

Københavns Kommune

Faskiner

December 2011

Københavns Kommune

Faskiner

December 2011

Ref.: Faskiner

Udarbejdet af:

- Rambøll Danmark A/S
- Erling Holm ApS
- KU, Skov og Landskab
- DTU Miljø
- Orbicon A/S

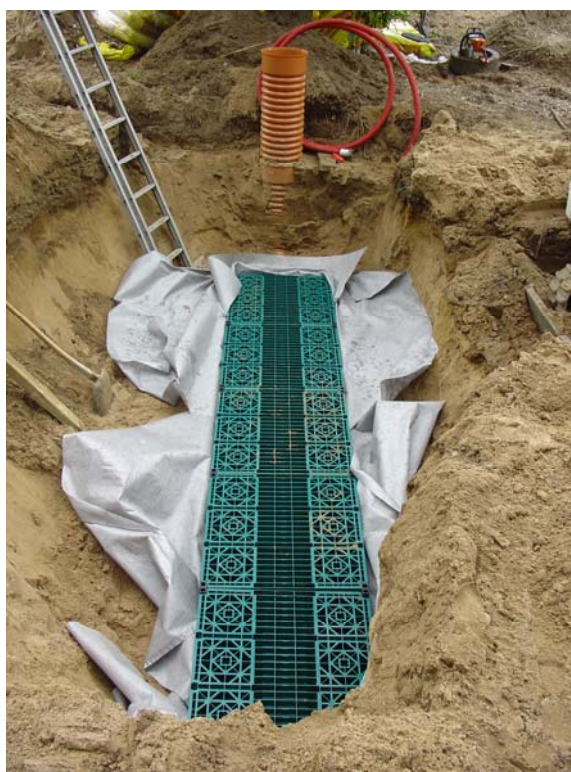
Indholdsfortegnelse

1.	DATABLAD	1
2.	GENEREL BESKRIVELSE	3
2.1	Opbygning og funktion	3
2.2	Krav fra myndigheder	5
2.3	Renseeffekt	5
2.4	Landskab og beplantning	5
2.5	Begrænsninger for anvendelsen	6
3.	ANLÆGSDELE	8
4.	DIMENSIONERING	12
4.1	Nedsivningstest	12
4.2	Faskinens størrelse	15
5.	DRIFT OG VEDLIGEHOLD	20
6.	ØKONOMI	21
7.	REFERENCER	23
	BILAG 1	24

1. DATABLAD

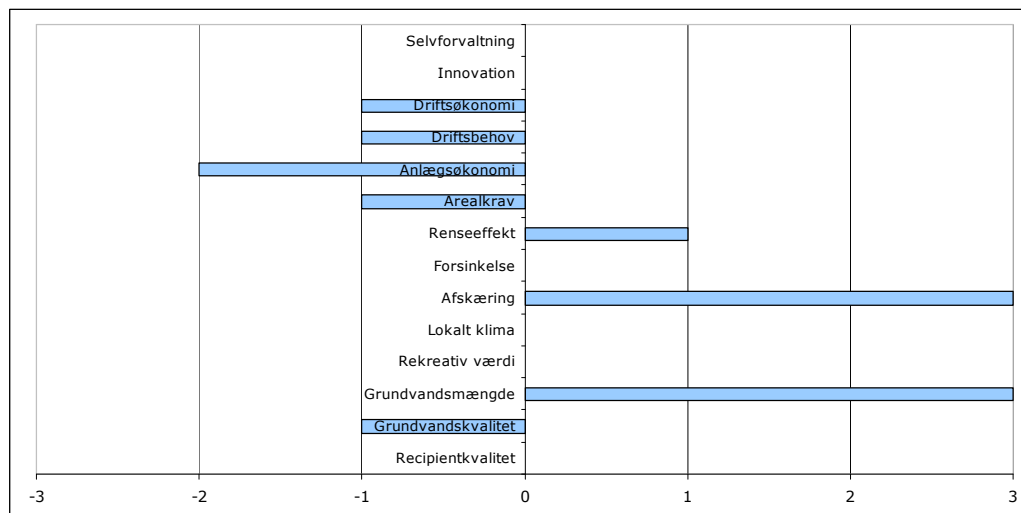
En faskine skaber hulrum i jorden, hvor regnvandet opsamles. Faskiner kan bygges dels med sten, som ikke pakkes for tæt, men skaber mange hulrum, dels med forskellige typer af plastkassetter. Nedsivningsbrønde er en variant af faskiner, se metodebeskrivelsen om nedsivningsbrønde.

Regnvandet fylder først hulrummene, og herfra siver det ud i jorden og ned til grundvandet. Nedsivningen kan ske over tid og uden at genere brugen af arealerne på jordoverfladen, da faskiner er gravet ned og dækket med jord.



Faskiner kan anvendes både ved enfamiliehuse, etageejendomme og erhvervsejendomme til at magasinere og nedsive regnvand enten selvstændigt eller i kombination med andre LAR-anlæg. F.eks. kan der anlægges en faskine/nedsivningsanlæg under et bassin eller i tilknytning til et regnbed. Der kan etableres overløb fra faskiner til andre LAR-anlæg.. Der må ledes regnvand fra hustage og befæstede arealer uden motortrafik til en faskine.

Væsentligste egenskaber	Reduktion af vandvolumen	Høj
	Reduktion af intens regn	Høj
	Fjernelse af suspenderet stof	Lav - Middel
	Fjernelse af kvælstof	Lav
	Fjernelse af tungmetaller	Lav - middel
	Fjernelse af oliestoffer	Lav - middel
	Fjernelse af pesticider	Lav - middel
	Landskabelig værdi	Ingen
Drift og vedligehold	Rense tagrender	
	Feje og renholde befæstede arealer, der har afløb til faskinen	
	Oprette nedløbsbrønde og sandfang foran faskinen	
	Tilsyn med brønde, sandfang, nødoverløb mv.	
Fordele	Reducerer vandmængden til kloak	
	Usynlig på overfladen – vandet er væk med det samme	
	Nem at anlægge og vedligeholde	
	Meget anvendelig til parcelhuse og mindre ejendomme	
Ulemper	Faskinen kan stoppe til, hvor sandfanget ikke tømmes tilstrækkeligt eller ikke fungerer tilfredsstillende.	
	Begrænset rensning af vandet	
	Kræver plads og arealer fri for bygninger. Er især pladskrævende, hvis der ledes vand til faskinen fra større arealer.	
	Kan have kort levetid i forhold til andre LAR-metoder, da faskinen kan stoppe til.	
Økonomi	Middel omkostninger til anlæg og lave omkostninger til drift	



Samlet vurdering af faskiners egenskaber som LAR-metode i forhold til afledning af regnvand til fælleskloak. Hvor der ikke er angivet nogen værdi, er metoden vurderet at have samme egenskaber som den nuværende afledning af regnvand.

