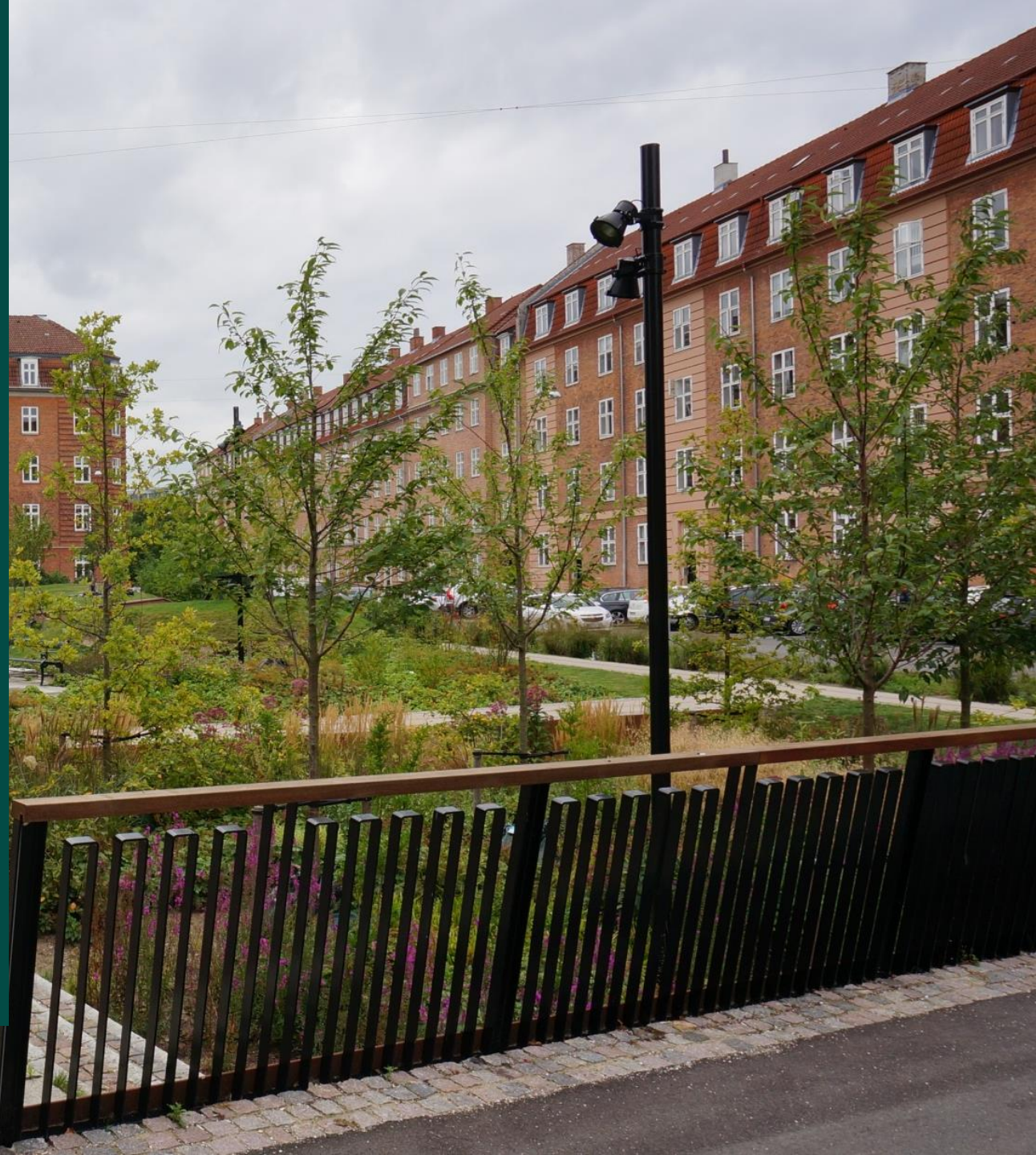


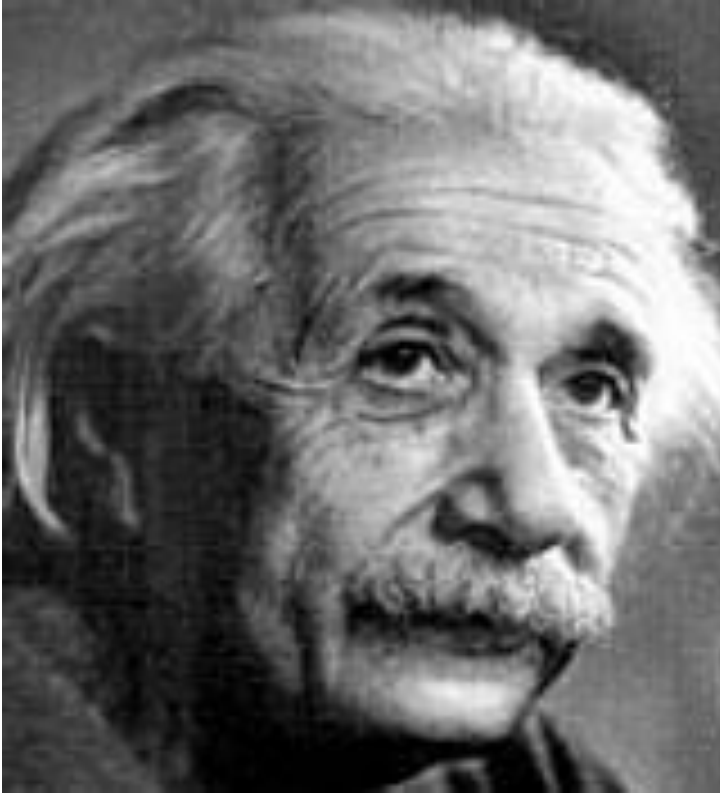


Erfaringer knyttet til utførelse av blågrønne overvannstiltak

Bent C. Braskerud
Oslo Vann- og avløpsetat

BGF seminar i Vannforeningen
8. februar 2023





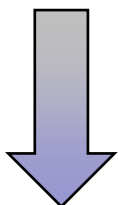
"Dagens problem
kan ikke løses
gjennom at vi
tenker på samme
måte som når vi
skapte dem."

(Albert Einstein)

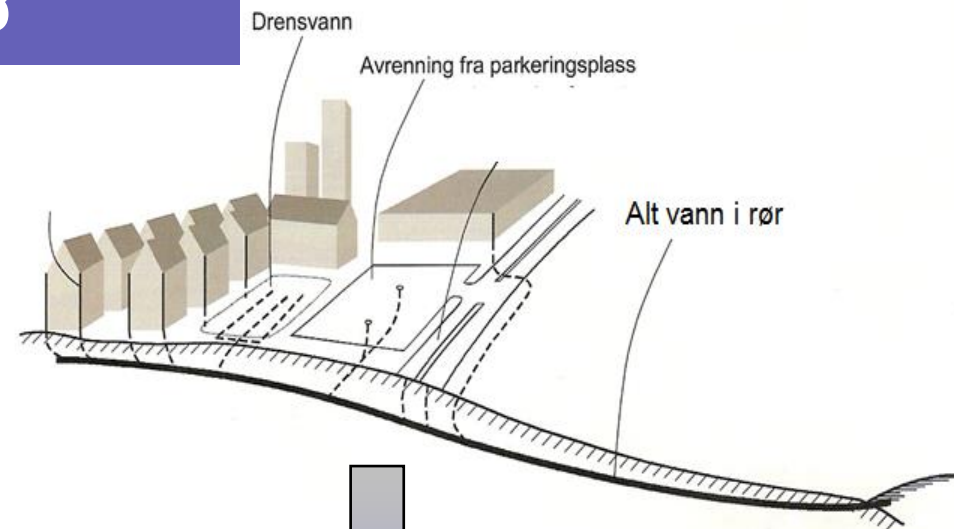
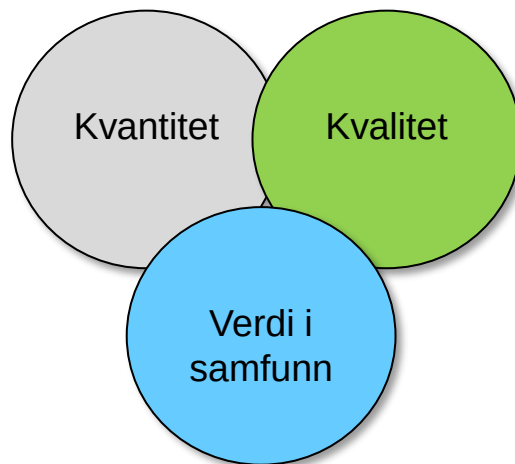
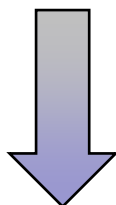
Fra ett grått til ett blågrønt bymiljø

Hvor renner
vannet?

