

Bergkross och naturgrus som filtermaterial i markbäddar

- Materialval och provtagnings- plan inför fullskalestudie

Elin Elmefors
David Eveborn
Malin Tuve



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Röret & Klimat
Avlopp & Miljö
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anna Linusson, Ordförande
Daniel Hellström, Utvecklingsledare
Per Ericsson
Tove Göthner
Tage Hägerman
Stefan Johansson
Kristina Laurell
Annika Malm
Lisa Osterman
Kenneth M. Persson
Carl-Olof Zetterman

Svenskt Vatten
Svenskt Vatten
Norrsvatten
Sveriges Kommuner och Landsting
Smedjebacken
Skellefteå kommun
Formas
Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad
Örebro kommun
Sydvatten AB
SYVAB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Bergkross och naturgrus som filtermaterial i markbäddar – Materialval och provtagningsplan inför fullskalestudie
Title of the report:	Crushed Rock and natural sand as filter material in filter beds – Material selection and sampling plan for a full-scale study
Författare:	Elin Elmefors och David Eveborn (JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik), Malin Tu vesson (MittSverige Vatten)
Rapportnummer:	2016-09
Antal sidor:	30
Sammandrag:	Rapporten beskriver val av bergkross och naturgrus till användning som filtermaterial i en markbädd. Materialens kornstorlekskurva och vattengenomsläpplighet studerades. Provtagningsplan inför en planerad jämförande studie ingår.
Abstract:	The report describes selection of crushed rock and natural sand for use as filter material in a filter bed. The materials' grain size distribution and permeability were studied.
Sökord:	Markbädd, avloppsvattenrening, bergkross, naturgrus, filtermaterial, kornstorleksfördelning, vattengenomsläpplighet
Keywords:	Filter beds, wastewater treatment, crushed rock, natural sand, filter material, grain size distribution, permeability
Målgrupper:	Kommunala VA-organisationer
Omslagsbild:	Exempel på naturgrus och bergkross/Elin Elmefors (JTI)
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2016
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	15-124
Projektets namn:	Jämförande fullskalestudie av bergkross och naturgrus som filtermaterial i markbäddar – planeringsfas
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, MittSverige Vatten, Sundsvall Vatten, Härjedalen kommun, Ånge kommun

Förord

Detta projekt är en förstudie inför en planerad jämförande fullskalestudie av bergkross och naturgrus i markbäddar. Projektgruppen har bestått av Elin Elmefors (projektledare) och David Eveborn, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Malin Tuveborn, MittSverige Vatten och Erik Norin, Sweco Environment. Projektet inleddes i december 2015 och pågick till juni 2016.

Projektet har finansierats av Svenskt Vatten Utveckling och MittSverige Vatten. Projektgruppen vill framföra ett tack till Härjedalen kommun, Ånge kommun och Sundsvall Vatten som bidragit med medfinansiering till projektet.

Projektgruppen vill även framföra ett tack till referensgruppen, som har bestått av Lars Persson, Härjedalens kommun, Magnus Döse, CBI Betonginstitutet, Peter Nilsson, VA-Teknik & Vattenvård, Sven Wallman, NCC Construction Sverige AB och Mattias Göransson, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).

Uppsala i juli 2016

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning	6
Summary.....	7
1 Inledning.....	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	9
1.3 Mål.....	9
1.4 Projektgrupp och referensgrupp.....	9
1.5 Genomförande	10
2 Urval av filtermaterial.....	13
2.1 Krav på filtermaterial i markbäddar.....	15
2.2 Resultat - Kornstorleksfördelning	17
2.3 Resultat - Vattengenomsläpplighetsmätning.....	20
2.4 Slutsatser.....	22
3 Provtagningsplan.....	23
3.1 Vattengenomsläpplighetsmätning	24
3.2 Hänsyn till uppehållstider i markbädden	24
4 Referenser.....	25

Sammanfattning

Markbäddar används för kommunal avloppsvattenrening på flera håll i landet, särskilt i norra Sverige, och kan ge hög och stabil avskiljning av organiskt material och bakterier om de utrustas med rätt filtermaterial. En förutsättning är att materialet har lagom vattengenomsläpplighet. Naturgrus används ofta som filtermaterial, men är en begränsad resurs. Det finns därför miljömässiga och ekonomiska skäl att hitta ersättningsmaterial. Bergkross skulle kunna vara ett ersättningsmaterial, men det saknas kunskap om hur det fungerar som filtermaterial i fullskala.

MittSverige Vatten planerar att genomföra en jämförande studie av bergkross och naturgrus i en kommunal markbädd i Nordanstigs kommun. Projektet förväntas leda till att VA-organisationer får ökad kunskap om de förutsättningar som krävs för att bergkross ska kunna användas i markbäddar och vilka reningseffekter som kan förväntas. VA-organisationerna kan därmed bidra till att uppfylla Sveriges miljömål och spara pengar i områden med brist på naturgrus.

Rapporten beskriver en förstudie som har utförts av JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, MittSverige Vatten och Sweco Environment. Studien har gått ut på att välja ut bergkrossmaterial och naturgrus till markbädden samt att ta fram en provtagningsplan för den jämförande fullskalestudien. Urval av material har skett genom att studera kornstorlekskurvor och vattengenomsläpplighet hos materialen och jämföra med rekommenderade gränser.

I förstudien undersöktes tre naturgrus, varav två hade något för hög finmaterialhalt och lägre vattengenomsläpplighet än rekommenderat. Vid val av naturgrus bör man därför vara vaksam på att finmaterialhalten ligger inom rekommenderade gränser, eftersom hög finmaterialhalt kan leda till att vattengenomsläppligheten blir för låg. För bergkross undersöktes två vanliga sorteringar som finns hos bergtäkterna. Den ena sorteringen hade för låg vattengenomsläpplighet, medan den andra sorteringen hade för hög. Inom förstudien har dock vissa av bergtäkterna även tagit fram justerade material som ligger bättre till vad gäller kornstorleksfördelning och vattengenomsläpplighet. Vid urval av bergkross för användning till filtermaterial i markbäddar kan det därmed krävas mer än att välja ett material ur bergtäktens standardsortiment. Bedömningen från förstudien är dock att det bör vara möjligt för bergtäkterna att ta fram justerade material med hjälp av relativt enkla metoder.

Provtagningsplanen löper över två år och varje år ingår dels åtta stickprov, dels två provtagningsserier för att studera flödestoppar hos anläggningen. Bland föreslagna analyser ingår bland annat biologisk syreförbrukning (BOD), kemisk syreförbrukning (COD), totalkväve, totalfosfor, suspenderad substans och bakterier. Planen är också att utföra mätning av vattengenomsläppligheten både i fält och på laboratorium vid olika packning av materialen.

Summary

Filter beds are used in municipal wastewater treatment in many places in Sweden, particularly in the northern parts, and can provide high and stable removal of organic matter and bacteria if they are equipped with suitable filter material. A prerequisite is that the material has suitable permeability. Natural sand is often used as filter material but is a limited resource. Thus, there are environmental and economic reasons to find substitute materials. Crushed rock could be a substitute, but there is a lack of knowledge about its performance as filter material in full scale.

MittSverige Vatten, a municipal water and wastewater company, is planning to conduct a comparative study of crushed rock and natural sand in a filter bed in the municipality of Nordanstig. The project is expected to give Swedish water and wastewater organizations better understanding of the conditions required for crushed rock to be used in filter beds, and of expected treatment efficiencies. This information facilitates the organizations to contribute to environmental goals and save money in areas with shortage of natural sand.

The report describes a preparatory study conducted by JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, MittSverige Vatten and Sweco Environment. The objectives of the study was to select crushed rock and natural sand materials for the filter bed and to make a sampling plan for the comparative full-scale study. The selection of material has been made by studying grain size distribution curves and permeability of the materials compared to recommended limits.