2. GENEREL BESKRIVELSE

2.1 Opbygning og funktion

En faskine består typisk af et ca. 1-2 meter dybt hul eller rende i jorden, der er foret med en fiberdug og fyldt med sten eller plastkassetter, hvor vandet kan magasineres. Fiberdugen lægges omhyggeligt hele vejen rundt om stenene eller plastkassetterne, så det forhindres, at der trænger jord ind i faskinen.

Hvor der skal bygges faskiner, er det meget vigtigt, at der ikke køres med tunge køretøjer på byggepladsen. Det vil trykke jorden sammen, så jordens evne til at nedsive vand bliver formindsket.

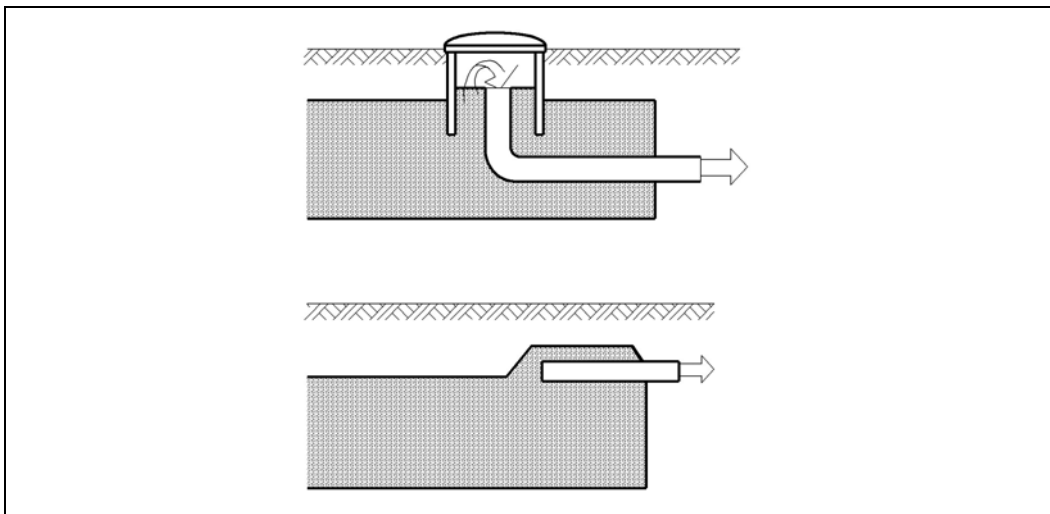
Når faskinen er anlagt, dækkes den med jord og er ikke synlig på overfladen. Vand, der ledes til faskinen, vil efterfølgende sive ud i den omgivende jord fra faskinens bund og sider og ned til grundvandet. Faskinen skal være stor nok til at rumme vandmængden, hvis tilstrømningen under regn er større end udsivningen, og hvis der kommer to regn kort efter hinanden. Den første regn kan have fyldt faskinen op, så der ikke plads til den anden regn.

Regnvand fra lyskasser, kældernedgange mv. bør ikke sluttet til faskiner, der får vand fra tagarealer, men bør ledes til separate faskiner. Dette skal sikre, at der ikke sker overløb og dermed oversvømmelse af lyskasser og kældernedgange, hvis faskinen bliver overbelastet ved kraftige regnskyl.

Større partikler og suspenderet materiale (sand, blade mv.) skal fjernes i f.eks. et sandfang eller forbassin, inden vandet ledes til faskinen. På trods af forrensningen vil faskinens bund normalt stoppe til efter nogen tid. Herefter sker nedsivningen primært fra faskinens sider. Dette betyder, at lange, smalle faskiner med store gennemtrængelige sideflader i forhold til bunden er en fordel frem for rektangulære faskiner.

Ved meget langstrakte faskiner med sten kan der lægges et fordelerrør, som fordeler regnvandet over hele faskinens længde, og dermed udnytter faskinens volumen fuldt ud. Det er ikke nødvendigt med fordelerrør i faskiner med plastkassetter, da hulrummet i plastkassetter er så stort, at vandet hurtigt selv fordeler sig rundt i faskinen.

Faskiner kan udformes, så der er mulighed for overløb til andre LAR-anlæg, men ikke til kloak. Det skyldes, at der kan ske opstuvning i kloakken, så spildevandet kan løbe baglæns ind i LAR-anlægget og forurene dem.. Overløbet til andre LAR-anlæg etableres fra faskinens øverste del, for at faskinen kan forsinke mest muligt vand. Figur 2.1 viser to eksempler på overløb fra faskiner.



Figur 2.1 Overløb fra faskiner til andre LAR-anlæg

Det højeste niveau for grundvandet i løbet af året (som regel om vinteren/foråret) bør ligge mindst 1 meter under bunden af faskinen for at sikre en optimal nedsivning og rensning af vandet. Ved højere grundvandsstand mindskes nedsivningen, da der kun kan ske nedsivning fra den del af faskinen, der ligger over grundvandsspejlet. I sådanne situationer kan faskinen fx nedsive vand om sommeren, hvor grundvandsstanden er lavere, mens den om vinteren vil stå delvis vandfyldt.

Jordbunden skal være egnet til nedsivning. Sand og grus er meget velegnet, mens morænejord og ler kræver større faskiner. I meget tæt lerjord kan vandet ikke sive ud af faskinen. For at bestemme om jordbunden er egnet til nedsivning, bør der udføres en nedsivningstest, jf. afsnittet om dimensionering.

Faskiner kan anvendes til at magasinere og nedsive regnvand i alle størrelsesforhold og kan derfor anvendes både ved parcelhuse, etageejendomme, virksomheder, parkeringsarealer, pladser mv. Regnvand fra veje eller p-pladser må dog ikke nedsives, uden at det er rensat.

Faskiner kan placeres under både ubefæstede og befæstede arealer, som parkeringspladser. Det er dog normalt at placere faskinerne i god afstand fra vej- eller parkeringsareal, så en eventuel opblødning af jorden ved overbelastning af faskinen ikke skader vejens bærelag. Faskiner placeret under fx parkeringsarealer skal dimensioneres for den aktuelle belastning fra biler og lastbiler. Dette skal ske ud fra fx anvisninger fra leverandøren af plastkassetter.