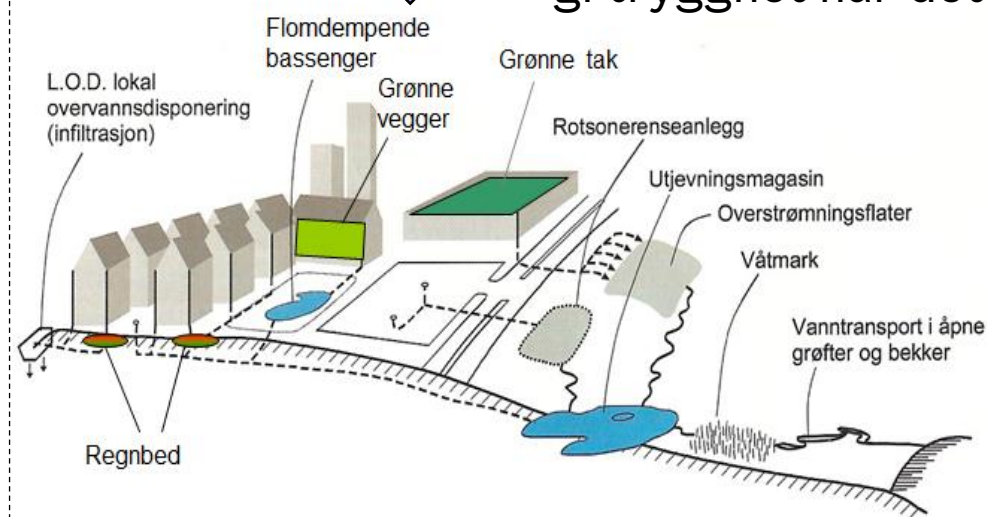
Grå
løsninger



Blågrønne
løsninger



Blå, grønn og vakker i solskinn,
gi trygghet når det bøtter ned



Oslo

Figur omarbeidet fra
Norsk Vann Rapport 162/2008

Erfaringer fra USA med skandinavisk klima



John C. Clausen and Mark Hood
Univ. of Connecticut, USA

Tradisjonell boligutvikling



Boligfelt med LOD-tiltak



Grasdekkede grøfter (vadi)



Regnbed



Permeabelt dekke



Mulig oversvømming

Flomtoppdemping

Avrenningsintensiteter

LOD-feltet

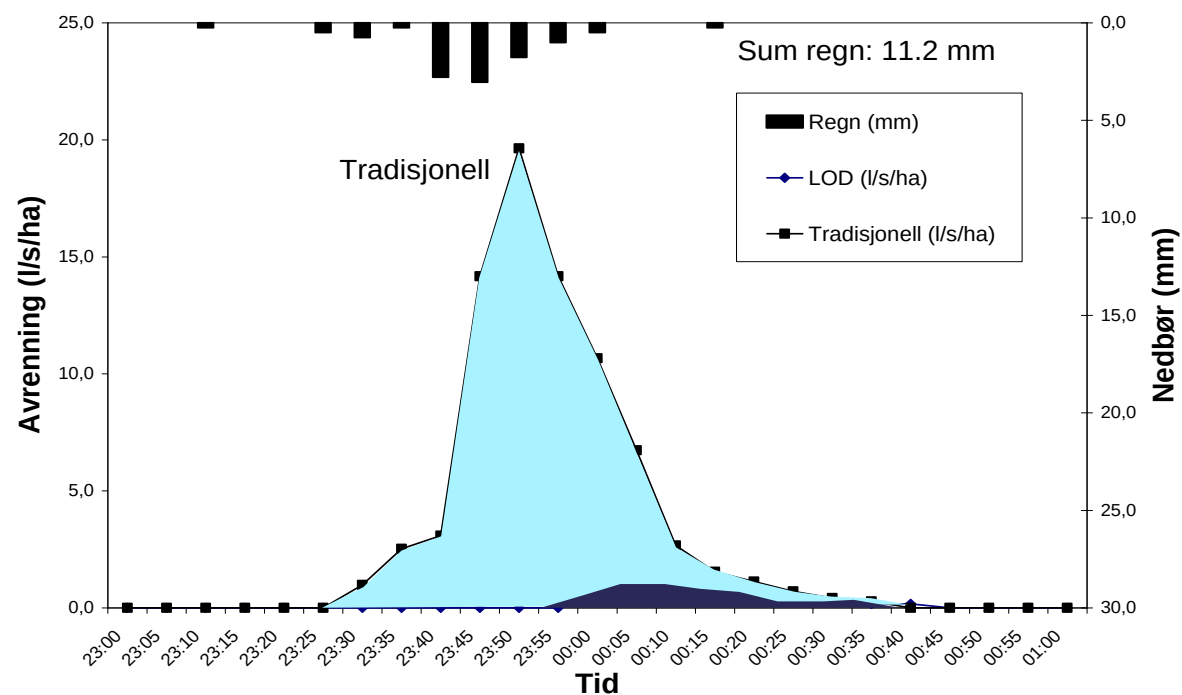
1.0 l/s/ha

100 l/s/km²

Tradisjonell

11.0 l/s/ha

1100 l/s/km²



Sandig jord



Tre ettermonterte grønne tak

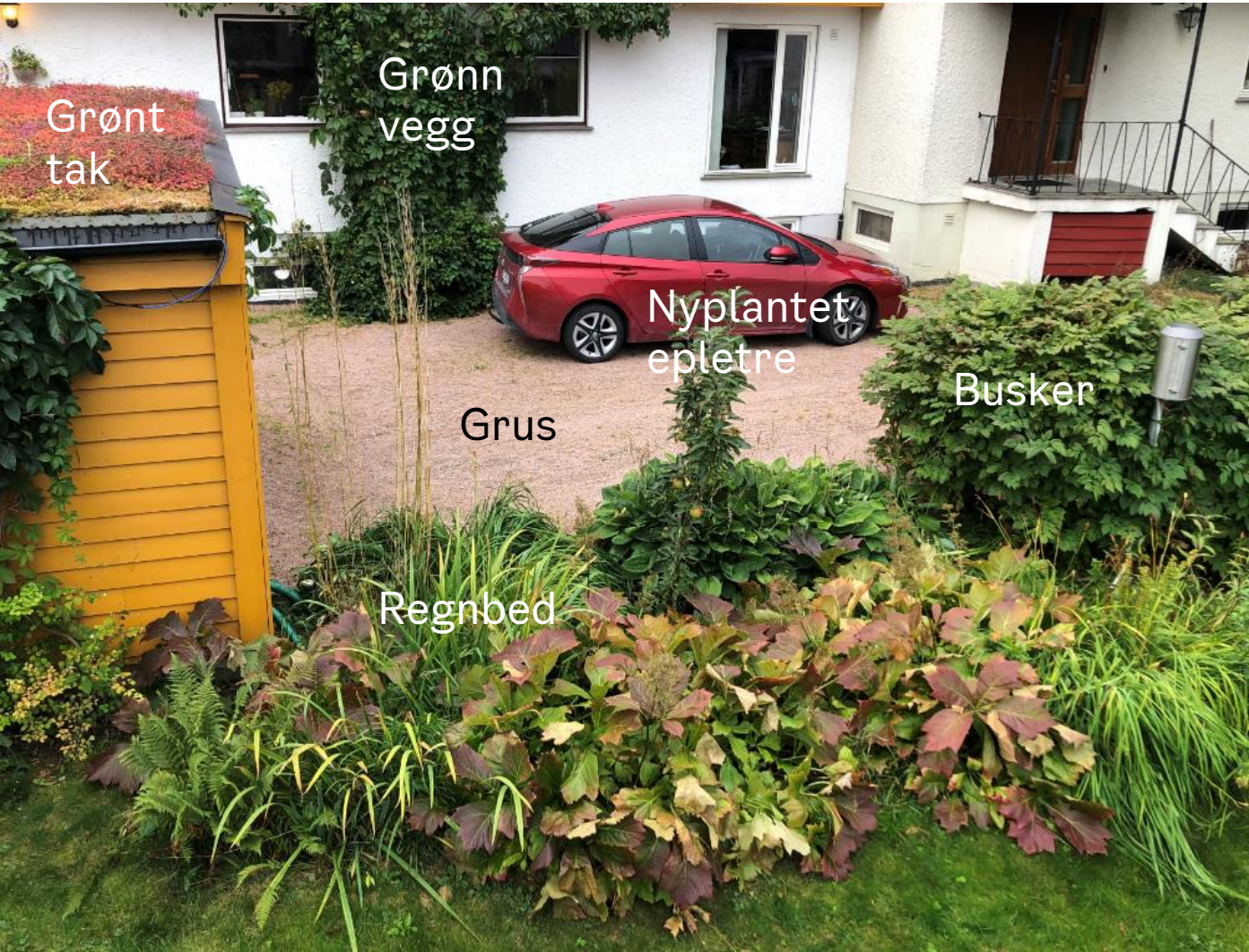


50 + 24 + og 3 m2



BlåGrønn Faktor tiltak på egen tomt

	Framtidens byer	BGF-Oslo	Ny BGF
Plen (%)	56	61	46
Trær (%)	24	23	46
LOD (%)	7	12	8
Tot. score	1,2	1,1	1,5