The preparatory study examined three natural sand materials. Two of them had somewhat too high amounts of fine grains and lower permeability than recommended. When selecting natural sand it is important that the content of fine grains is within recommended limits, since high content of fine grains can lead to low permeability. Two common types of crushed rock were examined. One type had low water permeability, while the second type had too high. Some producers of crushed rock also developed adjusted materials for the project. These materials had more suitable grain size distribution and permeability. The selection of crushed rock for use in filter beds may therefore require more than choosing from the standard types of the quarry. Based on the preparatory study it should be possible for producers of crushed rock to produce adjusted materials using relatively simple methods.

The sampling plan runs over two years. It includes eight samples per year and two sampling series per year to study flow peaks. The proposed analysis includes biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total nitrogen, total phosphorus, suspended solids and bacteria. The plan is also to perform measurement of permeability both in field and in laboratory at different compaction of the materials.

1 Inledning

Denna rapport bygger på en förstudie inför ett eventuellt forskningsprojekt som syftar till att utvärdera funktionen hos bergkrossmaterial som används som filtermaterial i markbäddar istället för naturgrus. Den tilltänkta undersökningen planeras ske vid en kommunal markbädd i Sörfjärden, Nordanstigs kommun. Planen är att utrusta markbädden med parallella bäddar av bergkrossmaterial respektive naturgrusmaterial.

Rapporten beskriver tillvägagångssättet vid urval av bergkrossmaterial och naturgrusmaterial, vilket är tänkt att fungera som ett underlag till VA-bolag som funderar på att använda bergkrossmaterial som filtermaterial i markbäddar. Rapporten tar även upp den tilltänka provtagningsplanen för undersökningen i Sörfjärden, inklusive motivering till varför provtagningsplanen ser ut som den gör.

1.1 Bakgrund

Att använda kommunala markbäddar som ett steg i avloppsreningsprocessen är vanligt i Norrland och förekommer även på flera håll i t.ex. Skåne, Småland och Blekinge. I en studie av funktionen hos öppna filterbäddar av Norin m.fl. (2005) konstaterades att markbäddar med anpassad drift och rätt val av filtermaterial kan ha en hög och stabil avskiljning av bland annat organiskt material och bakterier. Som filtermaterial till markbäddar används i huvudsak naturgrus. Naturgrus är dock en begränsad resurs och ett steg för att uppnå Sveriges miljökvalitetsmål ”Grundvatten av god kvalitet” är att hitta ersättningsmaterial till naturgrus inom olika användningsområden (Göransson, 2011). Inom markbaserad rening av avloppsvatten skulle krossat berg kunna vara ett ersättningsmaterial. Förutom de rent miljömässiga motiven kan skatt på naturgrus och ökade priser till följd av begränsad tillgång på naturgrus leda till att bergkross blir ett mer ekonomiskt val. Det fattas dock kunskap om hur materialet fungerar i full skala och om reningsresultaten är jämförbara med markbäddar med naturgrus.

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, har visat att bergkross kan ha reningseffekter av organiskt material och bakterier som är jämförbara med naturgrus (Elmefors & Ljung, 2014). En förutsättning är att vattengenomsläppligheten i bergkrossmaterialet inte är för hög eller för låg. En möjlig risk med bergkrossmaterial är att det ofta innehåller en högre andel av fina partiklar som riskerar att orsaka igensättning hos filtermaterialet. I en studie finansierad av Havs- och vattenmyndigheten håller JTI på att ta fram ett informationsblad med rekommendationer om användning av bergkross i markbäddar för avloppsvatten från små anläggningar (högst fem hushåll). Enligt informationsbladet rekommenderas att vattengenomsläpplighetsmätning bör utföras på allt bergkrossmaterial innan man kan besluta om det är lämpligt som filtermaterial i markbäddar. Det finns dock i nuläget inga rutiner för att utföra vattengenomsläpplighetsmätning på Sveriges bergtäkter.

MittSverige Vatten bygger under 2016 ett nytt reningsverk i Sörfjärden, Nordanstigs kommun, dimensionerat för 1 000 pe. Avloppsreningsanläggningen kommer att bestå av mekanisk och kemisk rening i en reningsverksbyggnad och en kompletterande biologisk rening i parallella markbäddar. I den planerade anläggningen finns möjlighet att i fullskala göra en jämförande studie mellan naturgrus och bergkross. De parallella markbäddarna kan utrustas med bergkrossmaterial respektive naturgrus vilket möjliggör jämförelsen mellan de två filtermaterialen.

1.2 Syfte

Det långsiktiga syftet med att jämföra funktionen hos bergkross och naturgrus i full skala är att bidra till framtida kunskap om, och i så fall under vilka förutsättningar, bergkrossmaterial kan ersätta naturgrus i markbäddar för kommunal avloppsvattenrening.

1.3 Mål

Målen för den aktuella förstudien har varit att:

1. Definiera de krav som bör ställas på bergkross som ska användas som filtermaterial i kommunala markbäddar. Kraven definieras utifrån tidigare kunskap om funktionen av bergkross i småskaliga markbäddar (upp till 25 pe) och kunskap om förutsättningar för kommunala markbäddar.
2. Utföra vattengenomsläpplighetsmätning hos 1–4 bergkrossmaterial och minst ett naturgrus och utvärdera om dessa uppfyller rekommendationerna för filtermaterial i markbäddar.
3. Välja ut filtermaterial till anläggningen baserat på de krav som definierats enligt mål nr 1 och utifrån resultatet av vattengenomsläpplighetsmätningar.
4. Utforma anläggningen så att en jämförande studie av naturgrus och bergkross kan genomföras i nästa fas.
5. Lägga upp en plan för provtagning av avloppsanläggningen för att utreda funktionen hos ett markfilter med bergkross.
6. Identifiera eventuella kompetenser och närliggande frågor som är av intresse inför provtagningen och knyta dessa till den kommande utvärderingen.

1.4 Projektgrupp och referensgrupp

Förstudiens projektgrupp har bestått av Elin Elmefors (projektledare) och David Eveborn, JTI, Malin Tuvesson, MittSverige Vatten och Erik Norin, Sweco Environment.

Referensgruppen har bestått av Lars Persson, Härjedalens kommun, Magnus Döse, CBI Betonginstitutet, Peter Nilsson, VA-Teknik & Vattenvård, Sven Wallman, NCC Construction Sverige AB och Mattias Göransson, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).

1.5 Genomförande

Projektet pågick december 2015–juni 2016. Under projektets gång har JTI samlat in kornstorleksfördelningskurvor samt mätt vattengenomsläpplighet hos tre typer av naturgrus och fyra typer av bergkrossmaterial¹ som ingått i standardsortimentet hos bergtäkter i närheten av den aktuella anläggningen. Det kunde dock konstateras att bergkrossmaterialen från standardsortimentet inte var lämpliga som filtermaterial. JTI har därför haft kontakt med tre bergtäkter som med enkla medel har tagit fram totalt fyra justerade materialtyper. Vattengenomsläpplighet har mätts hos de fyra justerade materialen och kornstorlekskurvor har erhållits för tre av de fyra justerade materialen.

1.5.1 Mätning av vattengenomsläpplighet

I ett informationsblad med rekommendationer för bergkross som filtermaterial i markbäddar rekommenderas att vattengenomsläpplighet mäts som komplement till kornstorleksfördelning (Elmefors m.fl., 2016). Rekommendationen om vattengenomsläpplighetsmätning riktar sig främst till bergmaterialproducenter med förhoppning om att dessa ska inkludera sådana resultat i en deklaration av bergkrossmaterialet. Mätningarna kan dock även utföras av exempelvis en byggentreprenör för att undersöka bergkrossmaterial som saknar deklaration från bergtäkten. I informationsbladet rekommenderas användning av den metod som finns beskriven i den tekniska rapporten CEN/TR 12566-2, avsnitt C.2.2 (Small tube test). Metoden bygger på infiltrationstester i små rör med en diameter på 40 mm. Att använda så små rör kan vara en nackdel eftersom röret endast rymmer en liten mängd prov, varpå provet riskerar att utgöra ett mindre representativt urval än om en metod med större rör används. Effekter av läckage vid rörens sidor riskerar också att få större betydelse ju mindre rören är. Elmefors m.fl. (2016) har jämfört olika metoder för mätning av vattengenomsläpplighet i markbäddar och bedömer dock att metoden med 40 mm-rör är den mest kvalitetssäkrade metoden som kopplar till långsiktig genomsläpplighet till avloppsvatten och att den ger en tillräckligt god uppskattning. Metoden är tillräckligt enkel för att kunna upprepas flera gånger vilket är väsentligt för att kunna ge rätt bild av vattengenomsläppligheten hos ett helt parti bergkross. Enligt informationsbladet rekommenderas att minst två tester tas per 500 ton material med delprov uttagna från partiet enligt SS-EN 932-1.

