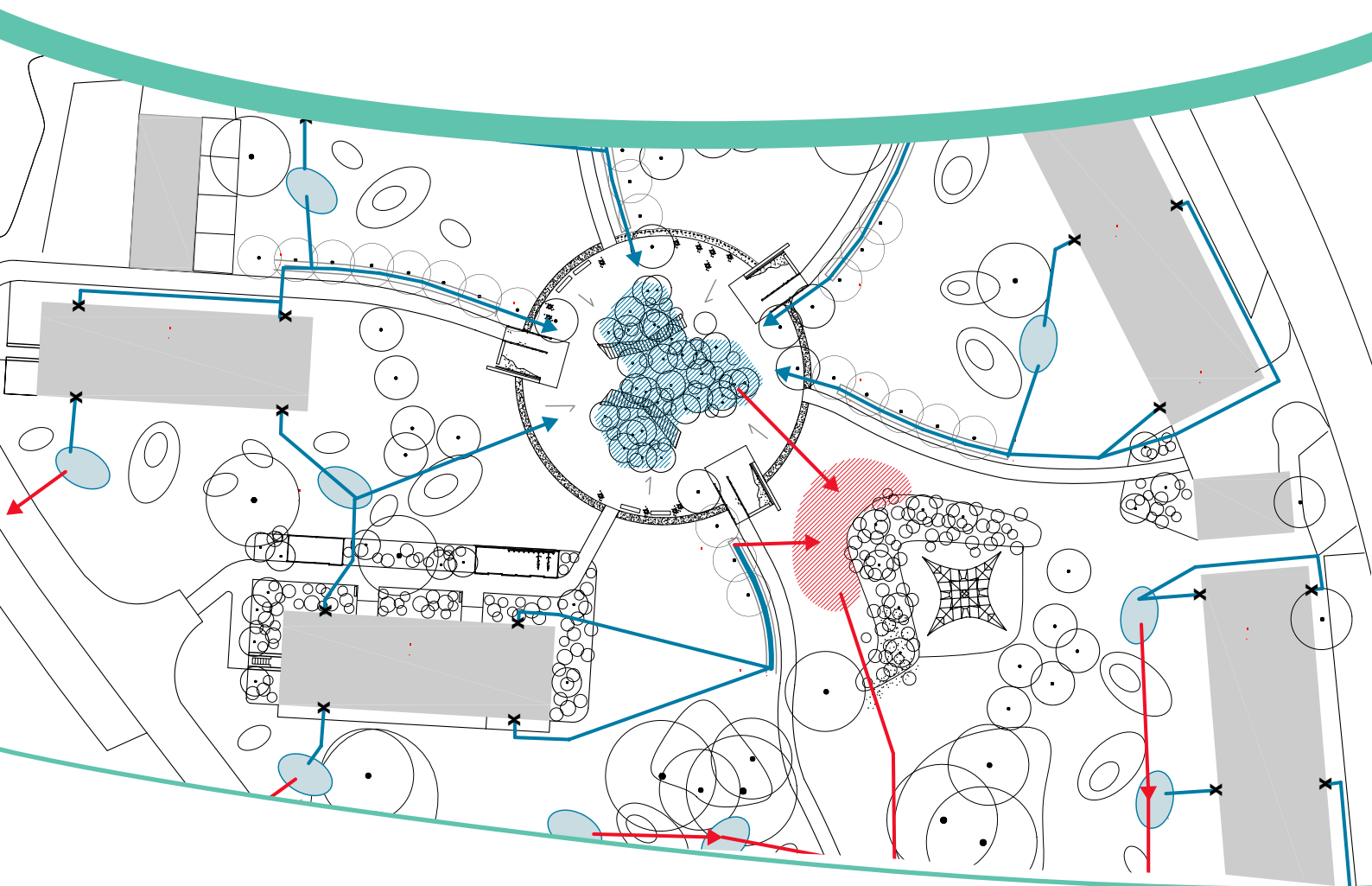




LAR-Bygherreguide

Februar 2012

Indhold

1. Forord.....	3
2. Lokal Afledning af Regnvand i Aarhus Kommune.....	4
2.1 Traditionelle afløbssystemer og LAR	5
2.2 Vandkredsløbet og LAR	6
2.3 LAR i Spildevandsplan 2010 2012.....	7
2.3.1 Hvis nedsivning ikke er mulig?	7
2.3.2 Regler for afledning af regnvand.....	8
3. Skybrudsplan – håndtering af ekstrem regn.....	8
4. Lokal afledning, rensning og forsinkelse af regnvand.....	10
4.1 Fordampning	10
4.2 Nedsivning	10
4.3 Rensning.....	10
5. LAR - Hvilken metode hvor?	11
5.1 Vælg den rigtige LAR-metode	12
6. Nedsivning gennem grønne overflader	13
6.1 Nedsivning af tagvand gennem græsplæner	13
6.2 Nedsivning af tagvand i regnbede.....	14
6.3 Udledning af vejvand til rabatter og grøfter	15
6.4 Nedsivning af vejvand i regnbede	16
7. Andre nedsivningsanlæg.....	17
7.1 Nedsivning af tagvand i faskiner	17
7.2 Nedsivning af vejvand gennem gennemtrængelige (permeable) belægninger.....	18
8. Fordampning af tagvand fra grønne tage	19
9. Opsamling og anvendelse af tagvand	20
10. Eksempel på implementering af LAR	21-28
11. Links og læsning.....	29

1. Forord

Denne metodeguide er udarbejdet for at beskrive principperne for lokal nedsivning af regnvand. Målet med guiden er at inspirere bygherrer, arkitekter, rådgivere og entreprenører til at skabe attraktive og bæredygtige afløbsløsninger i Aarhus Kommune. Metodeguiden er baseret på Aarhus Kommunes LAR-metodekatalog som kan ses på Aarhus Kommunes hjemmeside om 'Afledning af regnvand'. Metodekataloget består af indgående tekniske beskrivelser af de forskellige metoder for lokal regnvandshåndtering. Idéen med LAR-guiden er en mere overordnet beskrivelse af konceptet ved lokal nedsivning af regnvand.

Guiden er udarbejdet, fordi Aarhus Byråd med vedtagelsen af Spildevandsplan 2010-2012 har besluttet, at der i en række nye byudviklingsområder kun skal kloakeres for spildevand. Det betyder, at bygherre i disse områder skal varetage håndteringen af regnvand på egen grund. En del af ansøgningsgrundlaget for en byggetilladelse i disse byområder, bliver derfor at redegøre for hvordan regnvand fra tage og befæstede arealer kan håndteres lokalt på byggegrunden herunder muligheden for nedsivning.

Den nye kloakeringsform kaldes 'Spildevandskloakeret område med mulig lokal håndtering af regnvand'. Baggrunden for dette er primært et ønske om at mindske presset på kloaksystemerne og vandløbene som et led i klimatilpasningen, og at anvende regnvand som et rekreativt element i byrummet.

God fornøjelse – Aarhus Kommune, Natur og Miljø.

LAR Metode-guide 2011

Udgivet af Aarhus Kommune, Natur og miljø, 2011

Redaktion:

Tekst: Søren Gabriel og Jonas Smit Andersen, Orbicon

Bearbejdning: Paul Chr Erichsen, Aarhus Kommune

Illustrationer: Orbicon

Forside: Illustration: Eksempel på afløbsplan for LAR-anlæg på boligblokke.

Materialet kan frit benyttes ved behørig kildeangivelse.

Gengivelse af illustrationer og fotos må kun ske med tilladelse fra ophavsberettigede fotograf eller grafiker.

2. Lokal Afledning af Regnvand i Aarhus Kommune

LAR er en forkortelse for det mindre mundrette begreb Lokal Afledning af Regnvand. I daglig tale er det derfor almindeligst blot at bruge forkortelsen LAR. Når nedsivning af regnvand diskuteres, tænker de fleste først og fremmest på nedsivning i en faskine. Men LAR-metoderne består af en bred palet af forskellige løsninger for nedsivning af vand i jordens overflade. Som eksempel kan nævnes regnbedet, der foruden en bæredygtig regnvandshåndtering også giver nye rekreative muligheder i byen og haven. Økonomisk er der også store potentialer ved brug af LAR-metoder, særligt i form af besparelser på tilslutningsbidraget.

Denne LAR-guide forklarer hvad LAR er og giver på skitseniveau eksempler på i hvilke situationer forskellige LAR-metoder er attraktive, og hvordan LAR kan give store anlægsbesparelser. Guiden afsluttes med en samling af referencer til steder hvor læseren kan hente yderligere viden.



