

Fremtidens Gårdhave ved Straussvej, København

Beskrivelse af renseteknologi til regnvand



TEKNOLOGISK
INSTITUT



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Fremtidens Gårdhave ved Straussvej, København

Beskrivelse af renseteknologi til regnvand



Udarbejdet for:

Københavns Kommune
Njalsgade 13, 2300 København

Udarbejdet af

Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup
Rørcentret

Juni 2021

Forfatter: Kristoffer Sindby-Larsen og Katrine Nielsen, Projektleder
Forsidebilleder: Katrine Nielsen

Forord

I Fremtidens Gårdhave ved Straussvej, samarbejder Københavns Kommune og HOFOR med beboerne om at anlægge en gårdhave, der ud over at bidrage til håndteringen af hverdagsregn også kan bidrage til håndteringen af skybrud.

Regnvand, der falder på gårdvendte tage og belagte områder, afkobles kloakken og håndteres lokalt i gårdhaven. Regnafstrømningen opmagasineres og tilbageholdes til synlige blå og grønne regnvandsløsninger, der tilsammen danner et haverum med en sø, en vandkunst og en rende hvor vandet kan løbe i. Udover at håndtere vandmængderne, er der i løsningen også indtænkt rensning.

Københavns Kommune ønsker en teknisk beskrivelse af anlægget, der beskriver vandets vej rundt i systemet.

Denne rapport beskriver anlægget på Straussvej, dens opbygning og hvordan vandet bevæger sig i systemet.

Der er samme med denne rapport udarbejdet en rapport der beskriver et forslag til et til hvordan anlæggets renssevne kan evalueres, se rapporten "*Fremtidens Gårdhave ved Straussvej, København – Evaluering af biologisk rensesystem (del1)*" udarbejdet af Teknologisk Institut.

Indhold

1. Indledning	7
2. Opbygning af anlægget	8
2.1. Regnbede (Forfilter)	9
2.2. Samlebrønd	11
2.3. Hovedfilter	12
2.4. Søen	13
2.5. Skimmer og pumpebrønd:	14
2.6. Vandkunst og renden	14
3. Vandets vej igennem systemet	15
3.1. Tørvej	15
3.2. Regnvej	16
4. Materiale benyttet i gårdhaven	17
5. Appendix	18
Appendix 1: Data-blade over filtermateriale	18

1. Indledning

I Fremtidens Gårdhave ved Straussvej, samarbejder Københavns Kommune og HOFOR med beboerne om at anlægge en gårdhave, der ud over at bidrage til håndteringen af hverdagsregn også kan bidrage til håndteringen af skybrud.

Regnvand opmagasineres og tilbageholdes i synlige blå og grønne regnvandsløsninger, der tilsammen danner et haverum med en sø og en vandkanal (Figur 1). Regnvand, der falder på gårdvendte tage og belagte områder, afkobles kloakken og håndteres lokalt i gårdhaven.

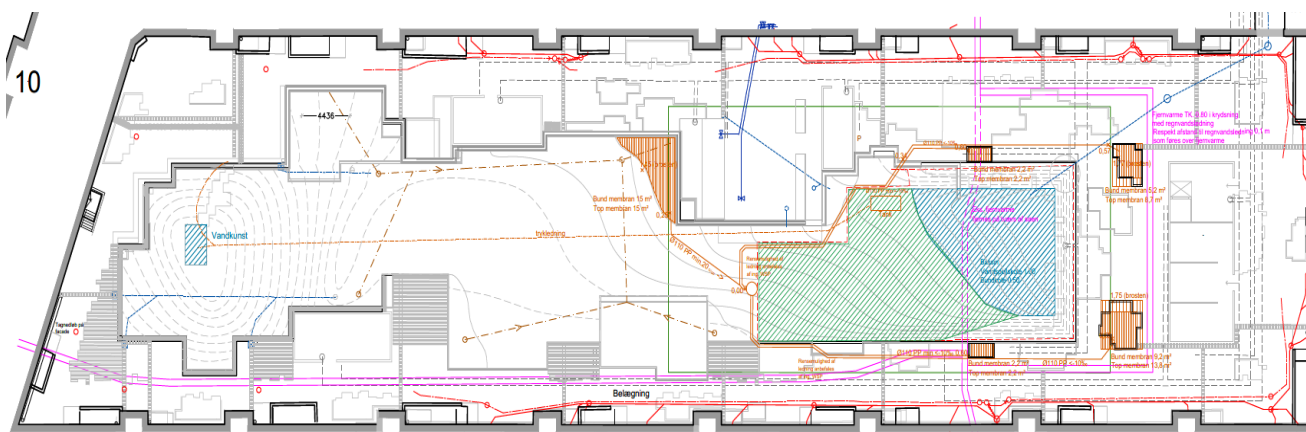
Tre områder i gårdhaven vil bidrage til regnvandshåndteringen. Der er tale om nedsivning igennem græsareal og regnbede (forfiltre), ophold i sø og udnyttelse af vandets rekreative formåen, ved at lade vandet cirkulere i render i gårdhaven. Hovedformålet med regnbedene er at rense det afstrømmede regnvand for e-coli (*Escherichia coli*) og intestinale enterokokker.

I Figur 1 skitseres gårdhaven, hvor græsareal (grønt areal) og regnbede (brune areal) fremgår, sammen med søen (blåt areal), der skal være med til at opmagasinere vandet. Fra søen løber en ledning til gårdhavens modsatte ende, hvor vandet ledes udover vandkunst (trappe) og videre ned til en rende. Renden løber hele vejen tilbage til søen. Det forventes at under hverdagsforhold vil volumen af vand i anlægget være ca. 75 m³ (75.000L), fordelt som vist i Tabel 1:

Tabel 1: Estimeret volumen af vand i de tre vigtige elementer

Element	m ³ vand i element
Søen	40
Hovedfilter	25
Tank	10

Udover at håndtere vandmængderne, er der i løsningen også indtænkt rensning.