I detta projekt användes metoden som beskrivits ovan för att undersöka vattengenomsläpplighet i de naturgrus- och bergkrossmaterial som skulle utvärderas för den planerade pilotanläggningen i Sörfjärden. För denna metod finns också färdiga test-kit att köpa i Sverige. Ett sådant test-kit med tillhörande tabeller har använts för att mäta vattengenomsläpplighet och bedöma långsiktig vattengenomsläpplighet för avloppsvatten i de material som förstudien undersökte. För de material som studien undersökt har ca 20 kg prov samlats in. I vissa fall har bergtäkten kunnat verifiera att provet har tagits ut ur partiet enligt SS-EN 932-1. I vissa fall har projektet dock

¹ Kornstorlekskurvor har erhållits för sju bergkrossmaterial, varav fyra har valts ut till vattengenomsläpplighetsmätningen.

inte kunnat ha kontroll över hur provet tagits ut. Varje materialprov har delats med hjälp en provdelare, se figur 1-1, som har halverat provets mängd till dess att lagom små delprov erhållits.



Figur 1-1 Provdelare som använts för att ta ut delprov till vattengenomsläpplighetsmätningen. När provet hålls i provdelaren fördelas det via spalter till två lådor. Provet halveras därmed varje gång provdelaren används.

För varje material testades tre delprov, det vill säga tre infiltrationsrör med samma material riggades. Mätningen upprepades fem gånger för varje rör.² Innan rören fylldes med prov fettades rören från mynningen och ca 2 cm upp med ett ca 1 mm tjockt skikt av vakuumfett/vaselin. En dubbelvikt nätduk med rektangulära hål på ca 0,5-1 mm trädde över rörets ena mynning och fördes ner i en hållare så att nätduken fixerades, se figur 1-2. Röret fylldes därefter med prov. Längden på provet mättes och provet vattenmättades därefter genom att placeras i ett vattenbad till dess att vattenytan i provet nått samma nivå, eller nästan samma nivå, som vattenytan i vattenbadet.

Mätningen utfördes genom att röret fylldes med vatten varpå man mätte hur lång tid det tog för vattennivån att sjunka 25 mm. Med hjälp av denna tid och längden på provet kunde den långsiktiga vattengenomsläppligheten hos avloppsvatten i materialet uppskattas med hjälp av tabeller som erhöles tillsammans med test-kitet. Den faktiska vattengenomsläppligheten i cm/dygn vid mätningen kunde beräknas med hjälp av provets längd i centimeter och den tid det tog för vattenytan att sjunka 25 mm i dygn enligt ekvation 1.

$$k \approx \frac{L}{H_{\text{medel}}} \cdot \frac{\Delta H}{t} \quad \text{Ekvation 1 (Laak, 1986)}$$

Där

k = vattengenomsläppligheten hos materialet

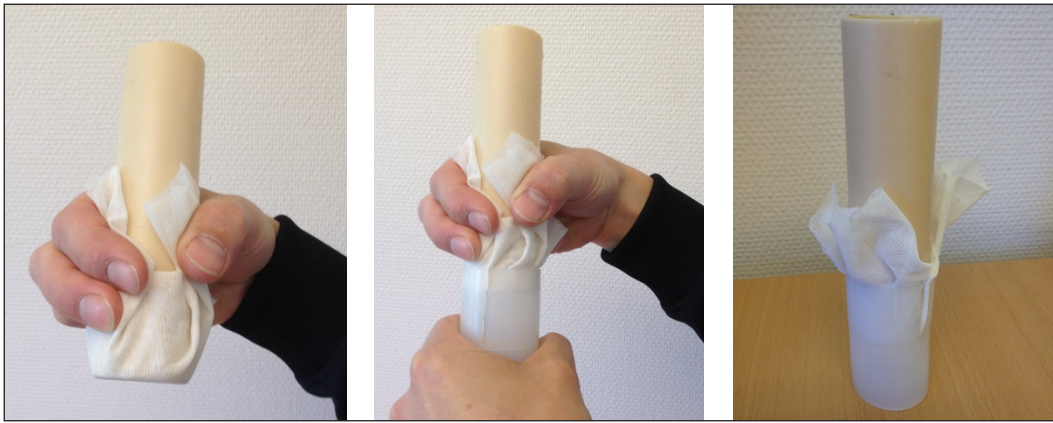
L = materialprovets längd

H_{medel} = medelhöjden hos vattennivån i röret

ΔH = den höjd som vattenytan sjunker (25 mm i det aktuella testet)

t = tiden den tar för provet att sjunka den aktuella höjden

² Med undantag av ett naturgrus som enbart testades tre gånger.



Figur 1-2 En filterduk placeras vid rörets mynning och fixeras med hjälp av en hållare. Hållaren ser även till att provets botten är placerad ca 4 cm ovan marken.

2 Urval av filtermaterial

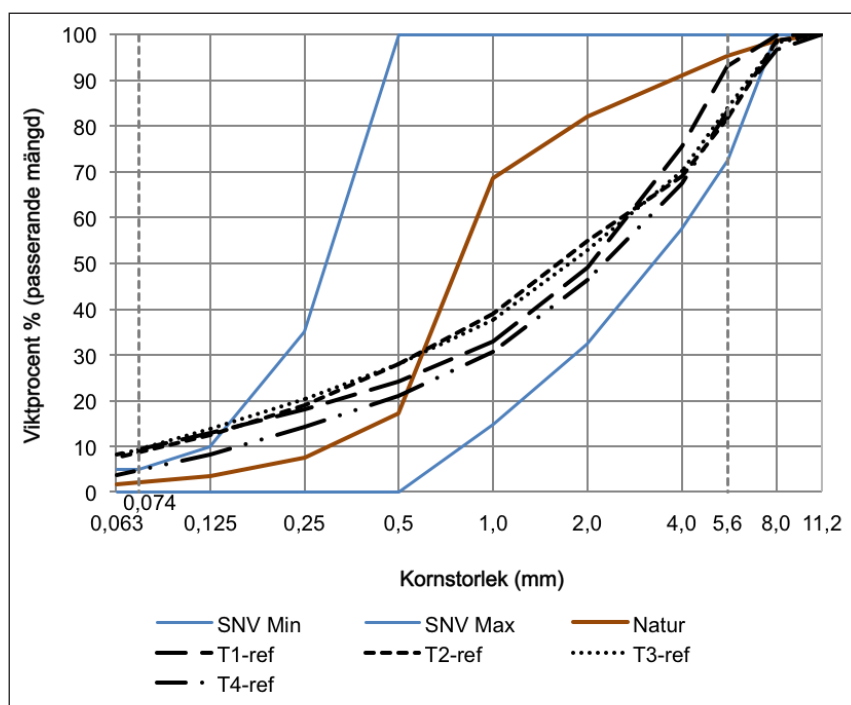
För att kunna använda bergkross som ersättningsmaterial till naturgrus inom användningsområdet filtermaterial i markbäddar är det relevant att känna till några av de generella skillnaderna mellan bergkross och naturgrus. När naturgrus används som filtermaterial används ofta så kallad betongsand med kornstolek på 0–8 mm. Även för bergkross är det vanligt att sorteringar på 0–8 mm finns tillgängliga. Dessa har dock i regel lite andra fysikaliska egenskaper än samma sortering av naturgrus. En viktig skillnad är att bergkross 0–8 mm ofta innehåller en större andel finmaterial, det vill säga material med en kornstorlek på 0,063 mm och mindre. En större andel finmaterial kan bidra till att materialet sätts igen och att vattengenomsläppligheten blir för dålig. Samtidigt kan alltför mycket grova korn i ett material leda till att materialet får så snabb genomsläpplighet att vattnet inte hinner renas ordentligt. Bergkross 0–8 mm tycks i regel innehålla en mindre andel korn på 1–2 mm än naturgrus. Korn av denna storlek kan antas ha värdefulla egenskaper för vattenreningen, eftersom de är tillräckligt grova för att inte orsaka igensättning och tillräckligt fina för att bidra till att vattnet får en viss uppehållstid samt att det finns mycket yta utanpå kornen som kan komma i kontakt med avloppsvattnet.