*Regnbed integreret i forhaven. Rækkehusbebyggelse i Flensborg.
Foto: Orbicon.*

2.1 Traditionelle afløbssystemer og LAR

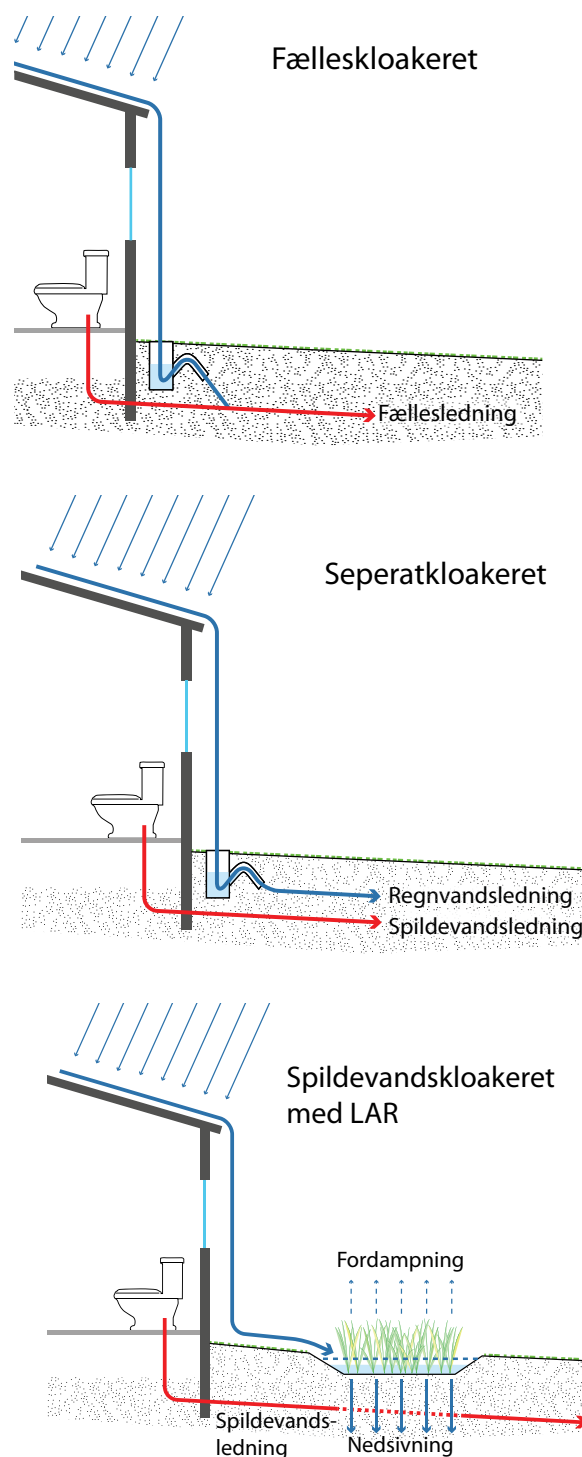
Byens afløbssystem er traditionelt opbygget med et enkelt- eller dobbeltstrengt ledningssystem populært kaldet fælles- og separatkloak.

I en fælleskloakeret bydel ledes både spildevand og regnvand til rensningsanlægget i samme ledning. Dette system blev brugt frem til 60'erne, hvor moderne miljøkrav og nye bebyggelsesstrukturer, gjorde denne kloakeringsform utidssvarende. Grundet kloakledningers lange levetid, er byområder udbygget før 60'erne stadig fælleskloakerede i dag. Det er særligt i de fælleskloakerede områder, at klimaforandringerne skaber problemer med kælderoversvømmelser og overløb af urensset opspædt spildevand.

I separatkloakerede områder afledes hus- og industrispildevand via en spildevandsledning til rensningsanlægget, mens regnvand fra tage, veje og befæstede pladser afledes i en separat regnvandsledning til eksempelvis et lokalt vandløb. Dette system har været brugt siden 60'erne.

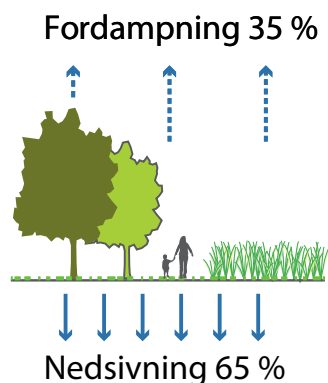
Begge kloakeringsformer har konsekvenser for den lokale grundvandsdannelse, fordi en betydende del af regnvandet ledes bort via rør og vandløb.

I områder med LAR ledes hus og industrispildevand fortsat til rensningsanlægget i egen spildevandsledning, mens regnvandet ledes til små lokale nedsivningsanlæg.

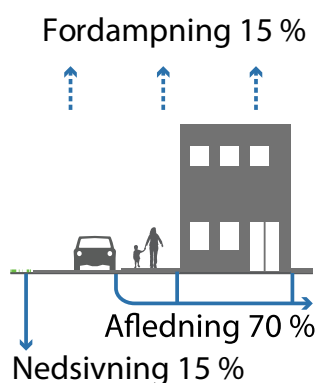


Traditionelt regnvandsbasin til forsinkelse og rensning af separat regnvand, Kolt, Aarhus Kommune.
Foto: Kaj Vestergaard.

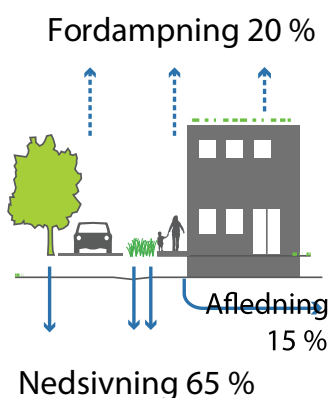
Det åbne land



Den tætte by



LAR-byen



2.2 Vandkredsløbet og LAR

LAR - metoder kan populært beskrives som teknikker der imiterer en del af naturens vandkredsløb, hvor vandet strømmer langsommere end i kloaksystemet. Foruden LAR-metodernes evne til at sikre nedsivning af regnvand, giver mange af metoderne også en øget fordampning af regnvand. Herved tages presset af kloakkerne og de vandløb, der ellers skulle modtage vandet. De tre diagrammer for vandkredsløbet i hhv. det åbne land, den tætte by, og LAR-byen, viser potentialet ved LAR som bæredygtig håndtering af byens regnvand.

I det åbne land fordamper cirka en tredjedel af årsnedbøren, mens resten siver ned mod til grundvandet. Disse tal er meget generelle, men tegner et godt billede af vandkredsløbet i naturen. Fordampningen fra træernes blade har en kølende effekt på omgivelserne. Denne effekt kan særligt mærkes på varme sommerdage, hvor der i grønne områder opretholdes et svalt mikroklima.

I den tætte by strømmer en meget stor del af regnen direkte i kloakken, der leder vandet hurtig bort. Det betyder, at det kun er en minimal del af nedbøren, der fordamper eller nedsiver i den tætte by. Den lave fordampning betyder, at der i byer på varme dage kan opleves den såkaldte 'varme ø effekt', hvor temperaturen i byen bliver langt højere end i det omgivende land.

LAR-byen imiterer naturens vandkredsløb. Målet om at få mindre vand i kloakken nås ved at nedsive en større del af regnvandet og øge fordampningen ved at skabe nye grønne områder i byen. Foruden at give et mere bæredygtigt afløbssystem bliver LAR-byen derfor grønnere og behageligere at bo og opholde sig i for byens borgere.



Regnbed i tæt bebyggelse, Bo01 Malmö
Foto: Rosalina W. Torgard, SCA

2.3 LAR i Spildevandsplan 2010 - 2012

Aarhus Kommunes Spildevandsplan 2010 - 2012 fastlægger i hvilke områder, der som udgangspunkt kun etableres spildevandskloak. Områdetypen kaldes 'Spildevandskloakeret område med mulig lokal håndtering af regnvand' og kan ses på Aarhus Kommunes hjemmeside om Spildevand. I disse områder er det bygherres opgave på egen grund at etablere LAR-anlæg til håndtering af regnvand.

I lokalplaner for nye byområder, vil det ligeledes fremgå af redegørelsen, hvis regnvandshåndtering skal ske på privat basis ved LAR-metoder. I eksisterende lokalplaner er spildevandsplanens udpegning af kloakeringsformen også bindende, selvom der i lokalplanens redegørelse fremgår noget andet.

Når der kun etableres spildevandskloak i et område, skal der ikke betales tilslutningsbidrag for regnvandskloakken. Derfor reduceres tilslutningsbidraget i de nye byområder med 40 %. Dette giver i 2011-priser en besparelse på ca. 21.500 kr. inkl. moms pr. boligenhed, som kan anvendes til etablering af LAR-løsninger. Ved erhvervsbyggeri bliver besparelsen tilsvarende ca. 21.500 kr. inkl. moms pr. 800 m² påbegyndt grundareal.

På Aarhus Kommunes hjemmeside om 'Spildevand' findes et kort over de områder, der er udpeget til spildevandskloakering med mulighed for lokal håndtering af regnvand.