I områder, hvor nedsivning ikke kan tillades, kan faskinen pakkes ind i en tæt membran og udelukkende fungere som forsinkelsesmagasin med afløb til andre LAR-anlæg.

2.2 **Krav fra myndigheder**

Københavns Kommune Center for Miljø skal give tilladelse til at nedsive og etablere faskiner. Der må kun ledes regnvand fra tage og fra arealer uden motortrafik eller andre ikke forurenede aktiviteter til en faskine.

Center for Park og Natur skal give tilladelse til overløb til recipienter, som søer og vandløb.

Faskiner kan kobles med overløb til andre LAR-anlæg, men der gives ikke tilladelse til overløb til kloakken. Det skyldes, at der kan ske en opstuvning i kloakken, så spildevandet kan løbe baglæns ind i faskinen og forurene den.

Afkobling fra kloaksystemet må kun udføres af en autoriseret kloakmester.

Faskiner skal etableres mindst 5 meter fra huse med beboelse eller huse med kælder og mindst 2 meter fra huse uden beboelse og kælder. Desuden skal faskiner etableres mindst 2 meter fra skel.

2.3 **Renseeffekt**

I faskiner sker der en rensning af regnvandet ved at stofferne binder sig til sand og andre partikler i vandet og bliver fjernet enten i sandfanget eller bliver filtreret fra i faskinen. Endvidere kan mikroorganismer nedbryde stofferne, når vandet siver gennem jordlagene.

Vandet siver dog ikke igennem de øverste jordlag, hvor der er en høj biologisk aktivitet i rodzonen. Der kan opnås en bedre rensning af vandet ved at placere faskinen under fx en rende, hvor vandet først siver gennem de øverste jordlag inden det magasineres og siver videre fra faskinen. Se metodebeskrivelserne om Render og grøfter, Regnbede og Våde bassiner og damme.

I tabel 2.1 er der givet en oversigt over, hvordan faskiner rens vandet i forhold til de øvrige LAR-metoder i kataloget.

	Suspenderet stof	Tungmetaller	Oliestoffer	Pesticider
Faskiner	Lav - Middel	Lav - Middel	Lav - Middel	Lav - Middel

Tabel 2.1 Oversigt over rensning af regnvandet i faskiner

2.4 **Landskab og beplantning**

Faskiner er gravet ned i jorden og vandet er derfor hverken tilgængeligt eller synligt. Der er derfor ingen tilpasning til omgivelserne eller mulighed for at skabe rekreativ værdi.

Hvis jordoverfladen over faskinen består af bevokset jord, vil jorden direkte over faskinen typisk være mere tør end omgivelserne. Faskinen sikrer en hurtig nedsivning af vandet, og eftersom jorddækket er tyndt, vil der ikke kunne suges vand op fra dybere jordlag. For at undgå bar jord eller vissen vegetation kan der plantes tørketolerante planter over faskinen.

Skal der være græs over faskinen, bør der bruges en blanding af forskellige frø af såvel robuste græsser som andre typer. I tabel 2.2 er vist eksempler på to forskellige frøblandinger, som kan bruges. Digeblandingen forventes at være mest robust, mens Vejrabat Turflin kræver lidt mildere forhold og har et finere udtryk.

Hvis der bruges en græsblanding med mange forskellige egenskaber er der de bedste chancer for, at de forskellige arter og sorter fordeler sig og supplerer hinanden efter forholdene, så forskellige arter dominerer forskellige steder.

"Digeblanding"			
40%	Rødsvingel 3	Festuca rubra ssp. rubra.	Maxima S
20%	Rødsvingel 2	Festuca rubra ssp. tricho.	Smirna S
20%	Strandsvingel	Festuca arundinacea	Starlett
2,5%	Alm. Hvene	Agrostis capillaries	Highland
2,5%	Kryb. Hvene	Agrostis stolonifera	Kromi S
15%	Westerwold. rajgræs	Lolium multifl. Westerwoldicum	Angus 1
"Vejrabat Turflin"			
20%	Rødsvingel 1	Festuca rubra ssp. comm.	Maritza S
15%	Rødsvingel 2	Festuca rubra ssp. tricho.	Smirna S
15%	Rødsvingel 3	Festuca rubra ssp. rubra.	Maxima S
15%	Stivbl. Svingel	Festuca ovina ssp. duris.	Ridu S
5%	Engrapgræs	Poa pratensis	Dolfine S
25%	Engrapgræs	Poa pratensis	Conni S
2,5%	Kryb. Hvene	Agrostis stolonifera	Kromi S
2,5%	Alm. hvene	Agrostis capillaries	Highland

Tabel 2.2 To forslag til græsblandinger, der forventes at være velegnede til danske forhold

Faskiner tiltrækker rødder fra planter, der gror i nærheden. Rødderne skaber hulrum i jorden, som kan øge nedsivningen, samt optage noget af vandet.

Rødder fra kraftige buske og træer skal imidlertid undgås, da de kan skade faskinen og stoppe siderne til, så vandet har sværere ved at sive ud. Der bør derfor holdes en afstand mellem træer og faskiner på ca. halvdelen af træets kronediameter, når det er fuldt udviklet.

2.5 Begrænsninger for anvendelsen

I tabel 2.3 er faskiner vurderet i forhold til en række lokale faktorer, som kan begrænse, ændre eller påvirke anlæggets udførelse og drift.

Faktor	Påvirkning af anvendelse
Grundvand	Grundvandet skal ligge minimum 1 meter under faskinens bund, for at nedsivningen fungerer.
Jordbundsforhold	Hvis jorden indeholder for meget ler, er vandet meget lang tid om at sive ned. Faskinen skal derfor være større for at kunne magasinere mere vand. Jordens nedsivningsevne kan variere markant fra sted til sted selv inden for små områder. Det kan derfor være vanskeligt at dimensionere faskinen optimalt.
Pladsforhold/arealkrav	Faskiner kræver arealer uden bygninger. Da faskiner er nedgravede, kan arealet over faskinen bruges til græsplæne, parkeringsplads mv. Der skal ved dimensioneringen

Faktor	Påvirkning af anvendelse
	tages forbehold for køretøjer samt sammentrykning og opblødning af jorden. Ved en 1 meter dyb faskine placeret i sandjord skal der bruges et areal på ca. 3 m ² pr. 100 m ² areal, der er tilsluttet.
Forurening i jorden	Der må ikke anlægges faskiner i forurenede jord. Der er risiko for, at forureningen siver ned i grundvandet.