BGF tabell

Oslo					
BLÅGRØNN FAKTOR					
Prosjekttittel		Gateadresse	Tomteareal m²	Dato	
Fyll inn		Langmyrgrenda 34b	750	3	2
Tiltak		Beskrivelse			2023
STYRKE BLÅGRØNN STRUKTUR OG BIOLOGISK MANGFOLD			Stykk	Verdi pr stk	
	Vegetasjon og vannhåndtering g	Fysisk utvidelse av eksisterende blågrønn struktur	0	0,05	0,00
		Restaurering eller etablering av nye leveområder for biologisk mangfold	0		0,00
		Oppsamling av overvann for vanning og annen gjenbruk	0		0,00
		Samordning av tiltak med tilgrensende områder og/eller eiere av nabogrunn	0		0,00
		Gjenåpning av lukkede vassdrag bekker og elver i rør	0	0,15	0,00
TERRENG OG FLATER			Areal m²	Verdi pr m²	
	Grønt terreng	Eksisterende felt- og busksjikt inntil to meters høyde (urbant landbruk og vegetert mark)	50	1,4	0,09
		Nytt felt- og busksjikt inntil to meters høyde (urbant landbruk og vegetert mark)	0	1,2	0,00
		Eksisterende bunnsjikt som plen, sedum, mose og lav	450	1,0	0,60
		Nytt bunnsjikt som plen, sedum, mose og lav	0	0,8	0,00
	Grønt tak	Dybde vekstmedium ≥ 80 cm	0	0,9	0,00
		Dybde vekstmedium 40–80 cm	0	0,7	0,00
		Dybde vekstmedium 10–39 cm	5	0,5	0,00
		Dybde vekstmedium 3–9 cm	73	0,3	0,03
	Grønn vegg	Plantevegg og vertikalt urbant landbruk	0	0,6	0,00
		Slyng- og klatreplanter	12	0,3	0,00
	Regnbed, vannspeil og våtmark	Regnbed er frodige og variert beplantede fordypninger for oppsamling og infiltrering av overvann. Vannspeil (elv, bekk, dam) skal ha bunnsbstrat og kantvegetasjon. Våtmark er fuktig mark som er overflommet eller har vann nær overflaten store deler av året.	6	3	0,02
	Terrengforsenkning og vadi	Terrengforsenkning er en fordypning i terreng eller flate, i form av vegetert overfalte, lekeplass, torg og lignende, som er opparbeidet for uteopphold, der overvann kan fordroyes og infiltreres gjennom permeabel overflate. Vadier er grønne grøfter, eventuelt beplantet, og de er velegnet for oppsamling og bortledning av overvann.	10	1	0,01
	Delvis åpen flate	Permeable grønne overflater (gressarmert dekke)	0	0,4	0,00
		Semi-permeabel grå flate (sand, grus, singel, pukk og gjennomhullede faste dekker)	86	0,3	0,03
		Delvis permeabel grå flate (gatestein satt i pukk og lignende på permeabel undergrunn)	0	0,2	0,00
	Tett flate	Tette flater der regnvann ledes til blågrønt tiltak på tomten med infiltrasjons- og fordryningskapasitet etter krav til overvannshåndtering (dokumentasjonsbehov) eller til vannoppsamler	75	0,2	0,02
TRÆR			Stykk	Verdi pr stk	
	Eksisterende trær	Svært store trær – stammeomkrets over 200 cm	0	70	0,00
		Store trær – stammeomkrets 90–200 cm	2	50	0,13
		Små trær – stammeomkrets under 90 cm	10	40	0,53
	Nye trær	Store trær – fremtidig høyde over 10 meter	0	30	0,00
		Små trær – fremtidig høyde under 10 meter	1	20	0,03
Utarbeidet av Plan- og bygningsetaten. Versjon 09.12.2022				BLÅGRØNN FAKTOR	1,52



Oslo



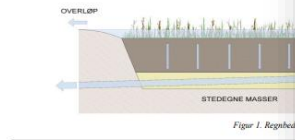
TESTEDE TILTAK

Regnbed for lokal flomdemper

Forfattere: Bent Braskerud (Vann- og avløpsetaten), Kim H. Paus (Asplan Viak)

Regnbed er et fleksibelt tiltak for lokal disponering fremstår som en beplantet forsinking i terrenget. Flaten og infiltrerer til grunnen eller overvannssnedsjon av avrenningen hindres skadelig over gjennomgår grunnprinsippene for utforming av nasjonale og norske erfaringer av slike, og mul

Et regnbed (eng. *Rain garden* og *bioretention*) er et LOD-tiltak (*Lokal OvervannsDisponering*), der hovedhensikten er å holde overvann tilbake helt eller midlertidig. Overvann kan komme fra husak, gårdsplasser, P-areal og vegger. Anlegget er utformet som en vegetert/beplantet forsinking i terrenget der vann holdes tilbake



Figur 1. Regnbed

Grønne tak for flomdemper

Forfattere: Bent C. Braskerud (Vann- og avløpsetaten, Oslo Kommune)

Fortetting av byer og utbygging av tettsteder øker nedbørsfeltene. Tette flater øker avrenningen fordr holdingen av vann i jord og vegetasjon avtar. Bruk kunne erstatte noe av den tapte infiltrasjonen til g avrenningen fra tak etter styrtregn. Grønne tak vil til byens grønnsstruktur og øke den estetiske opplybo i by.

Grønne tak (eng. *green roofs*) er en gammel teknologi i Norge. Taktekket med torv og gress går hundrevis av år tilbake i norsk byggekikk. I moderne tid er det imidlertid utviklet nye taktyper, og vi deler i dag grønne vegetasjonsdekkede tak i tre hovedgrupper:

Ekstensiv tak (eng. *extensive*) er en sedumarter (bergknappfamilien), som tåler mye tørke og næringsfattig jord/vekstmedium. Vekta til ekstensiv tak kan variere fra 40-130 kg/m² i vannmettet tilstand. Tykkelsen på vekst-mediet er opp til 10 cm. Vedlikeholdet er lite; 1-3 etterens årlig (foto 1-3).

Intensiv tak eller takhager, kan i prinsippet inneholde de fleste arter, og krever mye stell; slik som park- og hageanlegg på bakkenivå. Vekta varierer fra 240-900 kg/m², avhengig om busker og trær benyttes. Takhager vil i praksis kan anlegges på nybygg tilpasset bruk og vekt.

Semi-intensiv Tykkelsen på mangfoldet s tilbør det



Foto 1. Hvit

ANLAGTE TILTAK

Vadi - byens grønne vannveier

Forfattere: Søren Gabriel (Orbicon), Louise Fil (SLA)

Vadier utformes som en grønn grøft og kan ivareta alle t strategien. Mindre regn fra det tilstøtende nedbørsfeltet regn fordrøyes og ekstrem regn avledes trygt på overfla skjer en effektiv rensing av vannet. Vadier kan utformes byromselementer med estetisk og biologisk verdi både i langs veier.

Vadiens funksjon

Vadier (eng. *swales*) utformes som grunne grøfter som kan håndtere regnvann fra alle typer av overflater. For normale nedbørshendelser fungerer vadien som et lokalt grønt infiltrasjonsanlegg, hvor regnvann forsinkes imtil det infiltrerer gjennom det øverste jordlaget. Rensingen av regnvannet skjer ved nedsliving gjennom grunnen, hvor jorden virker som et filter som holder partikler og miljøgifter tilbake. Vegetasjonen i vadien er med på å sikre infiltrasjonsevnen og den biologiske aktiviteten som nedbryter olje og andre organiske forurensninger.

Eksempler på vadier til håndtering av vann i skrående terrenget. Overflatskanten sikrer at vannet under normal regn infiltrerer og strømmen først på overflaten i forbindelse med ekstrem nedbør. Hannevåg, Tyskland. Foto: Orbicon



ANLAGTE TILTAK



BLÅGRØNNE OVERVANNSLØSNINGER

Fortetting av byen og mer styrtregn gjør det nødvendig å håndtere overvann i åpne løsninger. Faktaarkene viser testede, anlagte og mulige tiltak.

Januar 2016, versjon 1.0

Belegningsstein som håndterer overvann

Forfattere: Kjell Myhr (Ashveit Betong), Stina Linth Lippstad (Linth Steinmøje)

Permeable dekker med belegningsstein (PDB) er et tiltak for infiltrasjon og fordrøyning av overvann. PDB består av tette betongenheter og fuger / åpninger som fylles med steinmaterialer uten finstoff. Infiltrasjonskapasiteten på PDB kan være meget stor og pukkmassene under et permeabelt dekke kan normalt magasinere mye vann og dempe flomtopper. Det finnes flere typer permeabel belegningsstein, dette faktaarket vil ta for seg belegningsstein i betong.

Permeable dekker: 3 ulike prinsipper

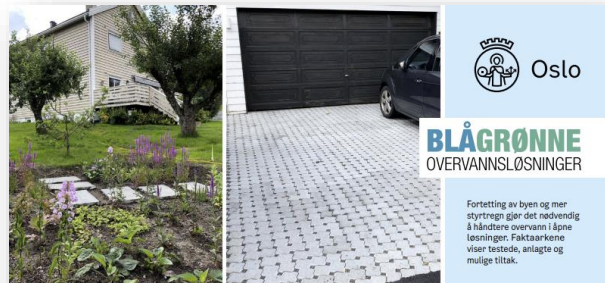
Permeable dekker med belegningsstein bygges opp med masser fri for f-stoffer dvs. knuste masser uten fraksjonen 0-2 mm. Fugene fylles med knuste masser 2-5 mm, disse fugene / hulrommene vil være dimensjonerende for infiltrasjonskapasiteten til dekket.

Ved planlegging av PDB må en huske å vurdere følgende forhold:

- Erosjons og rasfare i grunnen
- Effekter av økt grunnvannstand på nærliggende konstruksjoner.
- Løsningen kan være mindre egnet i gater med sporet kjøring med store aksellaster, og mye tilførsel av finstoff som jord, sand, gress og løv.