Figur 1. Skitse over anlæg i Straussgade. Blåt område = sø, grøntområde = græsareal, bruneområder = regnbede

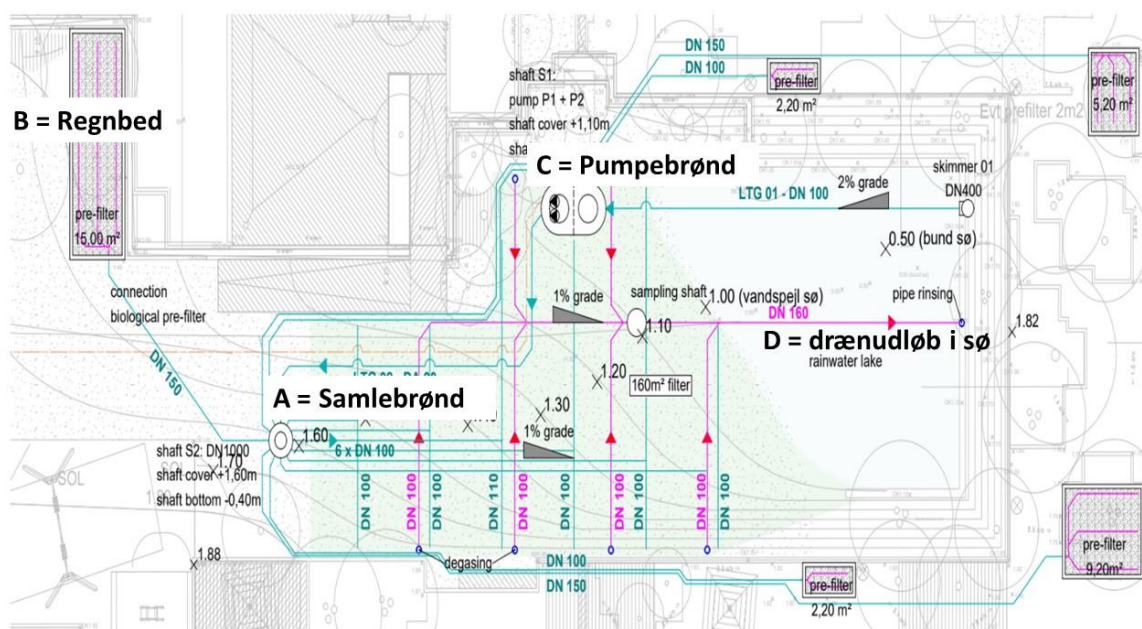
2. Opbygning af anlægget

Som tidligere beskrevet er anlægget opbygget af flere forskellige hovedelementer: græsareal, regnbede og sø, i alt består anlægget af 7 elementer, der hver har deres funktion (Figur 2)

- Regnbede (Forfilter)
- Samlebrønd
- Hovedfilter
- Drænledninger
- Sø
- Skimmer
- Pumpebrønd
- Vandkunst og rende

Udover de nævnte hovedelementer, findes der også en nedgravet tank, hvori vandet der kommer fra pumpebrønden samles.

Det er oplyst fra Polyplan og WSP at opholdstiden i de forskellige elementer i anlægget er 20 min, hvilket giver en opholdstid på ca. 1 time fra regnvand løber ind i regnbedene til at det recirkuleres i systemet.



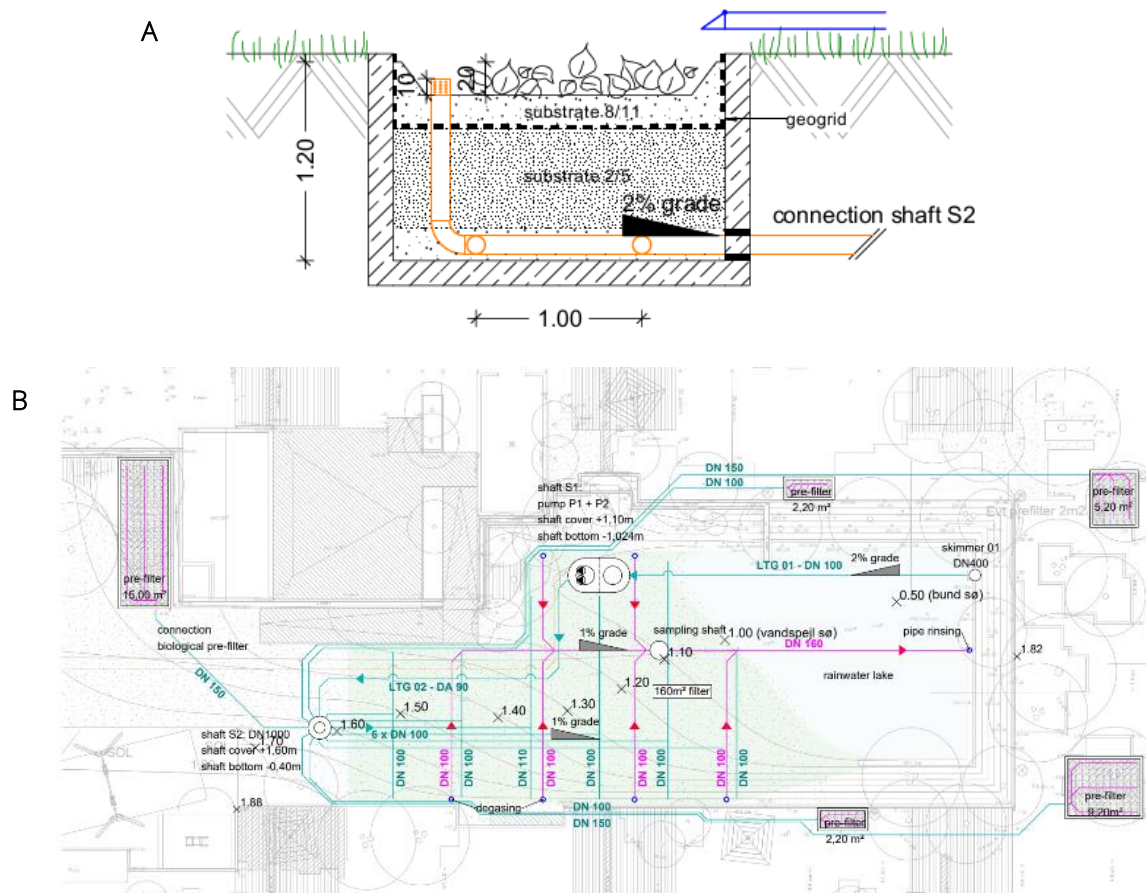
Figur 2: Plantegning over hovedparten af elementerne i anlægget. Placering af samlebrønd i forhold til hovedfilteret ses ved A. Lilla ledninger er dræn, der dræner vandet fra regnbede (B) og leder vandet til forbindelses rørsystem, der fører vandet videre ud i hovedfilteret. I hovedfilteret drænes vandet igen igennem drænledninger (lilla, D), hvor vandet ledes ud i søen igennem drænledningen. Pumpebrønd, der sørger for cirkulation af vandet er mærket med C. Nedgravet tank er ikke indtegnet på figuren.

2.1. Regnbede (Forfilter)

Regnbedene er placeret i den østlige ende af gårdhaven og består af fire mindre og et større regnbed (grå områder i Figur 1), der har indløb fra terræn og er opbygget med ca. 1 meters filterdybde, se Figur 3. Opbygning består af en blanding af filtersand, filtermuld og kalk. Lagene er vist i Figur 3 og datablade findes i appendix 1:

- 20 cm 8/11 substrat
- 80 cm 2/5 substrat.