Tabel 2.3 Oversigt over forhold, der kan påvirke eller begrænse anvendelsen af faskiner

Faskiner kan kobles med overløb til andre LAR-anlæg. Dermed kan der kompenseres for begrænsninger i jordbundsforholdene og for høj grundvandsstand, hvis ikke det nødvendige areal til nedsivning er til rådighed.

Hvis der ikke er overløb fra faskinen, vil der komme til at stå vand på terræn, hvis der tilledes mere vand, end faskinen er dimensioneret for. Vandet vil samles i naturlige lavninger i terrænet, og der kan blive sumpet og vådt i perioder og opblødning af græsplæner.

3. ANLÆGSDELE

Faskiner består af:

- Tagnedløbsbrønd eller andet sandfang
- Fyldmateriale i faskine
- Fiberdug omkring faskinen
- Overløb

Terrænforhold

Faskiner skal placeres, så nedsivningen ikke skader bygninger, og så jorden, hvor faskinen placeres, ikke belastes med regn fra andre flader. Terræn bør falde bort fra bygningen, og faskinen bør ikke anbringes i lavninger i terrænet. Faskinens størrelse og dermed arealkrav afhænger af jordbundens evne til at nedsive vandet, se afsnit 4 om dimensionering.

Faskiner skal placeres, så afstande til bygningers fundamenter overholdes, jf. afsnittet om krav fra myndigheder.

Faskiner skal være udført af materialer, der kan klare belastningen fra aktiviteter på jordoverfladen. Dette er især vigtigt, hvis faskinen ligger under parkeringsarealer eller andre områder med trafik.

Sandfang

Der skal placeres et sandfang inden vandet løber til faskinen. Sandfanget skal fjerne bundfældeligt materiale fra regnvandet.

Ved mindre faskiner til parcelhuse skal der anbringes en nedløbsbrønd med sandfang enten lige under tagnedløbet, eller 2 tagnedløb kan føres til en fælles $\varnothing 315$ mm nedløbsbrønd med sandfang.

Tagnedløbsrøret kan afsluttes lidt over terræn, så der kan anbringes et grovfilter i afløbsrørets muffe, som vandet passerer, inden det løber ned i nedløbsbrønden med sandfang, jf. figur 3.1. Flere oplysninger om sandfang kan ses i metodebeskrivelsen om sandfang.



Figur 3.1 Grovfilter på tagnedløb

Til større faskiner, som afleder vand fra større arealer end parcelhuse, skal der etableres et effektivt sandfang opbygget efter følgende princip:

1. Grovfilter på tagnedløb til at fjerne blade, grene, sten mv.
2. Stort volumen, så bundfældeligt materiale kan bundfældes.
3. Evt. finmasket filter, der kan fjerne suspenderet stof. Filtret skal være let tilgængeligt og udskifteligt.

Yderligere beskrivelse af sandfang ses i Metodebeskrivelsen om Sandfang.

Hvis der tilledes regnvand fra parkeringsarealer og mindre veje til faskinen, skal vandet renses, inden det kan nedsives, jf. metodebeskrivelserne om adsorptionsmetoder. Vand fra vejnedløbsbrønde skal ledes til sandfanget foran faskinen og aldrig direkte til faskinen.

Tilløbsrør

Afløbet fra nedløbsbrønden/sandfanget skal ligge mindst 0,75 meter under terræn for at være frostsikker. Ledningen fra nedløbsbrønden til faskinen skal lægges med et fald på minimum 10 ‰, dvs. at udgravningen skal falde 10 mm pr. meter fra tagnedløbsbrøndens udløb til det sted, hvor faskinen skal ligge. Diameteren af røret skal være mindst 110 mm.

Fyldmateriale

Fyldmaterialet kan enten være grus, sten, letklinker eller plastkassetter, der har forskellige hulrumsprocenter. Jo større hulrumsprocent, jo større magasineringssevne, der giver en mindre faskine og er mindre arealkrævende. Typiske hulrumsprocenter er:

- Grus: 10-20 %
- Sten: 20-30 %
- Letklinker: 50 %
- Plastkassetter: 75-95 %

Hulrumsprocenter kan variere, og der skal derfor altid dimensioneres med den hulrumsprocent, som den valgte leverandør kan dokumentere. I modsat fald kan det risikeres, at faskinen får et for lille volumen til magasinering og dermed hyppigere oversvømmelser.

Sten: Hvis der anvendes sten, skal materialet være vasket, så stenmel og ler er væk inden materialet fyldes i faskinen. Ellers kan det fine materiale stoppe faskinens sider til. Stenstørrelsen vil typisk være 32/64 mm. Stenfaskiner kan anvendes under befæstede arealer.

Plastkassetter: Der findes mange forskellige typer plastkassetter, men fælles for dem alle er, at de lette at arbejde med og har en høj hulrumsprocent. Det betyder, at plastkassetter kan magasinere langt mere vand pr. areal end stenfaskiner. Faskiner af plastkassetter opbygges af moduler og er derfor fleksible og kan opbygges efter forholdene både i højde, længde og bredde. De forskellige producenter har rør, brønde mv., der passer til modulerne.

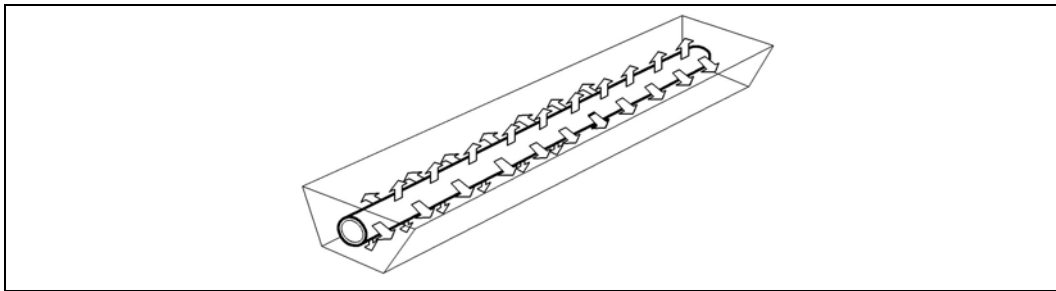
Faskiner med plastkassetter kan installeres både i befæstede arealer og i ubefæstede arealer. Producentens anvisninger for belastning af faskinen fra trafiklast skal følges. I befæstede arealer skal der være en jorddækning på minimum 0,8 meter og maksimalt 4 meter. I ubefæstede arealer skal jorddækningen være minimum 0,4 meter.