Foto: Stina Linth Lippstad



ANLAGTE TILTAK

Januar 2022, versjon 1.0

Grefsen - overvannstiltak i småhusbebyggelse

Forfattere: Bent C. Braskerud (NAV) og Yvona Holtsen (PBE)

Alle tomter må håndtere nedbør på en god måte slik at overvann ikke skader egen eller andres eiendommer. Med fortetting og oftere styrtregn vil vann på avveie skape problemer. Dette faktaarket gir en oversikt over mulige tiltak som gjør eiendommer både vakre og trygge og gjør nedbøren til en ressurs fremfor et problem. Bildene i dette faktaarket er i hovedsak fra et etablert boligområde på Grefsen i Oslo og viser aktuelle tiltak og eksempler på ettermontering.

Klima og tomtene endrer seg

Det er stor variasjon på eiendommers muligheter til å håndtere overvann på en god måte. Ulke jordtyper har ulik infiltrasjonsevne; sand infiltrerer f.eks. bedre enn leire. Men selv hager med leirjord og litt matjord på toppen kan holde tilbake en del nedbør dersom vannet fordeles utover planen. Bratte tomter har raskere avrenning enn flate. På tomter med heing kan problemer med rask avrenning hindres ved å plassere busker og trær slik at vann samles rundt dem. På fjelltomter med lite jordsmonn kan man lage regnbed med tømmer i stein rundt for midlertidig tilbakeholdelse. Tomtefreggerreglen er. Redusert avrenningshastighet gir hagen større mulighet til å bruke vannet som ressurs og gir mindre skade.

Alle kan gjøre noe

Det er stor variasjon på eiendommers muligheter til å håndtere overvann på en god måte. Ulke jordtyper har ulik infiltrasjonsevne; sand infiltrerer f.eks. bedre enn leire. Men selv hager med leirjord og litt matjord på toppen kan holde tilbake en del nedbør dersom vannet fordeles utover planen. Bratte tomter har raskere avrenning enn flate. På tomter med heing kan problemer med rask avrenning hindres ved å plassere busker og trær slik at vann samles rundt dem. På fjelltomter med lite jordsmonn kan man lage regnbed med tømmer i stein rundt for midlertidig tilbakeholdelse. Tomtefreggerreglen er. Redusert avrenningshastighet gir hagen større mulighet til å bruke vannet som ressurs og gir mindre skade.

Foto øverst til venstre viser regnbed som mottar vann fra tak, og til høyre vises vanngjennomtrengelig belegningsstein. Foto: B.C. Braskerud

Regnbed

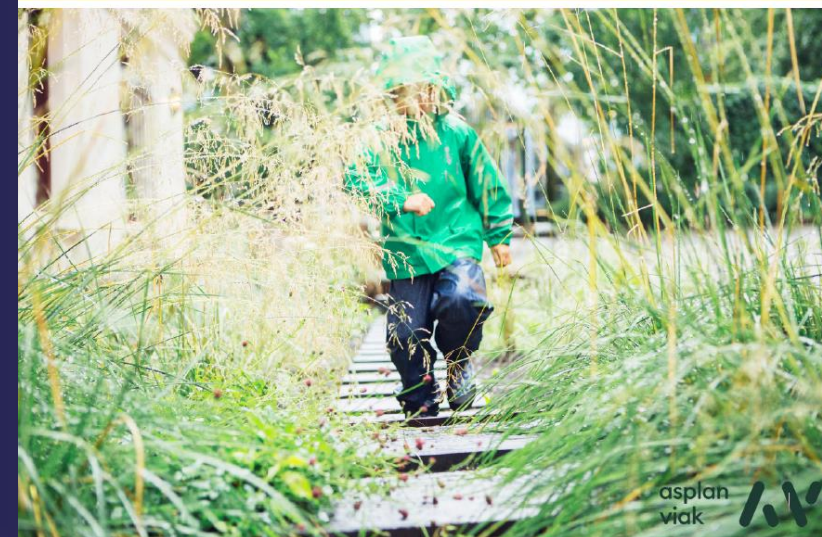
Fin veileder laget av Asplan Viak

Hva slags regnbed?



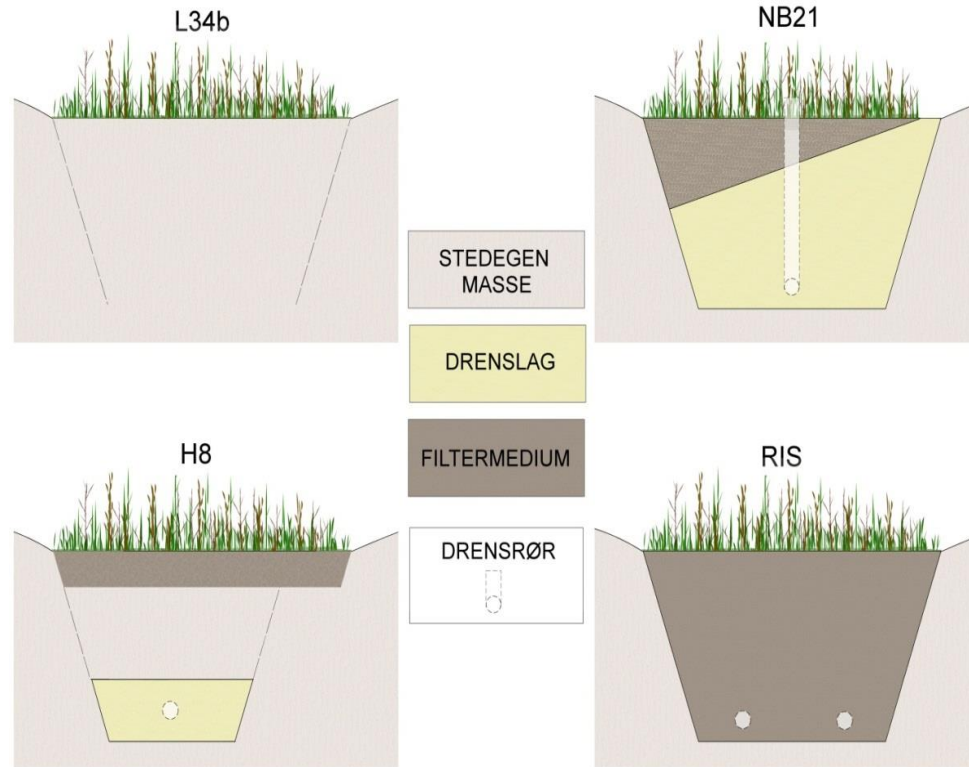
Urbane regnbed

et FoU-arbeid av Janicke Ramfjord Egeberg, Kim Haukeland Paus, Taran Aanderaa, Anine Drageset, Mari Katrine Tvedten og Sigrid Amundsen



asplan viak

Hvordan er stedet?



Oslo

Kjenn nedbørfeltet, vannmengder og mulighet for infiltrasjon

Regnbed: beregning av størrelse

$$A_{\text{regnbed}} = \frac{A_{\text{felt}} \cdot c \cdot P}{h_{\text{maks}} + K_h \cdot t_r} \quad \text{Paus-formelen}$$

A_{regnbed} er regnbedets overflateareal [m^2],

A_{felt} er nedbørsfeltets størrelse [m^2],

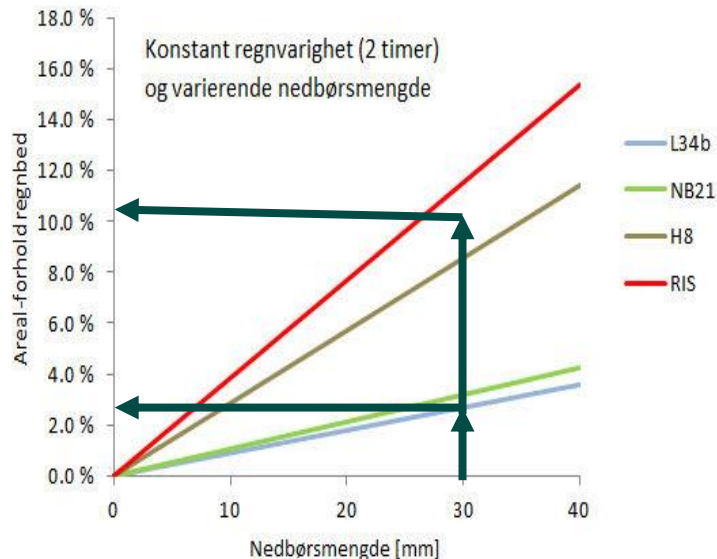
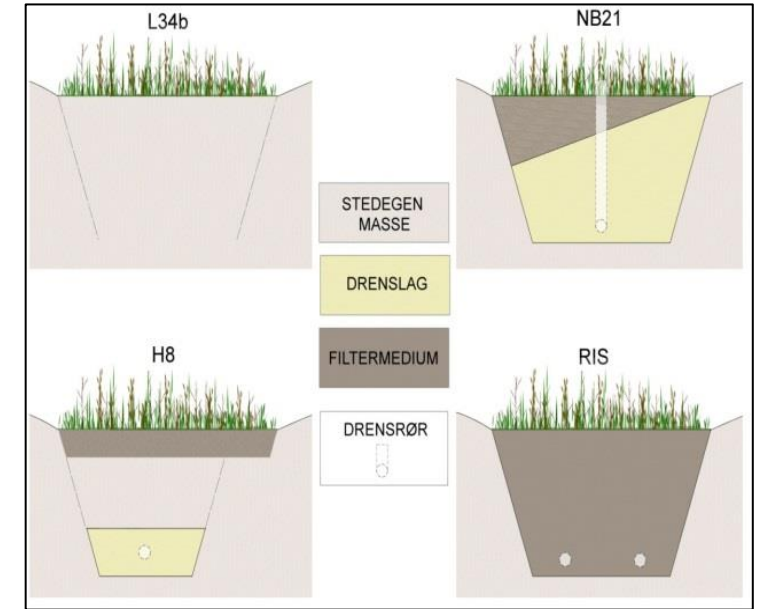
c er nedbørsfeltets gjennomsnittlig avrenningskoeffisient [-],