Fra regnbedene ledes vandet gennem et dræn, som igennem lukkede rør fører vandet til en samlebrønd ved hovedfilteret.



Figur 3: A) Opbygning af et regnbede. B) placering af regnbede i forhold til hovedfilter (grøn areal) og søen (blåt areal). De fem regnbede er markeret med grå skravering.

Opbygningen af regnbedene er afsluttet mod terræn med beplantning. Beplantningen består af et mix af forskellige planter, der plantes i forskellig orden. Hver plantetype plantes i grupper af max 5. I Tabel 2 findes en liste over anvendte planter med deres danske og *latinske* navn, samt billede af planterne.

Tabel 2: Oversigt over planter anvendt i regnbede (forfiltre). Billederne nederst viser planterne

Plante navn/ <i>latin</i>	Antal planter per m ²
Almindelig Star/ <i>Carex nigra</i>	3
Blå iris/ <i>Iris spuria</i>	5
Gul iris/ <i>Iris pseudacorus</i>	5
Glanskapslet siv/ <i>Juncus articulatus</i>	3
Almindelig kattehale/ <i>Lythrum salicaria</i>	5
Kær galtetand/ <i>Stachys palustris</i>	5
Langblandet ranunkel/ <i>Ranunculus lingua</i>	5

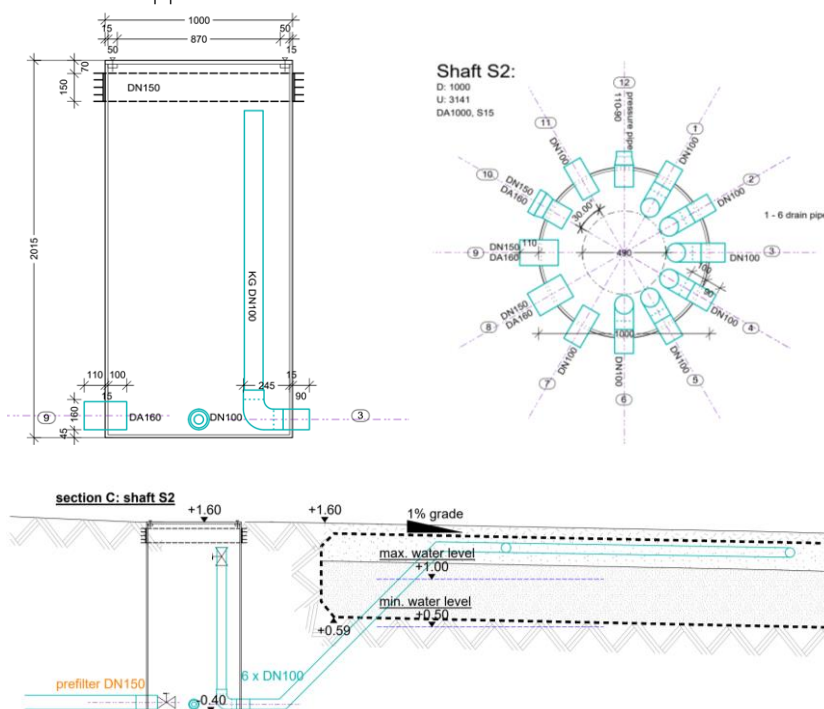


2.2. Samlebrønd

Samlebrønden har til formål at samle vandet fra de forskellige regnbede inden det ledes ind i hovedfiltret (Figur 2) Samlebrønden modtager også recirkuleret vand, der kommer fra søen.

Vandet løber fra regnbedene og til samlebrønden ved hjælp af gravitation. Vandet fra søen pumpes fra pumpebrønd (**Error! Reference source not found.**, C) og til samlebrønden (A). Det vil være pumpen i pumpebrønden, der vil være styrende for recirkuleringen af vandflowet. Vandstanden i samlebrønden, vil være konstant, medmindre vandniveauet i søen når under udløbsniveau. Sker dette vil vandniveauet i samlebrønden falde til under udløbskanten og recirkuleringen vil stoppe.

I samlebrønden (Figur 4), samles de fem forbindelsesrør fra regnbedene, samt pumperøret fra pumpebrønden. Derved føres seks rør til bunden af samlebrønden. Udløbet fra samlebrønden foregår igennem seks rør, med udløb i toppen af samlebrønden.



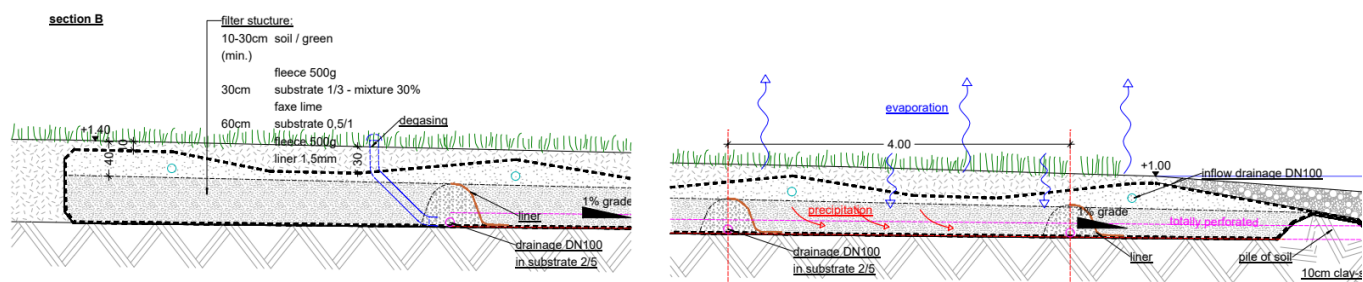
Figur 4: Tværsnit af (tv) samlebrønden og samlebrønden set oppefra (th), samt overgangen fra samlebrønden til hovedfilteret. I tværsnittet ses udløbet konstrueret som stående ledninger.

Når vandstanden i samlebrønden er over toppen af de stående ledninger løber vandet ind i ledningen og fordeles ud i hovedfilteret (se Figur 4). Det forventede konstante flow i anlægget, vil medføre at vandet ikke fryser til is i frostvejr. De stående ledninger, samt indløbsledningerne til samlebrønden er udstyret med kontraventiler, der medfører at vandet kun kan løbe en vej i systemet.