Fiberdug

For at forhindre at jord og lignende kan trænge ind i faskinen og stoppe den til, skal faskinen fores med en fiberdug både i bund, sider og top. Fiberdugen skal lægges med min. 50 cm overlap. Fiberdugen over faskinen skal dækkes af et godt muldlag på minimum 30-40 cm for at sikre, at græsset kan gro. Der skal vælges fiberdug efter faskinens beliggenhed under befæstede overflader eller under ubefæstede arealer. Fiberdugen skal være af en ikke vævet type, have en høj vandgennemtrængelighed på tværs af fiberdugen på mindst 20.000 liter/m²/døgn ved et vandsøjletryk på 0,1 mVS og en brudforlængelse på mindst 25 %.

Fordelerrør

For at fordele regnvandet så hurtigt som muligt over hele faskinen, skal der i større faskiner med sten altid udlægges fordelerrør. Af hensyn til drift og vedligehold bør fordelerrørene afsluttes i en rensebrønd, så det er muligt at rense hver ledning for sig. Fordelerrørene kan være almindelige drænrør med indvendig glat overflade, da de er nemmere at rengøre. Figur 3.2 viser princippet i et fordelerrør.

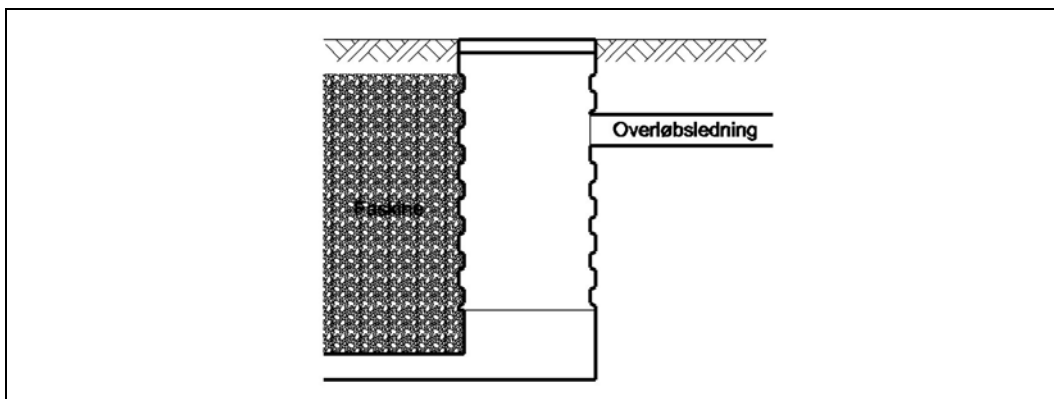


Figur 3.2 Fordelerrør i stenfaskine

Bunden i større faskiner med fordelerrør skal anlægges med et fald på 2-3 ‰ bort fra fordelerarrangementet.

Overløb

Større faskiner og faskiner i områder med risiko for overbelastning kan forsynes med et nødoverløb. Nødoverløbet placeres i en rensebrønd, der også kan bruges til inspektion af faskinens funktion. Figur 3.3 viser et nødoverløb i en rensebrønd.



Figur 3.3 Nødoverløb fra faskine

Afløbsrør til andet LAR-anlæg

Overløbsledningen kan lede vandet til et lavtliggende område, hvor det nedsiver eller fordamper.

4. DIMENSIONERING

4.1 Nedsivningstest

Udsivning fra en faskine afhænger i høj grad af jordbunden. Der skal derfor udføres en nedsivningstest på det sted, hvor faskinen skal etableres. Ved nedsivningstesten bestemmes jordens nedsivningsevne, dvs. hvor hurtigt vandet kan sive væk i den pågældende jord.

I tabel 4.1 er vist eksempler på nedsivningsevne i forskellige jordtyper. Nedsivningsevnen bør ideelt ligge mellem 5×10^{-3} og 5×10^{-6} m/s. Hvis nedsivningsevnen er større end 10^{-2} m/s løber vandet for hurtigt gennem jordlagene uden at blive rensat. Hvis nedsivningsevnen er mindre en 10^{-7} m/s, kan vandet ikke løbe hurtigt nok væk fra faskinen.

Jordtype	Kornstørrelse μm	Nedsivningsevne K m/s	Værdi ved beregning K m/s
Grus	2.000-60.000	$10^{-3} - 10^{-1}$	10^{-3}
Sand	50-2.000	$10^{-5} - 10^{-2}$	10^{-4}
Silt	2-50	$10^{-9} - 10^{-5}$	10^{-6}
Blåler (uden sprækker)	0-2	$<10^{-9}$	10^{-8}
Moræneler	-	$10^{-10} - 10^{-6}$	10^{-7}

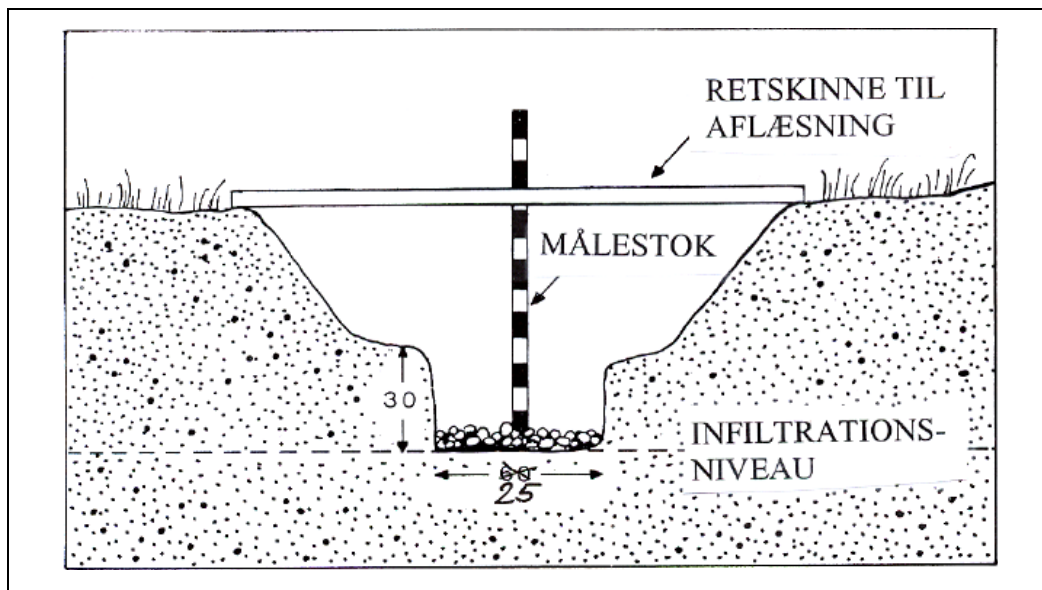
Tabel 4.1 Nedsivningsevne i forskellige jordtyper

Nedsivningsevnen er også afhængig af, om jorden har et højt eller lavt antal sprækker eller rod/ormegange. Dvs. at en leret jord godt kan have en forholdsvis høj nedsivningsevne, hvis der er mange sprækker eller gange efter rødder eller orme.

