



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Projekt klimaskole

Demo-anlæg med nye LAR-løsninger

2015



Titel:

Projekt klimaskole

Redaktion:

Hanne Kjær Jørgensen

Udgiver:

Naturstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø
www.nst.dk

Foto:

Thomas Wilhelmsen, www.Specialphoto.dk

År:

2015

ISBN nr.

978-87-93353-31-2

Ansvarsfraskrivelse:

Naturstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Naturstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Naturstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Naturstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord.....	5
Konklusion og sammenfatning	6
Summary and Conclusion.....	7
1. Baggrund for projektet	8
2. Formål med projektet.....	9
3. Hvad er nyt?	10
4. Forundersøgelser: Dataindsamling	11
4.1 Kortlægning af terrænforhold	12
4.2 Kortlægning af jordbundsundersøgelser, infiltrationstest.....	13
5. Hvad har vi målt?	14
5.1 Beskrivelse af nedbørsmåler.....	14
5.2 Beskrivelse af vandstandsmåler	14
6. Dimensionering af LAR-anlæg	16
7. Resultat af projektet	18
7.1 Permeable belægninger	18
7.2 Vandrender	19
7.2.1 Rund vandrende.....	20
7.2.2 Store vandrender.....	21
7.3 Sophebassin	22
7.4 ACO-rende.....	24
7.5 Faskine med vandpumpe – Collectio.....	25
7.6 Regnbed.....	26
7.7 Grøft	27
7.8 Grønt tag	28
7.9 Opsamling af regnvand til vanding af køkkenhaver	28
8. Dokumentation: Mike Urban model	29
9. Hvordan fungerer LAR-anlægget	31
9.1 Vandstandsmålinger.....	31
9.2 Nedbørdata	31
9.3 LAR matrix.....	31
9.4 Hvilken positiv indflydelse har det for forsyning/rensningsanlæg, Kildemoseåen samt Maglemoseåen?.....	32
9.5 Mindre spildevand: hvor meget mindre – hvilken effekt har det?	33
9.6 Bedre spildevand – hvordan måles/opgøres det?	33
9.7 Øget biodiversitet – hvordan måles/vurderes det?	33
9.8 Regnvand som ressource – hvilken form for ressource – hvordan måles det?	33
9.9 Samlet investering kontra udbytte.....	34
10. Diskussion: Hvad har vi lært af de nye teknologier, herunder praktiske erfaringer?	37

Referencer	39
Bilag 1 Fotos af LAR-elementer etableret juni 2013.....	40
Bilag 2 Etablering af demo-projekt på klimaskolen	42
Bilag 3 Situationsplan demo-projekt 1 forår 2013.....	44
Bilag 4 Principskitse Multirum med skybrudssikring.....	45
Bilag 5 Trepunktsmetoden	46
Bilag 6 Afløbsteknisk plantegning.....	47
Bilag 7 Terræn opmålt af landinspektør.....	48
Bilag 8 Sigtekurveanalyser	49
Bilag 9 Rund vandrende (tegning)	57
Bilag 10 Stor vandrende	56
Bilag 11 Skitse af soppebassin	57
Bilag 12 Tværsnit af ACO-rende.....	58
Bilag 13 Tværsnit af Collectio	59
Bilag 14 Snit og plantegning af regnbed	60
Bilag 15 Trapezformet grøft.....	61
Bilag 16 Vandstandsmåling 1. april 2012 til 31. august 2014	62
Bilag 17 Nedbørsdata fra 583520 Ågenrup Renseanlæg	63
Bilag 18 LAR matrix	64
Bilag 19 Workshop med klimaprint som akustik-billeder	65

Forord

Dette projekt skal udvikle, teste samt demonstrere nye teknologier til at håndtere regnvand lokalt. Demo-projektet er udført på Lindebjergskolen i Roskilde – i det følgende betegnet ”Klimaskolen”.

Forud for dette projekt er der gennemført et ”Projekt Klimaskole” i regi af partnerskabet Vand i Byer. I dette projekt blev der udviklet et koncept for den klimatilpassede folkeskole. Der henvises til <http://www.vandibyer.dk/31787> for resultaterne af dette projekt. Dog skal det påpeges, at dette projekt både har omfattet ny teknologi, ny undervisning samt borgerinddragelse, se figur 1.



FIGUR 1
KLIMASKOLE-INITIATIVET OMFATTER BÅDE NY TEKNOLOGI, NY UNDERVISNING SAMT UDVIKLING AF SKOLEN SOM KLIMACENTER.

Konklusion og sammenfatning

Der er rent fysisk udført et demo-anlæg på en eksisterende folkeskole (Lindebjergskolen i Roskilde Kommune) i juni 2013. LAR anlægget fungerer efter hensigten og kan således håndtere hverdagsregn, dimensionsgivende regn samt skybrud.

De nye teknologier/prototyper, der er udviklet og/eller demonstreres i dette projekt, er:

- Permeable belægninger (udviklet af IBF og NCC)
- Faskine med membran samt vandpumpe – collectio (udviklet af Wavin)
- Udløb fra vandrende udformet som tilløb til soppebassin
- Soppebassin der forestiller landkort over Roskilde Fjord og Isefjord (designet af Thing & Brandt Landskaber)
- Udløb fra soppebassin til ACO-rende (så bassinet altid kan tømmes, når det ønskes)
- Overløb fra soppebassin til ACO-rende (så max vandstand er 12 cm)
- Udløb fra ACO-rende til Collectio
- Overløb fra Collectio til regnbed
- Overløb fra regnbed til grøft

Der har været stor interesse for anlægget, og der har været mange besøg – både fra ind- og udland. Der har været mange henvendelser omkring de forskellige teknologier.

I forbindelse med soppebassinet har der været flere henvendelser om, hvilke praktiske erfaringer, der er opnået, når der etableres et soppebassin på en skole. Bassinet er indrettet, så max vandstand er lavere end en barnestøvle (12 cm), og skolens personale er instrueret i, at bundproppen skal fjernes (hvorved bassinet tømmes) efter max 24 timer, så der ikke er stillestående vand i soppebassinet. Dette har vist sig at fungere uproblematisk.

Det har dog vist sig, at nedsivning fra grøften (nedstrøms soppebassinet) sker meget langsomt, og derved er der i perioder vand i grøften. Grøftens udformning er midlertidig, da der efteråret 2015 skal etableres en plads med permeable sportsbelægning (betegnet ”multirum med skybrudssikring”) i overløbet fra grøften, hvilket vil forebygge, at der står vand i grøften. Indtil da, har skolen måtte tømme grøften med en dykpumpe efter kraftige regn, for at undgå stillestående vand.

”Multirum med skybrudssikring” er finansieret af Naturstyrelsens MUDP-program.

De udviklede samt forbedrede teknologier for offentlige institutioner kan alle overføres til private haver og parker.

Det er dermed lykkedes at demonstrere over for den almindelige borger (fx eleverne og deres forældre), hvor let det kan være at afkoble regnvand, hvordan LAR-elementerne skal kombineres som ”perler på en snor”, samt hvordan man (via overløb) skal sikre plads til ekstremregn.

Summary and Conclusion

The aim of this project has been to develop, optimize, test and demonstrate new and existing technologies within handling of cloudbursts in relation to SUDS, especially when using rainwater as a resource on public institutions, such as schools etc.

There is in Juni 2013 built a new demo-plant on an existing public school (Lindebjerg School in Roskilde). This plant is supposed to handle everyday rain, design storms and cloudbursts.

The new technologies, which is developed and/or demonstrated within this project is:

- Permeable pavements (developed by the companies IBF and NCC)
- Infiltration trenches with a membrane and a water pump – called a Collectio (developed by Wavin)
- Outlet of a water trench used as an inlet of a basin for playing kids
- Playing basin for kids designed as a map of Roskilde Fiord (designed by Thing & Brandt Landskaber)
- Outlet of a basin /inlet of an ACO-drain (basin will be emptied when needed)
- Overflow from a playing basin /inlet of an ACO-drain (max water level is 12 cm)
- Outlet from an ACO-drain to the Collectio
- Overflow from the Collectio to a raingarden
- Overflow from a raingarden into a traditional trench

The total SUDS plan will be finished in the spring of 2015, where there will be established a "Climateadapted multifunctional square" (financed additionally by the Danish EPA).

The SUDS plant with the new technologies is functioning as planned. The plant has transported, stored, evaporated, infiltrated or delayed every rain since June 2013, where the plant was build. There has been many inquiries about the plant and the new technologies, and there has been lots of visitors – nationally and internationally.

Especially, in relation to the playing basins, there has been lots of inquiries about the practical experiences with having an open playing basin at a school. The basin is made, so max water level is lower than a rubber boot for children (12 cm), and the staff at school is aware of that the plug needs to be removed (and the basin emptied) within 24 hours, so there is no stationary water in the basin. This is working without any problems.

However, infiltration from the trench (downstream the playing basin) is very slow, which means, that there are long periods with a (very slowly decreasing) water level in the trench. The trench is temporary, as the "climateadapted multifunctional Square" will be established spring 2015 downstream the trench. This means, that water will overflow into the square, preventing a high or only slowly decreasing waterlevel in the trench.

Until then, the school has used a small pump to empty the water volume from the trench after heavy rains to avoid a high water level and/or stationary water in the trench.

1. Baggrund for projektet

Der er et enormt, uudnyttet potentiale i at etablere anlæg til Lokal Afledning af Regn (LAR-anlæg) i offentlige institutioner, se nedenstående tabel 1.

	Antal i Danmark	Anslået tagareal pr. institution	Potentiel nedsivning af regnvand (nedbør: 712 mm/år)
Vuggestuer, børnehaver, aldersintegrerede institutioner	*4.906	1.000 m ²	3,5 mio. m ³
SFO og fritidshjem	*2.231	2.000 m ²	3,2 mio. m ³
Skoler	**1.510	10.000 m ²	10,8 mio. m ³
I alt	8.647		17,5 mio. m³

*Finansministeriet 2003 ** KL, fakta ark om folkeskolen 2010

TABEL 1
UDNYTTET POTENTIALE I AT ETABLERE LAR-ANLÆG PÅ OFFENTLIGE INSTITUTIONER I DANMARK.

Hvis eksempelvis hver offentlige institution i Danmark afkobler sit regnvand, svarer det til, at der potentielt afkobles 17,5 mio. m³ regnvand i Danmark. Selv hvis det anslås, at 20 % af det potentielle regnvand fordamper eller forsvinder på belægninger som initialtab, og at 30 % af institutionerne ikke kan nedsive deres regnvand (tagmaterialer/tagrender og/eller jordbundsforhold gør institutionen uegnet til nedsivning), vil det være muligt at nedsive over 4,2 mio. m³ regnvand årligt fra offentlige institutioner alene.

I dette projekt fokuseres der på at lave et koncept for, hvordan man kan benytte regnvandet som en ressource, der fx kan bruges til leg og læring, til at gøre regnvandet synligt, til at øge biodiversiteten mv. Konceptet skal kunne overføres til alle andre skoler samt offentlige og private institutioner i Danmark og på sigt i udlandet, hvor det efter forundersøgelser giver mening at udføre lokal afledning af regnvand.

Lindebjergskolen i Roskilde Kommune er benyttet som eksempel og er udelukkende valgt pga. borgerinvolveringen (bottom-up-projekt) samt ud fra de velegnede omgivelser til at demonstrere LAR-anlæg. Motivet har været perspektivet i at etablere et godt koncept for den klimatilpassede folkeskole som det gode eksempel for andre skoler, for borgerne i fx Roskilde Kommune samt skoleeleverne.

Det ønskes fx at komme ud med et budskab til alle borgere om, at regnvandet netop skal tilbageholdes der, hvor der ikke sker oversvømmelse. Når regnvandet afkobles på disse steder, nedsættes belastningen på de offentlige kloaker, så naboerne, der bor nedstrøms, ikke får oversvømmelse.

Endeligt er det vigtigt med budskabet om, at alle LAR-anlæg skal forholde sig til både hverdagsregn, dimensionsgivende regn og skybrud.

2. Formål med projektet

Formålet med nærværende projekt er udvikling, optimering, test samt demonstration af nye teknologier inden for håndtering af ekstremregn i forbindelse med lokal afledning af regn (der betegnes LAR-løsninger), herunder teknologieffektivisering af allerede kendte teknologier til håndtering af regnvand på offentlige institutioner.

Projektet gennemføres rent fysisk på en eksisterende folkeskole (Lindebjergskolen i Roskilde Kommune), da skolen har haft problemer med oversvømmelse i kælderen i forbindelse med ekstremregn, og samtidig har velegnede pladsforhold til et demo-anlæg.

Projektet har desuden følgende delformål:

- At opfylde forsyningernes behov for at få nye værktøjer i teknologiudviklingen i forbindelse med ekstremregn som alternativ til store betonbassiner, herunder at dokumentere disse løsninger
- At formidle, at de udviklede samt forbedrede teknologier for offentlige institutioner kan overføres til private haver og parker, således at den almindelige borger vil kunne se, forholde sig til og forstå, hvor let det kan være at afkoble regnvand, samt at få illustreret, hvordan LAR-elementerne skal kombineres, samt at have indtænkt plads til ekstremregn. Dette vil være med til at nedbryde nogle af de barrierer, der kan være, for at borgerne selv afkobler deres eget regnvand

3. Hvad er nyt?

Fotos af LAR-elementer etableret juni 2013 fremgår af bilag 1. Fotos af anlægsfasen fremgår af bilag 2. Situationsplan over demo-anlægget fremgår af bilag 3. Principskitse over ”Multirum med skybrudssikring” (anlægges efterår 2015) fremgår af bilag 4.

Det nye i anlægget er at demonstrere, at LAR-anlæg skal etableres som serie-forbundne anlæg med overløb til hinanden – som perler på en snor. Anlægget kan herved rumme både hverdagsregn, dimensionsgivende regn – samt når multirum med skybrudssikring anlægges – også skybrud.

Det er et vigtigt signal til alle, der ønsker at udforme LAR-anlæg, at alle LAR-anlæg skal forholde sig til både hverdagsregn, som er 80 % af alle regn, dimensionsgivende regn (19 % af alle regn) samt skybrud (1 % af alle regn), se ”Tre-punktsmetoden” illustreret i bilag 5.

De nye teknologier/prototyper er:

- Permeable belægninger (udviklet af IBF og NCC)
- Faskine med membran samt vandpumpe – collectio (udviklet af Wavin)
- Udløb fra rende/tilløb til soppebassin
- Soppebassin der forestiller landkort over Roskilde Fjord og Isefjord (designet af Thing & Brandt Landskaber)
- Udløb fra soppebassin til ACO-rende
- Overløb fra soppebassin til ACO-rende
- Udløb fra ACO-rende til Collectio
- Overløb fra Collectio til regnbed
- Overløb fra regnbed til grøft

4. Forundersøgelser: Dataindsamling



FIGUR 2
LUFTFOT AF LINDEBJERGSKOLEN.

