra byggnader än just flerbostadshus såsom till exempel sjukhus eller industrier. Om man gör en sådan undersökning kan man även granska hur ett vattendrag med lägre förorening påverkar kostanden att rena vattnet till dricksvattenkvalitet.

6.7 Intressekonflikter

Vår handledare vid Chalmers är chalmersforskaren Jesper Knutsson som bland annat forskar på HSB Living Lab. Han är även delägare i Graytec AB, som är samma företag som intervjuades angående flerbostadshusen i Junehem.

Det kan anses vara en intressekonflikt att ha en handledare som man även intervjuar, och som dessutom är delägare i det företag som vi intervjuar för ett annat gråvattenprojekt.

7 Slutsats

Att återanvända gråvatten är inget nytt. Det har gjorts i flera decennier, i alla fall utomlands. Vid litteraturstudier återfinns flera gråvattensystem och dess teknik för rening. Hur reningen går till kan variera en del. Det återfanns bara biologisk rening i projekten utomlands. I Sverige är användning av ett gråvattensystem i större projekt eller flerbostadshus ovanligt. Vid de första projekten bestod reningen av biologiska processer men nu undersöker man möjligheten att ha en kemiskt baserad rening i stället för att få fördelar såsom mindre ytanvändning för tankar och få en snabbare process.

Den kemiska reningsprocessen är relativt ny och därav svår att jämföra med andra processer och det är även svårt att just nu beskriva dess olika för och nackdelar. Dock pågås det forskning på kemisk rening. Gällande den biologiska reningen kan man se att ett MBR baserat system är bättre på att ta bort COD än ett RBC baserat system. I systemen utomlands kan det urskiljas att desinfektion i form av UV strålning vanligtvis ingår medan projekten i Sverige valt att inte ha med UV strålning. De har valt de med hänvisning till att man inte är i direkt kontakt med vattnet, d.v.s. att man inte dricker det eller har kontakt med det via huden. En nackdel med att inte ha med UV desinfektion kan möjligtvis vara att man får svårigheter att marknadsföra systemet. Det kan vara svårt att få ett system utan UV desinfektion accepterat av användarna. Det är inte undersökt i rapporten huruvida avsaknad av UV-rening påverkar hur personer accepterar användningen av gråvatten för att spola med i toaletter men det är en personlig reflektion av författarna och något som kan undersökas i framtiden. Vi som författare anser att det möjligtvis kan uppstå problematik med frågor rörande undantagshändelser där man råkar komma i kontakt med toavattnet.

Utöver att ha olika reningssteg kan också systemet ha olika placeringar för såväl tankar som reningssystemet. Tankarna kan som sagt placeras på lite olika ställen, och om man som i Taiwan väljer att ha tankar i varje enskild lägenhet betyder det att service också måste ske i varje enskild lägenhet. Med kostnaden för arbetskraft i Sverige är det enligt oss inte att rekommendera att ha en tank i varje enskild lägenhet. Det belystes även i rapporten att det inte är bra för en uppehållstank att stå i dagsljus vilket är varför vi anser att det är en bättre idé att ha uppehållstankar och reningstankar i källare än på taket.

Genom att använda gråvattensystem kan mycket vatten sparas, ca 133 000 liter i ett flerbostadshus med 13 lägenheter där två personer bor per lägenhet och dubbelspolande toaletter är installerade.

Som fastighetsägare beräknas inte ett gråvattensystem som använder renat gråvatten för att spola i toaletter vara ekonomiskt gångbart för ett flerbostadshus i liknande storlek som det antagna. Detta till följd av långa återbetalningstider om man installerar ett gråvattensystem till en fastighet som har dubbelspolande toaletter. Det bedöms dock vara en bra investering att byta ut enkelspolande toaletter mot dubbelspolande till följd av hur mycket man sparar in på det per år. För att det ska vara ekonomisk gångbart med ett gråvattensystem installerat för given användning i en byggnad av antagen storlek behöver fastighetspriset öka markant vid införskaffande av systemet. Författarna i denna rapport har dock inte tagit hänsyn till

eventuell fastighetsvärdeökning och hur stor denna kan vara och därigenom inte tagit hänsyn till hur den kan påverka slutsatsen om ekonomisk gångbarhet. Alternativt behöver VA-taxan öka betydligt mer än vad Svenskt Vatten beskriver att den måste öka år efter år till följd av framtida investeringar och ökade driftskostnader.