2.3. Hovedfilter

Hovedfilteret består af et overfladeareal på 160 m² og er opbygget af forskellige lag, afsluttet med en grøn overflade (Figur 5). Det forventes at hovedfilteret kan indeholde 20-25 m³ vand og har en samlet dybde på mellem 110 – 130 cm. Opbygning består af en blanding af filtersand, filtermuld og kalk. Lagene er vist i Figur 5 og datablade findes i appendix 1:

- 10-30 cm jord/grønt
- 30 cm fleece 500 g substrat 1/3 – blanding 30% faxe kalk
- 60 cm substrat 0,5/1 – blanding fleece 500g
- Bunden lukkes med 1,5 mm tæt dug.
- Bunden udføres med en hældning/fald på 1% mod opkanten til søen



Figur 5: Tværsnit af hovedfilteret

I bunden/enden af filteret er der etableret en opkant/vold, hvor det behandlede vand bremses og opsamles i en perforeret drænslange DN 100 se Figur 5. Drænene samles i en hovedledning, der leder det behandlede vand ud til søen (Figur 3). Der er etableret en prøveudtagningsbrønd Ø425 på drænet, for at kunne udtage vandprøver og måle renseevnen i filtret over tid.

Drænet er forsynet med udluftning.

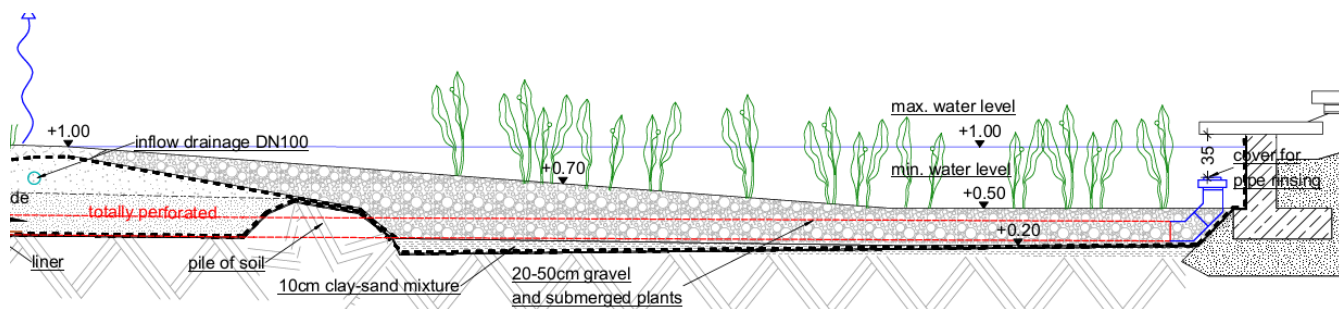
I hovedfilteret vil der forekomme fordampning. Størrelsen af fordampning afhænger af vejrforholdene. Den øverste grønne del af filteret beplantes med forskellige planter som opgivet i Tabel 2, samt Blågrøn-kogleaks.

2.4. Søen

Overgange mellem hovedfilteret og søen er etableret med en opkant af råjord dækket af en 1,5 mm tæt dug for at forhindre gennemsivning til hovedfilteret, se Figur 6. Søen rummer ca. 40 m³

Bunden er opbygget af et 20-50 cm sten- og substrallag. Substrallaget skal ligge, hvor der skal etableres planter. Planter kan etableres, hvor vanddybden er max. 80 cm. Planterne der plantes i søen og i overgangen imellem hovedfilteret, vil være samme slags som oplistet i Tabel 2, samt Blågrøn-kogleaks og Langbladet ærenspris.

Drænslangen fra hovedfilteret er placeret i bunden af søen og ved hjælp af pumper i pumpebrøden (side 11) og en skimmer, vil vandet kunne blive transporteret fra søen igennem skimmeren til hovedfilteret og tilbage til søen, hvorved der laves et konstant flow. En delstrøm af vandet, vil blive pumpet op til den bagerste del af gårdhaven og ledes tilbage til søen igennem render.



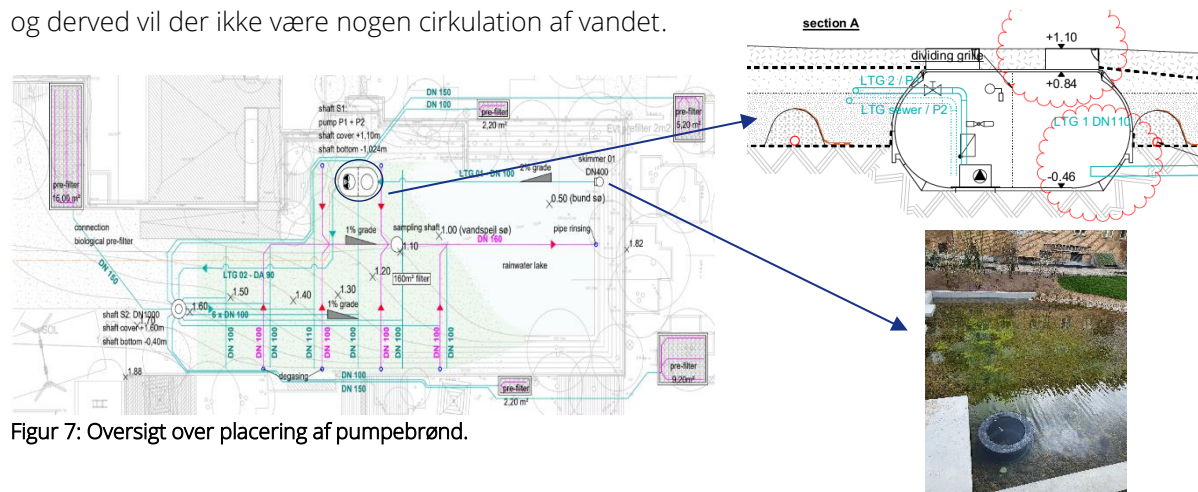
Figur 6: Opbygning af søen

2.5. Skimmer og pumpebrønd:

Ved søens bred, modsat hovedfilteret er der placeret en skimmer, der skummer overfladen før vandet opsamles og leder det til pumpebrønden. Herfra recirkuleres det tilbage til hovedfilteret og vandkunsten. Skimmeren er placeret på en flyder, der medfører at skimmeren følger vandets vandstand.

Pumpebrønden har tilløb fra skimmeren. Pumpebrønden sikrer at vandet fra søen recirkuleres tilbage til tanken, hovedfilteret og vandkunsten. Samtidig er dette med til at skabe bevægelse i vandet som sikrer et flow i systemet. Fra pumpebrønden er der etableret et overløb til eksisterende kloak, som træder i kraft, hvis vandstanden er for høj i regnvandssøen.

Pumpen i pumpebrønden er bestemmende for vandets flow igennem hele systemet. Det er pumpen, der bestemmer hvor hurtigt vandet i søen recirkuleres. Efter planen vil pumpen være slukket om natten og derved vil der ikke være nogen cirkulation af vandet.



Figur 7: Oversigt over placering af pumpebrønd.