I ett tidigare projekt av Elmefors m.fl. (2016) jämfördes ett naturgrus med kornstorlek 0–8 mm och fyra bergkross 0–8 mm. Naturgruset hade lägre andel finmaterial (material med kornstorlek mindre än 0,063 mm) än samtliga bergkrossmaterial, se figur 2-1. Ett av bergkrossmaterialen har en finmaterialhalt som ligger inom rekommendationerna i Naturvårdsverkets faktablad 8147³ medan övriga tre bergkrossmaterial ligger utanför den rekommenderade kurvan. Naturgruset har större andel partiklar mellan 0,6–2 mm än samtliga bergkrossmaterial.

En annan generell skillnad mellan bergkross och naturgrus är att bergkrosskornen är kantigare och flakigare medan naturgruskornen är mer runda (Lagerblad m.fl., 2011). Detta leder till att bergkrossmaterial vid lös packning generellt har en högre porositet, det vill säga större volym i materialet upptas av hålrum, än hos naturgruset. Om materialet packas hårt, t.ex., genom vibrering eller kompaktering är det möjligt att resultatet blir det motsatta, det vill säga att flakigare material som bergkross får en lägre porositet (Lagerblad m.fl., 2011).

De fysikaliska egenskaperna hos bergkrossmaterial kan dock variera mycket beroende på bergtyp och krossningsteknik (Lagerblad m.fl., 2011). Generellt sett har bergkross större variation vad gäller kornstorleksfördelning och kornform än vad naturgrus har (Lagerblad m.fl., 2011). Med anledning av att bergkrossmaterial är en industriellt framtagen produkt finns det dock goda möjligheter för bergtåktar att producera bergkrossmaterial av stabil kvalitet, under förutsättning att själva berget är homogent (Lagerblad m.fl., 2011).

³ Rekommendationerna för markbäddar för fler än 25 personer, Naturvårdsverket (1991) är desamma som rekommendationerna för markbäddar för högst 25 personer enligt Naturvårdsverket faktablad 8147.



Figur 2-1 Kornstorlekskurva för ett naturgrus och fyra bergkrossmaterial från studien av Elmefors m.fl. (2016). Rekommenderade kravgränser för markbäddssand från Naturvårdsverkets faktablad 8147 har markerats ungefärligt med blå linjer.

I en studie av Elmefors & Ljung (2013) testades reningseffekter av organiskt material (BOD_7), bakterier (*Escherichia coli*, *Intestinala enterokocker* och *Koliforma bakterier*) och fosfor hos naturgrus och bergkrossmaterial via kolonnförsök. Testen visade att reningseffektiviteten av BOD_7 var hög hos båda materialen redan efter en vecka. Utgående värden för bakterier låg normalt under högsta tillåtna värde enligt NFS 1996:6⁴ för både naturgrus och bergkross. Dock tydde resultaten på att det verkade ta längre tid för reningen att nå en hög och stabil nivå hos bergkrossen än hos naturgruset. Även hos bergkrossmaterialet verkade dock utgående halt bakterier börja sjunka mot slutet av försöksperioden (24 veckor). Bergkrossmaterialet hade sämre rening av fosfor än naturgruset. Utgående halter av fosfor verkade inte heller sjunka under försöksperioden (24 veckor).

Organiskt material och bakterier renas huvudsakligen av biologiska processer i filtermaterialet medan fosforavskiljningen till största del sker genom kemiska mekanismer. Resultaten från Elmefors & Ljung (2013) kan därför tolkas som att den biologiska reningen påverkas mindre av att krossmaterial ersätter naturgrus än vad den kemiska avskiljningen gör. För den biologiska reningen är huvudsaken att vattengenomsläppligheten är lagom snabb, att det finns tillräckligt med yta i filtermaterialet för de mikroorganismer som står för den biologiska reningen och att syretillgången är tillfredsställande. Den kemiska inbindningen beror även på andra faktorer, framförallt på de kemiska ytegenskaperna hos filtermaterialkornen.

⁴ NFS 1996:6 upphörde att gälla 2008-05-24. När projektet genomfördes saknades bakteriekrav för avloppsanläggningar och avloppsvatten, varför kvalitetskraven i NFS 1996:6 användes som jämförelse i projektet även fast den inte längre gäller.

Beroende på vilka krav på fosforavskiljning en kommunal avloppsanläggning står inför kan det alltså vara aktuellt att kombinera markbäddar med krossmaterial som filtermaterial med ytterligare fosforrening. Anläggningen i Sörfjärden kommer att förutom markbädden också att bestå av ett kemverk. Fosforavskiljningen kommer därför i huvudsak att ske genom kemisk fällning i kemverket.

Resultaten från Elmefors & Ljung (2013) tyder på att det är rimligt att anta att filtermaterial av bergkross kan åstadkomma god rening av organiskt material. Studier i fullskala behövs dock för att kunna dra några säkra slutsatser. Den biologiska reningen av bakterier behöver generellt längre uppstartstid än den biologiska reningen av organiskt material innan en hög och stabil reningseffektivitet uppnås (Naturvårdsverkets faktablad 8147). Kolonnstudien från Elmefors & Ljung (2013) tyder att uppstartstiden eventuellt är längre för bergkrossmaterial än naturgrus. Det är också av intresse att studera hur den biologiska reningen i bergkrossmaterialet påverkas av kallt klimat. Enligt Nilsson (1990) är reningseffektiviteten i regel sämre vid låga temperaturer. Med tanke på att anläggningen i Sörfjärden tillhör ett område som domineras av säsonsboende och med tanke på det relativt kalla klimatet i Sörfjärden så bedöms det därför vara relevant att studera reningseffektiviteten av bakterier.

2.1 *Krav på filtermaterial i markbäddar*

För att material som bergkross och naturgrus ska fungera som filtermaterial i en markbädd är det viktigt att vattengenomsläppligheten hos materialet är lagom stor. En för låg vattengenomsläpplighet leder till att vattnet ansamlas på ytan varpå det till exempel finns risk att orenat avloppsvatten bräddas från anläggningen och att det uppstår syrebrist i bädden. En för hög vattengenomsläpplighet kan å andra sidan leda till att avloppsvattnet rinner igenom filtermaterialet så snabbt att det inte hinner renas ordentligt.