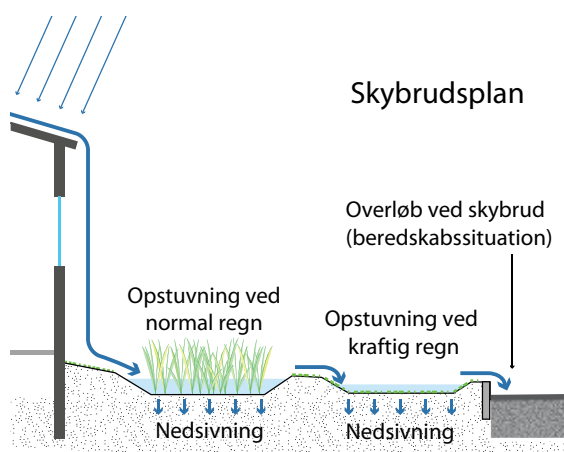
2.3.1 Hvis nedsivning ikke er mulig?

Der er foretaget en overordnet screening af jordbunden i kommunens byudviklingsområder. Screeningen er brugt til udpegning af områder til mulig lokal nedsivning af regnvand i Spildevandsplan 2010 – 2012. I praksis er der dog risiko for, at regnvandsnedsivning i mindre lokale områder kan være problematisk. Forhold der kan gøre nedsivningen umulig kan være høj grundvandsstand, dårlige nedsivningsforhold (en meget leret jord), eller jordforureninger. Hvis det som en del af en byggemodning konstateres, at nedsivning ikke er mulig, skal dette dokumenteres over for Aarhus Kommune. Området vil efterfølgende blive kloakeret for både regnvand og spildevand.

En beskrivelse af den dokumentation som skal udarbejdes for at påvise uegnede nedsivningsforhold, kan ses på Aarhus Kommunes hjemmeside om spildevand, 'Afladning af regnvand'. Hvis der kloakeres for regnvand, skal der betales fuldt tilslutningsbidrag for projektet.



Traditionelt regnvandsbassin for separat regnvand.



LAR-anlæg. Ved normal regn nedsives vandet i et lille regnbæd, ved kraftig regn kan hele græsplænen oversvømmes. Hvis det regner kraftigere end det gør hvert tiende år (en ti-årshændelse) ledes vandet ud på kørebane for at beskytte bygninger.

2.3.2 Regler for afledning af regnvand

Det er kommunerne, der har kompetencen til at meddele tilladelser til både nedsivning og udledning af regnvand. Aarhus Kommune har med udpegning af de spildevandskloakerede områder med mulig lokal håndtering af regnvand på forhånd vurderet, om nedsivning kan ske enten uden specielle vilkår eller om der skal ske en forudgående rensning af vandet inden det nedsives, som en forudsætning for at det kan ske uden risiko for grundvandet.

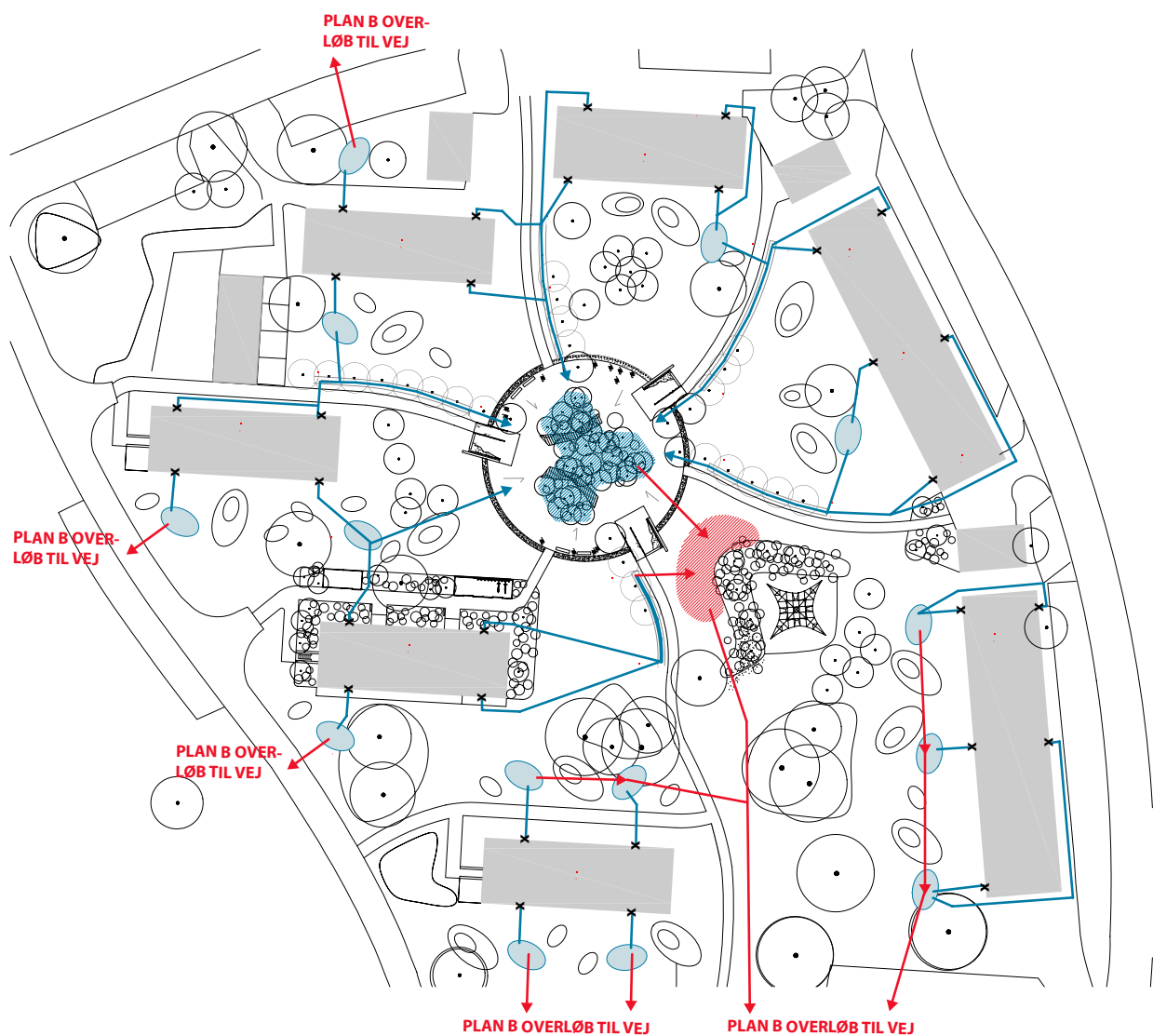
3. Skybrudsplan – håndtering af ekstrem regn

Hverken traditionelle kloakker eller LAR-løsninger kan håndtere de vandmængder, der kommer under ekstremregn. Derfor kan skybrud føre til oversvømmelser af bygninger og anlæg med store ødelæggelser til følge.

For at begrænse skaderne fra oversvømmelser fra ekstrem regn bør der i nye byområder udarbejdes en skybrudsplan (Plan B), der beskriver, hvordan byens landskab med mindst mulig skade til følge kan bruges til at magasinere og aflede ekstremnedbør. Er det ikke muligt at undgå oversvømmelser, er formålet med en skybrudsplan at begrænse den skade, der opstår ved oversvømmelser ved at aflede eller forsinke ekstremnedbør steder, hvor den gør mindst mulig skade.

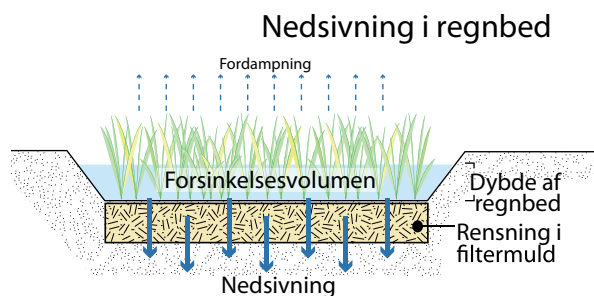
En skybrudsplan omfatter indsats på flere niveauer

- Plan for, hvordan terrænet kan udformes og udnyttes, så vandet samles de steder, hvor det gør mindst mulig skade. Det kan f.eks. omfatte græsarealer, sportspladser eller parkeringspladser som kan oversvømmes ved skybrud.
- Klimasikring af bygninger og anlæg for eksempel ved at sikre at terrænet falder væk fra alle bygninger og at der er høje kanter på kældertrapper, lyskasser og lignende
- Reduktion af skader ved at ting og aktiviteter af værdi ikke placeres i områder, der kan oversvømmes ved skybrud.



Eksempel på afløbsplan for LAR-anlæg på boligblokke. Med blåt ses afløbsgrøfter og regnbede til håndtering af regnvand ved normal regn. Hvis det regner kraftigere end det gør en gang hvert tiende år, er der lagt en skybrudsplan (Plan B), hvor vandet følger de røde pile, der leder noget af vandet til et stort regnbed og i sidste ende lader det strømme ud på vejene i området.