2.6. Vandkunst og renden

Når vandet ledes fra søen igennem skimmeren og til pumpebrønden, vil det derefter deles i to strømme, hvor den ene strøm ledes tilbage til samlebrønden. Den anden del pumpes til den nordlige ende af haven og op igennem en vandkunst.

Vandkunsten består af en bakke, hvori der er lavet en vandtrappe bestående af 7 trin, hvoraf det nederste trin lader vandet falde ned i en rende (Figur 8). Renden løber i en mur langs gårdens østlige side og leder vandet tilbage til søen. For at undgå tilgroning af biofilm i renden og på vandkunsten, vil vandflowet til vandkunsten kun foregå i dagtimerne.

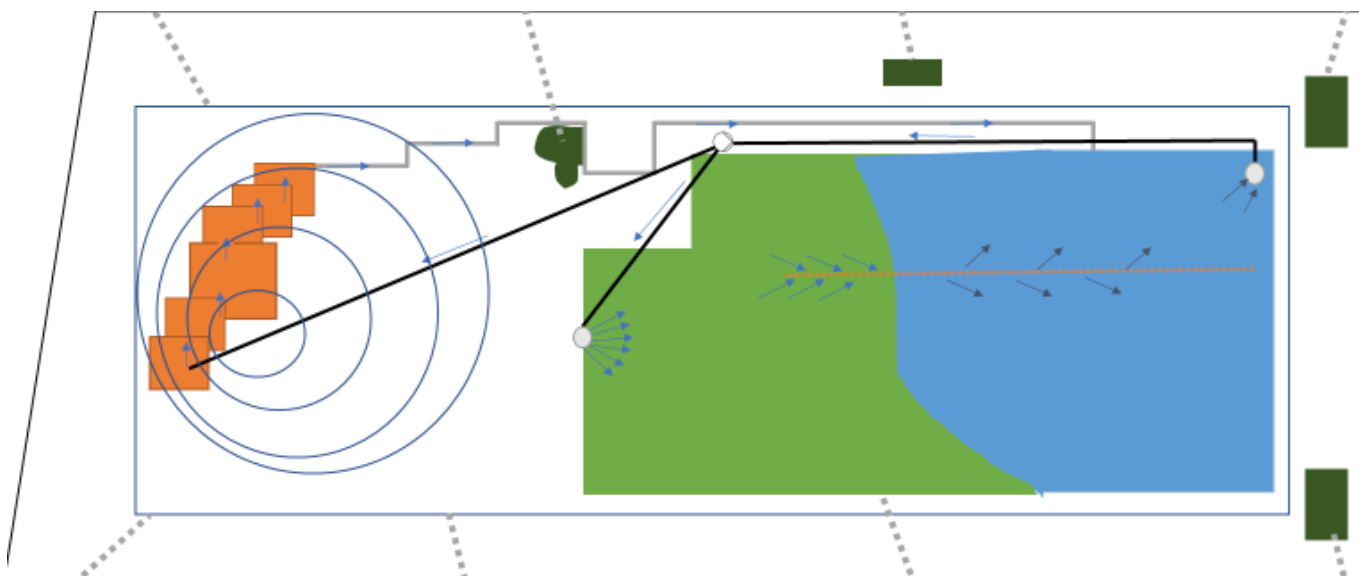


Figur 8: Vandkunsten, bestående af 7 trin, de ender ud i en rende.

3. Vandets vej igennem systemet

3.1. Tørvejr

I anlægget på Straussvej er der et konstant flow af vand rundt i systemet. Flowet styres af pumpen i pumpebrønden, der modtager vand fra søen og sender en delstrøm tilbage til hovedfilteret og en delstrøm til vandkunsten (Figur 9).



Figur 9: Simplificeret oversigtstegning over anlægget på Straussvej, KBH. De grå stiplede linjer repræsenterer render, hvor vandet kan løbe fra taget og til anlægget, de sorte tykke linjer repræsenterer underjordiske ledninger, der hele tiden er vand i, den orange stiplede linje repræsenterer drænrør og den grå tykke linje er mur med rende i. De orange firkanter repræsenterer vandkunsten og de mørkegrønne plamager repræsenterer forfiltre. Pilene viser vandets retning i systemet.

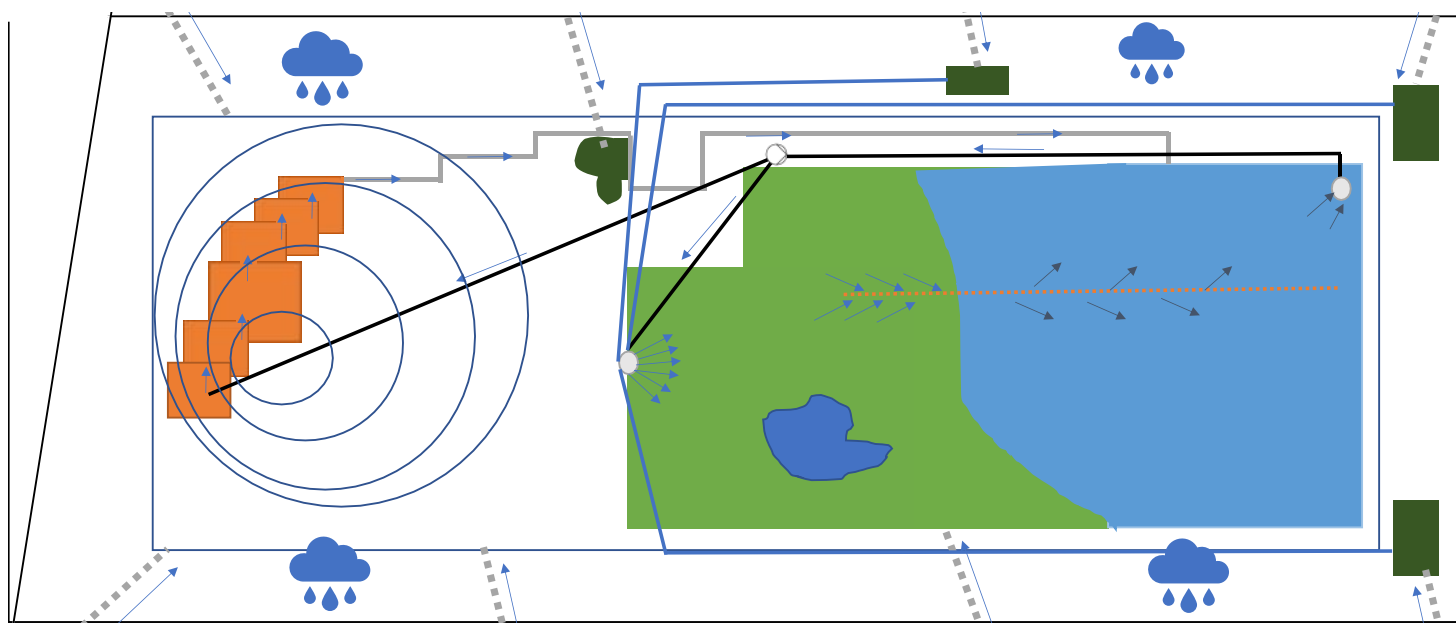
I tørvejr situationer vil vandet blive cirkuleret rundt i systemet. Vandet fra søen vil løbe igennem skimmeren og ved hjælp af tyngdekraft, ledes til pumpebrønden. Herfra vil vandet blive pumpet til vandkunsten og samlebrønden. I vandkunsten vil vandet løbe ned over de syv trin og ende nede i muren med renden. Herfra vil vandet ved hjælp af tyngdekraften, løbe tilbage imod søen og ud i den.