Der er indsamlet de fornødne afløbstekniske data (brønde, ledninger) fra Roskilde Kommunes byggesags arkiv (ledninger på skolens private grund) samt hos Roskilde Forsyning (offentlige forsyningsledninger).

Lindebjergskolen og Gundsøllehallen er begge separatkloakerede. Regnvandet ledes mod syd til Maglemose å. Der har flere gange været oversvømmelser af Maglemose Å ved Store Valby (nedstrøms skolen).

Der har mindst én gang været oversvømmelse på skolens grund, nemlig den 5. juli 2007. Her blev kælderen oversvømmet og fyldt til terræn, da alt regnvand fra overfladerne i Gundsølle (nord for skolen) blev ledt direkte til den udvendige kældernedgang. Siden er der etableret en sandfangsbrønd nord for kældernedgangen, der modtager overfladevandet.

Roskilde Kommune har på baggrund af en prioritering over indsatsområder besluttet, at Gundsølle ikke er specielt fokusområde for nedsivning af regnvand, da der ikke forekommer (så

mange) oversvømmelser. Der kan derfor ikke opnås tilbagebetaling af tilslutningsbidrag, og området har ikke speciel afløbsteknisk fokus.

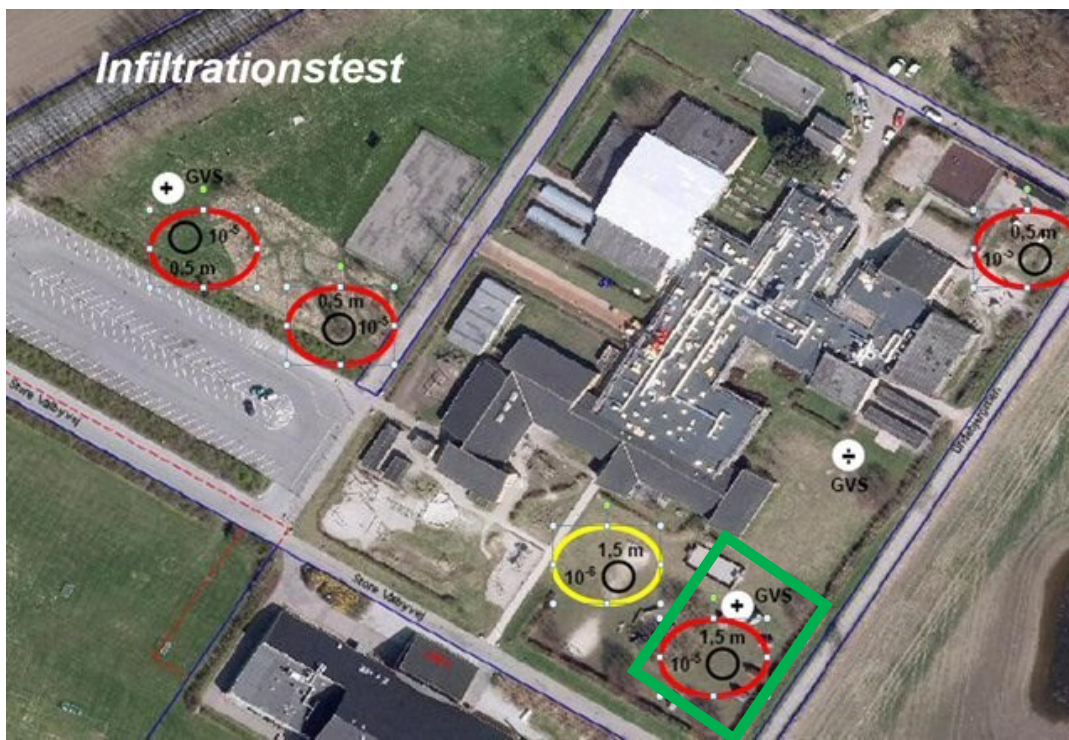
Roskilde Forsyning har udført den afløbstekniske plantegning med relevante dæksel – og bundkoter, se bilag 6.

Plantegningen er gennemgået sammen med Gundsø Entreprenør Forretning, som har anlagt samt vedligeholder store dele af afløbsinstallationerne.

For at vurdere, hvor afkobling af tagnedløb lettest ville kunne sted, har der været udført en gennemgang af skolens afløbssystem, hvor bestemte koter er målt (nedstik). Dette har kunnet verificere/kontrollere den udførte afløbstegetning, og desuden har det givet et overblik over afløbssystemet.

4.1 Kortlægning af terrænforhold

Terrænet skræner fra parkeringspladsen (i Vest) og landsbyen (i Nord) mod Humlehaven ved Lindebjergstien (i Syd). Dette betyder, at vandet på overfladen naturligt ender i Humlehaven i Syd (angivet med grøn firkant), se figur 3.



FIGUR 3
INFILTRATIONSTEST UDFØRT APRIL 2012.

Konklusionen af kortlægningen af terrænforhold er, at vandet – via overløb – skal ledes i sydlig retning ned mod Humlehaven. Overløb og skybrudssikring skal derfor anlægges i området markeret med grøn firkant.

Terrænet er oktober 2012 opmålt af landinspektør, se bilag 7.

4.2 Kortlægning af jordbundsundersøgelser, infiltrationstest

For at kortlægge mulighederne for nedsivning, er der udført 5 infiltrationstest i overensstemmelse med Rørcenteranvisning 009 bilag 3. Nedsivningsevnen er målt i den dybde, hvor der skal nedsives fra. På figur 3 ses placering af de udførte prøvehuller, dybde af hver prøveudgravning samt nedsivningshastighed i m/s.

Nedsivningstestene viser, at nedsivning er mulig med en hastighed på $1 \cdot 10^{-5}$ m/s (røde cirkler). Dog er område angivet med gul cirkel mindst egnet til nedsivning med $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

I hver prøveudgravning er der udtaget jordbundsprøver i den dybde, hvor nedsivning skal finde sted. Sigtekurveanalyser fremgår af bilag 8.

5. Hvad har vi målt?

I dette afsnit beskrives det, hvilke målinger, der er udført på klimaskolen i Roskilde.

5.1 Beskrivelse af nedbørsmåler

Der er anbragt en nedbørsmåler af typen RIMCO på taget af skolen, se figur 4. Nedbørsmåleren måler nedbøren hvert minut med en opløsning på 0,2 mm. Placeringen er ikke meteorologisk set den optimale, da der kan være turbulens fra taget, hvilket betyder, at regnmåleren ikke måler repræsentativt i forhold til andre Rimco-målere i Spildevandskomiteens regnmålersystem.

Det er dog vurderet, at en placering på taget vil være hensigtsmæssig for at undgå, at der kommer vand fra børnenes leg i regnmåleren.

Nedbørsmålingerne skal vises på skolens intranet samt give grundlag for varslinger af skybrud.

Nedbørsdata kan pt. ses her: <http://datafarm.dhigroup.com/sites/dhi/dk/klimaskolen/main.html>



FIGUR 4
OPSTILLING AF NEDBØRMÅLER AF TYPEN RIMCO PÅ SKOLENS TAG (TV) SAMT MÅLERSKAB (TH).

5.2 Beskrivelse af vandstandsmåler

Der er forberedt til 3 pejlinger af grundvandsstand i 3 meter under terræn. Der er pt. anbragt 2 målere af typen Chatter Enhed fra MJK Automation, se figur 5. Målerne måler vandstanden 2 gange i døgnet.

Målerne er etableret april 2012, og derved er der opnået 1 års pejlinger, inden etablering af LAR-anlæg er påbegyndt. Målingerne kan bruges til at sammenligne vandstanden før og efter afkoblingen af 1100 m² tagareal.

Målingerne fremgår af afsnit 9.



FIGUR 5
CHATTER ENHED FRA MJK AUTOMATION ETABLERET APRIL 2012.

6. Dimensionering af LAR-anlæg

De enkelte LAR-elementer er dimensioneret.

Forudsætning for dimensionering er en række forundersøgelser beskrevet i afsnit 4.

Forudsætningerne for dimensioneringen fremgår af tabel 2:

Afkoblet tagareal (m ²)	Nedsivnings- evne (m/s)	Max. vandføring 2 års regn*	Max. vandføring 5 års regn**	Max vandføring 10 års regn***
1100	1 •10 -5	15,4 l/s	20,9 l/s	25,3 l/s

*140 l/s/ha er benyttet **190 l/s/ha er benyttet ***230 l/s/ha er benyttet

(regn intensiteter fra DS 432)

TABEL 2

FORUDSÆTNING FOR DIMENSIONERING AF LAR-ANLÆG PÅ KLIMASKOLEN.

Det fremgår under de enkelte afsnit (7.1 – 7.9) hvilke regn der er benyttet som grundlag for dimensioneringen af det enkelte element.

Dimensioner af de enkelte LAR-elementer samt forudsætninger for de udførte beregninger ses i nedenstående tabel 3.

LAR-element	Dimension	Beregnet vha.	Forudsætninger
Grønt tag	70 m ²	-	Ex. tag over cykelstativ benyttet
Permeable belægninger	200 m ²	-	Ex. overflader benyttes
Vandreder, runde	2 cm dybde	Den rationelle metode	2 års regn
Vandreder, store	Max 20 cm	Den rationelle metode	2 års regn
Soppebassin	6 x 6 m	Volumen betragtning	
Udløb fra soppebassin	Ø75 mm	-	Skal kunne afvande laveste punkt i soppebassin. Røret skal være varmebestandigt pga. udlægning af varm asfalt

Overløb fra soppebassin	H = 0,16 m B = 0,20 m	Uponors beregningsprogram	Overløb fra soppebassin
ACO-rende		Uponors beregningsprogram	Må ikke være flaskehals (overløb)
Faskine med vandpumpe (Collectio)		SVK dim. Regneark	
Regnbed		SVK. Dim. regneark	RC anvisning 16 om regnbed fulgt
Grøft		Uponors beregningsprogram	

TABEL 3
DIMENSIONER AF DE ENKELTE LAR-ELEMENTER SAMT FORUDSÆTNINGER FOR DE UDFØRTE BEREGNINGER.

Alle efterfølgende fotos er fra demo-anlægget etableret maj-juni 2013. Entreprenør er Gundsø Entreprenør Forretning.

I afsnittet "Resultat af projektet" nedenfor uddybes dimensioner og fakta for de enkelte anlæg.

7. Resultat af projektet

I dette afsnit beskrives de enkelte elementer i demo-anlægget. Dimensioner og fakta for de enkelte del-elementer fremgår.

7.1 Permeable belægninger



FIGUR 6
IBF OG NCC HAR MODTAGET DI BYG'S INNOVATIONSPRIS 2013 FOR DE PERMEABLE BELÆGNINGER. ØKOLOCK (ØVERST TV) OG ØKOSUPERLOCK (ØVERST TH) OG RIMA (NEDERST) ER DEMONSTRERET PÅ KLIMASKOLEN (FOTO: THOMAS WILHELM, SPECIALPHOTO).

Dimensionerne af de permeable belægninger fremgår af tabel 4:

Afretningslag og fugemateriale (DrænAf)	Bundsikring (DrænStabil)	Flisetype		
		Økolock	ØkoSuperlock	Rima
3 cm + fuge	35-40 cm	25 m ²	36 m ²	140 m ²

TABEL 4
DIMENSIONERNE AF DE PERMEABLE BELÆGNINGER PÅ KLIMASKOLEN.

Der er etableret ca. 200 m² permeable belægninger. Der er udlagt 3 forskellige typer fliser, hhv. Rima, Økoloc samt Superloc.

IBF og NCC har november 2013 modtaget DI Byg's innovationspris 2013 for de permeable belægninger, der er demonstreret på klimaskolen, se: <http://www.ncc.dk/produkter-og-services/dranstabil-og-dranaf/rastoffer-vinder-di-bygs-innovationspris/> samt: <http://www.ibf.dk/da/ibf-vinder-dansk-industri-bygs-innovationspris>

Kombinationen af fliser, fugemateriale (Dræn Af), afretningslag (Dræn Af) samt bærelag (DrænStabil) er helt ny. Fugematerialet og afretningslaget er altså det samme. Opbygningen af de permeable belægninger er altafgørende for transporten af vand væk fra overfladen, og det er vigtigt, at dybden af laget af DrænStabil er mellem 35 og 40 cm.

Alle belægningerne modtager vandet fra overfladerne (ikke tag). Alle belægningerne er håndudlagte. På baggrund af de opnåede erfaringer med de permeable belægninger anbefales det at maskinudlægge belægningerne på andre skoler. Herved opnås en helt plan overflade, hvorved børnene kan gå i bare fødder uden at skære sig på 'grater', som belægningerne er støbt med. Ved maskinudlægning minimeres risikoen endvidere for, at cykler (i SFO) ikke punkterer.

7.2 Vandrender

Efter ønske og design fra Thing & Brandt Landskaber er der benyttet 2 typer vandrender: hhv. rund vandrende fra IBF samt bred flisevandrende designet af Thing & Brandt Landskaber med fliser leveret af IBF.

7.2.1 Rund vandrende



FIGUR 7
RUND VANDRENDE FRA IBF TRANSPORTERER TAGVANDET TIL DE STORE VANDRENDER (FOTO: THOMAS WILHELM, SPECIALPHOTO).

De runde vandrender har en dybde på 2 cm, se bilag 9, og der er etableret ca. 70 meter.

Vandrender er dimensioneret til at rumme en 2-års regn. Vandføringen beregnes efter antal tagnedløb, der går på den aktuelle vandrende (den rationelle metode).



FIGUR 8
90°S VINKLER I RUNDE VANDRENDER BØR UNDGÅS. TAGVANDET LØBET UD OVER KANTEN OG ERODERER OMKRINGLIGGENDE JORD.

På baggrund af de praktiske erfaringer anbefales det at undgå 90°'s vinkler i rund vandrender (som vist på figur 9). Tagvandet fra et enkelt tagedløb løber ud over kanten, hvilket bevirker at den omkringliggende jord eroderer.

Længde (cm)	Bredde (cm)	Max dybde (cm)
60 cm I alt 70 meter vandrende	30	2,0

TABEL 5
DIMENSION AF RUND VANDRENDE.

7.2.2 Store vandrender



FIGUR 9
STOR VANDRENDE. DER ER VALGT FORSKELLIGE FLISER I BUNDEN (HHV. GLATTE, MED RILLER, MED KNOPPER AF FORSKELLIG DIMENSION), SÅ VANDET VIL BEVÆGE SIG FORSKELLIGT HEN OVER FLISERNE. PÅ SIGT ER DET ØNSKET, AT FLISERNE SKAL MALES I FORSKELLIGE FARVER I BUNDEN.

Længde (cm)	Bredde (cm)	Max dybde (cm)
30 cm pr. flise I alt 190 meter vandrende	30	20 (men følger eksisterende terræn, dvs. dybden varierer)

TABEL 6
DIMENSION AF STOR VANDRENDE.