P er dimensjonerende nedbørsmengde [mm],

h_{maks} er den maksimale vannstanden på overflaten før vannet går i overløp [m],

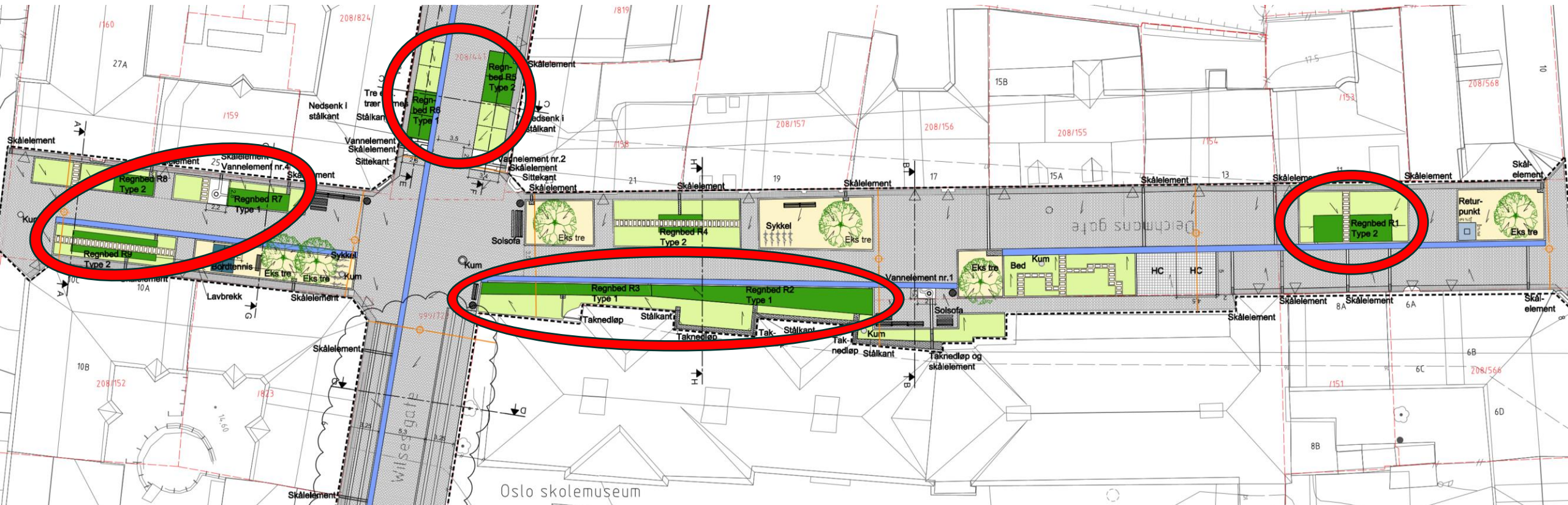
K_h er filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet [m/t]

t_r er dimensjonerende varighet på tilrenningen til regnbedet [t]



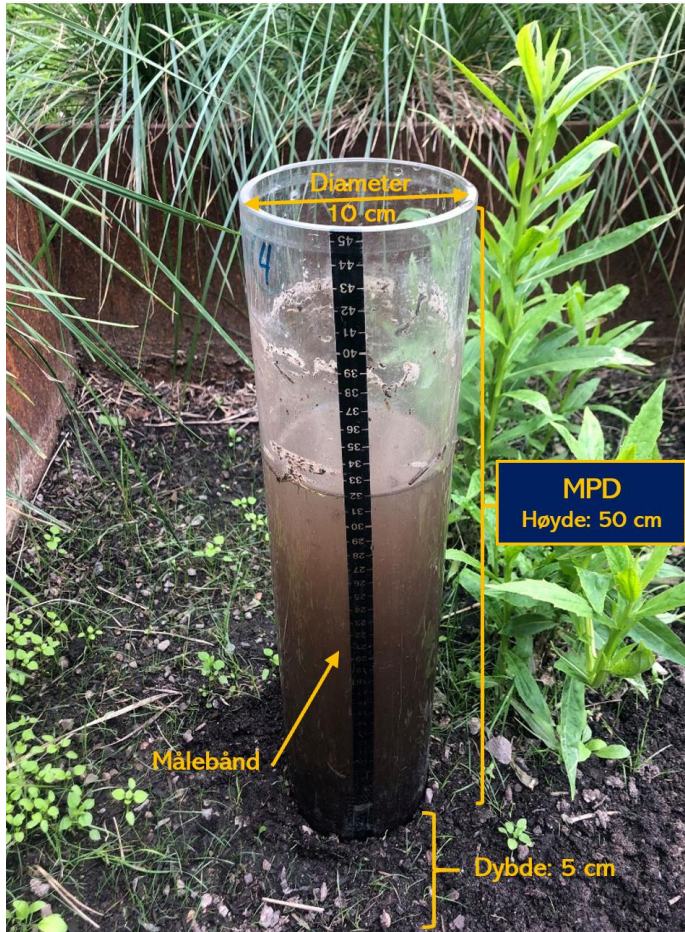
Stor forskjell på arealbehovet avhengig av overflatevolum og infiltrasjonshastighet

Deichmans gate - Landskapsplan

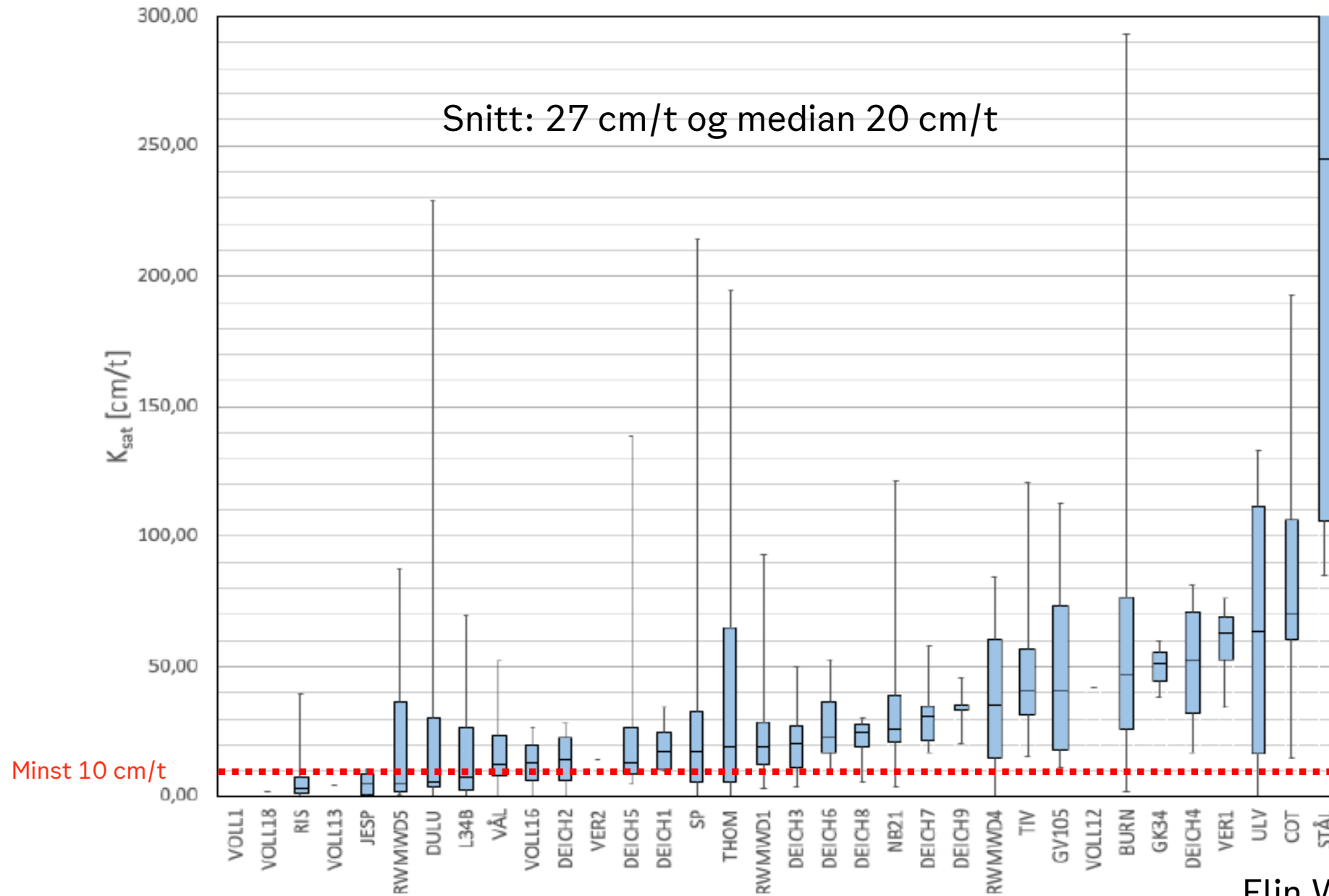


(Illustrasjon: J. R. Egeberg, Asplan Viak)