På side 22 findes et eksempel på LAR i en nyudstykning ved Årslev, Aarhus Kommune.



4. Lokal afledning, rensning og forsinkelse af regnvand

Regnvand kan fordampes, nedsives, forsinkes og renses ved brug af flere forskellige LAR-metoder. Nogle LAR-metoder kan kombineres, mens andre i sig selv indeholder alle disse elementer. For eksempel kan et regnbed etableres som et nedsivningsanlæg med et indbygget forsinkelsesvolumen, specialjord til rensning og planter til fordampning.

4.1 Fordampning

Fordampningen fra beplantning fjerner i praksis kun en del af det vand, der falder, men har stor betydning for områdets mikroklima og rekreative værdi. I regnbede har fordampning ingen væsentlig betydning, mens grønne tage kan fordampe ca. halvdelen af den nedbør, der falder på årsbasis.

4.2 Nedsivning

Jordbundens nedsivningsevne er en afgørende faktor for, hvor hurtigt et regnbed eller en faskine tømmes for vand, og derved også afgørende for, hvor stort forsinkelsesvolumen, regnbedet eller faskinen skal have. I praksis kan regnvand nedsives langt de fleste steder, også selvom jorden er leret. Under skybrud er der risiko for at forsinkelsesvolumenet vil blive helt fyldt og oversvømme de omkringliggende arealer. Derfor skal LAR-metoder altid integreres i terrænet, så evt. oversvømmelser under skybrud løber bort fra bygninger, og ikke løber videre ned på nabogrunden.

4.3 Rensning

Byens befæstede overflader vaskes rene når det regner, derved forurenes regnvandet. Forureningsniveauet i regnvand er stærkt varierende og betinget af de aktiviteter som foregår på arealerne hvor regnen falder. Som udgangspunkt er regnvand som stammer fra tage mindst forurenet, når der ses bort fra tagvand fra visse tagmaterialer som f.eks. zink- og kobbertage. Vand der falder på veje med stor trafikbelastning er normalt mere forurenet end vand fra tage.

5. LAR - Hvilken metode hvor?

Ved at gøre regnvandet synligt i bylandskabet skabes en forståelse af vandkredsløbet og af, at vi skal passe på vandet. Regnvandet vil i de fleste LAR-anlæg være noget, man kun ser, når det regner, men samtidig noget, der forandrer oplevelsen af byrummet for en stund. Der kan derfor med fordel tænkes i flere funktioner af de rekreative arealer og muligheder for tilgængelighed afhængig af vandsituationen. Hvis regnvandet kan opmagasineres og gradvist udledes, er det en fin livgivende ressource til grønne områder.

Når man vælger sin LAR-løsning, skal viden om metodens egenskaber suppleres med viden om forholdene på det sted, hvor løsningen skal etableres. Valget kræver således kendskab til så forskellige forhold som taghældning, plads- og terrænforhold omkring bygninger, trafikbelastning og andre forureningskilder, brugerinteresser, etc.

Forhold som god plads, kan f.eks. betyde, at en billig og god løsning, hvor tagvand ledes i græsset eller et regnbed kan vælges frem for en dyrere faskineløsning. Og tilsvarende er der ikke i samme grad behov for at fokusere på metodens renseseffekt ved nedsivning af uforurenat tagvand, som hvis man skal nedsive forurenat vand fra en tæt befærdet vej.

Valget af den rigtige LAR-løsning kan altså ikke sættes på formel, men må tages med udgangspunkt i det enkelte projekt. Når man bygger nyt kan de bedste og billigste løsninger opnås, hvis de integreres i byggeprojektet fra start.



*Regnvandskanaler tilpasset eksisterende boligområde, Augustenborg, Malmø.
Foto: Rosalina W. Torgard, SCA*



*Regnbed ved parkeringsplads, Mt. Tabor School, Portland.
Foto: Orbicon*



Rekreativ anvendelse af regnvandet
Bo01 Malmø. Foto: Jan Schul



Grøn baggård med regnopsamling Bo01, Malmø
Foto: Rosalina W. Torgard, SCA

5.1 Vælg den rigtige LAR-metode

Forskellige LAR-løsninger har forskellige egenskaber og kvaliteter, som kan være afgørende for, hvor løsningerne er velegnede. Disse "iboende egenskaber" sammenfattes i tabel 1, hvor LAR-metoderne er vurderet i forhold til hinanden. Vurderingen omfatter metodernes kapacitet ved kraftig regn, deres evne til at rense vandet, de pladskrav, metoden stiller, driftsbehovet, anlæggets bidrag til ny grøn natur i byen eller haven samt anlægsøkonomien. I praksis vil man ofte kombinere flere LAR-løsninger, f.eks. sådan at nedsivning i en faskine eller et regnbed kombineres med, at vandet under ekstrem regn kan løbe videre ud på plænen og nedsive der.

I de følgende kapitler findes en række korte beskrivelser af metoder til at håndtere relativt rent regnvand fra f.eks. tage og mere forurenat vand fra veje.

	Levetid	Anlæso- mkost- ninger	Driftskrav	Pladskrav	Natur i byen og haven	Egnet til vand fra tag og have	Egnet til vand fra vej og parke- ring
Udledning på græs	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Regnbed	😊	😊	😐	😐	😊	😊	😊
Render, grøfter og rabatter	😊	😐	😐	😐	😊	😊	😊
Faskiner	😐	😐	😐	😊	😐	😊	😞
Permeable belægninger	😐	😐	😐	😊	😐	😞	😊
Grønne tage	😊	😞	😐	😊	😊	😊	😞
Regnvand- stønder	😊	😊	😐	😐	😐	😊	😞

Tabel 1: Indbyrdes vurdering af LAR-metoder til håndtering af regnvand. Inden for hvert vurderingskriterium viser smileys hvor gode metoderne er i forhold til hinanden.

6. Nedsivning gennem grønne overflader

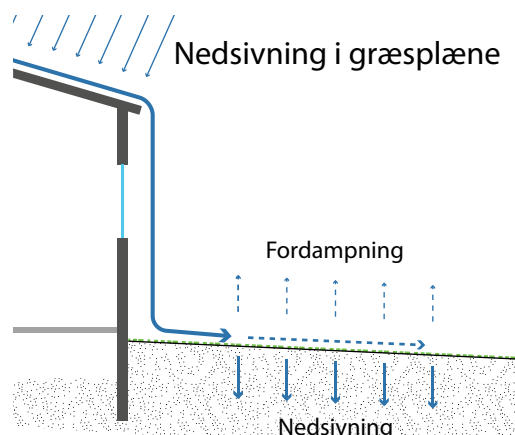
6.1 Nedsivning af tagvand gennem græsplæner

Tagvand kan helt simpelt nedsives ved at lede det ud på græsplænen. Denne løsning kan både håndtere tagvandet fra parcelhuset og fra større byggerier, der er omgivet af grønne arealer, forudsat at arealerne skråner let væk fra bygningerne og vandet ikke løber uden for egen grund.

Nedsivning i gennem plænen eller i grønne områder etableres lettest ved at vende tagnedløbene, så de leder ud på græsset i stedet for at løbe til kloak. Det er dog vigtigt, at afstandskraverne til nedsivning overholdes. Derfor skal vandet ledes lidt væk fra huset i en tæt rende.

De væsentligste fordele ved nedsivning af tagvand i græsplænen eller i grønne områder er, at løsningen er billig og at det er tydeligt, hvor vandet løber hen – også under ekstrem regn. Ulemperne er, at plænen vil være våd længere end normalt efter et regnvejr, og at man risikerer, at vandet via overfladen løber ind mod naboer eller bygninger. Dette undgås ved at tænke sig om, før man etablerer anlægget eller ved at etablere små lavninger, der styrer vandet.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af nedsivning på græsarealer.



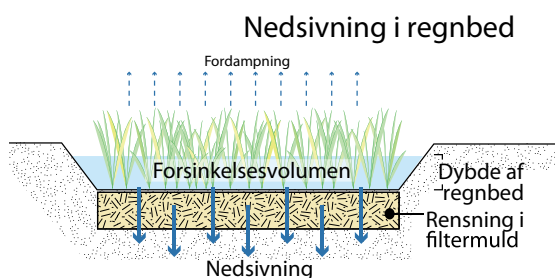
Afkobling af tagvand, Portland.

Foto: Orbicon



Rende der leder tagvand til græsplæne, Augustenborg.

Foto: Rosalina W. Torgard, SCA



6.2 Nedsivning af tagvand i regnbede

Regnbede kan etableres samme steder som nedsivning gennem græsplænen og fungerer efter samme princip. Fra nedløbsrøret ledes vandet bort fra huset til regnbedet, der udformes som en fordybning, hvor vandet kan samles og stå indtil det siver ned.