Nedsivningstesten udføres på følgende måde:

Prøvehul

Der udgraves mindst 2 prøvehuller i området, hvor faskinen skal etableres. Hullerne skal være mindst 0,25 m x 0,25 m og mindst 0,3 m dybe. Hullerne skal ligge mindst 5 m fra hinanden, jf. figur 4.1.



Figur 4.1 Skitse af prøvehul til bestemmelse af jordens nedsvivningsevne

Vandmætning af jorden

Før nedsvivningstesten kan gennemføres, skal jorden være vandmættet. I bunden af hullet lægges ca. 5 cm grus. Derefter fyldes der vand i hullet, så der står mindst 0,2 m over gruslaget. Hullet holdes derefter fyldt i ca. 30 min.

Vandtilførslen afbrydes, og vandets synkehastighed måles. Hvis vandspejlet synker mindre end 0,2 m på 15 min., kan vandmætningen afsluttes, og nedsvivningsprøven kan gennemføres.

Hvis vandspejlet synker mere end 0,2 m på 15 min., skal vandmætningen fortsætte, indtil synkehastigheden er næsten konstant.

Måling af nedsvivningsevnen

Vandniveauet i hullet justeres, så det står 0,15 m over gruset i bunden

Der lægges en retskinne over hullet, og herfra måles nedstik til vandoverfladen.

Nu bestemmes, hvor langt vandet synker på f.eks. 10 min.

Derefter omregnes synkehastigheden til m/s

Synkehastigheden i m/s er jordens nedsvivningsevne, K. Den mindste værdi af de målte nedsvivningsevner i de to huller skal anvendes ved dimensionering af faskinen.

Eksempel

Nedsivningstesten har vist, at vandet synker 50 mm på 10 min. Nedsivningsevnen K i m/s bliver derfor:

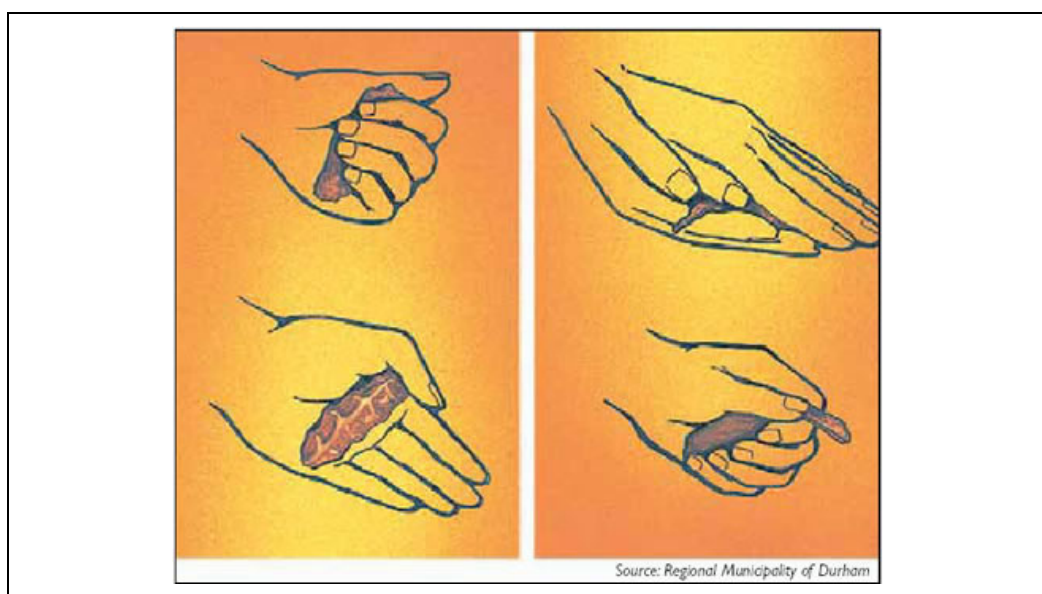
$$50 \text{ mm} / (10 \text{ min} \times 60 \text{ sek/min}) = 0,0833 \text{ mm/s} = 8,3 \times 10^{-5} \text{ m/s.}$$

Som supplement til eller til underbygning af resultaterne fra nedsivningstesten kan jordtypen vurderes ved at føle på jorden. Jord opdeles efter kornstørrelser i ler, sand og en mellemting silt. Jordarternes indhold af ler, sand og silt inddeler jorden i jordbundsklasser, som vist i tabel 4.2.

Jordtype	Jordbundsnummer (JB)	Ler < 2µm	Silt 2-20 µm	Finsand 20-200µm	Sand i alt 20-2000µm
Grovsandet jord	1	0-5	0-20	0-50	75-100
Finsandet jord	2	0-5	0-25	50-100	75-100
Grov lerbl. sandjord	3	5-10	0-25	0-40	65-95
Fin lerbl. sandjord	4	5-10	0-25	40-95	65-95
Grov sandbl. lerjord	5	10-15	0-30	0-40	55-90
Fin sandbl. lerjord	6	10-15	0-30	40-90	55-90
Lerjord	7	15-25	0-35		40-85
Svær lerjord	8	25-45	0-45		10-75
Meget svær lerjord	9	45-100	0-50		0-55
Siltjord	10	0-50	10-100		0-80

Tabel 4.2 Kornstørrelse og procentvise forekomst i de respektive jordbundsklasser

Nedenstående feltmetoder kan bruges til at indkredse jordbundsnummeret. Figur 4.2 viser, hvordan test A og B udføres.



Figur 4.2 Udførelse af Test A og B til at bestemme jordtyper

A Udrulningstest:

En test som er god til at bestemme indholdet af ler. Man ruller den fugtige jord til en pølse mellem håndfladerne. Herefter ruller man ud mellem fingrene til den længst mulige pølse, før den brækker af.