Vandrender er dimensioneret til at rumme en 2-års regn. Vandføringen beregnes efter antal tagedløb, der går på den aktuelle vandrende (den rationelle metode).

Bredden af de store vandrender er fastlagt efter: hvilke fliser, som IBF har, vandmængder og transporten af vand samt muligheden for at der kan etableres legemuligheder med spjæld, som kan åbnes og lukkes (endnu ikke etableret). Tværsnit af store vandrender ses i bilag 10.

Der er anvendt Albertslundkantsten i store vandrender. Når disse anvendes på skoler, skal kanterne slibes af, så børnene ikke kan skære sig på de grater, som kantstenene produceres med. Det skal desuden tidligt i projekteringsfasen vurderes, hvilke riste, der skal bruges, når gangsti krydser vandrende. Dette har betydning for, hvilke riste man vælger, hvor dyre de er, samt hvordan de monteres på kantstenene.

7.3 Soppebassin



FIGUR 10
SOPPEBASSINET ER UDFORMET SÅ DET FORESTILLER ET LANDKORT OVER ROSKILDE FJORD. PIGEN STÅR PÅ ORØ. KYSTLINJER OG BYER ER ENDNU IKKE OPTEGNET (FOTO: THOMAS WILHELM, SPECIALPHOTO).

Thing & Brandt Landskaber foreslog, at soppebassinet skulle forestille et landkort over Roskilde Fjord samt Isefjord formet i asfalt, se figur 10. Kystlinjerne optegnes i hvid foråret 2015, så det gøres tydeligt, hvornår vandstanden stiger så meget, at kystlinjerne oversvømmes. Byer bliver røde. Landskabet skulle dels give eleverne mulighed for at lege med vand, dels vise, hvor det er godt at bo langs fjorden, og hvor der først sker oversvømmelse.

Bassinet er designet af Thing & Brandt Landskaber. Afløbstekniske forhold (fald gennem bassin, udløb, overløb) er fastlagt af TI. Kortet er tegnet op af Landinspektør Hyldegaard, og NCC Roads har etableret landskabet udformet i asfalt.

Skitse af soppebassin er vedlagt som bilag 11. Dimensioner af soppebassin fremgår af tabel 7:

Længde (m)	Bredde (m)	Max. vanddybde (cm)	Overløbskote (relativ) (cm)	Udløb (cirkulært) (mm)	Overløb (rektangulært)	Fald gennem bassin i "kote o"
6	6	12	1 cm lavere end tilløbskoten	ø75 mm	H = 0,16 m B = 0,20 m	5 ‰

TABEL 7
DIMENSIONER AF SOPPEBASSIN UDFORMET SOM LANDKORT OVER ROSKILDE FJORD OG ISEFJORD.

Hverken Roskilde Kommune eller Lindebjergskolen stillede krav til vanddybden. Max vanddybde blev fastsat til 12 cm, da der er gode erfaringer med et soppebassin på Brøndbyøster skole, der netop har denne dybde. Dybden har vist sig at være velegnet, da den netop ikke overstiger en barnegummistøvlé, så børnene kan undgå vand i Støvlerne, når de sopper i bassinet.

Overløb i Soppebassin er dimensioneret for en 2 års regn.

Faldet gennem bassinet (i "kote o") er etableret, så bassinet tømmes, når regnen stopper og udløbet står åbent.

Udløbet er etableret i det laveste punkt af "kote o" i rustfrit stålør ø75 mm. Materialet af røret er valgt, så røret kan tåle udlægning af varm asfalt. Der er anbragt en plastprop, fastgjort med kæde til bassinkanten, som kan sættes i udløbet, hvis eleverne ønsker at soppe i bassinet.

Da der ikke må være stillestående vand på skolen, skal proppen fjernes minimum hver anden dag, så bassinet tømmes.

7.4 ACO-rende



FIGUR 11

FOTO AF ACO DRÆN, DER MONTERES SOM OVERLØB FRA SOPPEBASSIN. OVERLØBSKANTEN FRA SOPPEBASSINET SES PÅ FOTOET, UDLØBET ER I BUND AF ACO DRÆNET (SES IKKE PÅ FOTO) (FOTO: THOMAS WILHELM, SPECIALPHOTO).

Tværsnit af ACO-rende fremgår af bilag 12. Dimensioner fremgår af tabel 8:

Bredde (m)	Længde (m)	Dybde (m)	Trafikbelastning	Type rende	Dimensioneret efter
2,35	2 stk. á 1,0 m	3,65	40 tons (tung trafiklast)	ACO drain multiline V 200	Uponors beregningsprogram

TABEL 8

DIMENSION AF ACO-RENDE.

ACO-renderne leveres med endestykker, som her er tilpasset som overløb fra soppebassin efter ønsket overløbskote, der er 1 cm lavere end tilløbskoten, så tilbagestuvning undgås.

Dimensionen af ACO-renden er valgt, så den kan klare en 2 års regn, så den ikke bliver flaskehals.

7.5 Faskine med vandpumpe – Collectio



FIGUR 12

EN COLLECTIO ER EN FASKINE MED MEMBRAN I BUND SAMT 1/3 OP AD SIDERNE. VIA EN VANDPUMPE KAN ELEVERNE PUMPE REGNVANDET TIL REGNBEDET. PUMPEN ER MONTERET PÅ BETONFLISE UNDERSTØTTET AF EN BRØNDRING, DA DEN ER ANBRAGT PÅ UBEFÆSTET AREAL (FOTO: THOMAS WILHELM, SPECIALPHOTO).

Wavins nyeste produkt er en faskine med en membran i bund samt i 1/3 af sidernes højde. Herved opnås et underjordisk vandspejl. Via en vandpumpe kan eleverne pumpe vandet til fx vandrender, soppebassin eller regnbed.

Tværsnit af COLLECTIO fremgår af bilag 13. Dimensioner fremgår af tabel 9:

Bredde (m)	Længde (m)	Højde (m)	Trafikbelastning	Tilløb	Overløb (mm)
1,0	1,5	0,8	Fodgængere	Ø160	Ø160

TABEL 9

DIMENSION AF COLLECTIO, SOM ER EN FASKINE MED EN MEMBRAN I BUND SAMT I 1/3 AF SIDERNES HØJDE. HERVED OPNÅS ET UNDERJORDISK VANDSPEJL. VIA EN VANDPUMPE KAN ELEVERNE PUMPE VANDET TIL VANDRENDER, SOPPEBASSIN ELLER REGNBED. ELEVERNE ER MEGET OPTAGET AF VANDPUMPERNE!

Pumpen skulle monteres på ubefæstet areal. Der blev derfor indkøbt en betonflise til at montere vandpumpen på. Flisen understøttes af en brøndring, hvilket har vist sig at være nødvendigt pga. erosion.

7.6 Regnbed



FIGUR 13
REGNBEDET VED INDVIELSEN AF ANLÆGGET SEPTEMBER 2013. COLLECTIO SES TV, OG OVERLØB TIL GRØFT TH
(FOTO: THOMAS WILHELM, SPECIALPHOTO).

Snit og plan af regnbedet, som er fastlagt ud fra Rørcenteranvisning 016, ses i bilag 14.
Dimensionerne fremgår af nedenstående tabel 10:

Bredde (m)	Længde (m)	Dybde (m)	Tilløb fra Collectio	Overløbskote	Fyld
2	8	0,08	Ø160	1 cm under bundkote af tilløb	Blandet muld og grus i 0,4 m

TABEL 10
DIMENSION AF REGNBED.

Amphi Consult A/S, klimaambassadørerne samt 3.a (2012/2013) har forestået beplantningen af regnbedet, som er beplantet med bl.a. lysesiv, sumpstrå samt Manna Sødgræs.

7.7 Grøft



FIGUR 14
BEPLANTNING AF GRØFTEN, DER FUNGERER SOM OVERLØB TIL REGNBED (FOTO: THOMAS WILHELM, SPECIALPHOTO).

Tværsnit af trapez-formet grøft fremgår af bilag 15. Dimensioner fremgår af tabel 11:

Bredde (top) m	Længde (bund) m	Dybde (m)	Længde (m)	Volumen (m ³)	Tværsnit (m ²)	Overløb
0,8	0,4	0,5	28	8,4	0,30	Kuglerist

TABEL 11
DIMENSION AF TRAPEZ-FORMET GRØFT PLACERET SOM OVERLØB FRA REGNBEDET.

Volumen er beregnet ud fra Uponors beregningsprogram (Mannings formel til grøfter og render uden nedsivning):

http://www.uponor.dk/service-center/beregningsprogrammer/vandfoering_mannings-formel.aspx

7.8 Grønt tag

Der er etableret et grønt tag på cykelstativerne. Det grønne tag er 72 m².



FIGUR 15

FOTO AF DET GRØNNE TAG UDFØRT AF NYKILDE PÅ KLIMASKOLEN WWW.NYKILDE.DK.

Se etableringen af det 72 m² grønne tag på klimaskolen: <http://youtu.be/I296mxZdCeo>

7.9 Opsamling af regnvand til vanding af køkkenhaver

Regnvandet opsamles desuden til vanding af køkkenhaver i beholdere leveret af Genvand, se [www.genvand.dk](http://WWW.GENVAND.DK)



FIGUR 16

OPSAMLING AF REGNVAND TIL VANDING AF KØKKENHAVER WWW.GENVAND.DK.

8. Dokumentation: Mike Urban model

DHI har opbygget MIKE Urban Model til at beregne afstrømningsforhold på klimaskolen. Modellen skal – hvis muligt – på sigt dokumentere, at der er en positiv effekt af at afkoble regnvandet på Lindebjergskolen. Der udarbejdes en ny Mike Urban model ("efter LAR"), når Multirum med skybrudssikring er etableret efterår 2015. Modellen skal kunne bruges i undervisningen, så eleverne og lærerne gøres bekendt med, at modellen benyttes.

På figur 17 vises et luftfoto af det område som modellen dækker.



FIGUR 17
LUFTFOTO AF KLIMASKOLEN ANVENDT TIL MIKE URBAN MODELLERING.

Fotoet blev taget i forbindelse med en opmåling af terrænforholdene omkring skolen. Information om hældninger i terrænet er vigtige for at kunne beskrive, hvor der opstår oversvømmelser, og hvor vandet i givet fald løber hen. På baggrund af viden om terrænet og skolens afløbssystem er der opbygget en computermode, som beskriver, hvordan vandet strømmer i kloakkerne og på terræn,

når det regner. Af figur 18 ses det, hvor kloaksystemet løber over, og der kommer oversvømmelser, når en monsterregn rammer skolen.



FIGUR 18
LUFTFOTO MED KLOAKSYSTEM. DE BLÅ STREGER ER KLOAKLEDNINGER, OG DE RØDE CIRKLER ER KLOAKBRØNDE. DE LYSEBLÅ OMRÅDER VISER OMRÅDER, SOM VIL BLIVE OVERSVØMMET, HVIS SKOLEN VAR BLEVET RAMT AF EN MONSTERREGN, FØR DEN BLEV KLIMATILPASSET.

Næste skridt mht. modellering af klimaskolen er at lægge de nye klimatilpasningstiltag ind i modellen, og så vise hvordan de reducerer oversvømmelserne.

9. Hvordan fungerer LAR-anlægget

9.1 Vandstandsmålinger

Vandstanden måles 2 gange i døgnet, hhv. kl. 8 og kl. 20. Vandstandsmålingerne i hele perioden (1. april 2012 til 31. august 2014 ses i bilag 16).

9.2 Nedbørdata

Der blev feb. 2013 opsat en nedbørmåler af typen RIMCO på klimaskolen. Nedbørmåleren blev leveret af en australsk leverandør, og den blev ikke testet i laboratorium inden opsætning. Nedbørmåleren har leveret data, men det vurderes, at disse data ikke kan benyttes, da nedbørmåleren har haft en systematisk fejl. Nedbørmåleren er nu udskiftet (august 2014). For at vurdere vandstandsdata er der rekvireret døgnnedbør fra DMI fra nedbørmåleren 583520 Ågerup Renseanlæg. Nedbør aflæses hver dag kl. 06.00.

Nedbørdata fremgår af bilag 17.

9.3 LAR matrix

For at vurdere – og sammenligne – de demonstrerede teknologier ud fra en række forskellige parametre (økonomi, teknik, miljø, synlighed, drift & vedligehold samt levetid), er der opstillet en såkaldt "LAR matrix", se bilag 18.

LAR-anlægget ønskes desuden belyst ud fra følgende forhold:

Har skolen fortsat problemer med oversvømmelse i kælderen / bygningens stand før og efter de nye installationer?

Klimaskolen har ikke på noget tidspunkt haft en "brændende platform" bestående af gentagne oversvømmelser.

Der har dog været oversvømmelse én gang i 2007, hvor hele kælderen var fyldt med regnvand. Regnvandet var overfladevand fra landsbyen (Gundsølle), der terrænæssigt ligger højere oppe end skolen. Når det regnede, løb overfladevandet derfor direkte ned mod skolen og ned ad den udvendige kældernedgang til kælderen.

Efter denne oversvømmelse blev der etableret en stor sandfangsbrønd umiddelbart nord for skolen. Overfladevandet løber nu direkte til sandfangsbrønden, der via gravitation leder vandet til offentlig regnvandsledning, og der har ikke siden været oversvømmelser på skolen.

LAR anlægget har dog (siden anlæg juni 2013) fungeret uden hydrauliske problemer, og der er fortsat ingen oversvømmelser på skolen.

Det skønnes/beregnes, hvor meget mindre kloaknettet relativt er blevet belastet med vand efter afkoblingen

Der er afkoblet i alt 1.100 m² tag, svarende til ca. 10 parcelhuse.

Af tabel 10 fremgår det, hvilken vandføring ved max. 10-min-intensitet belastningen svarer til ved hhv. en 2 års, 5 års, 10 års og 100 års regn (uden klimafaktor).

Desuden er den totale vandmængde i alt (i m³) beregnet for 10 minutter ved max 10-min-intensitet.

	2 års regn (140 l/s/ha)	5 års regn (190 l/s/ha)	10 års regn (230 l/s/ha)	100 års regn (350 l/s/ha)
Vandføring ved max. 10 minutters intensitet (l/s)	15,4	20,9	25,3	38,5
Vandmængde i alt over max 10-minutters intensitet (m ³)	9,24	12,5	15,2	23,1

TABEL 12

VANDFØRING SAMT TOTALE VANDMÆNGDER OVER 10 MINUTTER VED MAX 10-MIN-INTENSITET FOR HHV. EN 2-ÅRS, 5-ÅRS, 10-ÅRS OG 100-ÅRS REGN.

Af tabel 11 fremgår det, at afkoblingen svarer til, at vandføringen reduceres med 15 l/s i forbindelse med en 2-års regn og med 38,5 l/s ved en 100 års regn.

I løbet af de 10 minutter, hvor regnen er kraftigst, reduceres den totale regnvandsmængde med fra 9 m³ (ved en 2 års regn) til 23 m³ ved en 100 års regn.