Regnbedet dimensioneres efter samme principper som faskiner og er underlagt de samme afstandskrav. Regnbede kan udformes som græsklædte lavninger i plænen eller som noget, der har mere karakter af staude- og buskbede. Planterne i bedet skal kunne tåle skiftende vandforhold da bedet i nogle perioder står under vand og i andre perioder tørrer ud. Regnbedet kræver dog ingen særlige planter og kan principielt blot udføres som en lille lavning i plænen.

Regnbede kan lige som nedsivning gennem græsplænen være en billig løsning, hvor man kan se, hvor vandet løber hen, også under ekstrem regn. Regnbede har desuden den fordel, at de samler vandet på et begrænset område. Det betyder, at man har bedre styr på, hvor vandet samles, end hvis det bare ledes ud på græsset.

Forskellige former for regnbede beskrives i afsnittet under vejvand, og i kapitlet Links og læsning linkes til mere detaljerede beskrivelser af terrænbearbejdning, plantevalg og etablering af regnbede.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af regnbede.



SEA streets in Seattle
Foto: Antje Backhouse



Augustenborg, Malmø
Foto: Rosalina W. Torgard

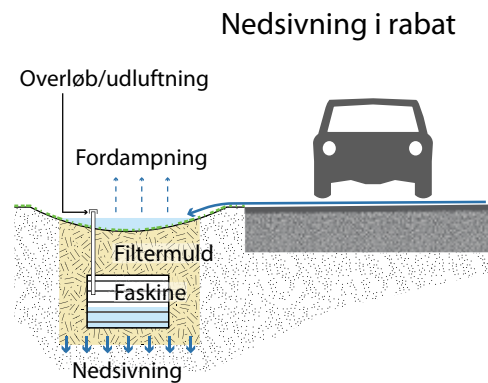
6.3 Udledning af vejvand til rabatter og grøfter

Hvis der ikke etableres kantsten og opsamling af vejvand, løber regnvandet ud i rabatten, hvor det siver ned eller løber af. Udledning og nedsivning af vejvand i grøfter og rabatter har altid været en udbredt praksis for små og store landeveje uden for byerne. Grøfter dimensioneres principielt lige som faskiner. Nogle grøfter udformes med overløb til vandhuller, så de ikke blot nedsiver vandet, men også kan transportere det.

Fordelen ved at aflede vejvand direkte til rabatten er, at det er en billig og simpel lokal løsning. Til gengæld har afvanding til rabat ført til forurening af rabatjord langs vejene. Forurening fra nedsivning af vejvand har dog på nær nogle få forureninger fra saltning af veje endnu ikke vist sig at være et problem for kvaliteten af grundvandsressourcen.

I udlandet arbejdes med wadier, der er en type grøfter, der er særligt velegnede til at nedsive vejvand. Wadier er opbygget, så vejvandet skal sive gennem et lag af filtermuld, der både leder vandet godt og har god renseevne. Under filtermulden kan indbygges en faskine, der kan opmagasinere vandet til det siver videre mod grundvandet. Princippet beskrives i efterfølgende afsnit om regnbede. Der er normalt ingen væsentlig drift ved grøfter, mens vejrabatter ofte kræver løbende vedligeholdelse på grund af slid fra trafikken.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af render og grøfter.

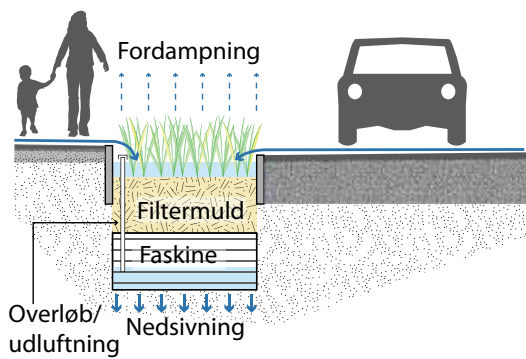


Grøn kile til kombineret nedsivning og bortledning af regnvand, Kronsberg, Hannover. Foto: H. Dreiseitl



Grønt med filtermuld, Tyskland. Foto: Simon Toft Ingvertsen

Nedsivning i vejbed



6.4 Nedsivning af vejvand i regnbede

Regnbede udformes som en lavning, der opsamler vand fra tilstødende befæstede arealer og magasinere det, indtil vandet siver ned. Regnbede kan indpasses i eksisterende veje der ikke har plads til grøfter langs hele vej-siden. Nedsivningen sker gennem et plantedækket jordlag, der er opbygget, så det sikrer god nedsivnings- og renseevne. Hvis den lokale jord ikke er velegnet til dette, kan andre typer af jord anvendes (filtermuld). For at øge regnbedets hydrauliske kapacitet kan der indbygges en faskine til magasinering af vand under laget af filtermuld. Med denne opbygning kaldes regnbedet også en wadi.

Regnbede dimensioneres principielt som faskiner, så deres magasinvolumen og nedsivningsevne modsvarer arealet af det område, vandet kommer fra.

Regnbede kan afvande alle områder, hvor det er muligt at indpasse dem. Det gælder lokal håndtering af vejvand i boligområder, i tæt by eller på parkeringsarealer.

Regnbedets evne til at rense det tilførte vand er særlig vigtig, når der håndteres forurenat vejvand. Når vandet siver gennem de øverste plantedækkede jordlag sker der en god rensning for langt de fleste forurenende stoffer. Alligevel bør det vurderes om der er risiko for forurening af grundvandet ved nedsivning af vand fra arealer, der er belastet af kraftig trafik.

Driften af regnbede omfatter pleje af vegetationen og indsamling af affald. Her til kommer, at aflejret forurenat materiale med års mellemrum skal oprenses fra bedet.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af regnbede



"Curb-extension" i vejside, Portland
Foto: Orbicon



Afvandning af parkeringsplads, Portland
Foto: Orbicon

7. Andre nedsivningsanlæg

7.1 Nedsivning af tagvand i faskiner

En faskine er i princippet et hulrum i jorden, hvor det vand, der ledes til, siver ud gennem faskinens bund og sider. Hulrummet i faskinen skal være stort nok til at opmagasinere det vand, der strømmer til, hvis ikke det når at sive ned med det samme.

Både i private haver og i mange større byggerier er det muligt at aflede vandet til nedsivning i en faskine.

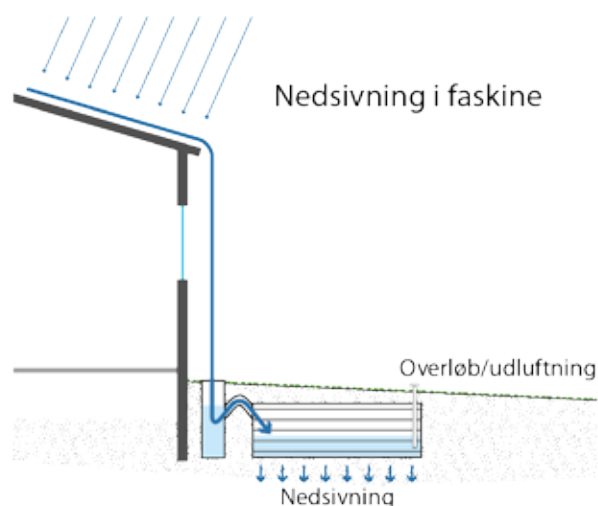
Faskiner kan anlægges som aflange rendefaskiner eller som lodrette nedsivningsbrønde. Hulrummet til opstuvning i faskinen opnås ved at fylde faskinen med sten eller Leca eller ved at benytte faskineelementer af plast.

Faskiner dimensioneres med udgangspunkt i jordbundens nedsivningsevne og størrelsen af den flade, der afvandes. Det anbefales, at faskiner så vidt muligt etableres over grundvandsspejlet, da der ikke kan ske udsivning fra den del af faskinen, der ligger under grundvandsspejlet. Afstandskrav til bygninger og skel skal overholdes, se LAR - metodekataloget.

Faskiner vil med tiden blive tilstoppet, så de skal renses eller omlægges. Et sandfang før faskinen kan forlænge levetiden.

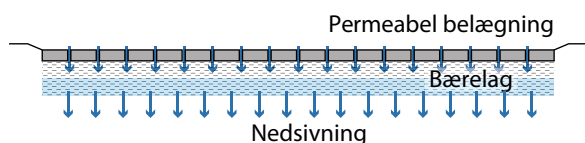
Den væsentligste fordel ved faskiner er, at de også kan bruges under flisebelægninger eller indkørsler. Til gengæld er en faskine en relativt dyr løsning med en levetid, der kan være begrænset til 10 til 15 år. For at overbelastning af faskinen ikke resulterer i, at tagvandet løber over langs bygningens fundament, anbefales det, at der i god afstand fra huset etableres et overløb fra faskinen til terræn. Dette kan ske ved at lægge sandfangsbrønden i forbindelse med faskinen eller ved at etablere en kombineret udluftning og overløb af faskinen til terræn.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af faskiner.