JB-nummer	Udrulningstest
1-2	Prøven kan ikke udrulles, brækker ved forsøg herpå.
3-4	Prøven kan ikke udrulles til ½ blyantstykkelse (3 mm), prøven revner og brækker
5-6	Prøven kan med besvær udrulles til ½ blyantstykkelse, men har stor tendens til at revne og brække.
7	Prøven kan uden større besvær udrulles til ½ blyantstykkelse, da den kun udviser svag tendens til at revne eller brække.
8-9	Prøven udrulles let til ½ blyantstykkelse, og vil ofte kunne formes til en tyk fingerring.

Tabel 4.3 Udrulningstest

B Test af jordens evne til at bevare former:

1. Indikation af lerindholdet: Man tager en håndfuld jord op i hænderne og presser jorden sammen i hånden. Hvis jorden holder sammen og forbliver i den form, som man har presset den ind i, kaster man den fra hånd til hånd for at teste styrken af den dannede form. Jo bedre formen forbliver som den er, desto højere lerindhold.
2. Indikation af sandindholdet: Jo højere sandindholdet er, desto dårligere er jordens evne til at bevare sin form. En sandjord med JB-nummer 1-2 har svært ved at bevare nogen form.

C Test af hvordan jorden føles

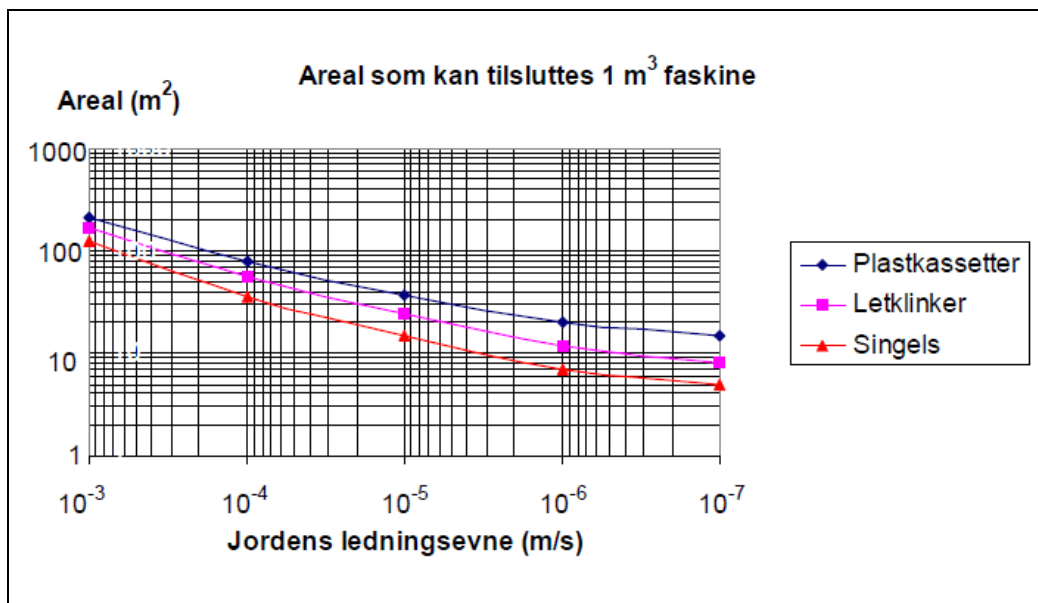
- Indikation af siltindhold: Hvis jorden er en siltjord uden sand, føles prøven som fløjl eller silke (hvis våd) eller talkum (hvis tør).
- Indikation af sandindhold: Hvor indholdet af ler, silt og sand er næsten ens vil en lufttør jord, der er presset sammen til en klump i hånden kunne tåle at blive holdt forsigtigt mellem to fingre. Hvor indholdet af sand er over 95 % kan der ikke dannes en sammenhængende klump af fugtig jord.
- Hvor sandindholdet er omkring 50 % vil man høre en knasende lyd ved at gnide lidt af jorden mellem fingrene nær øret.
- Et lavt sandindhold (under 25-30 %) kan erfares ved at gnide lidt jord ud med vand i håndfladen. Det er da muligt at mærke selv små mængder sand.

4.2 Faskinens størrelse Små anlæg

Mindre faskiner til parcelhuse, carporte udestuer mv. kan dimensioneres efter en simpel metode. Metoden forudsætter, at der anlægges smalle faskiner med en bredde på højst 1 meter og en højde af faskinen på 1 meter. Faskinen må maksimalt modtage vand fra et areal på 150 m².

På figur 4.3 er vist, hvor store arealer, der kan tilsluttes 1 m³ faskine i forskellige jordtyper. Der er regnet med, at faskinen i gennemsnit bliver overbelastet én gang

hvert andet år. Ved overbelastning kan det overskydende vand f.eks. ledes til lavtliggende græsareal.



Figur 4.3 Areal, som kan tilsluttes 1 m³ faskine med singels, letklinker eller plastkassetter i forskellige jordtyper. Der må maksimalt være tilsluttet et areal på 150 m².

Eksempel

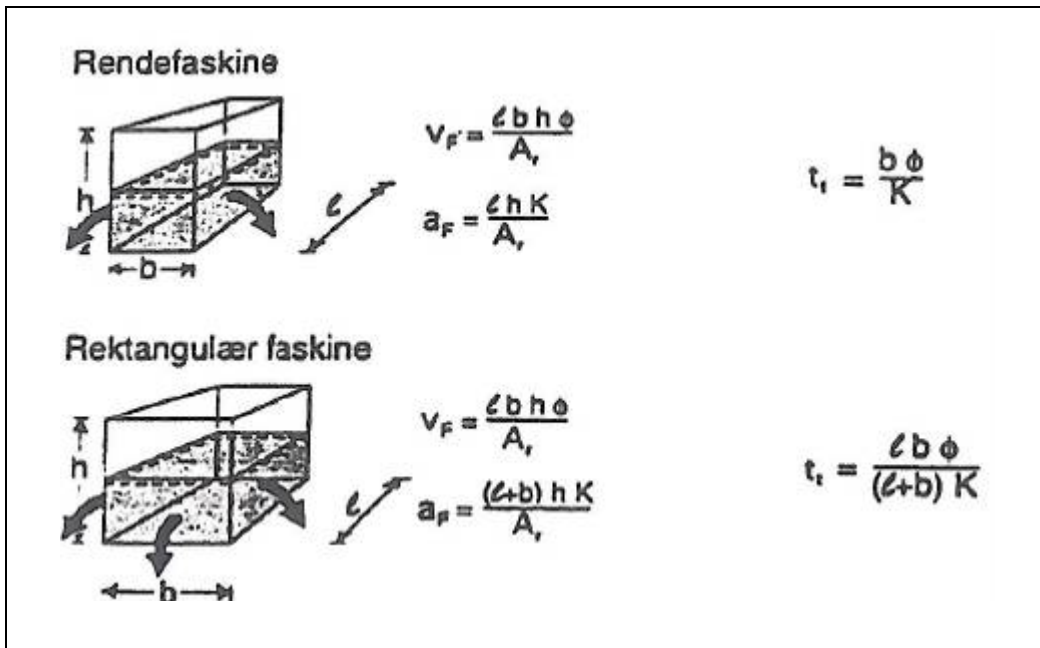
Til et hus med en tagflade på 140 m² har en infiltrationstest vist, at jorden har en hydraulisk ledningsevne på 10⁻⁶ m/s. Der skal etableres en faskine med plastkassetter. På figur 4.3 aflæses, at der kan tilsluttes 20 m² tagflade pr. m³ faskine.