Den del af vandet der pumpes til samlebrønden, vil underjordisk blive fordelt ud i det grønne område, hvor det vil blive filtreret og til sidst samle sig ved drænledningen. Drænledningen vil lede det filtrerede vand ud i søen og vandet vil løbe tilbage til skimmeren.

I tilfælde af længere tids tørvejr og fordampning fra hovedfilteret og søen, vil vandstanden i søen nå et niveau, hvor vandet ikke længere kan løbe igennem skimmeren. I dette tilfælde vil recirkuleringen af vandet stoppe.

3.2. Regnvejr

I regnvejr situationer vil vandstrømmen være den samme som ved tørvejrssituation. Den primære forskel vil være at vandet fra de gårdvendte tage og de impermeable overflader i gården, vil samles og løbe langs render og ender direkte i hovedfilteret eller i regnbedene. Vandet fra forfiltrene vil blive sendt til samlebrønde ved hjælp af tyngdekraft i underjordiske ledninger. I samlebrønden vil vandet blive sendt ud i hovedfilteret og videre ud i søen, som ved tørvejrssituationer (Figur 10).



Figur 10: Simplificeret oversigtstegning over anlægget på Straussvej, KBH. De grå stiplede linjer repræsenterer render, hvor vandet kan løbe fra taget og til anlægget, de sorte tykke linjer repræsenterer underjordiske ledninger, der hele tiden er vand i, den orange stiplede linje repræsenterer drænrør og den grå tykke linje er mur med rende i. De orange firkanter repræsenterer vandkunsten og de mørkegrønne plamager repræsenterer forfiltre. Pilene viser vandets retning i systemet.

I tilfælde af at kapaciteten i samlebrønden overskrides, vil der ske opstuvning til terrænet. Denne opstuvning vil forekomme ved regnbedene og her vil vandet have mulighed for at løbe henover permeable overflader og ind på den impermeable overflade (grønt område), igennem rør.

I tilfælde af meget kraftig nedbør og at vandstanden i søen når over det fastsatte max niveau, vil overskydende vand gå i overløb og ledes til fælleskloakken.

4. Materiale benyttet i gårdhaven

Til opbygningen af gårdhaven inkl. skure og belægninger er der benyttet følgende materiale:

- Brosten og skiffer på belægninger (Genbrugsmateriale fra andre steder i København)
- Tagpap på de grønne tage (Skraldeskur mm)
- Muld
- Rullegræs
- Limtræ til skure
- Epdm gummidug
- Zinktagrender på skure

Ud af de overnævnte materialer, vil tagrenderne på skurene udgøre den største forureningskilde til det afstrømmede regnvand. Det forventes dog ikke at disse vil udgøre en væsentlig større forureningsrisiko end de tagrender, der allerede findes på beboelsesejendommen.

5. Appendix

Appendix 1: Data-blade over filtermateriale

(2020)

Anvendelsesområder

Produktet vil være velegnet hvor der f.eks. ønskes græsvækst og stauder. FilterMulden lever op til de danske anbefalinger til filterjords sammensætning og kan således med fordel benyttes i regnbede. Grovsandsfraktionen og det lave organiske indhold sikrer høj hydraulisk ledningsevne og produktet vil forsinke regnvandets videre vej mod anden afdræning. Funktionen vil være afhængig af hvilken kultur, der etableres i produktet.

Anbefalinger om brug

Typiske anvendelsesområder: Til nedfejning i armeringssten, rabatter langs veje og andre regnbede, til bede og arealer der støder op til faste pladser.

Produktet har en god stabil struktur. Dets struktur ødelægges ikke ved en hård håndtering. Produktet kan let fejes direkte ned i armeringssten. Hvis produktet ikke komprimeres ved udlægningen, må man efterfølgende forvente, at produktet "sætter" sig 15-25 %, hvorfor der kan opstå behov for efterfyldning. Græsfrø iblandes de øverste 2-3 cm. For at sikre en høj fremspiring bør arealet holdes fugtigt de første 2-3 uger.

Gødning: Produktet har gode gødningstal, men kvælstoffet er organisk bundet. Det kan derfor anbefales, at man ved etableringen tildeler ca. 1 kg NPK (f.eks. 21-3-10) pr. 100 m².

Fremstilling og analyser

Produktet består af en blanding af 2 sandtyper og stabilt madraskompost. Produktet er ukrudtsfrit, men tilflyvende ukrudsfrø kan forekomme.

Næringstal mv.¹⁾

Reaktionstal, Rt	7,2 – 7,9
Ledningstal, Lt	1,4
Fosfortal, Pt	3,1
Kaliumtal, Kt	19,1
Magnesiumtal, Mgt	9,3
Calciumtal, Cat	180,0
Hydraulisk ledningsevne m/s	1,4 x 10 ⁻⁴