Måleinstrument for infiltrasjonshastighet: Modified Philip-Dunne (MPD) infiltrometer



Regnbed infiltrasjonshastigheter i 34 regnbed



Måling av kapasiteten til å håndtere store vannmengder:

Oversvømmelse med vann fra brannbiler

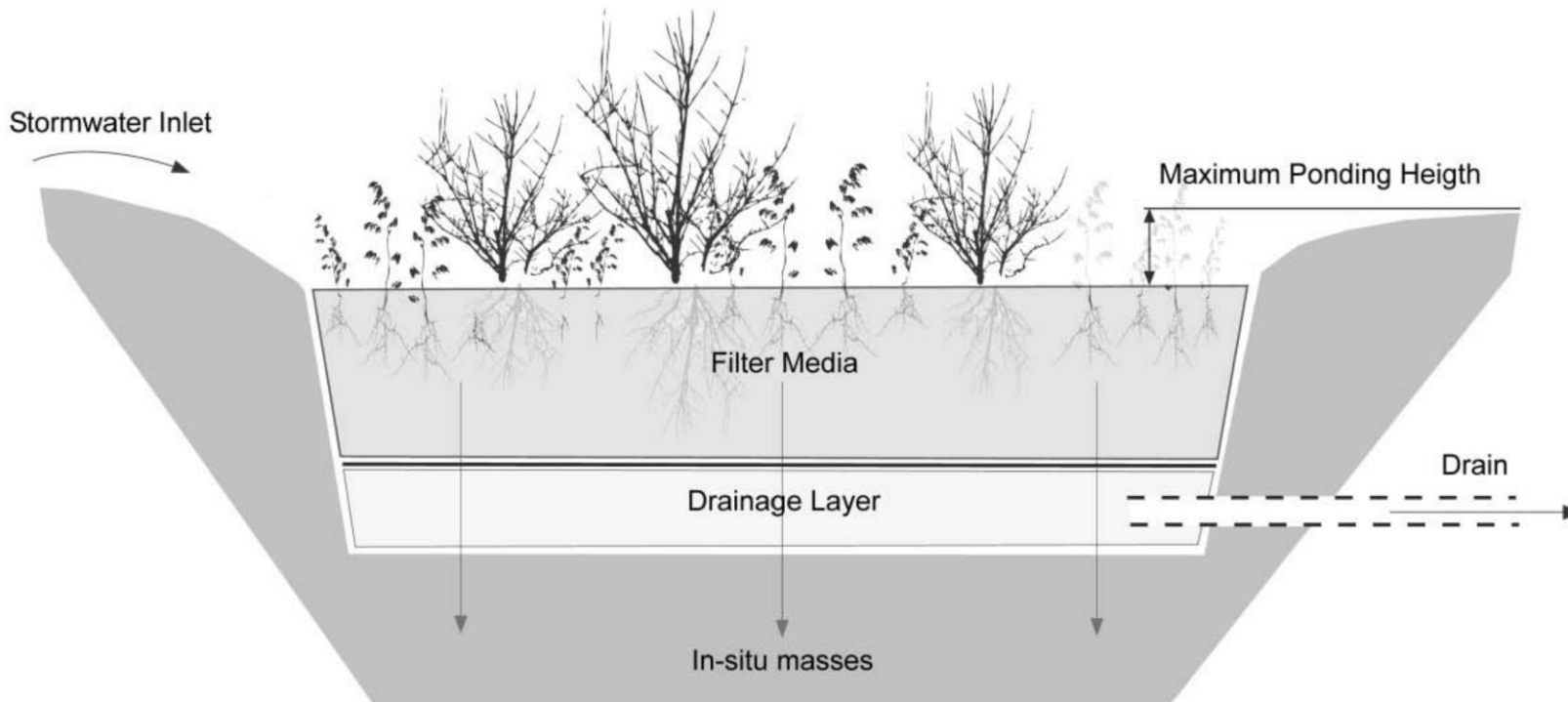


Oslo



Forslag til forbedringstiltak

Overflate må være flat om
infiltrasjonen skal være høy

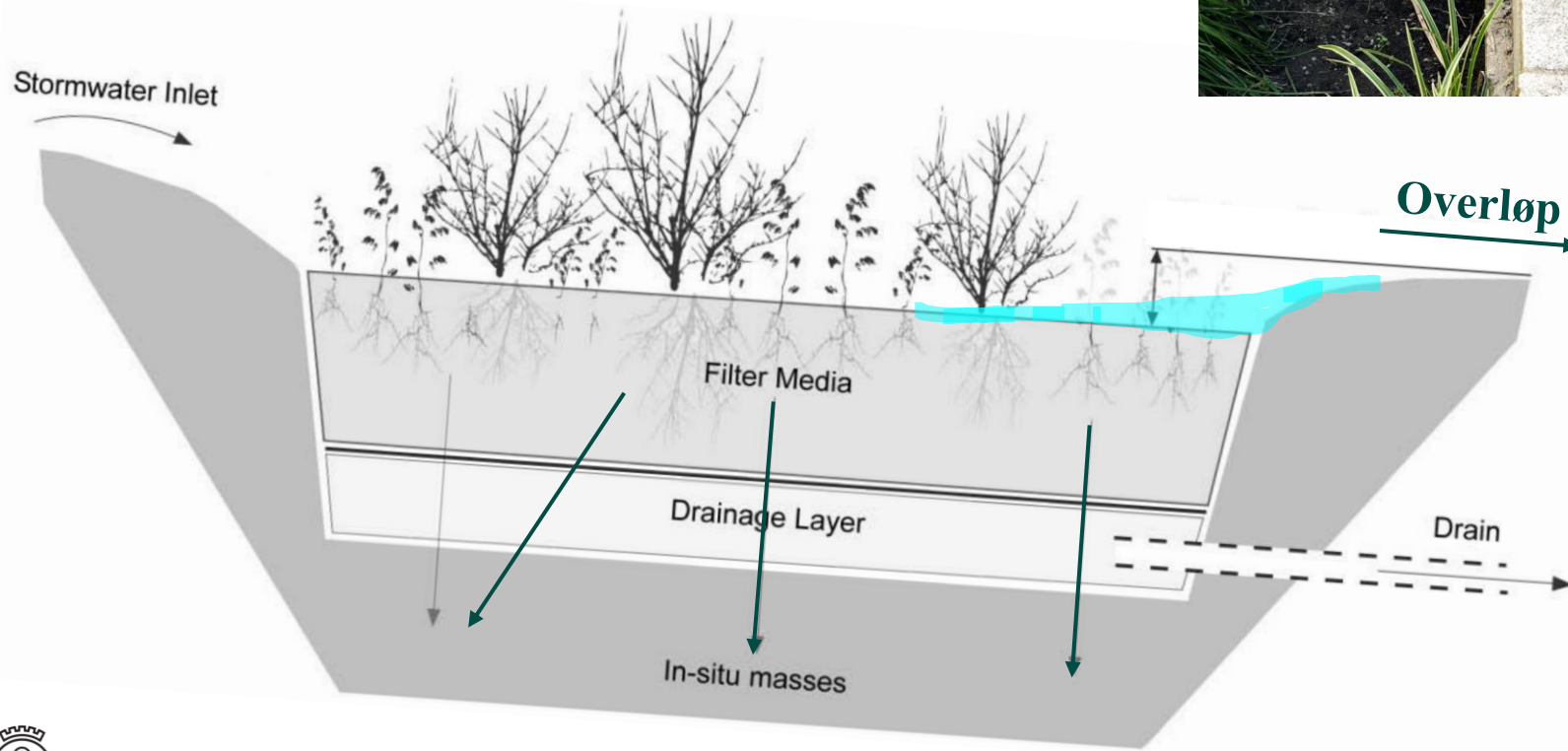


Observert skjev jordoverflate i regnbed 7



Forslag til forbedringstiltak

Overflata må være horisontal/vannrett for full utnyttelse av volumet



Observert skjev jordoverflate i regnbed 7



Innløpsordningen må fungere

Overvannet må nå fram til regnbedet



US10

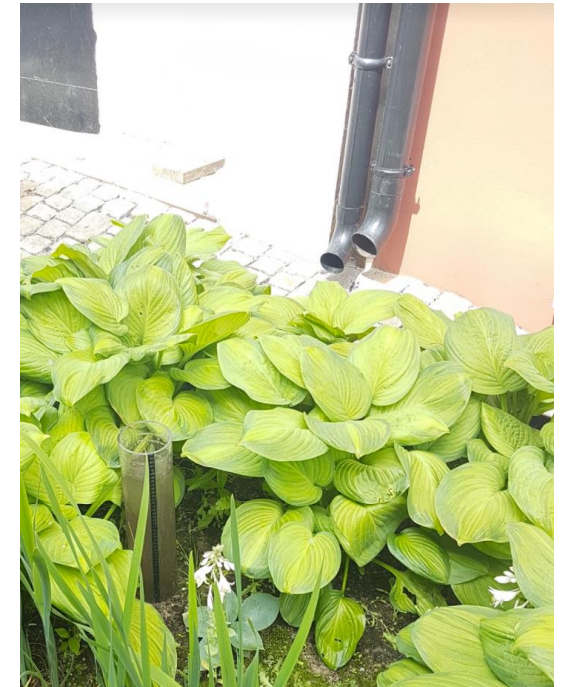
(Illustrasjon: Cathrine Bugge, Asplan Viak)