Nedgravet rendefaskine
Foto: Nyrup Plast faskine

Nedsivning i permeabel belægning



Opbygning af græsarmering med plastceller
Foto: Green& Blue



Drænasfalt
Foto: Orbicon



Granit med brede fuger, Ørestad
Foto: København kommune



Permeabel belægning
Foto: Jane Schul

7.2 Nedsivning af vejvand gennem gennemtrængelige (permeable) belægninger

Permeable belægninger tillader regnvandet at sive ned gennem selve belægningen eller i fugen mellem belægningsstenene. For at lede det nedsivende vand bort, skal underlaget under belægningerne være opbygget til at kunne aflede vand samtidig med at bæreevnen bevares. I underlaget kan vandet nedsives direkte mod grundvandet eller opsamles i drænrør og ledes til afledning til kloak. Permeable belægninger kan altså enten bruges til nedsivning af regnvand eller til at forsinke og rense vandet før afledning til kloak. For at øge kapaciteten af de permeable belægninger, kan underlaget opbygges som en faskine, så det har et stort magasinvolumen mellem sten eller i plastkassetter.

Permeable belægninger kan principielt bruges til alle typer af arealer. Ved nedsivning af vand fra arealer med en væsentlig trafikbelastning skal det vurderes, om der er risiko for forurening af grundvandet. Eksempler på permeable belægninger er drænasfalt, græsarmeringssten, permeable flisebelægninger og visse typer af grusbelægninger.

Permeable belægninger kan indpasses som afløb i større arealer af tætte belægninger. De permeable belægninger og det opstuvningsvolumen, der etableres under dem dimensioneres, så det modsvarer det afløb, der sker ved nedsivning. Fordelen ved permeable belægninger er, at de kan indpasses i stedet for traditionelle belægninger. Samtidig spares etableringen af et afvandingssystem og omkostningerne og besværet ved at håndtere det opsamlede vand.

For at bevare permeabiliteten, skal permeable belægninger renholdes. Dette kan omfatte rensning, ukrudtsbekæmpelse og efterfugning.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af permeable belægninger.

8. Fordampning af tagvand fra grønne tage

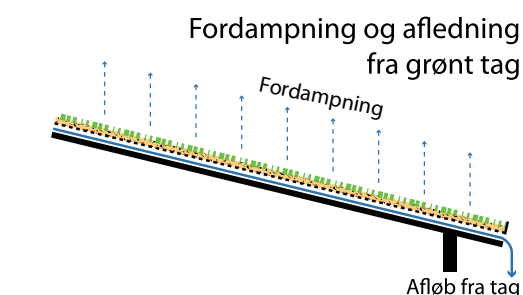
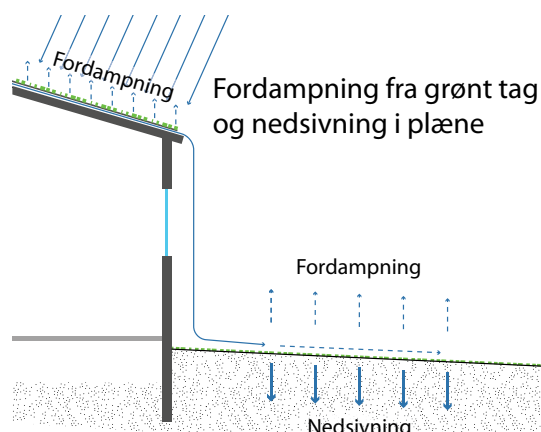
Grønne tage virker ved at vegetation og jordlag tilbageholder og fordamper en del af det regnvand, der falder på taget.

Grønne tage kan integreres i nybyggeri, hvor det etableres oven på tagkonstruktionen. Det er dog en forudsætning, at taghældningen ikke overstiger 30 grader. Vægtbelastningen fra det grønne tag er 50-130 kg pr.m² alt efter tagtype. Taget opbygges oven på en tæt membran, et drænlag og en rodspærre.

Grønne tage bidrager positivt til omgivelserne med et mikroklima med grønne arealer, der kan fordampe vand. Det er dog kun ca. halvdelen af nedbøren, der fordampes fra taget på årsbasis.

Grønne tage kan altså ikke stå som en selvstændig løsning, men må kombineres med andre løsninger, der håndterer det vand, der ikke fordamper. Dette gælder særligt ved langvarigt regnvejr og ekstreme regnskyl. Grønne tage er velbeskrevne og der findes standarder for opbygning og håndtering i forhold til f.eks. brand og isolationskrav.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af grønne tage.



Grønt tag demonstration, Augustenborg Malmø. Foto: Rosalina W. Torgard, SCA



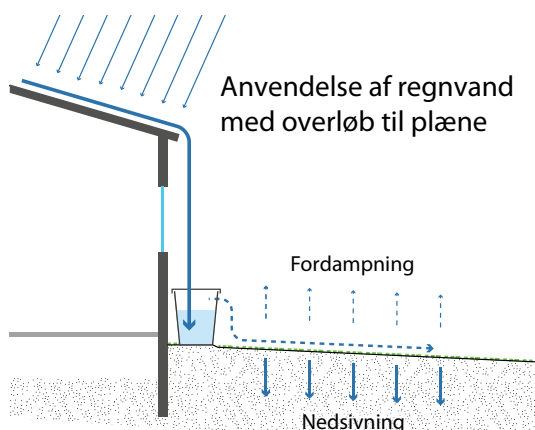
Grønt tag DNU, Skejby
Foto: Rambøll



Enkel etablering på cykelskur
Foto: Kim Tang,
Danske anlægsgartnere



Øget kapacitet med knust tegl
Foto: Green & Blue



9. Opsamling og anvendelse af tagvand

Tagvand kan opsamles til havevanding eller sekundavand til toiletskyl og tøjvask. Dette er en mulighed fra langt de fleste tage. Der findes dog en række regler for anvendelse af opsamlet regnvand i toiletter og vaske-maskiner.

Opsamling og anvendelse af tagvand til havevanding sker normalt i regnvandstønder, der kobles på nedløbs-røret, så de bliver fyldt, når det regner. Installationen skal udføres sådan at vandet løber videre til nedsivning, når regntønden er fuld.

Anvendelse af tagvand som sekundavand i hushold-ningen sker ved at samle vandet i en tank. Også disse installationer kræver, at det vand, der ikke opsamles, afledes efter gældende regler.

Ved installation af tagvand til brug som sekundavand skal en række regler overholdes, og der gælder også nogle begrænsninger, der f.eks. betyder, at tagvand ikke må anvendes til toiletskyl på skoler og plejehjem. Større installationer for opsamling og anvendelse af tagvand som sekundavand i boligforeninger eller industri kan di-mensioneres, så de håndterer en større del af tagvandet end almindelige installationer i enfamiliehuse.

Opsamling og anvendelse af tagvand reducerer for-bruget af drikkevand i husholdningen. Men i forhold til den overordnede regnvandshåndtering, kan heller ikke denne løsning stå alene. Særligt under skybrud eller langvarig regn er der brug for, at opsamlingstankene suppleres med f.eks. et nedsivningsanlæg. Anlæg til op-samling og anvendelse af tagvand inde i huset er rela-tivt dyrt at etablere. Til gengæld er det både let og billigt at opstille en regnvandstønde.

I Aarhus Kommunes metodekatalog for LAR-løsninger findes en detaljeret beskrivelse af dimensionering og udformning af anlæg til opsamling og anvendelse af tagvand.



Regnvandstønde
Foto: Colour box



Nedgravet regnvandstank
Foto: Nyrup Plast opsamling



Opsamling med overløb til
kloak. Foto: Kim Tang,
Danske Anlægsgartnere

10. Eksempel på implementering af LAR

Her gives et eksempel på LAR i en byggemodning. Eksemplet er baseret på en udstykning ved Årslev. Udstykningen er planlagt separat kloakeret med et regnvandsbassin i områdets sydvestlige hjørne. Med dette eksempel vises det, hvordan områdets regnvand alternativt kan håndteres med LAR.

I eksemplet er der benyttet en lokal nedsivningshastighed på $2 \cdot 10^{-6}$ m/s. Dette giver et generelt billede af arealbehovene til LAR-anlæg i de ofte lerede jordbundsforhold i Aarhus Kommune. Alle beregninger er gennemført i spildevandskomiteens regneark for LAR-anlæg.