Det totale tagareal på skolen er 6.000 m². Ved at afkoble 1.100 m² tag, er skolens udledning af regnvand reduceret med 20%.

9.4 Hvilken positiv indflydelse har det for forsyning/rensningsanlæg, Kildemoseåen samt Maglemoseåen?

Forsyningens ledninger er i forvejen separatkloakerede i oplandet.

Afkoblingen har iflg. Plan og Projektchef i Roskilde Forsyning, Kirsten Toft, ikke direkte indflydelse på Kildemoseåen samt Maglemoseåen. Dog har der tidligere været en del oversvømmelser i St. Valby (Maglemoseåen), og når klimaskolen har fået afkoblet regnvand, så vil der være mere plads i Maglemoseåen til at modtage regn fra fx Store Valby, som før ellers ville give anledning til oversvømmelse.

”Vores dilemma er, at vi gerne vil have så lidt vand som muligt, der svømmer over, når det regner kraftigt. Men samtidig vil vi have mest muligt vand til fiskene i vandløbet, når det regner mindre kraftigt – så vi kan ikke afkoble al regnvandet. Men overordnet set er det forsyningens ønske at regnvandet håndteres på egen grund”.

Citat fra Kirsten Toft, Plan og Projektchef, Roskilde Forsyning

I forhold til borgerne har det iflg. Kirsten Toft stor værdi at vise, hvordan man kan håndtere regnvandet på egen grund.

”Vi løser ikke problemet dér, hvor problemet er! Ligesom hvis man har ondt i ryggen, så kan det hjælpe med et indlæg i skoene – og så har man ikke ondt i ryggen mere! Det er det samme med LAR – når vi leder mindre vand ud ét sted, giver det plads i vandløbet til at lede mere vand ud de steder, hvor der rent faktisk er problemer”!

Citat fra Kirsten Toft, Plan og Projektchef, Roskilde Forsyning

9.5 Mindre spildevand: hvor meget mindre – hvilken effekt har det?

Stikledningen, hvor de 1.100 m² tag er afkoblet fra, er tilsluttet Roskilde Forsynings separate regnvandsledning. Denne ledning er en ø800 mm med et promillefald på 6,3‰. Fuldløbende ledning har (iflg. figur 8.6 i ”Afløbsteknik”, Polyteknisk Forlag, 5. udg. 2006) en kapacitet på 1050 l/s.

Afkoblingen af de 1.100 m² tag betyder således, at belastningen på den offentlige kloak er reduceret med hhv. 2% (ved en 2-års regn) til 4% ved en 100 års regn.

9.6 Bedre spildevand – hvordan måles/opsøres det?

Afløbssystemet var i forvejen separatkloakeret, så det kan ikke konkluderes, at spildevandet har fået en bedre kvalitet at, regnvandet fra skolens tag er blevet afkoblet.

9.7 Øget biodiversitet – hvordan måles/vurderes det?

Biodiversiteten ønskes øget på sigt på klimaskolen. Et konkret tiltag i dette projekt har været at hente planter til regnbedet fra lokale vandhuller (se afsnit 7.6). Ved at hente lokale planter har det i første omgang 2 gevinster: 1) De lokale planter er mere robuste og vant til de lokale forhold. Herved får de større chance for at gro i regnbedet 2) Der følger eksisterende insektkulturer med planterne. Disse eksisterende insektkulturer fremmer livsgrundlaget (føden) for padder og frøer i området. Dette vil fremme livsvilkårene for fuglelivet i lokalområdet.

Der ønskes på sigt etableret et vandhul på skolens område, så der skabes mulighed for, at frøer og padder kan yngle på skolens område. Projektet BioWater (i Klimaspring regi) vil muligvis give mulighed for dette.

I forbindelse med etablering af et sådant vandhul, vil antallet af padder (samt evt. fugle eller udvalgte insekter) blive optalt før og efter etablering af vandhullet af firmaet Amphi Consult.

9.8 Regnvand som ressource – hvilken form for ressource – hvordan måles det?

Regnvandet er en ressource – primært til leg & læring for skoleeleverne, men også som rekreativ værdi for borgerne i lokalsamfundet.

”JUBII – det regner!! Vi skal ud og lege”

Citat fra elev på klimaskolen

Som det fremgår af LAR-ekstrem-B matrix (bilag 18) er der under ”miljø” beskrevet følgende tegn på, at regnvandet er en ressource:

- Børnene har stor glæde ved og værdi af at kunne lege med regnvandet
- Børnene er meget glade for at lege med "fjorden", som soppebassinet betegnes
- Børnene leger ikke med vandet i ACO-renden, men regnvandet er synligt i overløb til collectio'en, og desuden ser eleverne, hvordan regnvandet krydser vej
- Pumperne motiverer børnene til at lege med vandet, og de bruges så snart det har regnet.
- Planterne er udvalgt og hentet af Amphi Consult sammen med eleverne (3. klasse og skolens klimaambassadører). Det har gjort, at eleverne har taget ejerskab for regnbedet
- Eleverne er meget glade for grøften og leger med træstammer ("tømmerflåder") i grøften
- Eleverne arbejder med klima som en ressource, se bilag 19

"Før i tiden var det surt at gå tur med hunden, når det regnede! Nu går jeg altid ned forbi regnvandsanlægget på skolen – så kan jeg lige se, hvordan det ser ud den dag!"

Citat fra borger i lokalsamfundet

Initiativet til, at Lindebjergskolen er blevet en klimaskole, har også vist sig at være en ressource på anden vis. Det har fx tiltrukket kompetent personale alene af den grund, at skolen er klimaskole. Både skoleleder samt flere lærere har i deres ansættelsessamtaler anført, at de netop har søgt stillingen, fordi skolen er blevet klimaskole. Desuden har der netop været gennemført kampvalg til skolebestyrelsen, fordi så mange forældre stillede op. Tidligere kunne skolebestyrelsen få tilstrækkeligt med forældrerepræsentanter.

Det er dog vanskeligt at gøre påstanden "målbar", med mindre der "før" og "efter" afkoblingen havde været udført en spørgeskemaundersøgelse hos hhv. elever, lærere/ansatte og i lokalbefolkningen.

Der har været en registrering af, hvor ofte lærerne har været syge, både før og efter klimaskole-initiativet, herunder afkoblingen af regnvand. Sygefraværet var i denne periode stærkt faldende. Det kan dog ikke konkluderes, at lærerne har været mindre syge, fordi skolen blev klimaskole, da sygefraværet blandt alle ansatte kan afhænge af mange forskellige faktorer.

Der har dog i hele perioden (fra klimaskolens indvielse nov. 2011 frem til nu) været stor opbakning til initiativet – med ca. 500 deltagere til stormødet om klimaskolen nov. 2011 og mere end 250 spisende gæster til arrangementet "klima og familiepizza" april 2014.

9.9 Samlet investering kontra udbytte

Enhedspriserne er estimeret groft i den udarbejdede LAR matrix, se bilag 18.

Det samlede budget i projektet har været 1.990.000 kr., hvoraf 1.495.000 har været egenfinansiering i form af timer og materialer. De resterende 495.000 kr. er bevilget af Naturstyrelsens Miljøeffektiv-teknologi-pulje.

Forudsætningen for, at projektet har kunnet gennemføres, er derfor, at de medvirkende virksomheder har leveret materialer gratis eller langt under kostpris, samt har deltaget i møder mv. uden beregning.

Skulle et tilsvarende LAR-anlæg etableres et andet sted, vurderes det, at den samlede anlægspris, inkl. skitse- og detaljprojektering, ville blive i størrelsesordenen 3 – 3,5 mio. kr.

Med et kontant beløb på ca. 500.000 har investeringen været på ca. 500 kr. pr. m² afkoblet regnvand (1.100 m² tag).

Med en samlet anlægssum på 3 mio. kr., vil investeringen være ca. 2.750 kr. pr. m² afkoblet regnvand.

Udbyttet af projektet afhænger af, hvem man er, se tabel 13.

Aktor	Udbytte af projektet:
Eleverne	• Børnene har stor glæde ved og værdi af at kunne lege med regnvandet • Børnene er meget glade for at lege med "fjorden", som soppebassinet betegnes • Børnene leger ikke med vandet i ACO-renden, men regnvandet er synligt i overløb til collectio'en, og desuden ser eleverne, hvordan regnvandet krydser vej • Pumperne motiverer børnene til at lege med vandet, og de bruges så snart det har regnet • Planterne er udvalgt og hentet af Amphi Consult sammen med eleverne (3. klasse og skolens klimaambassadører). Det har gjort, at eleverne har taget ejerskab for regnbedet • Eleverne er meget glade for grøften og leger med træstammer ("tømmerflåder") i grøften
Borgerne i lokalsamfundet (inkl. forældre og bedsteforældre)	• Har fået en vandlegeplads • Har fået en skole, der er samlingspunkt ifbm. klimadebatten • Har fået inspiration til fx at lave et regnbed i egen have
Skolens ledelse og ansatte	• Tiltrækker kompetente medarbejdere til skolen • Skolen markerer sig som den første klimaskole med LAR-anlæg • Anlægget kan bruges i undervisningen og i SFO
Producenter og private virksomheder i projektet	• Mersalg eller nye opgaver som følge af nye samarbejdsrelationer • Sted hvor de kan vise deres produkter frem i 1:1 • Promovere at de er en aktiv medspillere i projekter vedrørende udviklingen af LAR løsninger • Vise at deres traditionelle kerneprodukter kan anvendes på nye innovative måder, i samspil med andre LAR løsninger • Markant medieomtale i diverse fagblade (bl.a. Licitationen) og fora for nytænkende regnvandshåndtering • Interesse for virksomheden (fx mest åbnede artikel i Wavins Nyhedsbrev 2013)
Roskilde Forsyning og Roskilde Kommune	• Har fået et demo-anlæg, som kan vises frem til borgerne og som fx kan motivere borgerne til

	at håndtere deres eget regnvand lokalt
Vidensinstitutioner	• Nye teknologier er udviklet • Et sted, der i 1:1 viser et anlæg, der kan håndtere hverdagsregn, dimensionsgivende regn og skybrud • Et koncept for den klimatilpassede folkeskole

TABEL 13

UDBYTTE AF LAR-ANLÆGGET PÅ KLIMASKOLEN AFHÆNGER AF DEN PÅGÆLDENDE AKTØR.

Selv om de enkelte udbytter af de udviklede nye teknologier samt demo-anlægget på klimaskolen ikke kan prissættes, må det konkluderes, at det samlede udbytte af de bevilgede 495.000 kr. har været højt, da gevinsten påvirker så mange forskellige aktører på forskellig vis.

10. Diskussion: Hvad har vi lært af de nye teknologier, herunder praktiske erfaringer?

Overordnet om LAR-anlægget:

LAR-anlægget med de nye teknologier fungerer efter hensigten. Anlægget har således transporteret, opmagasineret, fordampet eller nedsivet al regnvand i ca. 1½ år (demo-anlægget blev etableret juni 2013).

Der har været stor interesse for anlægget, og der har været mange besøg – både fra ind- og udland.

Der har været mange henvendelser omkring de forskellige teknologier.

I forbindelse med soppebassinet har der været flere henvendelser om, hvilke praktiske erfaringer, der er opnået, når der etableres et soppebassin på en skole. Bassinet er indrettet, så max vandstand er lavere end en barnestøvle (12 cm), og skolens personale er instrueret i, at bundproppen skal fjernes (hvorved bassinet tømmes) efter max 24 timer, så der ikke er stillestående vand i soppebassinet. Dette har vist sig at fungere uproblematisk.

Det har dog vist sig, at nedsivning fra grøften (nedstrøms soppebassinet) sker meget langsomt, og derved er der i perioder vand i grøften. Grøftens udformning er midlertidig, da der efteråret 2015 skal etableres et ”multirum med skybrudssikring” i overløbet fra grøften, hvilket vil forebygge, at der står vand i grøften. Indtil da, har skolen måtte tømme grøften med en dykpumpe efter kraftige regn, for at undgå stillestående vand.

Praktiske erfaringer med drift og vedligehold:

Soppebassinet skal rengøres ofte, da der føres en del sand til soppebassinet, og det må derfor anbefales at etablere et sandfang uden højdetab i forbindelse med de vandrender, der leder vand til soppebassiner.

Overløb fra soppebassin har vist sig at fungere fint. Selv om det kun er dimensioneret til en 2-års regn (se afsnit 7.3), vil den udjævning, der sker via vandrenderne og soppebassinet, reducere behovet for overløb. Hvis der desuden kommer en større regn, vil konsekvensen være, at der kortvarigt kan ske tilbagestuvning i vandrenderne, hvilket ikke er noget problem i forhold til fx bygning.

Der skal etableres et sandfang umiddelbart inden Collectio, da soppebassinet (og sandfang inden soppebassinet) ikke er tilstrækkelige til at hindre al sand (fra bl.a. lege-arealer) i at komme ind i Collectio'en.

Pumpen, der hører til Collectio'en, er placeret på ubefæstet areal. I første omgang blev pumpen derfor anbragt på en fortovsflise. Det har imidlertid vist sig, at når eleverne pumper vand ned, så undermineres underlaget under betonflisen, hvorved flisen forskubber sig - selv når der har været et underlag af stabilgrus eller en kombination af grus og beton. Fortovsflisen er nu anbragt på et oprøringsrør i beton (fra en brønd), hvilket skønnes at være en god løsning for at få flisen til at forblive i vatter.

Det underjordiske udløb, der blev etableret fra Collectio'en til regnbedet, har ikke fungeret godt nok. Der er derfor – siden LAR-anlægget blev etableret – udført et nødoverløb direkte fra Collectio'en til grøften (se bilag 14).

Opholdstiden i Collectio'en skønnes at være meget lille (et frikvarter!). Problemet er ikke stillestående vand, men at der er for lidt vand til børnenes leg.

Permeable belægninger bør maskinudlægges (se afsnit 7.1).

90°'s vinkler på rund vandrende skal undgås (se afsnit 7.2.1).

Kanterne skal slibes af Albertslundkantsten, når disse lægges på en skole (se afsnit 7.2.2).