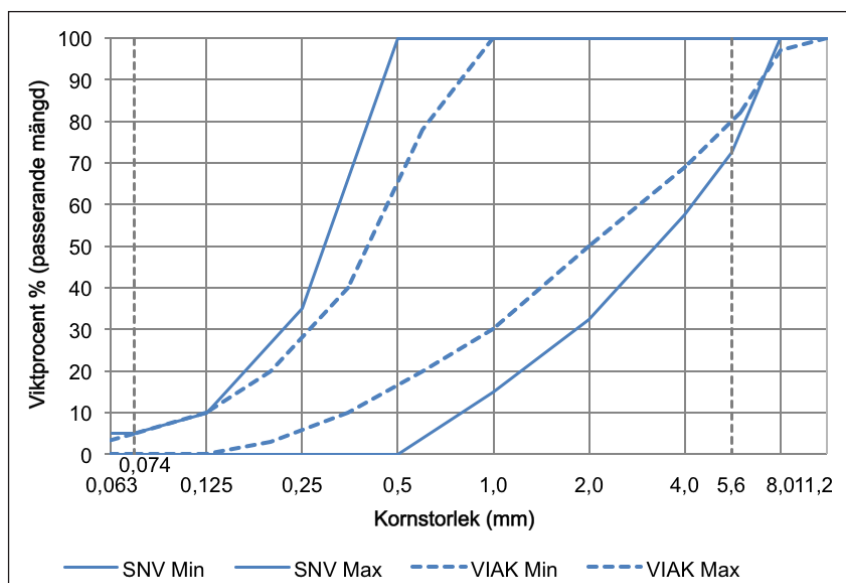
Vattengenomsläppligheten styrs av många faktorer, exempelvis storleken på porerna (hålrummen mellan kornen) i filtermaterialet, den totala porvolymen, vattenhalten i porerna och avloppsvattnets densitet. Storleken hos porerna och porernas totala volym beror på materialets kornstorleksfördelning men även på kornens form och materialets kompaktering (Handy & Spangler, 2007). Som nämnt är det exempelvis troligt att ett material med flakiga korn, det vill säga korn som är avlånga, har högre porositet än material med sfäriska eller runda korn så länge materialet är löst packat. Material som naturgrus och bergkross är ofta heterogena med avseende på kornstorlek med mera och det är därför troligt att vattengenomsläppligheten kan variera för olika positioner i en markbädd. Graden av vattenmättnad i materialet har också stor betydelse för hur snabbt vattnet rinner igenom. Avloppsvattnet har också stor påverkan på vattengenomsläppligheten i materialet som ligger närmast infiltrationsytan. Hos detta lager bildas ett skikt av mikrobiell tillväxt som kan minska vattengenomsläppligheten 10–1 000 gånger (Naturvårdsverkets faktablad 8147).

Att mäta långsiktig genomsläpplighet av avloppsvatten hos material som naturgrus och bergkross är på grund av ovanstående orsaker inte helt enkelt.

Kornstorleksfördelning har historiskt sett varit den vanligaste metoden för att uppskatta vattengenomsläppligheten.

2.1.1 Kornstorleksfördelning för att uppskatta vattengenomsläpplighet

Vid den tid när Naturvårdsverkets (SNV:s) riktlinjer för markbäddar började sättas upp fanns det många väglaboratorier tillgängliga i Sverige. Väglaboratorierna kunde mäta kornstorleksfördelning och de som satte upp riktlinjerna bedömde att kornstorleksfördelning var ett enkelt och kvalitets-säkert sätt att bedöma vilka material som passade som filtermaterial i markbäddar (Nyberg, pers. medd.). De aktuella kornstorleksgränserna i Naturvårdsverkets allmänna råd för infiltrationsanläggningar och markbäddar (91:2) togs därefter fram genom försök som t.ex. kolonnstudier (Nyberg, pers. medd.). De empiriska samband som togs fram baserades dock på forskning på naturgrus. Rekommenderade gränser från Naturvårdsverket (1991) redovisas i figur 2-2. VIAK (numera Sweco) har också tagit fram rekommenderade gränser för filtermaterial i kommunala markbäddar som också visas i figur 2-2. Vattengenomsläppligheten i ett material styrs till stor del av halten av det finaste materialet. Det mest kritiska för filtermaterialets funktion är därför att det inte har en högre andel material med kornstorlek mindre än 0,125 mm än rekommenderat. Projektgruppen har bedömt att filtermaterial bör hålla sig inom Naturvårdsverkets gränser och att det även är en fördel om man kan hålla sig inom VIAK:s gränser. Detta är särskilt viktigt vad gäller den vänstra gränsen där referensgruppen anser att "VIAK Min" är den gräns som bör gälla snarare än "SNV Min", se figur 2-2 (Elmefors m.fl., 2016) för partiklar med storlek 0,125 mm och större. Vad gäller den högra gränsen är det dock möjligt att materialen kan fungera bra som filtermaterial även om det har en kornstorlekskurva som ligger till höger om "VIAK Max", så länge materialet i huvudsak håller sig inom SNV Max, se



Figur 2-2 Rekommenderade gränser för filtermaterial i markbäddar enligt Naturvårdsverket (1991) och enligt VIAK.

figur 2-2. Något som kan noteras är att Naturvårdsverkets gränser inte har räknat med överkorn hos materialet, det vill säga att materialet innehåller några procent korn med storlek större än 8 mm, medan VIAK:s gränser tillåter ca 3 % överkorn. Referensgruppen tycker att det är rimligt att hålla sig till VIAK:s rekommendationer i detta hänseende (Elmefors m.fl., 2016).

Eftersom bergkross ofta har en annan form och troligen en annan porositet kan det hända att sambandet mellan kornstorleksfördelning och vattengenomsläpplighet kan skilja sig något åt från det samband som finns för naturgrus. På grund av detta är det rekommenderat att utföra laboratoriemätning av vattengenomsläpplighet hos bergkross som komplement till kornstorleksfördelning (Elmefors m.fl., 2016).

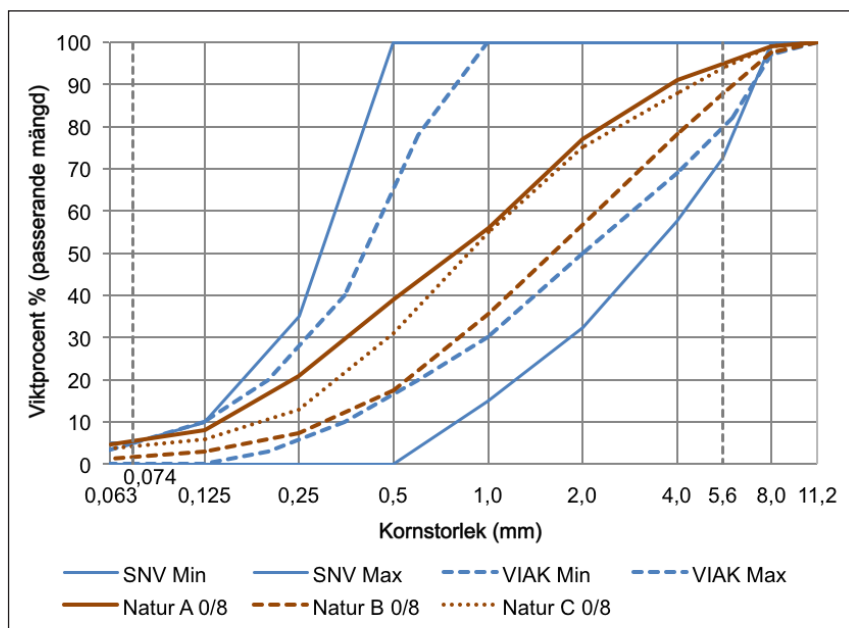
2.1.2 Laboratoriemätning av vattengenomsläpplighet

Laboratoriemätningar av vattengenomsläpplighet kan generellt anses vara mindre kvalitetssäkrade jämfört med kornstorleksfördelningsmätning eftersom det inte finns någon standard för hur laboratoriemätning av vattengenomsläpplighet ska genomföras, åtminstone inte om mätningarna ska kunna kopplas till den långsiktiga vattengenomsläppligheten för avloppsvatten i materialet (alltså den vattengenomsläpplighet som uppnås när den mikrobiella tillväxten på kornen nått jämnvikt).

CEN/TR 12566-2 är en teknisk rapport i samma serie som ett antal standarder för provning av slamavskiljare, minireningsverk och övriga komponenter som kan ingå i enskilda avlopp. I CEN/TR 12566-2 rekommenderas bland annat en metod som går ut på att fylla rör på 40 mm diameter med filtermaterial, vattenmätta filtermaterialet och därefter mäta hur snabbt vattennivån sjunker i röret. Det är denna metod som använts i förstudien. Denna metod har rekommenderats eftersom det är en kvalitetskontrollerad metod som kan ge en bedömning av Long Term Acceptance Rate (LTAR), det vill säga den långsiktiga vattengenomsläppligheten för avloppsvatten (Elmefors m.fl. 2016). Beräkningen av LTAR görs på basis av ett empiriskt samband mellan den uppmätta vattengenomsläppligheten i provet och LTAR. Inom industrin finns föreslagna gränsvärden på LTAR för markbäddssand, 50–150 l/(m²·d). Metoden är också enkel att använda för att utföra upprepade tester och används på flera håll i Sverige idag vid dimensionering av enskilda avlopp.