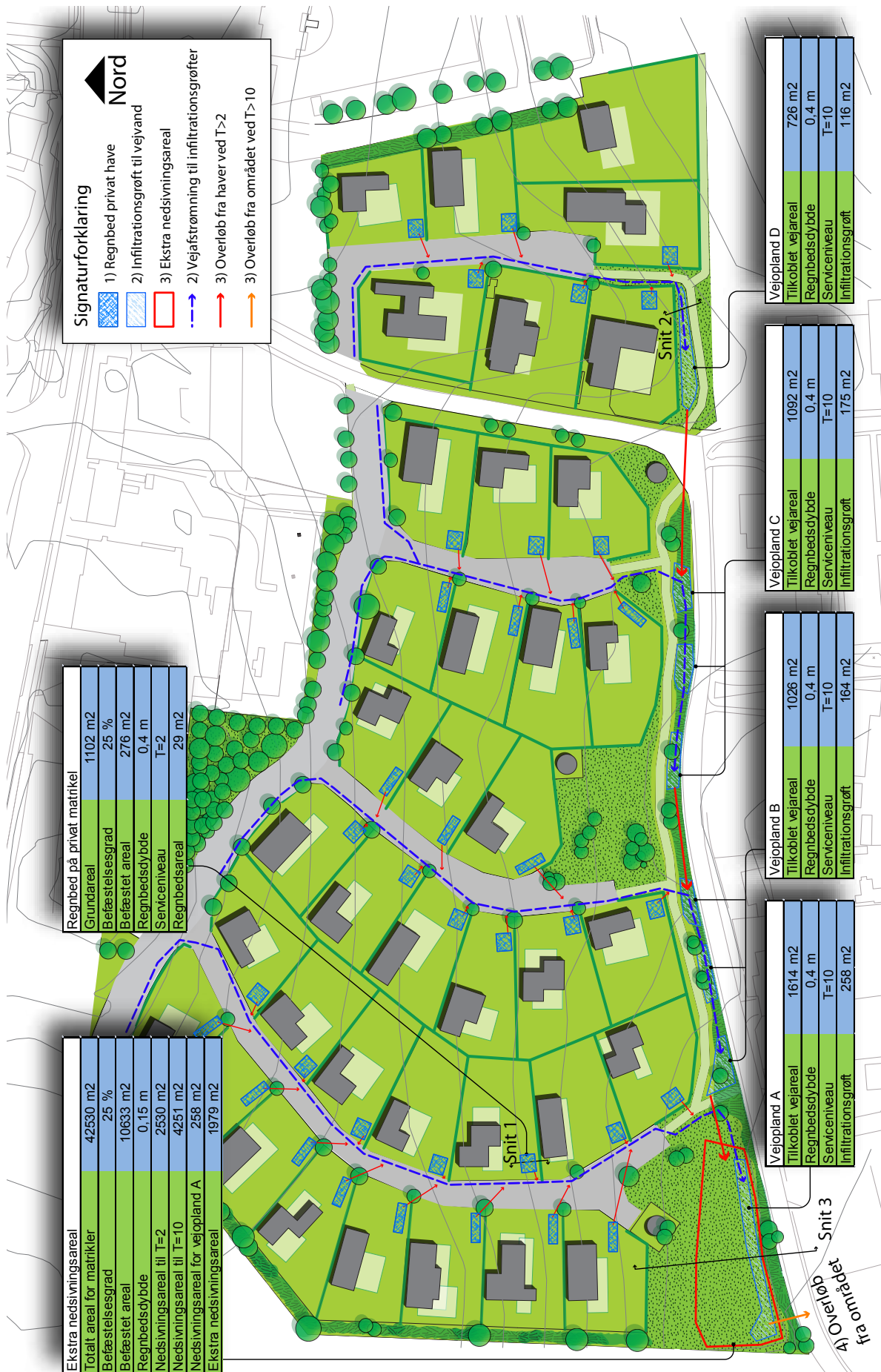
De hydrauliske dimensioneringskriterier er opstillet efter Aarhus Kommunes LAR-metodekatalog:

<http://10.37.12.23/~media/Dokumenter/Teknik-og-Miljoe/Natur-og-Miljoe/Vand/Spildevand/LAR/Afledning-af-regnvand/Hydrauliske-forudsætninger-for-LAR-metodekataloget.ashx>

Koncept for regnvandshåndtering

1. Regnvandshåndteringen i området sker på fire niveauer integreret i et sammenhængende system.
2. Regnvand fra tage, terrasser og indkørsler nedsives lokalt på de enkelte parcelhusgrunde. Disse nedsivningsanlæg dimensioneres for en 2-årsregn, dvs. en regn, der statistisk set kun forekommer hver 2. år (I fagsprog benævnes dette regn med en gentagelsesperiode $T=2$).
3. Regnvand fra boligvejene ledes via kantstensrender til gangstien langs områdets sydlige kant. Her nedsives vejvandet i brede infiltrationsgrøfter. Infiltrationsgrøfterne dimensioneres til et serviceniveau svarende til en 10-årsregn, dvs. en regn, der statistisk set kun forekommer hver 10. år ($T=10$).
4. Ved regnbyger større end serviceniveau $T=2$, tillades det at regnvand fra parcellerne stuver til terræn, og løber ud på boligvejen. Via boligvejenes render og overløb mellem infiltrationsgrøfterne, ledes overløbsvand fra haverne til et ekstra nedsivningsareal i områdets sydvestlige hjørne. Dette areal kan sammen med de øvrige nedsivningsanlæg håndtere en 10-årsregn ($T=10$).
5. Ved et skybrud ($T>10$) opstår en beredskabssituation. Her vil der ske overløb fra det ekstra nedsivningsareal ud til den offentlige vej syd for oplandet. Dette vil dog være et stærkt droslet overløb. Det skal sikres lokalt at dette overløb sker mest hensigtsmæssigt i forhold til de omkringliggende områder.

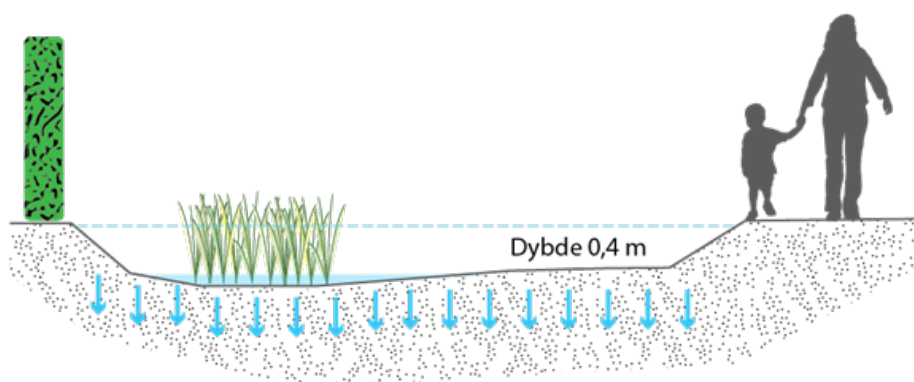
Med det samlede regnvandssystem opnås en løsning der kan håndtere en 10-årsregn, og hvor ingen bygninger oversvømmes fra nabomatriklen.



1) – Regnbed i privat have

Regnvandsnedsivning kan ske i faskiner, regnbede og gennem plæner. I dette eksempel vises nedsivning i et regnbed. Nedsivningsanlægget er dimensioneret efter at matriklens befæstelsesgrad er 25 %. Regnbedet dimensioneres så det vil gå i overløb til boligvejen ved en 2-årsregn ($T=2$).

Regnbed på privat matrikel		
Grundareal	1102	m ²
Befæstelsesgrad	25	%
Befæstet areal	276	m ²
Regnbedsdybde	0,4	m
Serviceniveau	$T=2$	
Regnbedsareal	29	m ²



Snit 1 - Regnvandshåndtering i privat have ved et regnbed.

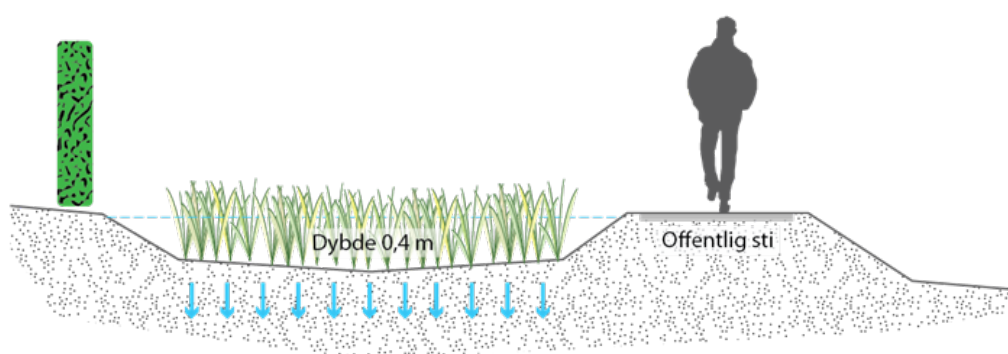


Regnbed anlagt i forhave ved rækkehusbebyggelse i Flensborg
Foto: Orbicon

2) - Infiltrationsgrøft for vejopland D

Regnvand fra boligvejene afledes til brede infiltrationsgrøfter (regnbede) langs gangstien i områdets sydlige del. Regnbedene kan etableres med permanent vandspejl, eller tilplantes med græs, buske eller træer efter grundejerforeningens ønske. Regnbedene dimensioneres til at kunne håndtere en 10-årsregn.