Referencer

Projekt Klimaskole. Konzeptudvikling af den klimatilpassede folkeskole. Udviklet af innovationsnetværket Vand i Byer januar 2014, se <http://www.vandibyer.dk/31787>

Bilag 1 Fotos af LAR-elementer etableret juni 2013



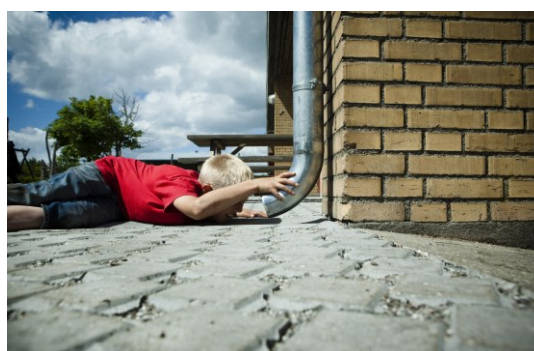
BILLEDE 1
GRØFT



BILLEDE 2
RUND VANDRENDE



BILLEDE 3
COLLECTIO



BILLEDE 4
PERMEABLE BELÆGNINGER



BILLEDE 5
STOR VANDRENDE, HER GLATTE FLISER I BUNDEN



BILLEDE 6
ACORENDE



BILLEDE 7
STOR VANDRENDE MED FORSKELLIGE FLISER I BUNDEN



BILLEDE 8
RUND VANDRENDE



BILLEDE 9
SOPPEBASSIN



BILLEDE 9
SOPPEBASSIN

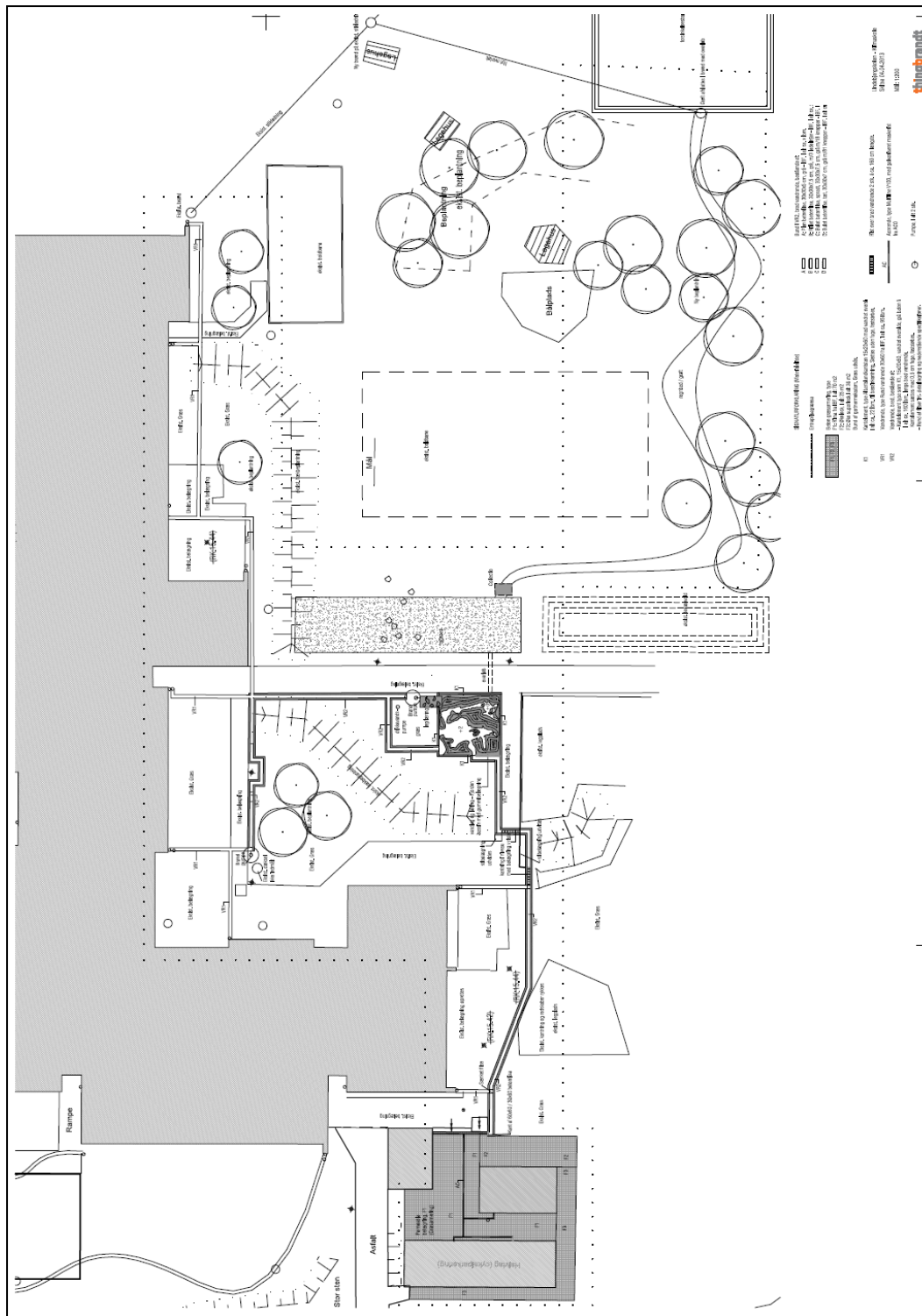


BILLEDE 11
SOPPEBASSIN DER FORESTILLER LANDKORT OVER
ROSKILDE FJORD OG ISEFJORD. PIGEN STÅR PÅ ORØ

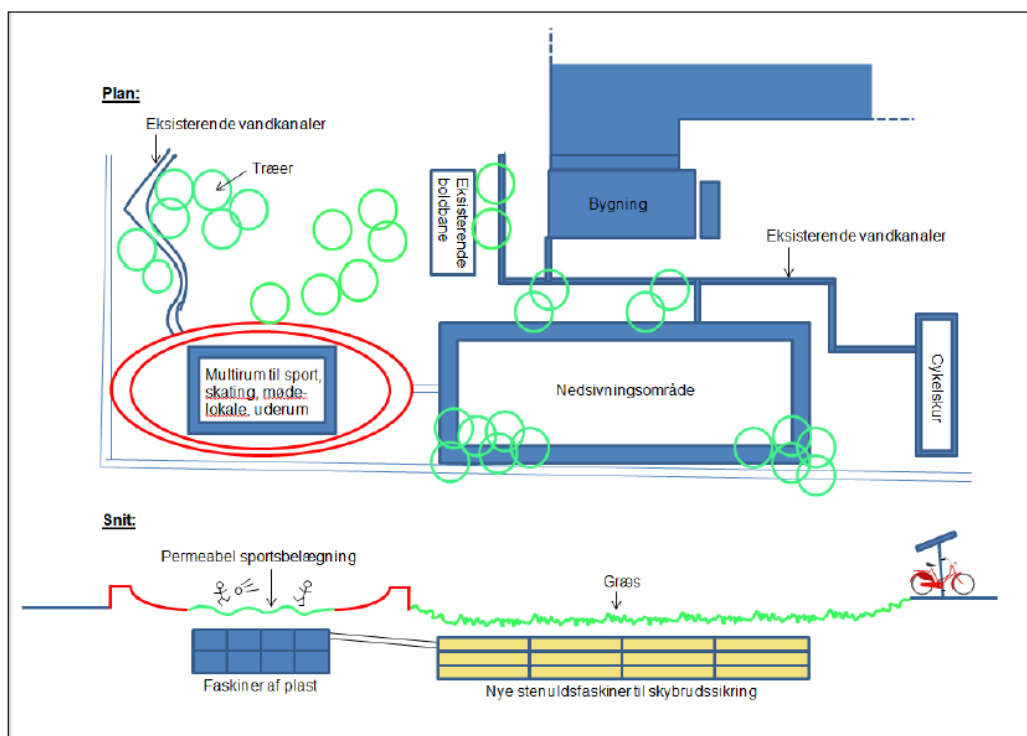
Bilag 2 Etablering af demo-projekt på klimaskolen