8 Referenser

ABCrör. (2021). *Byta toalettstol – hur gör man.* ABC rör | Byta toalettstol – Hur gör man? (abcror.se)

ALS global. (2015). *Dricksvattenanalyser.* dricksvattenanalys.pdf (alsglobal.se)

Anderson, K., Guppy, L. (2017). *Water Crisis Report*. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, Hamilton, Canada. Global Water Crisis: The Facts – UNU-INWEH

Atanasova, N., Dalmau, M., Comas, J., Poch, M., Rodriguez-Roda, I., & Buttiglieri, G. (2017). Optimized MBR for greywater reuse systems in hotel facilities. *ScienceDirect, 193,* 503-511. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.041

Avloppsguiden. (u.å.). *Vattenbesparande tekniker.* https://avloppsguiden.se/informationssidor/vattenbesparande-tekniker/

Bengtsson, S., Myring, K., de Blois, M., Johansson, J., Flodin, J., Wilén, B-M., Olsson, J., Gustavsson, D., & Jonstrup, M. (2021). *Aeroba granuler, en ny reningsteknik för kommunala avloppsreningsverk - En kunskapssammanställning.* (Svenskt Vatten utveckling, rapport nr 2017-19) https://www.researchgate.net/publication/355171196_En_kunskapssammanstallning

Ecdpm. (2019). *Water scarcity and conflict: Not such a straightforward link.* Water scarcity and conflict: Not such a straightforward link - ECDPM

Europa.eu. (u.å.). *Klimatförändringarnas konsekvenser.* Klimatförändringarnas konsekvenser (europa.eu)

Evoqua Water Technologies LCC. (2015). *ENVIREX® Rotating Biological Contactor (RBC.)* https://www.evoqua.com/siteassets/documents/products/aerobic/bcrbcds.pdf

ExchangeRates UK. (2023). *Swedish Krona to US Dollar Spot Exchange Rates for 2021.* Swedish Krona to US Dollar Spot Exchange Rates for 2021

Friedler, E., Kovalio, R., & Galil, N.I. (2005). On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings. *Water Sci Technol 51*(10), 187-194. https://doi.org/10.2166/wst.2005.0366

Gotfrey, S., Labhasetwar, P., & Wate, S. (2009). Greywater reuse in residential schools in Madhya Pradesh, India-A case study of cost-benefit analysis. *ScienceDirect,53*(5), 287-293. Greywater reuse in residential schools in Madhya Pradesh, India—A case study of cost–benefit analysis - ScienceDirect

Gryaab. (u.å). *Avloppsvattenrening.* Avloppsvattenrening - Gryaab

Hjerdt, N., Krunegård, A., Matti, B., Rasmusson, K., Stenson, K. (2021). *Sveriges vattentillgång utifrån perspektivet vattenbrist och torka.* (Hydrologi, nr 120). SMHI. Rapport (smhi.se)

Holm, C., Schulte-Herbrüggen, H. (2021). *Vattenbesparande åtgärder - Exempelsamling för kommuner och hushåll*. WRS AB & Ecoloop AB. Rapport-Vattenbesparande-tgrder-Exempelsamling210122.pdf (vaguiden.se)

HSB Living Lab. (uå., a). *Följ oss på resan mot framtidens boende.* HSB Living Lab

HSB Living Lab. (uå., b). *Spola med återvunnet vatten*. Återanvänding av gråvatten för toalettspolning (hsb.se)

HSB Living Lab. (2019). *Unik lösning för återanvändning av badrumsvatten testas i HSB Living Lab.* Unik lösning för återanvändning av badrumsvatten testas i HSB Living Lab

Hus.se. (2022). *Vad kostar hantverkare i timman.* Timpriser på olika hantverkare. Vad kostar det per timme? - Hus.se

Knutsson, J., Wallin, J., Karpouzoglou, T. (2021). *A multi-criteria analysis of building level graywater reuse for personal hygiene*. ScienceDirekt. Vol. 12. A multi-criteria analysis of building level graywater reuse for personal hygiene - ScienceDirect

Junehem. (2023). *Taberg-Sörsjön.* Taberg - Sörsjön (junehem.se)

Krokoms Kommun. (2022). *VA-taxa Krokoms kommun.* {s. 15} VA-taxa Krokoms kommun

Modin, O. (2022). *1. VATTENKVALITETSPARAMETRAR – EN ÖVERSIKT.* OM VATTEN- En introduktion till vattenkvalitet och vattenteknik. Textbook | omvatten.se