Vejopland D		
Tilkoblet vejareal	726	m ²
Regnbedsdybde	0,4	m
Serviceniveau	T=10	
Infiltrationsgrøft	116	m ²



Snit 2 – Infiltrationsgrøft til vejopland D



Fyldt infiltrationsgrøft, Augustenborg, Malmö - Foto: Orbicon

Vejvandet kan ledes ned til infiltrationsgrøfterne via kantstensrender i siden af boligvejene. Fordelen ved kantstensrender er, at disse under ekstremhændelser, kan udnytte hele vejbanens tracé som afstrømningsrende. Kantstensrender er derfor en god klimarobust løsning. Overløb fra de enkelte nedslivningsanlæg i haverne, føres direkte ud til kantstensrenden.

Alternativt kan der anlægges traditionelle vejvandsledninger. Dette kan være nødvendigt hvis der er ujævne terrænforhold.



Regnvandsrende i vejkant, Trekroner - Foto: Orbicon

3) og 4)- Ekstra nedsivningsareal og overløb

Der er udlagt et ekstra nedsivningsareal, integreret i områdets grønne fællesareal. Regnvandet ledes fra de enkelte matrikler, via boligvejene og infiltrationsgrøfterne, frem til dette ekstra nedsivningsareal. Nedsivningsarealet vil statistisk set blive oversvømmet sjældnere end hvert andet år. Derfor kan der både etableres legeplads, boldbane etc. på arealet.

Ved en 10-årsregn vil arealet være helt fyldt (15 cm vand), og der vil ske overløb til den offentlige vej. Dette vil være en beredskabssituation, men overløbet vil samtidig være stærkt droslet.

Ekstra nedsivningsareal		
Totalt areal for matrikler	42530	m ²
Befæstelsesgrad	25	%
Befæstet areal	10633	m ²
Regnbedsdybde	0,15	m
Nedsivningsareal til T=2	2530	m ²
Nedsivningsareal til T=10	4251	m ²
Infiltrationsgrøft for vejopland A	258	m ²
Ekstra nedsivningsareal	1979	m ²

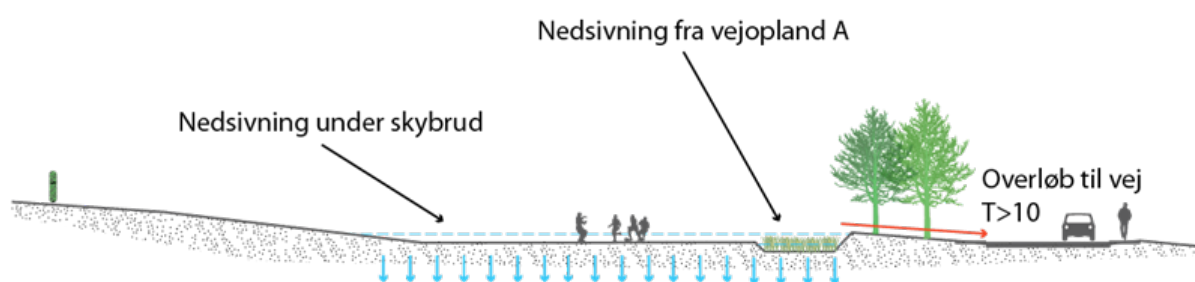
Størrelsen på det ekstra nedsivningsareal er en smule kompleks at beregne.

Områdets parcelhusgrunde dækker et areal på 42.530 m². Befæstelsesgraden for disse er fastsat til 25 %. Det samlede befæstede kan derfor beregnes til 10.633 m².

Dybden for det ekstra nedsivningsareal er 0,15 m. Derfor kan nedsivningsarealet for en 10-årsregn ($T=10$) beregnes til 4251 m².

Men fordi en 2-årsregn håndteres ude på de enkelte matrikler, skal en 2-årsregn modregnes i det ekstra nedsivningsareal. Dette gøres ved at beregne nedsivningsarealet for en 2-årsregn til dybden 0,15 m, og efterfølgende trække dette areal fra det ekstra nedsivningsareal.

Til slut skal arealet af infiltrationsgrøften for boligvej A lægges til det ekstra nedsivningsareal, da denne ligger inde på samme område.



Snit 3 – Nedsivningsareal ved større skybrud



Græsplæne anlagt til ekstra nedsivningsareal, Malmö - Foto: Orbicon

Ved skybrud, hvor regnen er kraftigere end en 10-års-regn ($T > 10$), vil vandet løbe ud på den offentlige vej. Dette skaber en beredskabssituation.

Sammenfatning

For det viste eksempel er der opstillet et koncept, hvor regnvandet håndteres både helt lokalt på den enkelte matrikel, men hvor der også er integreret et større sammenhængende system til håndtering af meget kraftig regn.

Hvordan konceptet for regnvand skal udformes ved en konkret byggemodning, afhænger altid af lokale terræn- og jordbundsforhold, samt områdets anvendelse. I nogle tilfælde vil det være oplagt at håndtere alt regnvand på egen grund, og i andre situationer vil det være mest oplagt med et centralt nedsivningsbassin for alt overfladevand. Men ofte vil den bedste løsning findes et sted imellem disse to yderpunkter.

Beregningsforudsætninger

Beregningseksemplet er udarbejdet efter spildevandskomiteens regneark for dimensionering af nedsivningsanlæg til tag og overfladevand (LAR - anlæg). Regnearket er baseret på regionalmodellen, se Skrift 28. Regnearket kan downloades fra spildevandskomiteens hjemmeside, hvor der også findes en vejledning til regnearket. Foruden nedenstående beregningsforudsætninger (hvor flere punkter er variable) er alle arealer beregnet som regnbede.

Nedbørskarakteristika		
Årsmiddelnedbør (mm)	661	mm
Region (Region Vest = 1, Region Øst = 2)	1	
Designkarakteristika		
Gentagelsesperiode (år)	10	år
Sikkerhedsfaktor (klima, fremtidig udbygning, etc)	1,3	
Oplandskarakteristika		
Befæstet areal (m ²)	10633	m ²

Jord- og nedsivningskarakteristika		
K (Nedsivningsevne)	2,00E-06	m/s

Beregningsforudsætninger fra spildevandskomiteens regneark

Link til dimensioneringsregneark på Spildevandskomitéens hjemmeside: <http://ida.dk/svk/>

11. Links og læsning

På Aarhus Kommunes hjemmeside kan i LAR-Metodekataloget ses en detaljeret beskrivelse af de forskellige LAR-løsninger: <http://www.aarhus.dk/da/borger/natur-og-miljoe/Vand/Spildevand/Afledning-af-regnvand/LAR-metodekatalog.aspx>

Vand i Byer er et stort forskningsprojekt, der samler mange danske kommuner, forsyninger, universiteter og virksomheder med det fælles mål at udvikle en mere bæredygtig håndtering af vand – og særligt regnvand – i byerne. Projektets hjemmeside er www.vandibyer.dk.

LAR i Danmark er en hjemmeside, der formidler viden og erfaringer om LAR og rummer et kort over LAR-anlæg i Danmark. Hjemmesiden er et produkt af Vand i byer og præsenterer også resultaterne af Vand i byer i takt med at de kommer. Projektets hjemmeside er www.laridanmark.dk.

Se også tidligere forskningsprojekter blandt andet www.2BG.dk

Nedsivning af tagvand:

Vejledning i nedsivning af tagvand fra Teknologisk:

<http://www.teknologisk.dk/28579?cms.query=vejledning+i+nedsivning+af+tagvand>

Grønne tage:

www.diademroof.com

www.vegtech.dk

<http://www.greenandblue.dk/brochurer/Groenne%20tage%20og%20vaegge/REGNVAND.pdf>

<http://zinco.dk/download.html>

Regnbæde - terrænbearbejdning og plantevalg :

http://www.dgkloak.dk/filer_regn/filer/grafik/lar.pdf

<http://www.haven.dk/content.asp?detail=21942>

Opsamling og brug af regnvand:

http://www.ebst.dk/file/1933/fra_taget_til_toilettet.pdf

Vejvandsløsninger:

Permeable belægninger:

<http://www.danva.dk/Default.aspx?ID=3108&TokenExist=no>

www.paving.org.uk

Filtermuld til rensning af vejvand:

http://www.vejforum.dk/CFP_SeBidrag.aspx?ID=729

http://2bg.dk/Internal_Workshop/Monsterregn/11_Vandets%20kvalitet_SimonToftInvgvertsen.pdf



NATUR OG MILJØ
Valdemarsgade 18
Postboks 79
8100 Aarhus C
Telefon + 45 8940 2000