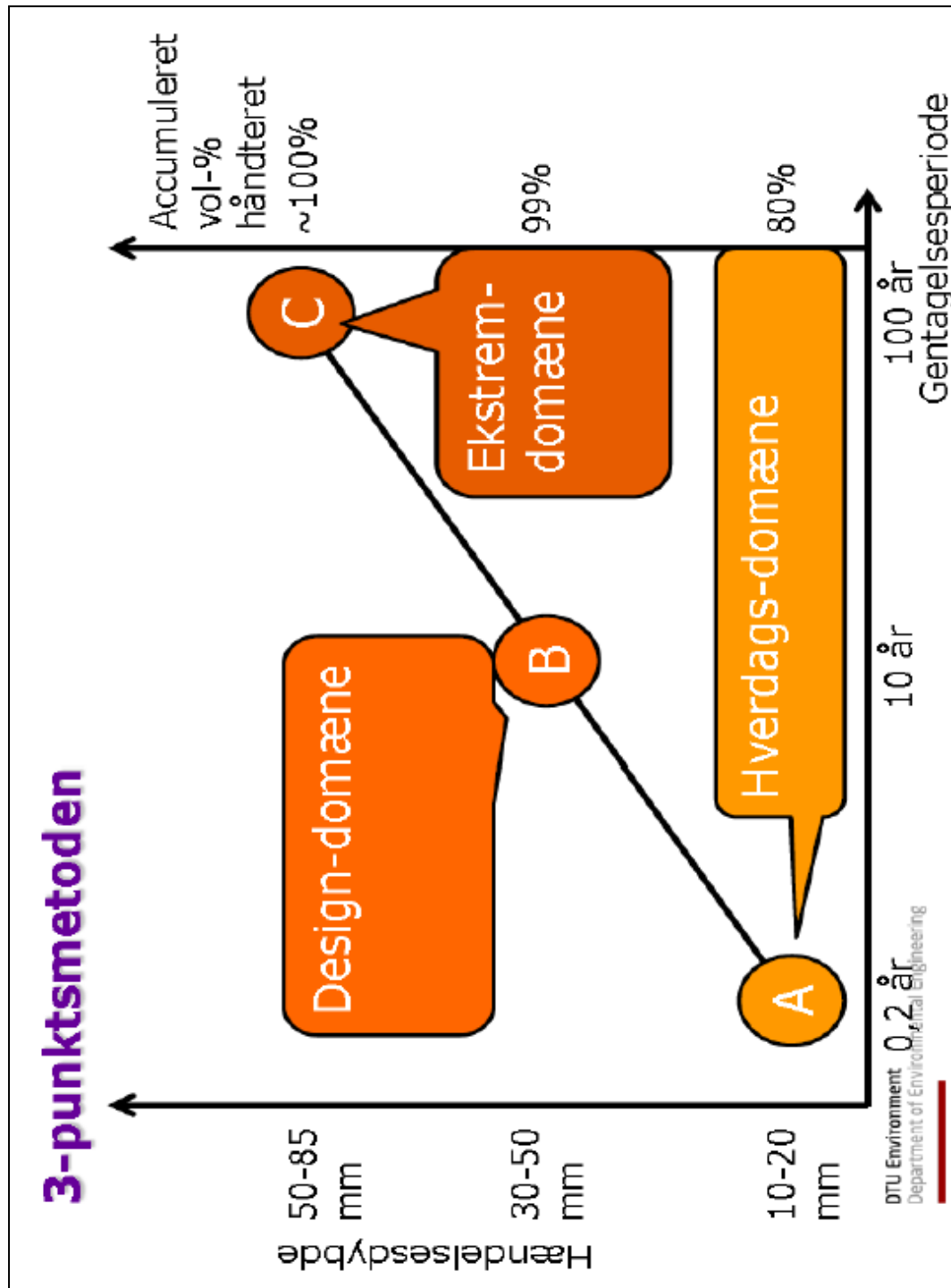




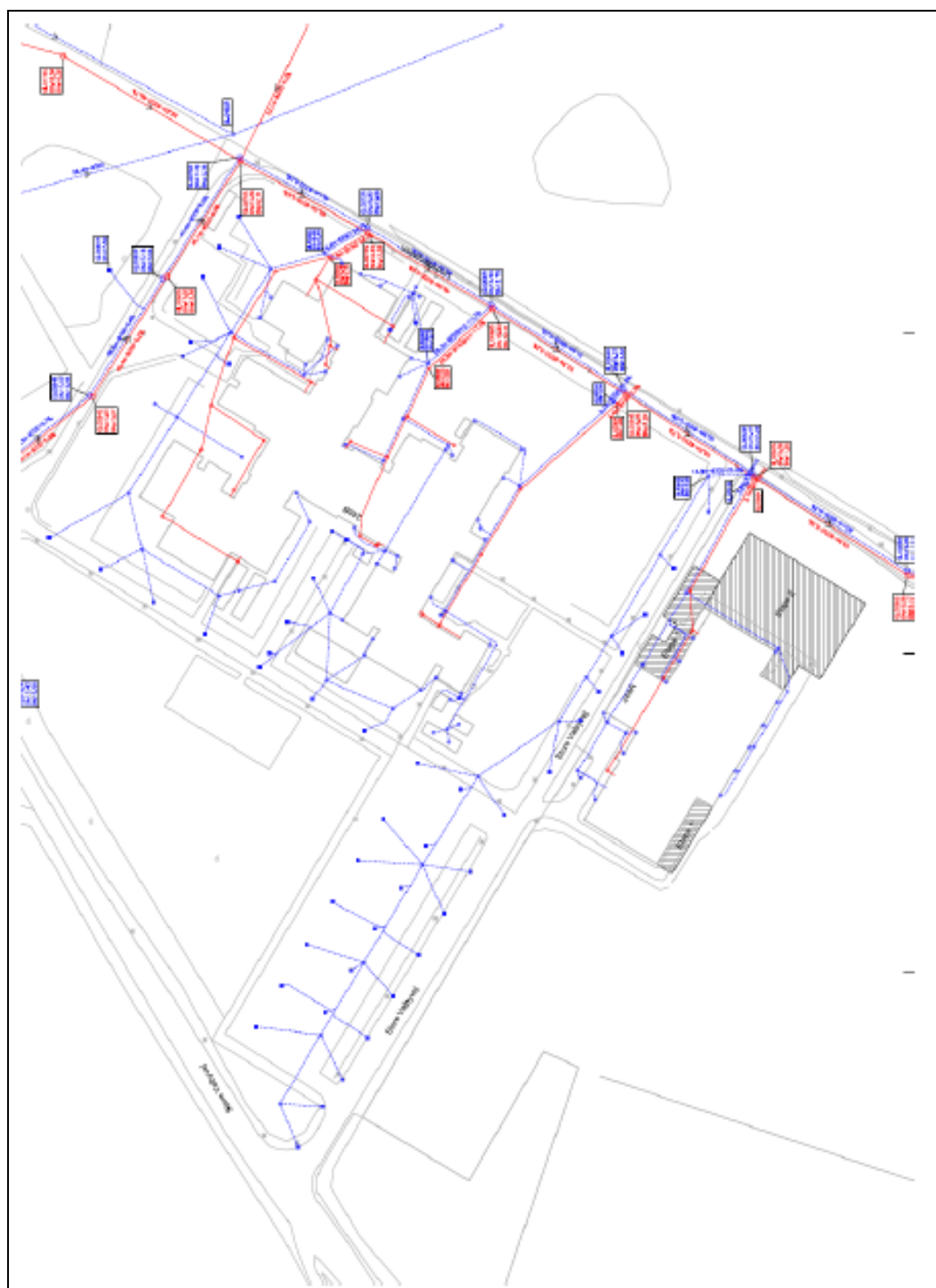


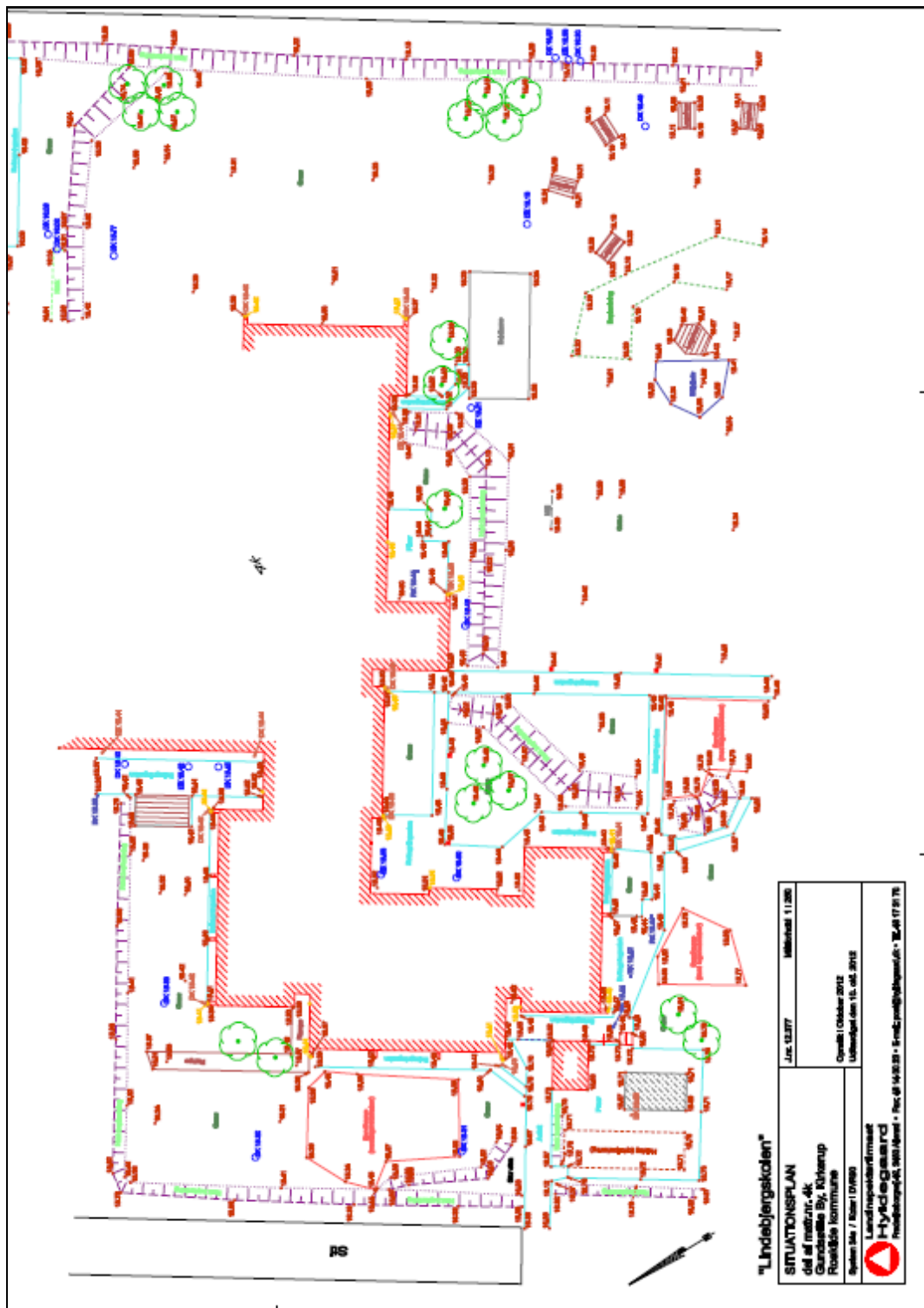
Bilag 4 Principskitse Multirum med skybrudssikring





Bilag 6 Afløbsteknisk plantegning







TEST Reg. nr. 11

TEKNOLOGISK
INSTITUTGregersensvej
DK-2630 Taastrup
Telefon 72 20 20 00
Telefax 72 20 20 19info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dkTehnologisk Institut
Energi og Klima, Rørcetret

Att.: Hanne Kjær Jørgensen

Rapport nr. 486315

Side 1 af 6

Antal bilag 0

Initialer TAA/foe

Prøvningsrapport

Materiale: 5 prøver jord á ca. 1 kg.

Udtagning: Prøverne blev modtaget på Tehnologisk Institut, Betonlaboratoriet 2012-06-28. Mærket 1, 2, 3, 4 og 5.

Metode: DS/EN 933-1:2012. Metoder til prøvning af tilslags geometriske egenskaber - Del 1: Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling – Sigteanalyse.

Periode: Prøvningen er gennemført fra 2012-06-28 til 2011-07-16.

Resultater: Resultaterne fremgår af rapportens side 2 til 6.

Vilkår: Prøvningen er udført i henhold til de for laboratoriet af DANAK (Dansk Akkreditering) fastsatte retningslinier herfor, jf. bilag 1. Prøvningen gælder kun for det prøvede materiale. Prøvning rapporten må kun gengives i uddrag, hvis laboratoriet har godkendt uddraget.

Med mindre andet er aftalt med laboratoriet, bortskaffes prøvelegemerne umiddelbart efter prøvning.

2012-07-19, Tehnologisk Institut, Beton, Taastrup

Tine Aarre
Laboratorieleder, Ph.D.
Dir. tlf.: +45 72 20 21 61

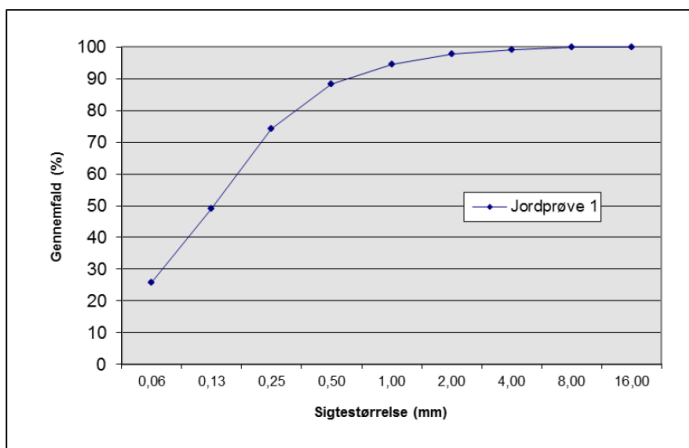
Finn Østergaard
Laborant
Dir. tlf.: +45 72 20 21 67

486315 - Sigteanalyse, Rørcetret

DS/EN 933-1 Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling

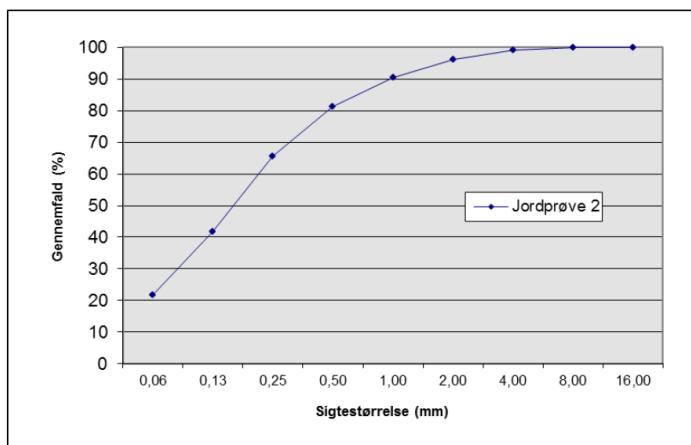
Jordprøve 1

Sigtestørrelse (mm)	Gennemfald (%)
32,00	100,0
16,00	100,0
8,00	100,0
4,00	99,0
2,000	97,7
1,000	94,6
0,500	88,1
0,250	74,3
0,125	49,1
0,063	25,9



DS/EN 933-1 Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling**Jordprøve 2**

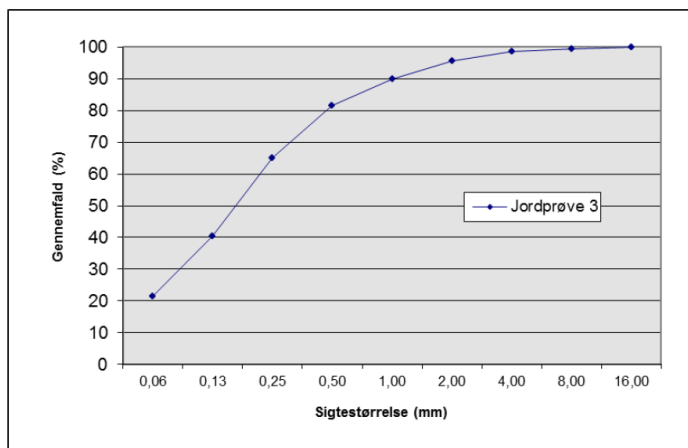
Sigtestørrelse (mm)	Gennemfald (%)
32,00	100,0
16,00	100,0
8,00	100,0
4,00	99,0
2,000	96,2
1,000	90,5
0,500	81,4
0,250	65,7
0,125	41,8
0,063	21,8



DS/EN 933-1 Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling

Jordprøve 3

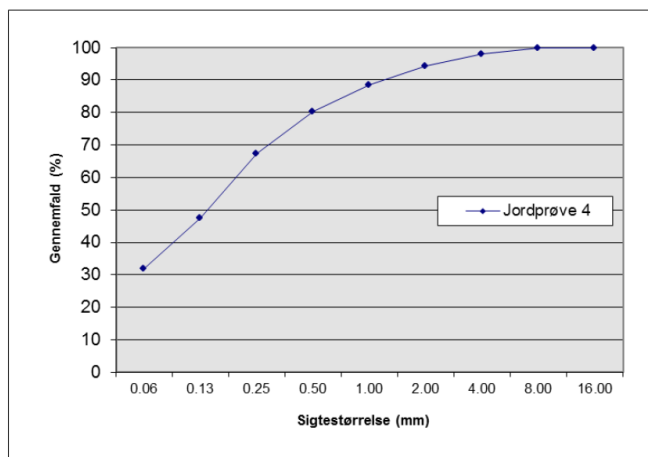
Sigtestørrelse (mm)	Gennemfald (%)
32,00	100,0
16,00	100,0
8,00	99,4
4,00	98,5
2,000	95,7
1,000	89,9
0,500	81,4
0,250	65,0
0,125	40,3
0,063	21,4



DS/EN 933-1 Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling

Jordprøve 4

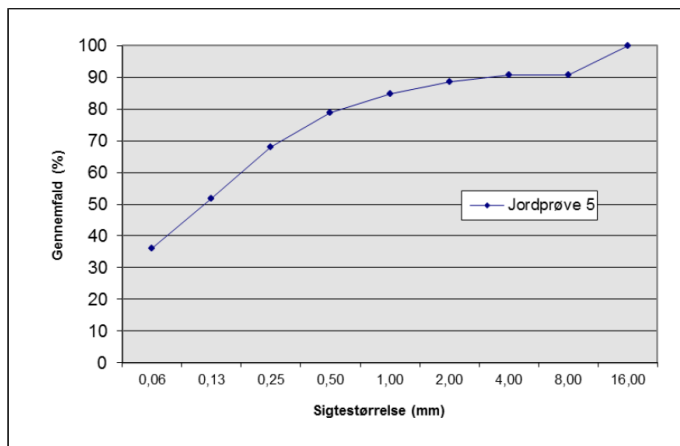
Sigtestørrelse (mm)	Gennemfald (%)
32,00	100,0
16,00	100,0
8,00	100,0
4,00	98,1
2,000	94,4
1,000	88,6
0,500	80,4
0,250	67,4
0,125	47,6
0,063	31,9



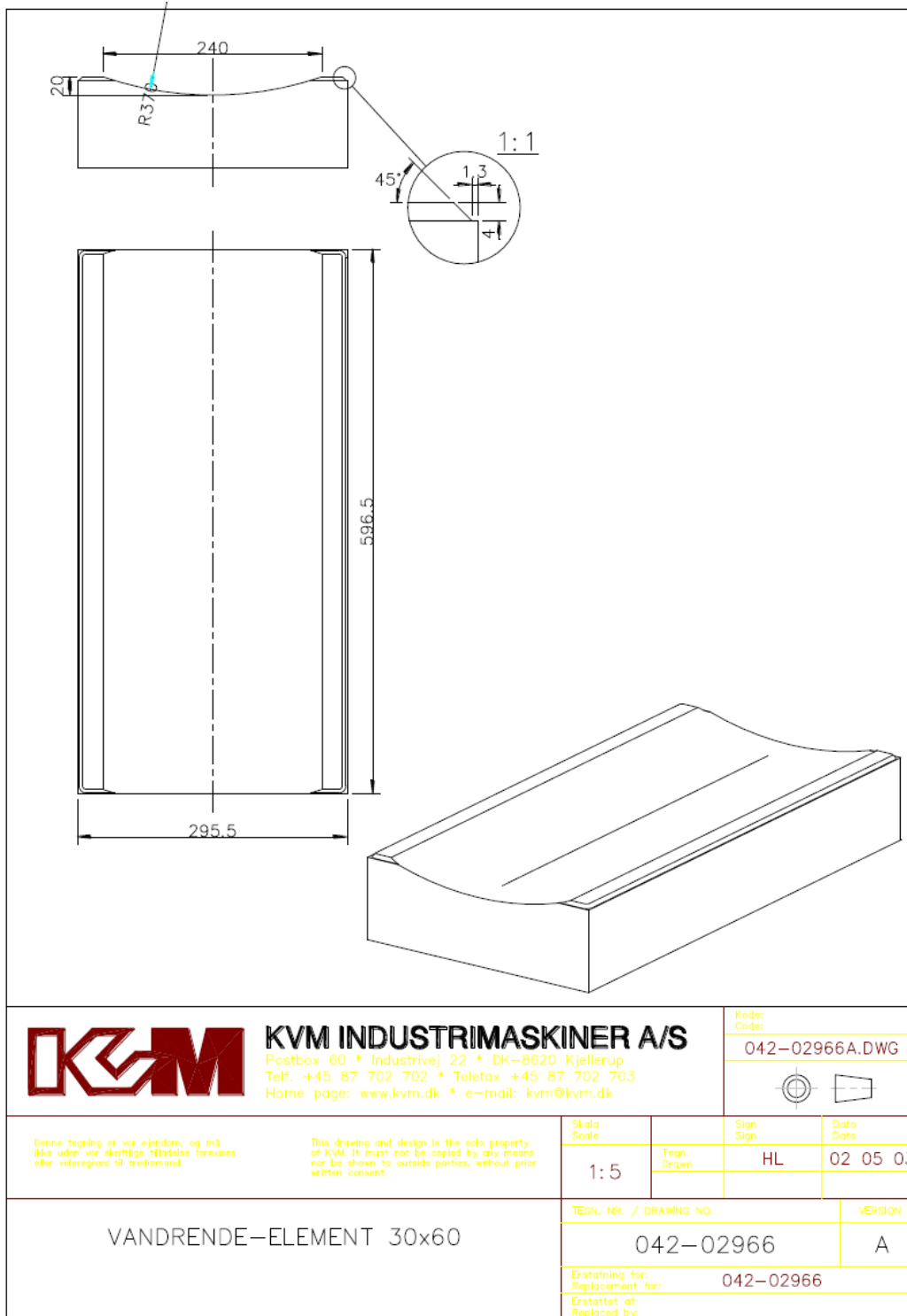
DS/EN 933-1 Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling

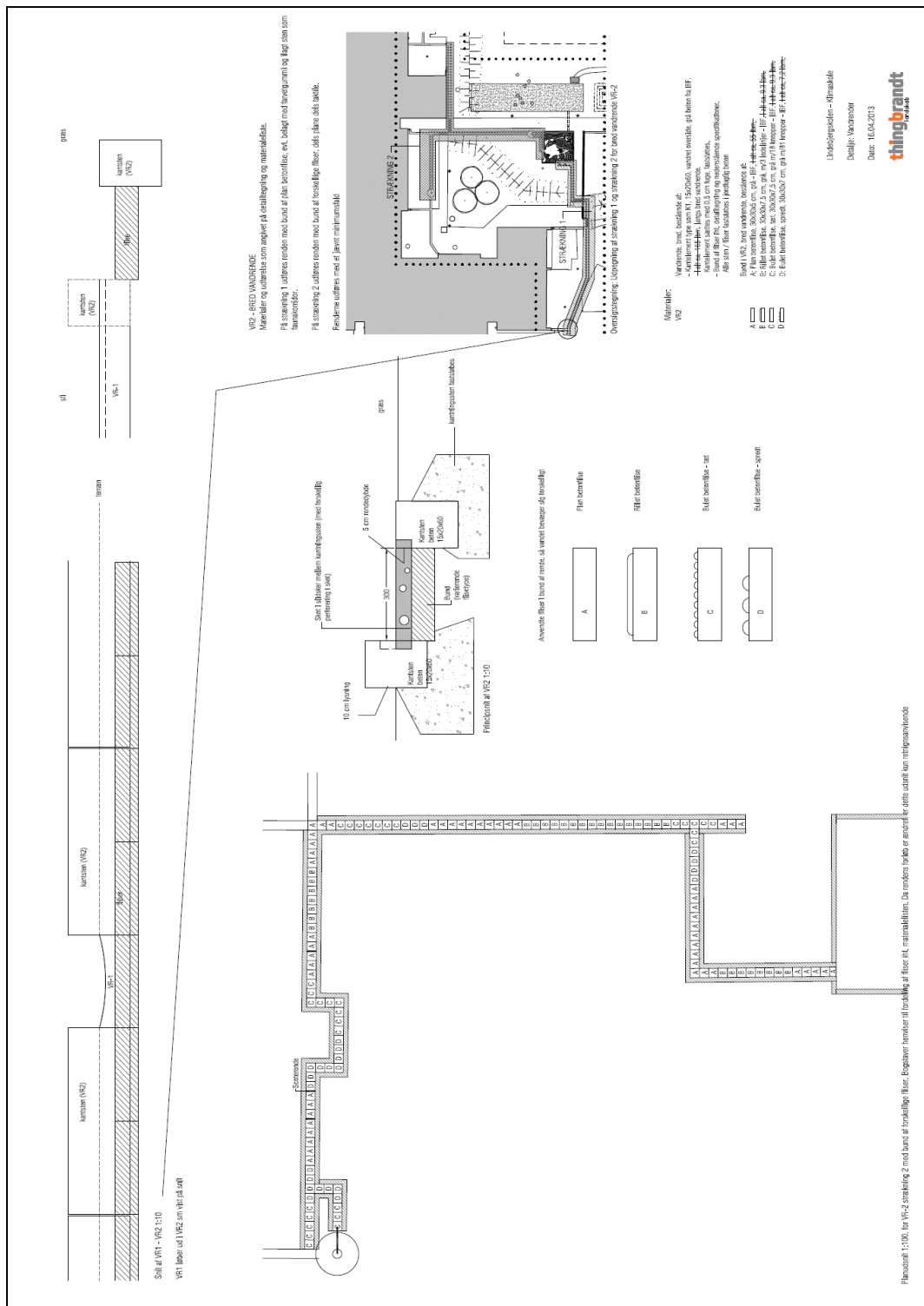
Jordprøve 5

Sigtestørrelse (mm)	Gennemfald (%)
32,00	100,0
16,00	100,0
8,00	90,8
4,00	90,8
2,000	88,5
1,000	84,8
0,500	78,9
0,250	67,9
0,125	51,9
0,063	36,0

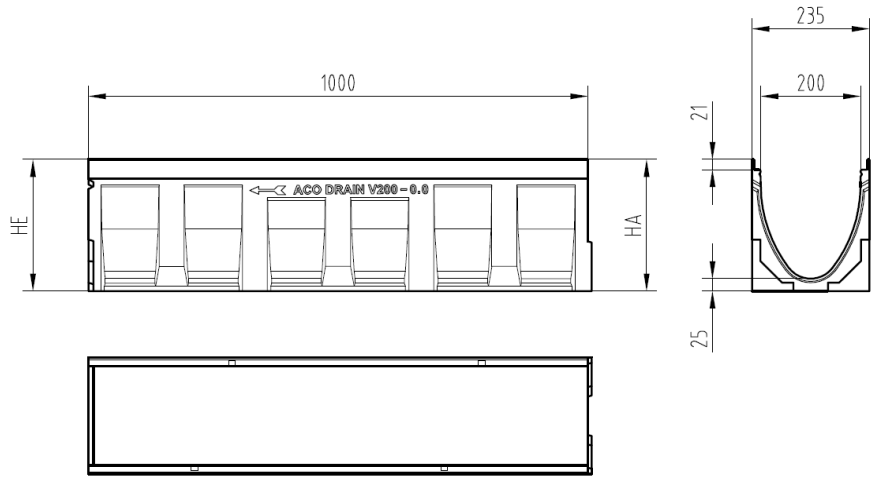


Bilag 9 Rund vandrende (tegning)





Bilag 12 Tværsnit af ACO-rende



Rinne Typ	HA (mm)	HE (mm)	Zarge Gusseisen GGG Art.-Nr.	Zarge Stahl verz. Art.-Nr.	Zarge V2A Art.-Nr.
0.0	265	265	13330	13130	13230
1	265	270	13301	13101	13201
2	270	275	13302	13102	13202
3	275	280	13303	13103	13203
4	280	285	13304	13104	13204
5	285	290	13305	13105	13205
5.0	290	290	13340	13140	13240
6	290	295	13306	13106	13206
7	295	300	13307	13107	13207
8	300	305	13308	13108	13208
9	305	310	13309	13109	13209
10	310	315	13310	13110	13210
10.0	315	315	13350	13150	13250
15.0	340	340	13360	13160	13260
20.0	365	365	13370	13170	13270

Benennung: ACO DRAIN Multiline V 200 Rinne Typ 0.0 bis 20.0 und 1 bis 10, 1,0 m ohne Dichtung Art.-Nr. 13330,13130,13230,13301,13101,13201	Datum	Name	 ACO Tiefbau ACO Tiefbau Vertrieb GmbH 24755 Reetzborg, Postfach 325 Tel. 04331/ 354-500 Fax 04331/ 354-358 www.aco-tiefbau.de
	Gez.	02.09.2004	debeling
	Upd.	16.02.2010	debeling
	Norm		
			Zeichnung-Nr. G1-M01-980-3
Technische Änderungen vorbehalten		Schutzvermerk gemäß DIN 34	Ers. für:

**Tekniske data**

Bredde:	1000 mm
Højde:	800 mm
Længde:	1500 mm
Vægt:	40 kg.
Hulrumsvolumen:	95%
Tilslutningsmuligheder:	ø110
Plasttype:	PP (Polypropylen)
Maks. installationsdybde til bund af enhed:	1,5 meter under terræn.
Samlet volumen:	1.140 liter – heraf går to tredjedel til regn- vandsmagasinet, hvilket svarer til 760 liter.
Installationssted:	Ikke trafikerede områder, såsom haver og parkanlæg.

Bilag 14 Snit og plantegning af regnbed

Regnbed

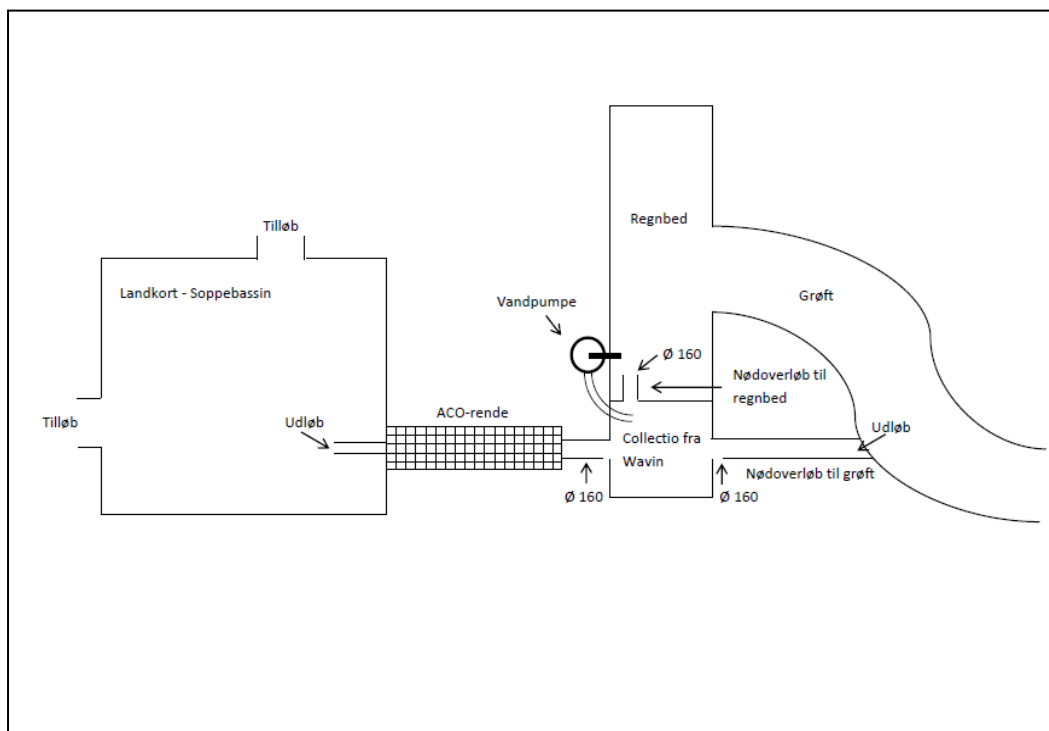
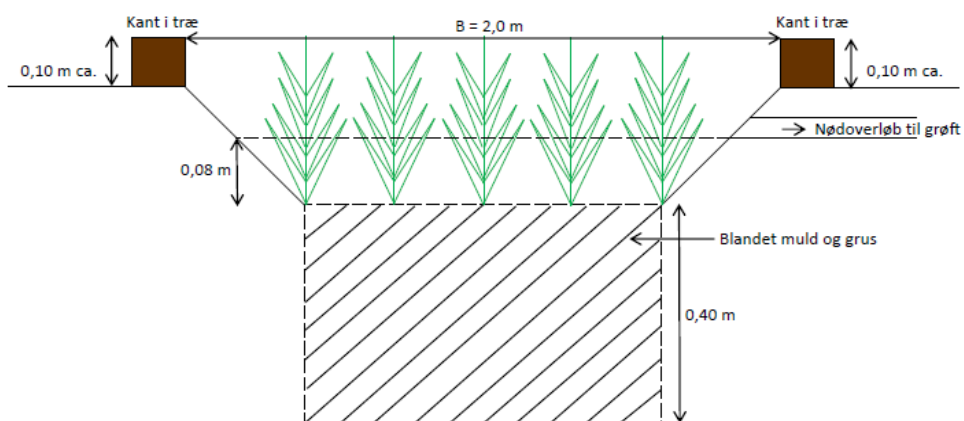
B = 2,0 m