Naturskyddsföreningen (2022). *Frågor och svar om PFAS.* Vad är PFAS? - Naturskyddsföreningen (naturskyddsforeningen.se)

Naturskyddsföreningen (2 feb 2023). *Avloppsreningsverk släpper ut miljöskadliga ämnen. https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/avloppsreningsverk-slapper-ut-miljoskadliga-amnen/*

Naturvårdsverket. (u.å., a). *Totalt organiskt kol (TOC).* Totalt organiskt kol (TOC) (naturvardsverket.se)

Naturvårdsverket. (u.å., b). *Total nitrogen.* Total nitrogen (naturvardsverket.se)

Nolde Erwin. (2000). Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey Buildings-over ten years' experience in Berlin. *Urban water, 1*(4), 275-284. PII: S1462-0758(00)00023-6 (sciencedirectassets.com)

SCB. (2023a). *Data-Inflationstakten.* [Excelfil]. pr0101_2023m02_di_01_sv.xls (live.com)

SCB. (u.å.). *KPI med fast ränta (KPFI).* Våra tjänster - KPIF (scb.se)

SCB. (2018). *Vanligast för barn att bo i småhus.*
Vanligast för barn att bo i småhus (scb.se)

SCB. (2017). *Vattenanvändningen i Sverige 2015.* Vattenanvändningen i Sverige 2015 (scb.se)

SMHI. (2022). *Vattenbrist.* Vattenbrist | SMHI

Statista. (2023a). *Most expensive prices of tap water in selected cities worldwide in 2021*-(in U.S. dollars per cubic meter).* Highest water prices in select cities globally 2021 | Statista

Statista. (2023b). *Lowest prices of tap water in selected cities worldwide in 2021*-(in U.S. dollars per cubic meter).* Lowest water prices in select cities globally 2021 | Statista

Svenskt Vatten. (2021a). *Vattenförbrukning i hushåll.*
https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/

Svenskt Vatten. (2021b). *Dricksvattenfakta*. https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/140-liter-per-person-och-dygn/

Svenskt Vatten. (2021c). *Vattenutmaningar.* Vattenutmaningar - Svenskt Vatten

Svenskt Vatten. (2022a). *Svenskt Vattens statistik över VA-taxor 2022.* [Excelfil].
taxestatistik-per-kommun-2022.xlsx (live.com)

Svenskt Vatten (2022b). *Kommentarer till 2022 års taxestatistik.*
kommentarer-till-2022-taxestatistik.pdf (svensktvatten.se)

Sydvatten. (2020a). *Virtuellt vatten.* https://sydvatten.se/vattenfakta/virtuellt-vatten/

Sydvatten. (2020b). *#varjedropperäknas.* #varjedropperäknas – Sydvatten

Sydvatten. (2021). *Världens vatten.* Världens vatten – Sydvatten

Unicef. (u.å.). *Vatten, sanitet och hygien.* Vatten, sanitet och hygien (unicef.se)

Velp Scientifica. (2022). *Exploring the differences between total kjeldahl nitrogen (tkn) and total nitrogen (tn).* EXPLORING THE DIFFERENCES BETWEEN TOTAL KJELDAHL NITROGEN (TKN) AND TOTAL NITROGEN (TN) (velp.com)

VVSforum. (2019). *Här testar de att duscha i grannernas avloppsvatten.* Här testar de att duscha i grannarnas avloppsvatten - VVS-Forum (vvsforum.se)

Wikipedia. (2018). *Biochemical oxygen demand.* Biochemical Oxygen Demand – Wikipedia

Wikipedia. (2019). *COD.* COD – Wikipedia

World Resources Institute. (2015). *Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings*. https://www.wri.org/data/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings

World Resources Institute. (2015). *Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings*. [Karta]. Hämtad 24 januari, 2023, från https://www.wri.org/data/aqueduct-projected-water-stress-country-rankings

WSP. (2020). *Sweden and 21st century water challenges.* Hämtad 27 april, 2023, från Sweden and 21st century water challenges | WSP Sweden

Världshälsoorganisationen. (2020). *Domestic water quantity, service level and health.* Domestic water quantity, service level and health (who.int)

Yi-Kai, J., Yi, C., & Jing-Ming, L. (2016). Greywater Reuse System Design and Economic Analysis for Residential Buildings in Taiwan. *Water*, *8*(11), 546. https://doi.org/10.3390/w8110546

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNING FÖR INSTALLATIONSTEKNIK OCH AVDELNING FÖR VATTEN MILJÖ TEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se

CHALMERS