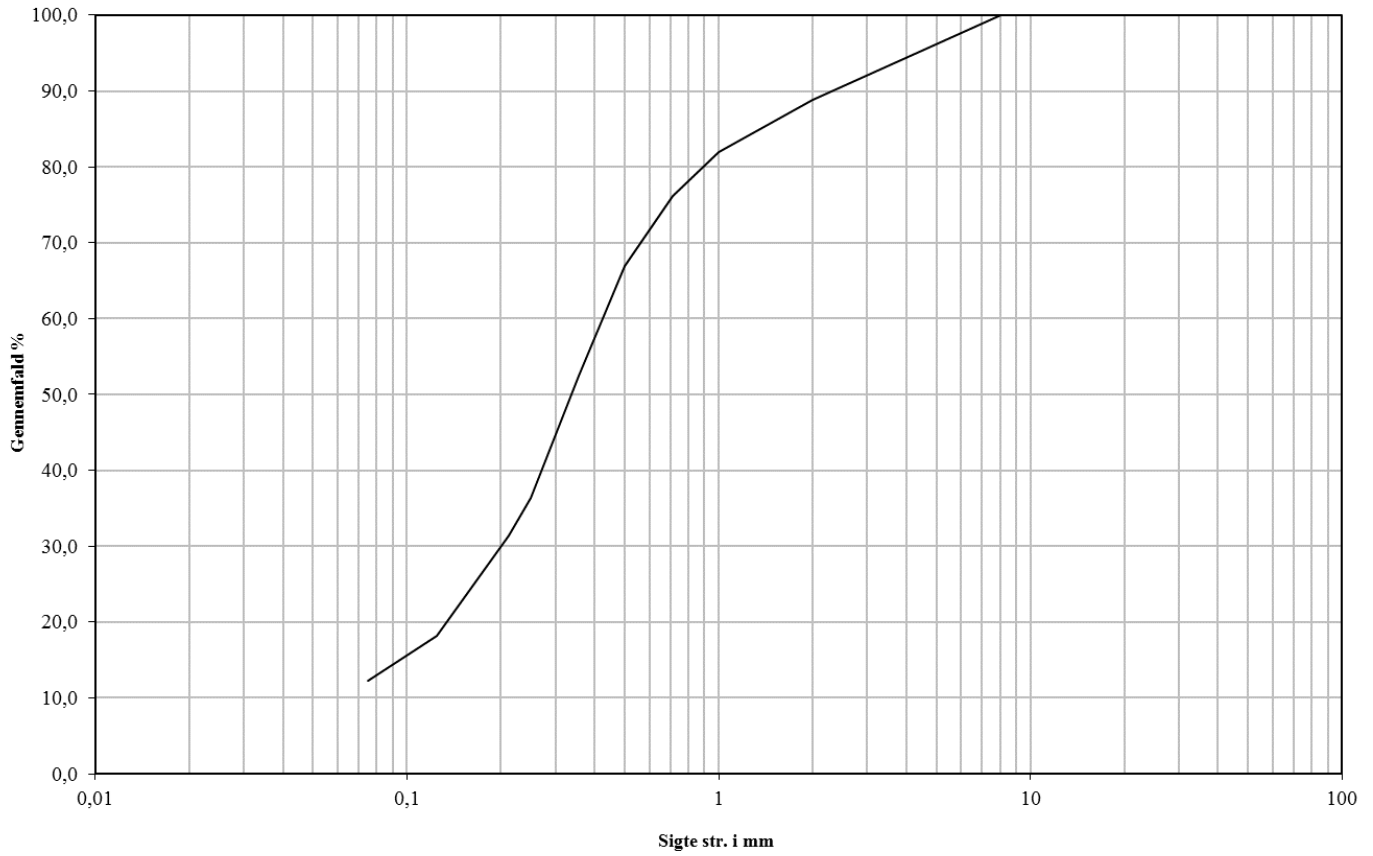
¹⁾ Gennemsnit for de sidste 3 analyser.

Tekstur¹⁾

Grovsand, %	66,3
Finsand, %	20,9
Silt, %	5,5
Ler, %	4,5
Humus, %	2,8
Samlet porevolumen	42,9 %

Ukrudt

Sidste måling	0 stk./liter
---------------	--------------



Dansand A/S

Lervejdal 8b - 8740 Brædstrup

Tlf. +45 8682 5811

E-mail: info@dansand.dk

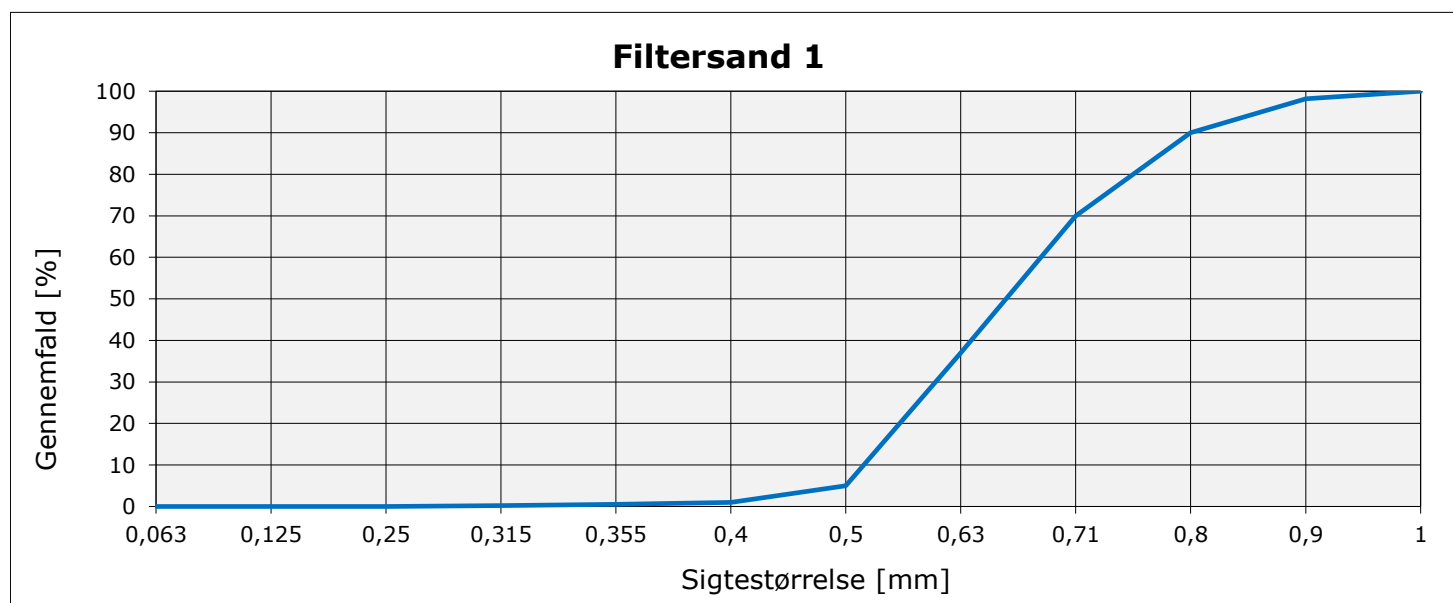
Filtersand 1 0,40 - 0,90 mm

Produktbeskrivelse: Filtersand Type I

Varenummer: Recept 75

Egenskaber	Prøvningsmetode	Typisk værdi	Variationsbånd
Bulk densitet . Kg/m ³	EN 12902	1605	1550-1650
Kornulighedskoefficient - D60/D10	EN 12902	1,311	<1,5
Chloridindhold - vægt %	DS/EN 1744-1	≤ 0,001	-
Hydraulisk ledningsevne - K (m/s)	DS 415	2,7 X 10 ⁻³	-