Innløpsløsninger i Deichmans gate

Renne som leder overvannet
inn i regnbedet



Overvann direkte fra
taknedløp til regnbed



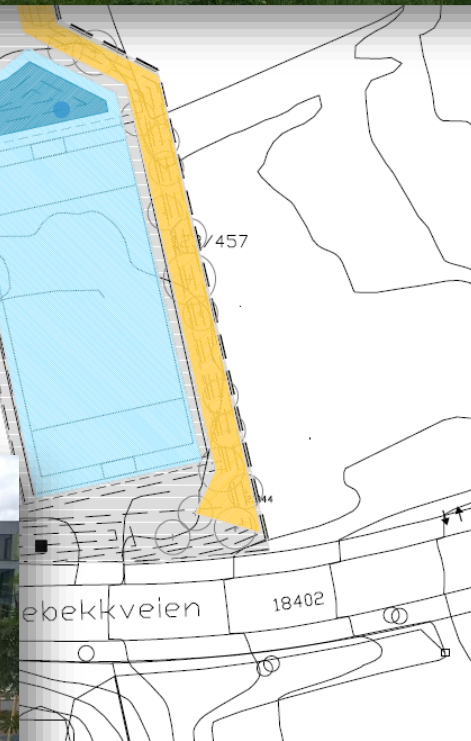
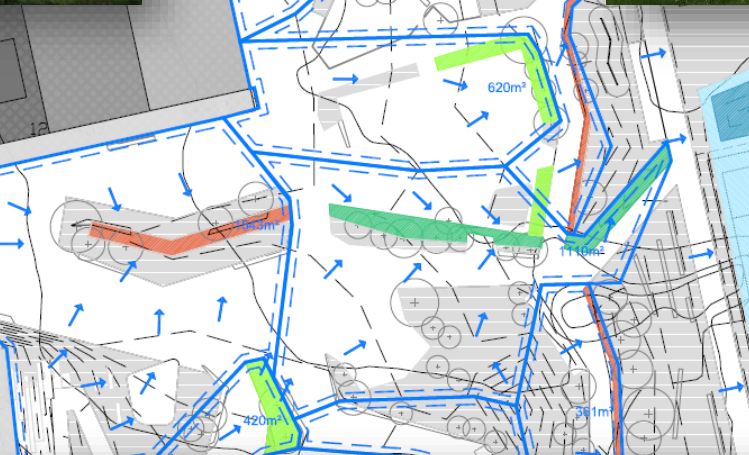
Slide fra Nevedda Sivakumar

Enklere drift og vedlikehold

Vurder nedbørfeltet. Sand, skrammel og skrot kan fanges i slamfeller. Her tas også energien i vannet. De må tømmes.



Fra plan til virkelighet



Oslo

Alt går midlertidig ikke etter planen

Anine Drageset

Fra plan til ferdigstilling:
Case studie med evaluering av
overvannsløsningene for
17 byggesaker i Oslo

Trondheim, februar 2018

Prosjektoppgave i VA-teknikk ved NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



 NTNU
Kunnskap for en bedre verden



Oslo

NB: Feil på overflata kan fixes!

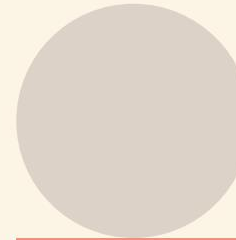
Grønne tak

Flere typer:

- Ekstensive (tynne)
- Intensive (takhager)
- Blågrønne (med vannlagring)