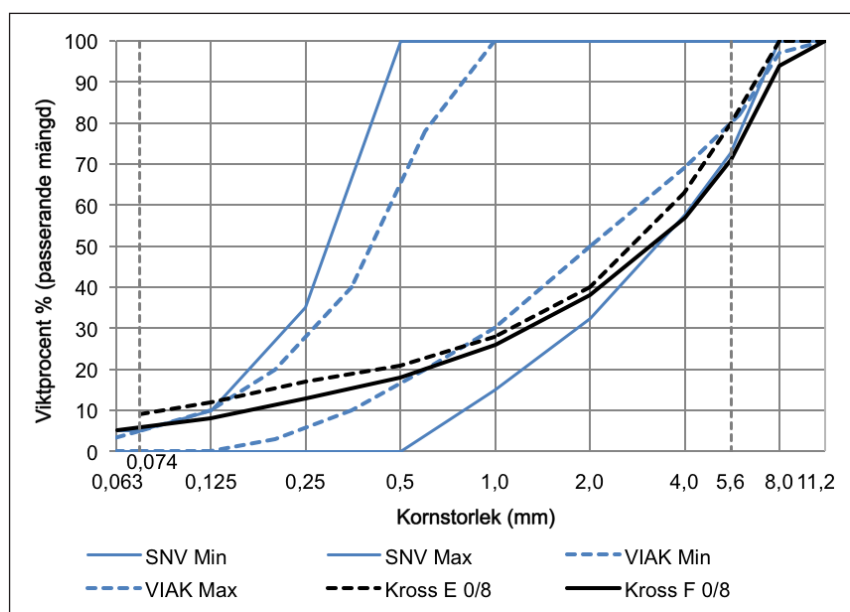
2.2 Resultat - Kornstorleksfördelning

Naturgrus från tre olika täkter har undersökts inom projektet. Samtliga är sorteringar mellan 0 mm och 8 mm vilket är en vanlig sortering för filtermaterial till markbäddar. Ett av dessa material, med beteckningen Natur B 0/8, ligger inom rekommenderade gränser från VIAK, se figur 2-3, vilket antyder att materialet skulle vara lämpligt som filtermaterial. Ett av materialen, Natur A 0/8, ligger utanför VIAK:s gränser vad gäller det allra finaste materialet (kornstorlek på 0,063 mm och mindre). Natur C 0/8 har generellt en bra kornstorlekskurva, men finmaterialhalten ligger nära maxgränsen för VIAK vilket är något som man bör vara vaksam på.



Figur 2-3 Kornstorleksfördelning hos de tre naturgrus som undersökts under studien (bruna linjer) i förhållande till rekommenderade gränser enligt Naturvårdsverkets faktablad 8147 och VIAK (blå linjer).

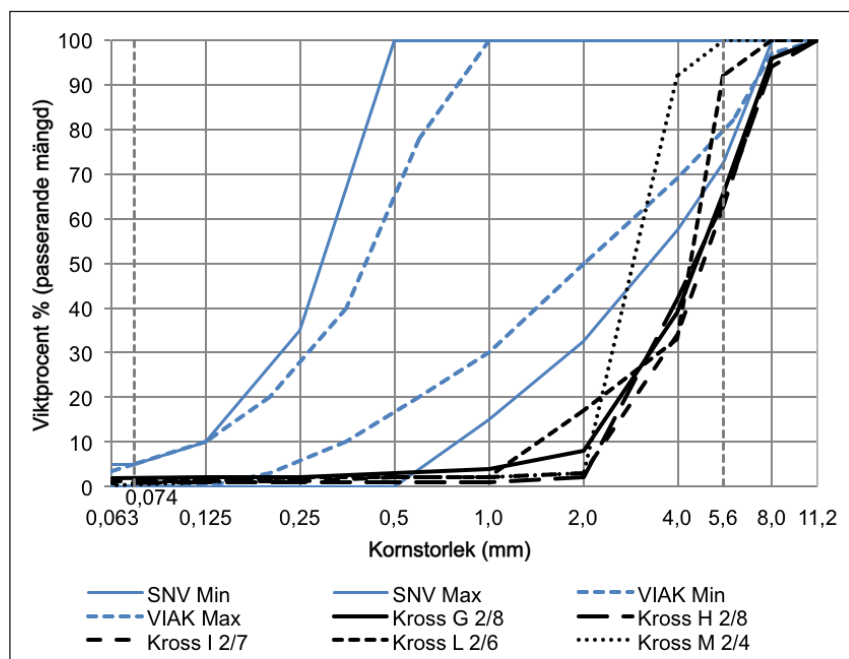
Projektet fick tag på två bergkrossmaterial av sorteringen 0–8 mm, se figur 2-4. Ett av dessa, ”Kross E 0/8”, innehåller betydligt mer finmaterial än rekommendationerna, vilket sannolikt innebär att materialet har för låg vattengenomsläpplighet. Även ”Kross F 0/8” ligger i överkant vad gäller finmaterialhalten vilket skulle kunna betyda att vattengenomsläppligheten är för låg. Båda materialen ligger till höger om den högra gränsen från VIAK, vilket i det här fallet tyder på att bergkrossmaterialen innehåller större



Figur 2-4 Kornstorleksfördelning hos de två bergkross 0-8 mm som undersökts under studien (svarta linjer) i förhållande till rekommenderade gränser enligt Naturvårdsverkets faktablad 8147 och VIAK (blå linjer).

andel partiklar på 4–8 mm och mindre andel partiklar på 1–2 mm än vad VIAK rekommenderar. Ett av bergkrossmaterialen ligger även något utanför Naturvårdsverkets högra gräns.

Bergkross används inte i nuläget som filtermaterial i kommunala markbäddar. Dock förekommer det att bergkross används i markbäddar för enskilda avlopp i vissa kommuner. Exempel på sorteringar som använts eller diskuterats, förutom sorteringen 0–8 mm, är sorteringen 2–4 mm och sorteringen 2–8 mm. Dessa sorteringar är liksom sorteringen 0–8 mm också vanligt förekommande hos bergtrakterna. Projektet har kommit över fem krossmaterial av sortering 2–4 mm, 2–6 mm, 2–7 mm respektive 2–8 mm. Samtliga material ligger till stor del utanför de rekommenderade gränserna (till höger om de högra gränserna), se figur 2-5. Detta tyder på att materialen sannolikt har för hög vattengenomsläpplighet.

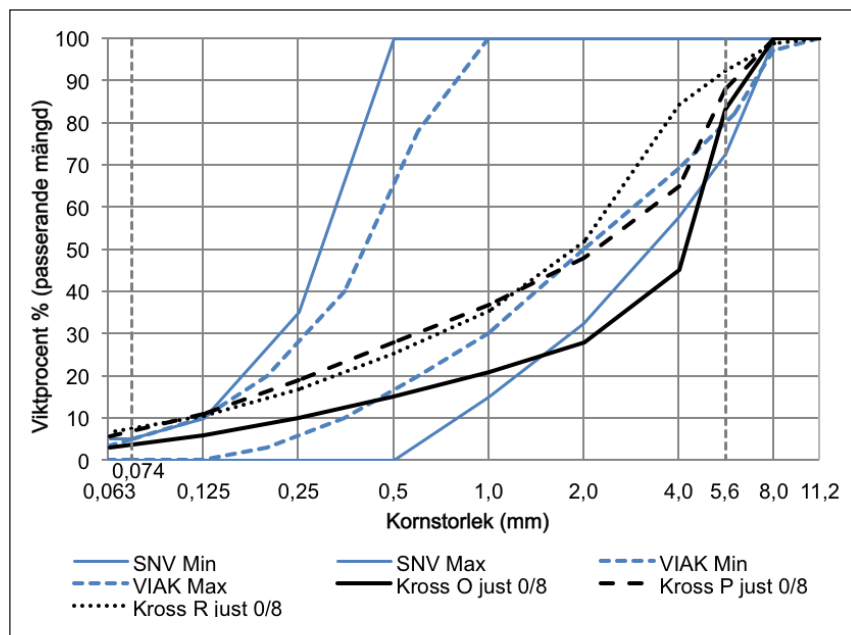


Figur 2-5 Kornstorleksfördelning hos de fem bergkross av sorteringarna 2-4 mm, 2-6 mm, 2-7 mm och 2-8 mm som undersökts under studien (svarta linjer) i förhållande till rekommenderade gränser enligt Naturvårdsverkets faktablad 8147 och VIAK (blå linjer).