L = 8,0 m

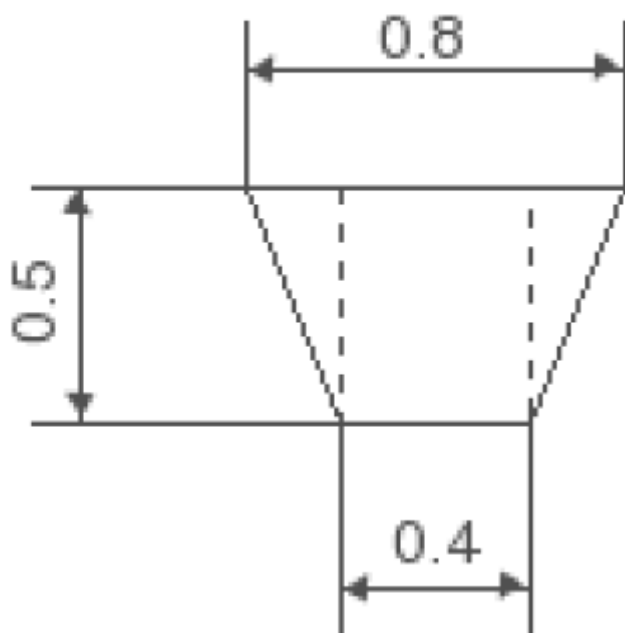
H = 0,08 m

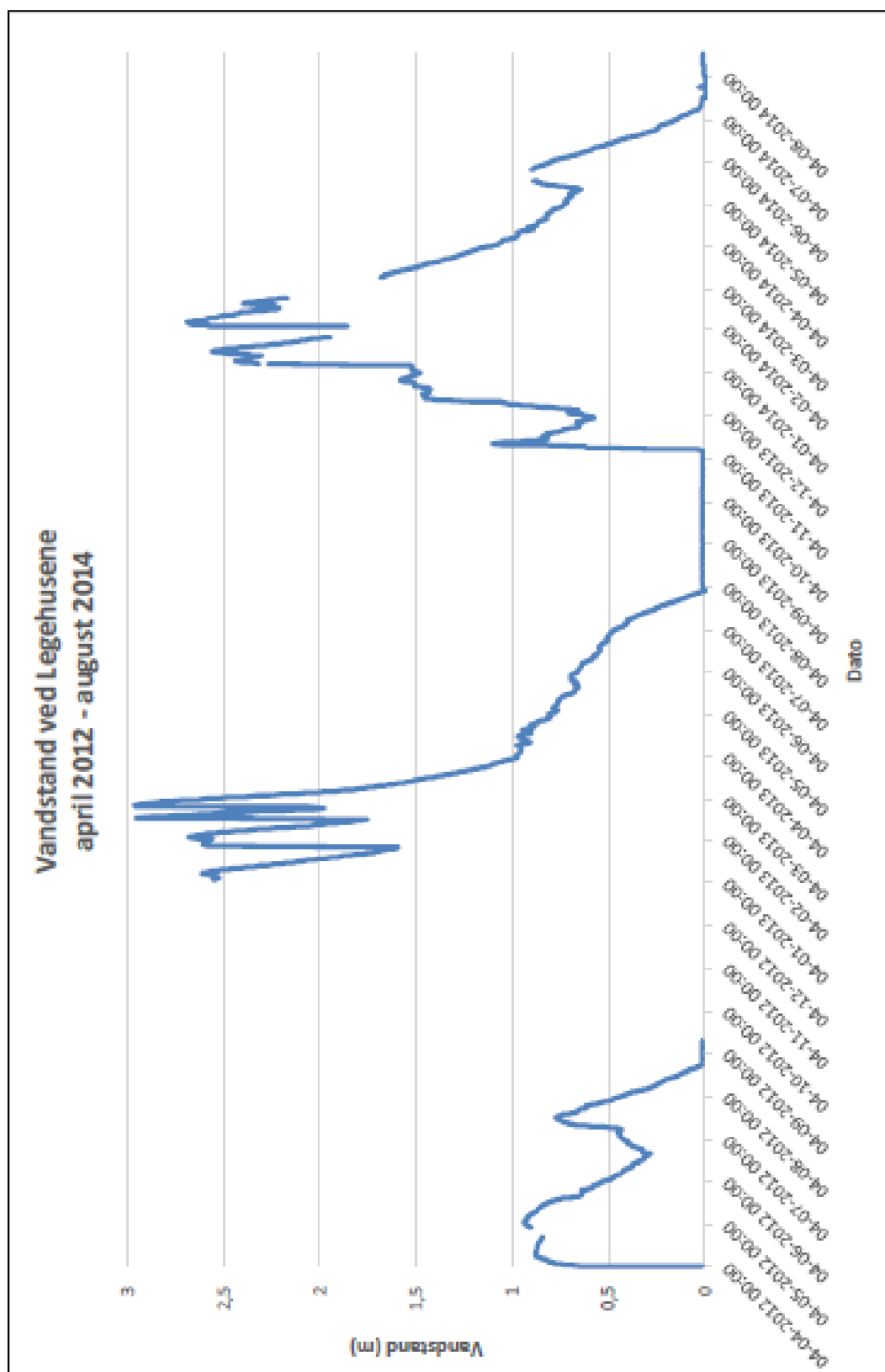
Tilledning af regnvand sker via håndpumpe på Collectio fra Wavin.

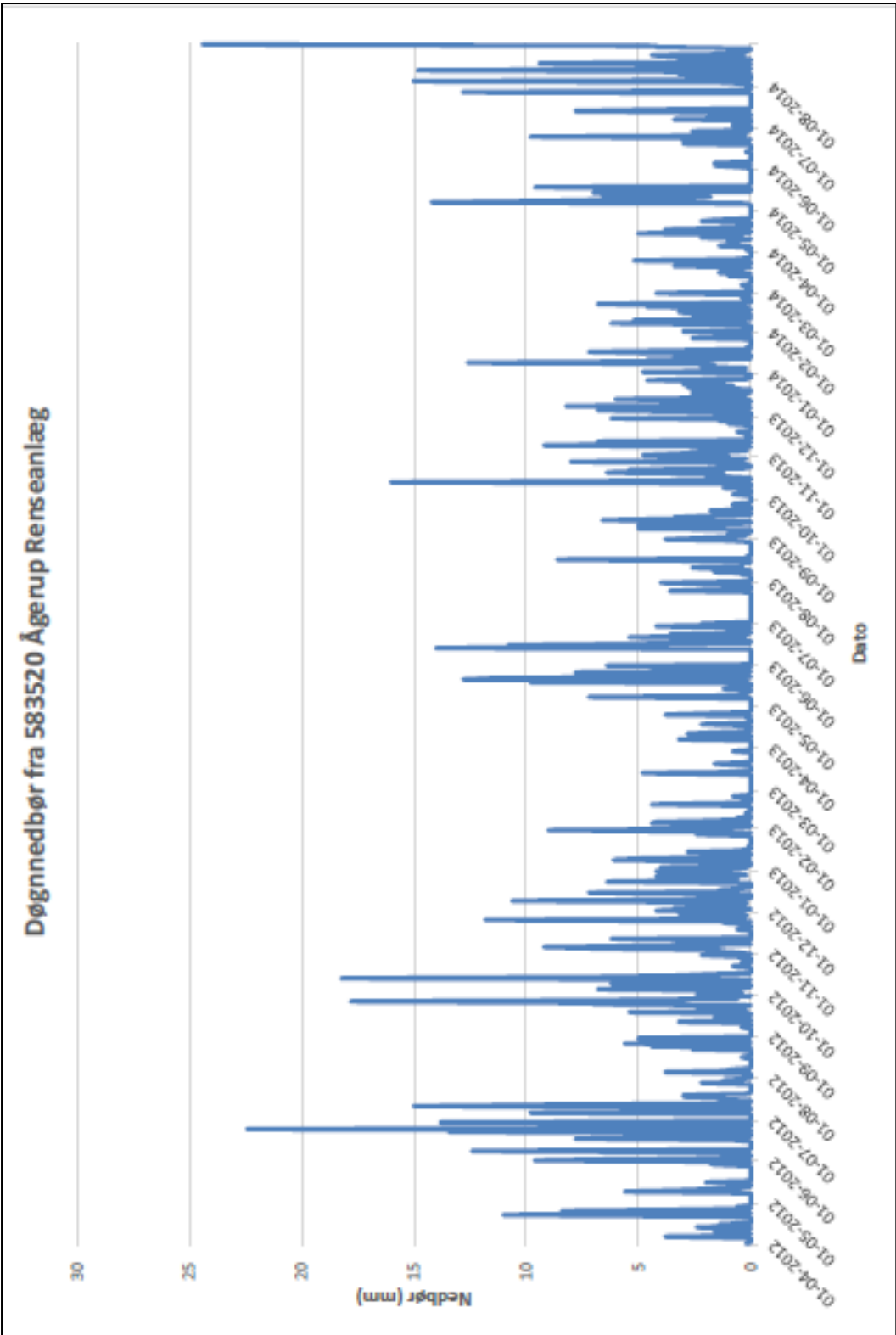
Tilløb via overløb fra Collectio er ikke vist på skitsen (se plantegning).



Bilag 15 Trapezformet grøft

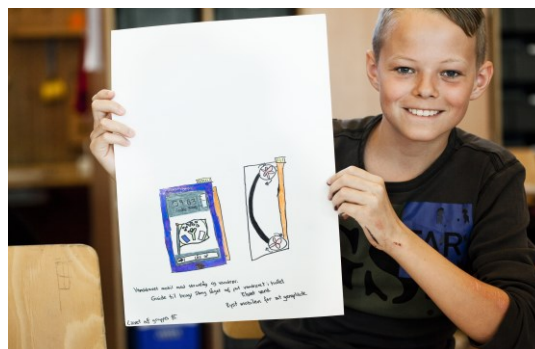
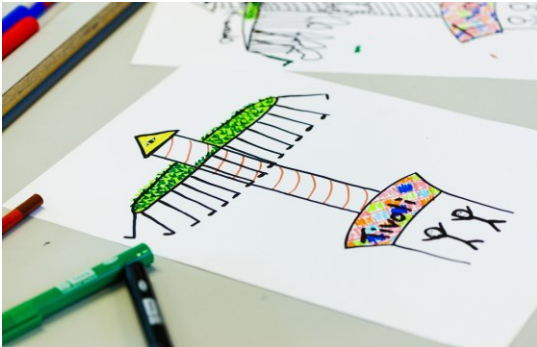


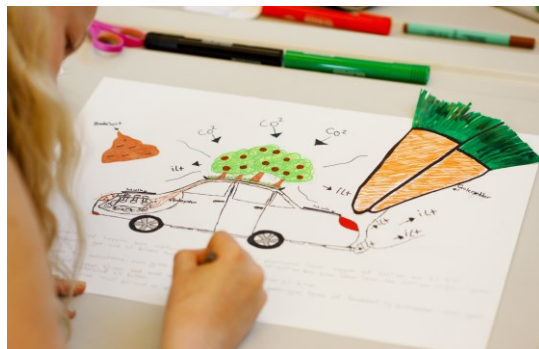




Lar ekstrem B matrix	Økonomi* (enhedspriser)	Teknik	Miljø	Synlighed	Drift & Vedligehold	Levetid
Permeable belægninger (udviklet af NCC og IBF) til håndtering af vand fra overfladerne	Ca. 275,- pr m ² incl DrænStabil og lægning af fliser	Selve fliserne er ikke permeable. Fugematerialet er permeabelt. Den permeable belægning skal etableres på ca. 0,35 m permeabelt bærelag.	Belægningerne bør maskin-udlægges, hvis der skal løbe børn rundt på bare tæer, eller hvis der skal køre cykler.	Regnvandet forsvinder stort set med det samme, selv ved kraftige regn. Ved kraftig regn fremstår belægningerne helt tydeligt, se foto XX	Vandet nedsiver stadig hurtigt (1½ år efter anlæg). Der vil stå lidt vand, hvis der er opstået lunke i belægningerne, da sand mv. transporteres til lunkerne og tilstopper de permeable fuger.	Min. 20 år
Rund vandrende fra IBF	Ca. 900 kr. pr. lbm, inkl. sætning i grus	Rund vandrende er et færdigt produkt. Undgå 90 graders vinkler, da vandet vælter ud over kanterne her.	Børnene har stor glæde ved og værdi af at kunne lege med regnvandet.	Vandets bevægelse er synlig	Mangel på drift og vedligehold er synlig.	Min. 20 år
Stor vandrende med fliser og kantsten fra IBF, designet af Thing & Brandt Landskaber	Ca. 1.200 kr. pr. lbm, inkl. sætning i grus	Stor vandrende kan let forsynes med spjæld osv. Fliserne i bunden varierer, så vandets bevægelse varierer.	Børnene har stor glæde ved og værdi af at kunne lege med regnvandet. Der kan med fordel indsættes spjæld, skot mv., så børnene kan lege med disse.	Vandets bevægelse er synlig	Mangel på drift og vedligehold er synlig. Det er nødvendigt at feje de store vandrender min. 1 gang pr. uge, da der er meget sand/grus i (der er legeplads langs med vandrenderne)	Min. 20 år
Soppebassin der forestiller landkort over Roskilde Fjord og Isefjord (designet af Thing & Brandt Landskaber)	Ca. 4.200 kr. pr. m ² , inkl. landinspektør og asfaltarbejde	Kortet i soppebassinet er et forenklet kortgengivelse af fjorden. Kortet er i plan tegnet op i korrekt målestok. Højderne er overdrejet. Kortet i bassinet er befæstet med asfalt udført af NCC Roads.	Børnene er meget glade for at lege med "fjorden", som soppebassinet betegnes. Det giver forskellige legemuligheder	Soppebassinet giver børnene en god fornemmelse af, at vandstanden stiger, når det regner (meget). Det giver mulighed for at lege med dæmninger og lede vand.	Der vil være behov for en sandfangsbrønd før soppebassinet, for at undgå, at soppebassinet virker som sandfang.	Min 50 år
ACO-rende, herunder ud- og overløb fra soppebassin til ACO-rende samt udløb fra ACO-rende til Collectio	Ca. 10.000 kr. pr. rende, inkl. sætning samt etablering af tilslutninger (rist til tung trafiklast)	ACO-renden fungerer både som udløb og som overløb fra soppebassinet, og den forbinder soppebassin med collectio. ACO-renden fås i flere dimensioner og dybder. Dækslet kan klare tung trafik.	Børnene leger ikke med vandet i ACO-renden, men regnvandet er synligt i overløb til collectio'en, og desuden ser eleverne, hvordan regnvandet krydser vej	ACO-renden er smart, når vand krydser vej. ACO-renden skaber sammenhæng i LAR-anlægget.	ACO-renden skal spules fx 1 gang hvert andet år.	Min. 20 år
Collectio: Faskine med membran samt vandpumpe – collectio (udviklet af Wavin)	Ca. 17.000 pr. Collectio (1,14 m ³), inkl. etablering	Håndpumperne på Collectio'en er meget følsomme og knækker let, så de har været udskiftet flere gange. Børnene kan slå fingrene, når de pumper, da pumpestangen rammer pumpen.	Pumperne motiverer børnene til at lege med vandet, og de bruges så snart det har regnet.	Pumperne tiltrækker børnene, og vandets kredsløb samt faskinens funktion bliver synliggjort for børnene.	Desuden skal der etableres en sandfangsbrønd umiddelbart inden Collectio'en, så der sikres rensning af og adgang til collectio'en.	Min. 20 år
Regnbed (beplantet af Amphi Consult), inkl. Overløb fra Collectio til regnbed	Ca. 2.400 kr/m ²	Regnbedet er opbygges som beskrevet i RC anvisning 016. Planterne er udvalgt og hentet fra lokale, eksisterende vandhuller i Roskilde Kommune (kræver tilladelse med ejerne af vandhullerne)	Planterne er udvalgt og hentet af Amphi Consult sammen med eleverne (3. klasse og skolens klimaambassadør). Det har gjort, at eleverne har taget ejerskab for regnbedet.	Biodiversiteten i både insekt-, plante og dyreliv gøres synligt ved at etablere et regnbed med planter fra lokale vandhuller. Når de lokale planter flyttes, flytter eksisterende insektkulturer med. Dette er godt for padder, frøer mv.	Der bør laves en skriftlig plejeplan til fx regnbedet, så det forhindres, at det klippes helt ned af en ikke-forberedt gartner. Regnbedet skal gennemgås 1 gang pr. år, og der skal evt. suppleres med flere planter efter behov.	Afhænger af de valgte planter samt nedbørmængden. Ved at vælge lokale, eksisterende planter fra eksisterende regnbed, fås meget robuste planter.
Grøft, inkl. overløb fra regnbed til grøn (Gundsø Entreprenør Forretning)	Ca. 1.500 kr/lbm	Grøften er etableret af entreprenør. Der står en del vand i grøn, så grøn må ikke være for dyb og skrænterne ikke for stejle. Nedsivning kan evt. stimuleres med stikdræn.	Eleverne er meget glade for grøn og leger med træstammer ("tømmerflåder") i grøn	Grøften har ændret landskabet på skolen. Det "vilde" og "naturlige" er en fin kontrast til betonrenderne og de firkantede legearealer.	Grøften er beplantet samtidig med regnbedet (med planter fra lokale vandhuller). Planterne har dog svære livsvilkår, da børnene hele tiden leger i grøn.	Min. 50 år

Bilag 19 Workshop med klimaprint som akustik-billeder





Projekt klimaskole

Denne rapport er udarbejdet på baggrund af ”Projekt klimaskole”, der er gennemført med tilskud fra Miljøministeriet, bevilliget 2012.