Oslo



Strategi for grønne tak og fasader

2030 grønne tak og fasader i 2030

Sak 160/22 – vedtatt av bystyret 25.05.2022



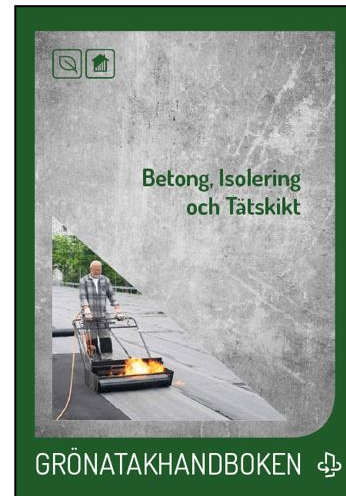
Monch Brygge, Foto: Bjarne Gundersen



Oslo



GRÖNA TAK HANDBOKEN



www.GRONATAKHANDBOKEN.se



Grønne ekstensive tak



Fordampet vann i
snitt over året: 25%

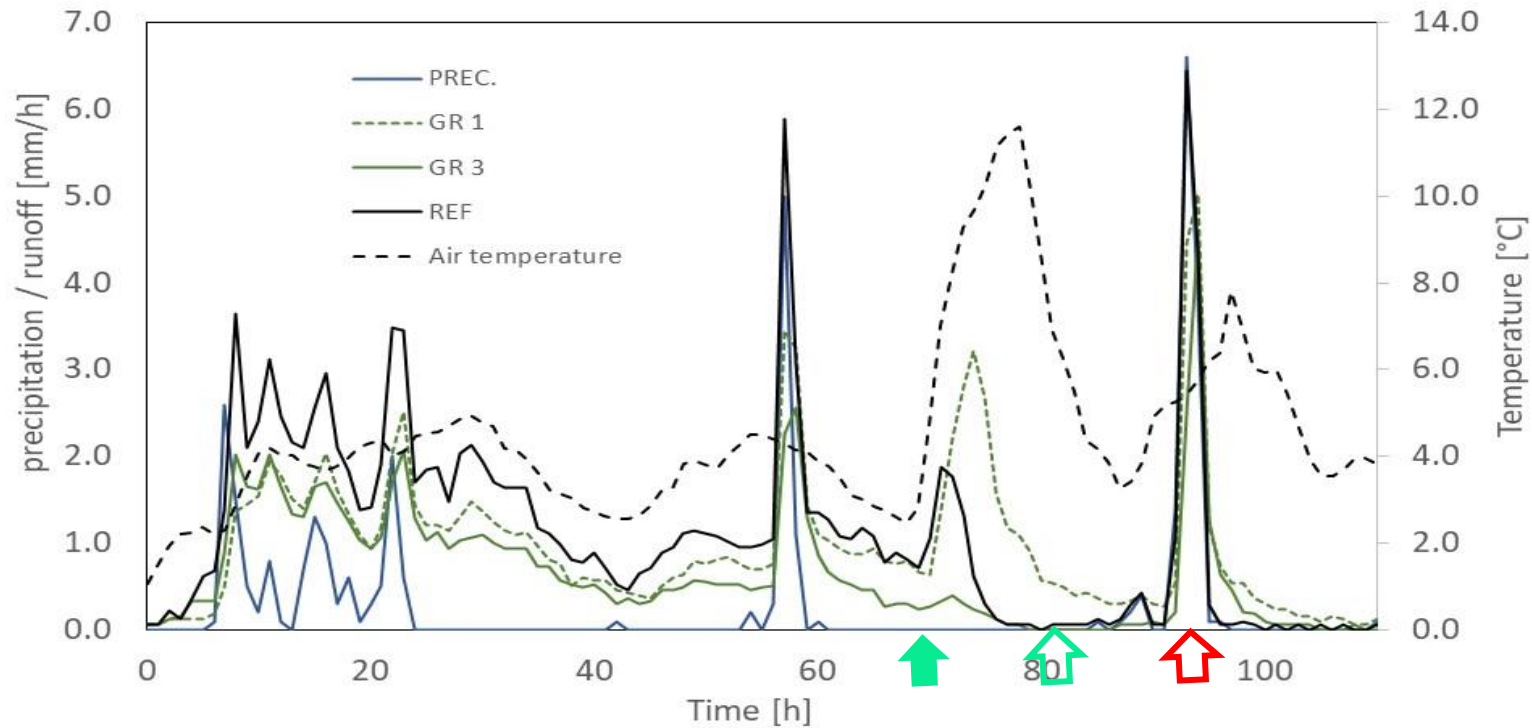
Demping av kraftig
nedbør ca 50 %



Tykkelse 4-7 cm

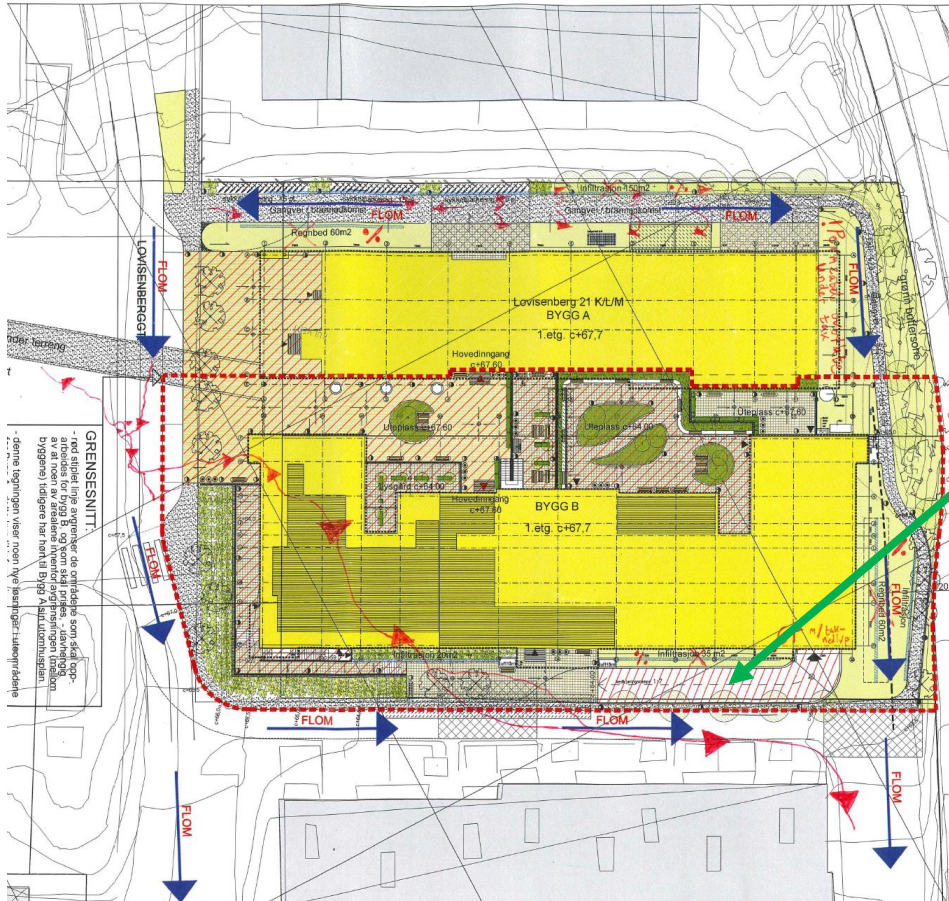
Grønne ekstensive tak om vinteren

Ett eksempel:
Snøsmelting
og regn i april



Start: 40 cm snø
70 timer: 0 på GT3
80 timer: 0 på resten

Grønt tak på sykehus



Fiberduk
holder mer
fuktighet

Følg oppskriften for montering,
stell de første 2 år

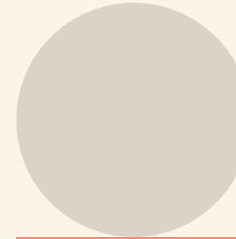


Oslo

Grønne vegger



Oslo



Strategi for grønne tak og fasader

2030 grønne tak og fasader i 2030

Sak 160/22 – vedtatt av bystyret 25.05.2022



Munch Erygg, Foto: Bjarne Gundersen



Oslo

Grønne vegger vannes med takvann



Oslo

Arvid Ekle

Klatreplante monteret i regnbedsmodul



Vannes av takvann

Grønn klimaskjerm; vannes fra taket – fremmer fordamping



Oslo

Kan fordampe ca 14 mm/døgn (Lausen m.fl., 2022 i Blue green systems)

København

Institut für Physik der Humboldt - Universität zu Berlin



Vegetasjonen skygger og fordamper. Erstatte aircondition

Marco Schmidt

Permeable belegningsstein

Vanngjennomtrengelig overflate



Oslo kommune

BLÅGRØNNE
OVERVANNSLØSNINGER

Forretting av byen og mer styrtegn gjør det nødvendig å håndtere overvann i åpne løsninger. Faktaarkene viser testede, anlagte og mulige tiltak.

ANLAGTE TILTAK

Januar 2016, versjon 1.0

Belegningsstein som håndterer overvann

Forfattere: Kjell Myhr (Aallvedt Betong), Stina Lintho Lippestad (Lintho Steinmiljø)

Permeable dekker med belegningsstein (PDB) er et tiltak for infiltrasjon og fordrøyning av overvann. PDB består av tette betongenheter og fuger / åpninger som fylles med steinmaterialer uten finstoff. Infiltrasjonskapasiteten på PDB kan være meget stor og pukkmassene under et permeabelt dekke kan normalt magasinere mye vann og dempe flomtopper. Det finnes flere typer permeabel belegningsstein, dette faktaarket vil ta for seg belegningsstein i betong.

Permeable dekker: 3 ulike prinsipper
Permeable dekker med belegningsstein bygges opp med masser fri for 0- stoffer dvs. knuste masser uten fraksjonen 0-2 mm. Fugene fylles med knuste masser 2-5 mm, disse fugene / hulrommene vil være dimensjonerende for infiltrasjonskapasiteten til dekket.

Ved planlegging av PDB må en huske å vurdere følgende forhold:

- Erosjons og rasfare i grunnen
- Effekter av evt økt grunnvannstand på nærliggende konstruksjoner
- Løsningen kan være mindre egnet i gater med sporet kjøring med store aksellaster, og mye tilførsel av finstoff som jord, sand, gress og løv.



Foto: Stina Lintho Lippestad

NORSK BELEGNINGSSTEIN

Byggutengrenser



Oslo

Vanngjennomtrengelig (permeabel) belegningsstein

- En infiltrasjonsmulighet der byen er tett
- Egnet på P-plasser og miljøgater
- Kan rense overvann



Unngå finstoff. Strø med grus og fei/vedlikehold etter behov

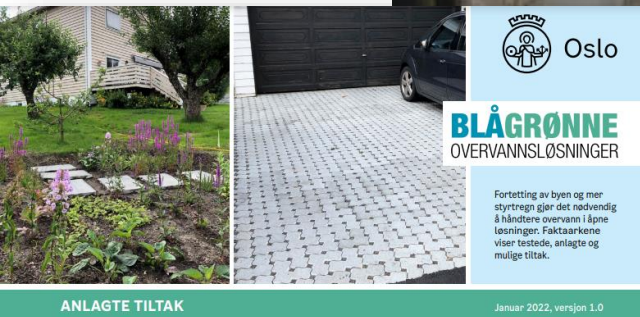
Permeable/vanngjennomtrengelige P-plasser



Overflate for infiltrasjon



Lede vann fra tette flater til permable flater



Grefsen – overvannstiltak i småhusbebyggelse

Forfattere: Bent C. Braskerud (VAV) og Yvona Holbein (PBE)

Alle tomter må håndtere nedbør på en god måte slik at overvann ikke skader egen eller andres eiendommer. Med fortetting og oftere styrtregn vil vann på avveie skape problemer. Dette faktaarket gir en oversikt over mulige tiltak som gjør eiendommer både vakre og trygge og gjør nedbøren til en ressurs fremfor et problem. Bildene i dette faktaarket er i hovedsak fra et etablert boligområde på Grefsen i Oslo og viser aktuelle tiltak og eksempler på ettermontering.

Klima og tomtene endrer seg

I Oslo og mange andre byer skjer det en fortetting der tidligere vanngjennomtrengelige (permeable) flater bygges igjen med tak, asfalt og belegningsstein. Vann fra tak er i noen tilfeller koblet til husets drenering som igjen er tilknyttet kommunenes avløpsledninger i gata. I tillegg hugges trær og gresset erstattes med asfalt. Resultatet blir at mindre vann siger (infiltrerer) ned i grunnen eller fordampes via vegetasjonen. Nedbøren renner raskt av og havner i samme rørsystem som avløpsvann fra husene. Dette øker faren for at avløpsnett ved kraftig regnvær fylles opp og forårsaker kjelleroversvømmelser (tilbakeslag gjennom sluk), forurensning av bekker og badeplasser (overløp) eller overvannsproblemer hos nærmeste nabo.

Alle kan gjøre noe

Det er stor variasjon på eiendommers muligheter til å håndtere overvann på en god måte. Ulke jordtyper har ulik infiltrasjonsevne; sand infiltrerer f.eks. bedre enn leire. Men selv hager med leirjord og litt matjord på toppen kan holde tilbake en del nedbør dersom vannet fordeles utover plassen. Bratte tomter har raskere avrenning enn flate. På tomter med helling kan problemer med rask avrenning hindres ved å plassere busker og trær slik at vann samles rundt dem. På flåtomter med lite jordsmonn kan man lage regnbied med tørrmurer i stein rundt for midlertidig tilbakeholdelse. Tømmefingerregelen er: Redusert avrenningshastighet gir hagen større mulighet til å bruke vannet som ressurs og gir mindre skade.

Foto øverst til venstre viser regnbied som mottar vann fra tak, og til høyre vises vanngjennomtrengelig belegningsstein.
Foto: B.C. Braskerud



Vadi gir poeng
og trygghet

Famous last words



Byplanlegging i fortettingens tid

”Fornuftig byplanlegging handler om å se og forstå **samspillet** mellom *bebyggelses-*, *kommunikasjons-* og *grønstrukturer*.

Ved fortetting fungerer ofte **grønstrukturen** som en arealmessig reserve for utviklingen av de to andre strukturene.

Byplanleggeren som ikke klarer å se nødvendigheten av en harmoni i sameksistensen av disse tre strukturene bør sysselsette seg med andre oppgaver enn det å utvikle livsmiljøet for **Homo urbanis**”.

(Landskapspsykolog, prof. emer.
Gunnar Jarle Sorte)



Grønn energi



Oslo