Resultatet från kornstorleksfördelningen hos bergkrossmaterialen tyder sammanfattningsvis på att bergkross av sortering 0–8 mm riskerar att ha för låg vattengenomsläpplighet medan bergkross av sortering 2–8 mm, 2–4 mm och liknande riskerar att ha för hög vattengenomsläpplighet. Projektet har därför haft kontakt med tåktar som tagit fram fyra specialjusterade material. Projektet har erhållit kornstorlekskurvor från tre av dessa material, se figur 2-6. De justerade materialen kan generellt betraktas som bättre anpassade till rekommendationerna än övriga bergkrossmaterial som undersökts under projektet. Materialet "Kross O just 0/8" har t.ex. en finmaterialhalt som med god marginal ligger inom rekommendationerna (även VIAK:s) och material "Kross R just 0/8" ligger till stor del inom VIAK:s rekommendationer. Dock finns fortfarande en del kvar att önska hos materialen. "Kross

O just 0/8" ligger till viss del till höger om de rekommenderade gränserna och övriga krossmaterial innehåller fortfarande för stor andel finmaterial.

Det fjärde justerade materialet, Kross S just 0/8, (som saknar kornstorlekskurva) består av ett material av sortering 0–8 mm där man försökt få bort allt material med kornstorlek mindre än 0,5 mm.



Figur 2-6 Kornstorleksfördelning hos tre justerade bergkross av som tagits fram av täkter som projektgruppen har haft kontakt med under studien (svarta linjer) i förhållande till rekommenderade gränser enligt Naturvårdsverkets faktablad 8147 och VIAK (blå linjer).

2.3 Resultat - Vattengenomsläpplighetsmätning

Vattengenomsläpplighetsmätningar har utförts på alla tre naturgrus samt på ett urval av bergkrossmaterialen. För att bedöma materialets lämplighet har framförallt måttet på LTAR (den långsiktiga vattengenomsläppligheten av avloppsvatten) studerats. Önskat värde på LTAR är 50–150 l/(m²·d) för markbäddssand.

Av mätningarna framgår att naturgruset "Natur B 0/8" har en vattengenomsläpplighet som ligger inom det önskade intervallet medan de andra två naturgrusen har för låg vattengenomsläpplighet, se tabell 2-1. Det faktum att dessa material har en finmaterialhalt som ligger i överkant (nära gränsvärdet) verkar ha betydelse.

Hos bergkross sortering 0–8 mm har vattengenomsläpplighet mätts på det material som har minst andel finmaterial (det andra materialet bedöms ha för hög finmaterialhalt för att kunna vara ett alternativ) och det kan konstateras att materialet har en vattengenomsläpplighet som ligger under det önskvärda, se tabell 2-2. För de två materialen med sortering 2–4 mm och 2–7 mm som har mätts kan konstateras att dessa har en vattengenomsläpplighet som ligger över det önskvärda. Studeras de justerade materialen så verkar som att även som att "Kross S just 0,5/8" (det vill säga materia-

Tabell 2-1 Resultat från vattengenomsläpplighetsmätningarna hos naturgrus.

Material	Replikat	Uppmätt vattengenomsläpplighet, cm/d	LTAR l/(m ² -d)
Natur A 0/8	1	269	25
	2	286	25
	3	169	20-25
Natur B 0/8	1	10 767	Nära 150
	2	3 705	50-75
	3	4 746	Nära 75
Natur C 0/8	1	548	Strax under 30
	2	830	30-40
	3	908	30-40

let där korn mindre än 0,5 mm har sorterats bort) har för stor vattengenomsäpplighet. Materialet "R just 0/8" är det material som ligger närmast önskad vattengenomsäpplighet. Dock har detta material också generellt en vattengenomsäpplighet som ligger under det önskvärda. Ur kornstorlek-fördelningskurvan framgår också att materialet verkar ha för hög halt av de finaste partiklarna (kornstorlek 0,125 mm och mindre).

Det kan upplevas märklgt att "Kross O just 0/8" och "Kross P just 0/8" har ungefär lika vattengenomsäpplighet trots att materialet "Kross O just 0/8" har en kornkurva som tyder på att materialet borde ha högre vattengenomsäpplighet. Materialen kommer från en samma täkt och en möjlig orsak skulle därmed kunna vara att två prov av "Kross P just 0/8" har erhål-

Tabell 2-2 Resultat från vattengenomsläpplighetsmätningarna hos bergkross.

Material	Replikat	Uppmätt vattengenomsläpplighet, cm/d	LTAR l/(m ² -d)
Kross F 0/8	1	337	20-25
	2	1 242	30-40
	3	153	20-25
Kross I 2/7	1	174 782	>150
	2	148 783	>150
	3	71 456	>150
Kross M 2/4	1	158 744	>150
	2	192 959	>150
	3	135 713	>150
Kross O just 0/8	1	568	Strax under 30
	2	394	25-30
	3	439	25-30
Kross P just 0/8	1	583	Strax under 30
	2	427	25-30
	3	650	30
Kross R just 0/8	1	575	Ca 30
	2	796	30-40
	3	2 045	40-50
Kross S just 0,5/8	1	77 131	>150
	2	96 223	>150
	3	86 372	>150

lits från tåkten istället för ett prov från varje material. Det har dock inte kunnat fastställas om så är fallet eller inte.

2.4 Slutsatser

En generell slutsats från studien är att det vid val av filtermaterial till markbäddar kan behövas viss vaksamhet vad gäller finmaterialhalten hos naturgrus. Vattengenomsläpplighetsmätningarna av naturgruset indikerar att de två material som har en finmaterialhalt som ligger nära den övre kornstorleksgränsen verkar ha en vattengenomsläpplighet som är något för låg.

Vad gäller bergkrossmaterial är en slutsats att det kan vara svårt att hitta ett lämpligt material utifrån de vanligaste sorteringarna som finns hos bergtäkterna, det vill säga sortering 0–8 mm samt sortering 2–4 mm, 2–8 mm och liknande. Sorteringen 0–8 innehåller ofta för mycket finmaterial vilket leder till att vattengenomsläppligheten blir för dålig, medan sorteringarna 2–4 mm, 2–8 mm och liknande innehåller för lite av de finare kornen vilket leder till för hög vattengenomsläpplighet.

Enligt Elmefors m.fl. (2016) rekommenderas att material med en hög finmaterialhalt tvättas, det vill säga att partiklar med kornstorlek på 0,063 mm och mindre avlägsnas. Exempel på metoder för att åstadkomma detta är vindsiktning eller våtklassering. Dessa metoder är dock relativt kostsamma och svåra att utföra. Enligt de kontakter som projektgruppen har haft med bergtäkter så verkar det dock finnas enklare och billigare tillvägagångssätt som kan användas för att få fram material med bättre kornstorlekskurvor, t.ex. genom att dela en sortering på 0–8 mm i olika delsorteringar och öka andelen av vissa delsorteringar på bekostnad av andra (det vill säga enbart sorterings- och blandningsteknik utnyttjas). Under den begränsade tid som förstudien har ägt rum har man inte hunnit hitta ett material som uppfyller alla krav, men projektgruppen bedömer att detta bör vara möjligt att få fram om man arbetar vidare med samma tillvägagångssätt. Detta är också planen för anläggningen i Sörfjärden.

3 Provtagningsplan

Provtagning av halter av olika ämnen planeras ske under två år. Vid varje tillfälle tas prov vid inkommande vatten till markbädden (utgående vatten från kemverket) samt vid utgående vatten från naturgrusbädden respektive bergkrossbädden. Varje år tas dels åtta prov fördelade över året enligt Nordanstig Vattens provtagningsplan, dels två provtagningsserier för att studera flödestoppar hos anläggningen.