Sigstørrelse - mm	1	0,9	0,8	0,71	0,63	0,5	0,4	0,355	0,315	0,25	0,125	0,063
Gennemfald - vægt-%	100	98	90	70	37	5	1	0,5	0	0	0	0



Kemisk analyse						
Type	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	SiO ₂
vægt-%	0,079	0,377	0,185	0,033	0,047	99,2

Leverandørerklæring:

DANSAND A/S erklærer hermed, at ovennævnte materiale opfylder krav i overensstemmelse med EN 12904:2005

Ansvarlig: Morten Grundvad - Afdelingschef QHSE

Dansand A/S

Lervejdal 8b – 8740 Brædstrup

Tlf. +45 8682 5811

E-mail: info@dansand.dk

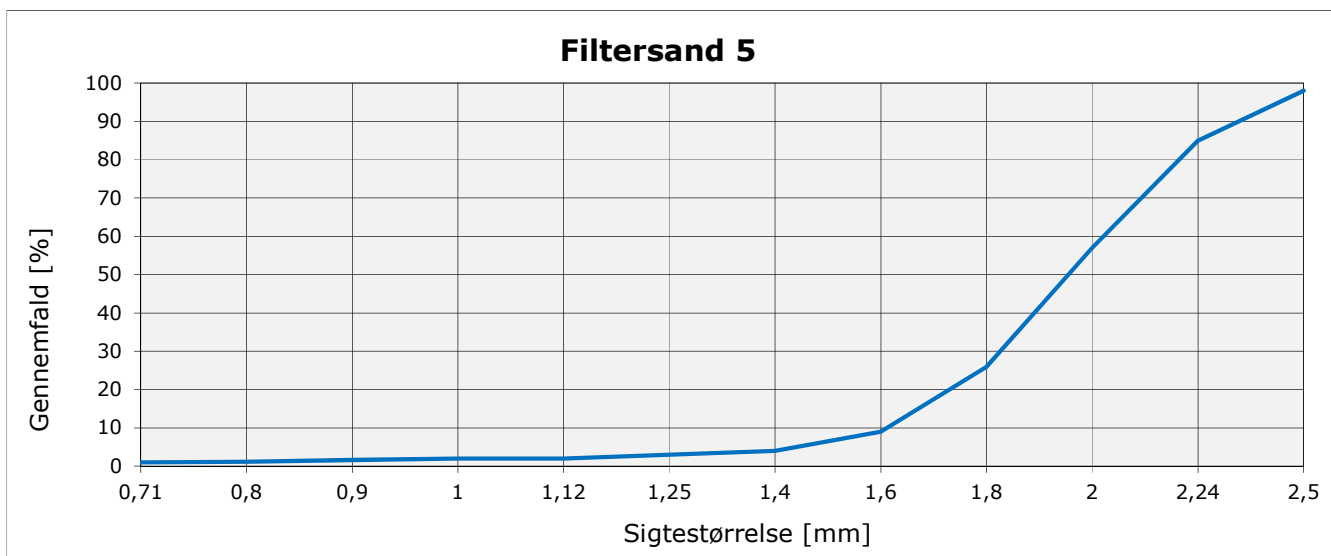
Filtersand 5 1,40 – 2,50 mm

Produktbeskrivelse: Filtersand Type I

Varenummer: Recept 89

Egenskaber	Prøvningsmetode	Typisk værdi	Variationsbånd
Bulk densitet . Kg/m ³	EN 12902	1574	1525-1630
Kornlighedskoefficient - D60/D10	EN 12902	1,3	<1,5

Sigtstørrelse - mm	2,5	2,24	2	1,8	1,6	1,4	1,25	1,12	1	0,9	0,8	0,71
Gennemfald - vægt-%	98	85	57	26	9	4	3	2	2	2	1	1



Kemisk analyse						
Type	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	SiO ₂
vægt-%	0,413	1,411	0,376	0,344	0,33	96,64
Chloridindhold - %	Iht. DS/EN 1744-1					≤ 0,001

Leverandørerklæring:

DANSAND A/S erklærer hermed, at ovennævnte materiale opfylder krav i overensstemmelse med EN 12904:2005

Ansvarlig: Morten Grundvad - Afdelingschef QHSE

Faxe Kalkskaller. CaCO₃

(2-6 mm)

Fremstilling Faxe Kalkskaller fremstilles på vor industrikalkfabrik i Faxe Ladeplads, hvor kalken knuses, tørres, pulveriseres og vindsigtes.

Faxe Kalkskaller er calciumcarbonat (CaCO₃).

Kemiske analyser De kemiske analyser beskrives ved en normalværdi og tilhørende minimum (min.) eller maximum (max.) værdi.

	Normalværdi	Min./Max
Totalcarbonat (CaCO ₃ +MgCO ₃)	98,00 %	Min. 96,60 %
Calciumcarbonat ¹⁾ (CaCO ₃)	96,80 %	Min. 95,40 %
Magnesiumcarbonat (MgCO ₃)	1,00 %	Max. 1,40 %
Uopl. rest i HCl ²⁾	2,10 %	Max. 3,30 %
Aluminiumoxid (Al ₂ O ₃)	0,15 %	Max. 0,35 %
Jernoxid (Fe ₂ O ₃)	0,07 %	Max. 0,09 %
Manganoxid (MnO)	0,02 %	Max. 0,04 %
Svovl (S)	0,04 %	Max. 0,06 %
Fugtighed (H ₂ O)	0,05 %	Max. 0,09 %

¹⁾ Beregnet som calcium (Ca) = 38,4 %

²⁾ Den uopløselige rest i HCl er SiO₂ inkl. Al₂O₃, Fe₂O₃ og MnO

Fysiske egenskaber

Sigteanalyse

Bestemt ved manuel sigtning	\bar{x}	s*
+ 6,0 mm	0 %	0 %
5,0 - 6,0 mm	5 %	2 %
4,0 - 5,0 mm	21 %	2 %
2,0 - 4,0 mm	72 %	2 %
0 - 2,0 mm	2 %	2 %

*s er angivet i procent point.

Rumvægt

	\bar{x}	s
Bulk	1250 kg/m ³	100 kg/m ³

Middelværdien plus/minus 2 gange standardafvigelsen ($\bar{x} \pm 2 \cdot s$) angiver grænserne, inden for hvilke 95 % af vore analyseresultater vil falde.

Levering Faxe Kalkskaller leveres i bulk samt big bags.

Opbevaring Faxe Kalkskaller bør opbevares tørt.

Anvisning Der henvises til sikkerhedsdatablad for Kalk- og kridtfiller (www.lhoist.dk).



TEKNOLOGISK
INSTITUT