Ordinarie prov tas genom stickprov. Nordanstig Vatten kommer att provta biologisk syreförbrukning (BOD), kemisk syreförbrukning (COD), totalt organiskt kol (TOC), totalfosfor, totalkväve, fosfatfosfor, suspenderad substans, pH och järn/aluminium⁵ vilka samtliga är ämnen som ingår i Nordanstig Vattens kontrollprogram. På grund av frågeställningen kring bakteriereningens känslighet kommer bakterier även att analyseras, troligen i form av analyser av *Escherichia coli*, *Intestinala enterokocker* och *Koli-forma bakterier*.

Flödestopparna planeras följas under två tillfällen per år för att studera utvecklingen när belastningen går från låg till hög. För det första året föreslås att provtagningsserierna ska ske över påsk och midsommar. Motivet till att välja påsk är att perioden bedöms utgöra den första flödestoppen efter en längre period av lågbelastning, medan motivet till att välja midsommar är att perioden bedöms utgöra den största flödestoppen, det vill säga det tillfälle då belastningen är som störst. Valet av perioder för provtagningsserien kommer att utvärderas inför det andra provtagningsåret. Provtagningsserierna framgår av tabell 3-1 och 3-2.

TOC har uteslutits från studien av flödestoppar. Detta beror på att COD anses vara det bästa måttet för att få en bild av mängden organiskt material, och att TOC-analysen inte tillför mycket när COD mäts (Balmér, 2015). BOD kan vara bra att analysera eftersom det ofta finns mätserier på BOD som går långt tillbaka i tiden. Dessutom finns det enligt Balmér (2015) ett tydligt samband mellan BOD och COD medan sambandet betydligt mera otydligt mellan TOC och COD. Från tabell 3-1 och 3-2 framgår att alla ämnen från kontrollprogrammet utom TOC tas vid tre tillfällen under provtagningsserierna: vid referensprovet som tas några dagar innan flödestoppen, vid det prov som tas så fort som det är möjligt efter att helgdagarna är slut samt vid det prov som tas efter tre veckor. Övriga dagar tas en reducerad uppsättning ämnen som består av mått på organiskt material (BOD och COD), suspenderad substans, kväve och bakterier. Under helgdagarna utesluts även suspenderad substans och bakterier. Det hade egentligen varit av intresse att provta suspenderad substans och bakterier även för provtagningsarna under helgdagarna. Det är dock inte möjligt eftersom aktuella analyslaboratorier inte har öppet dessa dagar och eftersom ämnena i fråga påverkas om de inte kan analyseras inom ett dygn eller om provet fryses ned.

⁵ Järn eller aluminium analyseras beroende på vilken av dem som används som fällningskemikalie.

Tabell 3-1 Föreslagen provtagningsplan för provtagningsserie över påsken.

Nr	Provtagningstillfälle	Beskrivning	Ämnen som provtas
1	Referens	Onsdag innan skärtorsdagen, dag 0	BOD, COD, Tot-P, Tot-N, PO4-P, SS, Al/Fe, pH, bakt
2	Långfredag	Dag 2	BOD, COD, tot-N (fryses)
3	Påskafton	Lördag, dag 3	BOD, COD, tot-N (fryses)
4	Annandag påsk	Måndag, dag 5	BOD, COD, tot-N (fryses)
5	Onsdag	Dag 7	BOD, COD, Tot-P, Tot-N, PO4-P, SS, Al/Fe, pH, bakt
6	Onsdag	Dag 14	BOD, COD, Tot-N, SS, Bakt
7	Onsdag	Dag 21	BOD, COD, Tot-P, Tot-N, PO4-P, SS, Al/Fe, pH, bakt

Tabell 3-2 Föreslagen provtagningsplan för provtagningsserie över midsommar.

Nr	Provtagningstillfälle	Beskrivning	Ämnen som provtas
1	Referens	Torsdag innan midsommarafton, dag 0	BOD, COD, Tot-P, Tot-N, PO4-P, SS, Al/Fe, pH, bakt
2	Midsommardagen	Lördag, dag 2	BOD, COD, tot-N (fryses)
3	Söndag	Dag 3	BOD, COD, tot-N (fryses)
4	Tisdag	Dag 5	BOD, COD, Tot-P, Tot-N, PO4-P, SS, Al/Fe, pH, bakt
5	Torsdag	Dag 7	BOD, COD, SS, tot-N, Bakt
6	Torsdag	Dag 14	BOD, COD, SS, tot-N, Bakt
7	Torsdag	Dag 21	BOD, COD, Tot-P, Tot-N, PO4-P, SS, Al/Fe, pH, bakt

3.1 Vattengenomsläpplighetsmätning

Förutom provtagning av reningseffektivitet för olika ämnen är planen även att vattengenomsläpplighetsmätningar ska utföras i naturgruset och bergkrossmaterialet. Vattengenomsläpplighetsmätningarna kommer dels utföras som mätningar i fält, dels i laboratorium där man kommer att mäta vattengenomsläpplighet vid olika packningsgrad hos materialet.

3.2 Hänsyn till uppehållstider i markbädden

Innan provtagningen inleds bör projektgruppen se över vilken uppehållstid som kan förväntas i de parallella bäddarna. För närvarande är planen att ta dygnssamlingsproven på inkommande och utgående vatten från de parallella bäddarna vid samma tillfälle. Om uppehållstiden för avloppsvattnet i bäddarna är ca ett dygn eller längre så kan det dock vara mer lämpligt att provta utgående vatten en annan dag, exempelvis dagen efter provtagning av inkommande vatten. Uppehållstiden i bäddarna påverkas till stor del av valet av filtermaterial och en bedömning av uppehållstid bör därför göras när det är beslutat vilka filtermaterial som ska användas.

4 Referenser

- Balmér, P. (2015). Parametrar för organiskt material i avloppsvatten och slam och något om deras användning. Svenskt Vatten Utveckling, rapport nr 2015-11. Svenskt Vatten AB.
- Elmefors, E., Ljung, E., Casserstedt, L., Döse, M., Göransson, M., Nilsson, P. & Wallman, S. (2016). Informationsblad – Rekommendationer för bergkross som filtermaterial i markbäddar (ej publ.). JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Elmefors, E. & Ljung, E. (2013). Markbäddars uppstartstid och påverkan på bäddens funktion vid användning av krossat berg – uppstartsfas. Rapport 48, Kretslopp & Avfall, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Göransson, M. (2011). Ersättningsmaterial för naturgrus – kunskaps-sammanställning och rekommendationer för användningen av naturgrus. SGU-rapport 2011:10, Sveriges Geologiska Undersökning, Uppsala.
- Handy, R.L. & Spangler, M.G. (2007). Geotechnical engineering: soil and foundations principles and practice. McGraw-Hill Professional.
- Laak, R., 1986, Wastewater engineering and design for unsewered areas, Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania, USA.
- Lagerblad, B., Westerholm, M., Gram, H.-E., 2011, Bergkrossmaterial som ballast i Betong, CBI Betonginstitutet AB.
- Naturvårdsverkets faktablad 8147, 2003, Naturvårdsverket Fakta.
- Naturvårdsverket. (1991). Rening av hushållspillvatten – Infiltrations-anläggningar och markbäddar för fler än 25 personer. Naturvårdsverkets allmänna råd 91:2.
- Nilsson, P. (1990). Infiltration of Wastewater – An Applied Study on Treatment of Wastewater by Soil Infiltration (TVVA-1002). Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund.
- Norin, E., Bellander, F. & Johansson, L. (2005). Uppföljning av funktionen hos öppna filterbäddar. VA-Forsk rapport, nr 2005-16. Svenskt Vatten, Stockholm.
- Nyberg, Nyberg, Fred, personligt meddelande (muntligen), grundare av FANN VA-Teknik, numera egenföretagare Fliax AB, 2016-05-25.
- SIS-CEN/TR 12566-2:2006, Avlopp – Reningsanläggning upp till 50 PT – Del 2: Infiltration i mark, Teknisk rapport, European Committee for Standardization.



Box 14057 • 167 14 Bromma
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se