Faskinen skal have størrelsen: $140 \text{ m}^2 / 20 \text{ m}^2/\text{m}^3 = 7,0 \text{ m}^3$

Med en bredde af faskinen på 1 meter og en højde på 1 meter bliver faskinens længde 7,0 m.

Større anlæg

Dimensionering af faskiner til større parcelhuse, flere huse samt afvanding af pladser og veje foretages ud fra nedenstående formler. Da faskiner ofte stopper til i bunden, regnes der kun med udsivning gennem faskinens sider. Figur 4.4 viser beregningsformler for rendefaskiner og rektangulære faskiner.

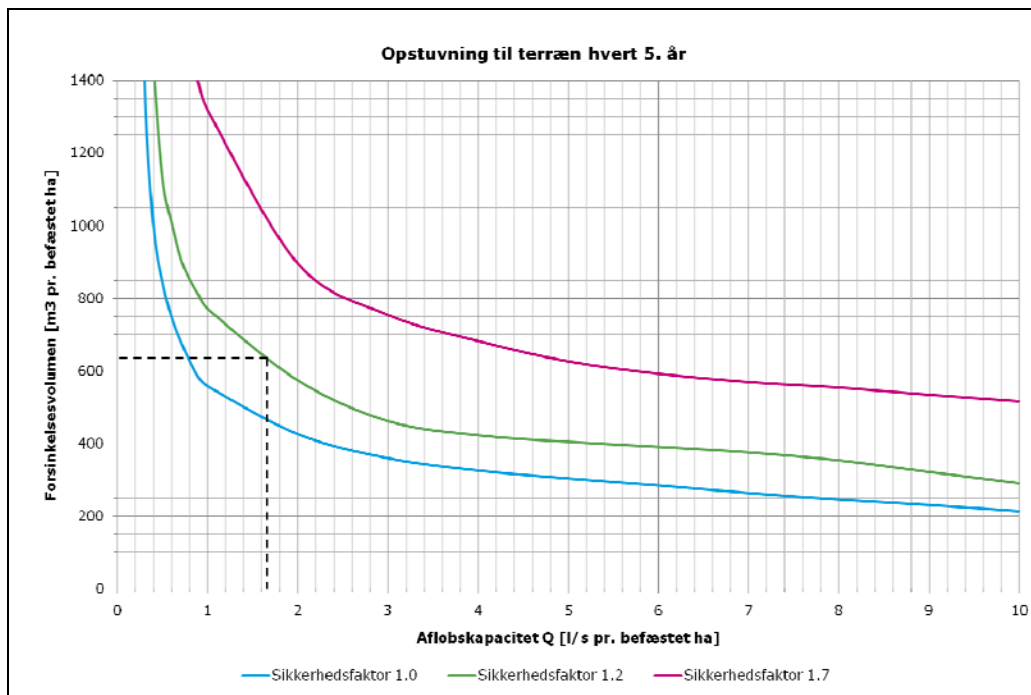


Figur 4.4 Beregningsformler for rendefaskiner og rektangulære faskiner med tæt bund

- b (m) = bredde af faskine
- h (m) = højde af faskine
- l (m) = længde af faskine
- K (m/s) = jordens nedsivningsevne
- A_r (m²) = areal, som afvander til faskinen
- V (m³) = volumen af faskine
- v_F (m) = specifikt magasinivolumen i faskine ($v_F = V/A_r$)
- a_F (m/s) = afløbstal fra faskine
- Φ = hulrumsprocenten
- t_t = tømmetiden for faskinen

Faskinen dimensioneres på baggrund af den ønskede overløbshyppighed. På figur 4.5 er vist det nødvendige forsinkelsesvolumen ved et forventet overløb fra faskinen hvert 5. år ($T=5$ år). For dimensionering af faskiner ved gentagelsesperioder på hhv. 2 og 10 år henvises til diagrammerne på bilag 1.

Der er vist kurver for sikkerhedsfaktorer på henholdsvis 1,0, 1,2 og 1,7. En højere sikkerhedsfaktor benyttes, hvis anlægget har en lang levetid (fx på 50 år eller mere), så der ved beregningerne kan tages højde for usikkerheder på regndata, klimaforandringer og en eventuel øget befæstelse, der kan forekomme i LAR-anlæggets levetid.



Figur 4.5 Diagram for beregning af nødvendigt specifikt volumen af faskine ved forventet overløb 1 gang hvert femte år ($T = 5$ år) og med varierende sikkerhedsfaktorer.

Metode

Der udføres nedsivningstest, og nedsivningsevnen beregnes som beskrevet i afsnit 4.1.

Afløbskapaciteten beregnes som $Q_a = (a_F \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} \times 1.000 \text{ l/m}^3)$.

Det beslutes, hvor ofte overløb fra faskinen kan accepteres samt hvilken sikkerhedsfaktor, der skal anvendes.

Det nødvendige specifikke forsinkelsesvolumen aflæses af diagram i fx figur 4.5 og omregnes til aktuelt volumen: $V = (v_F \times A_r) / 10.000 \text{ m}^2/\text{ha}$.

Længde, bredde og højde af faskinen beslutes og faskinens effektive volumen beregnes: $V = l \times b \times h \times \Phi$

Det kontrolleres, om det beregnede forsinkelsesvolumen ud fra diagram aflæsning som minimum svarer til faskinens effektive volumen. Hvis det ikke er tilfældet, gættes på en ny højde, bredde eller længde af faskinen, indtil det beregnede forsinkelsesvolumen svarer til faskinens volumen.

Eksempel

Der skal dimensioneres en rektangulær faskine af plastkassetter til en etageejendom med et tagareal på 2.000 m².

Det ønskes at dimensionere faskinen for overløb 1 gang hvert 5 år. På grund af faskinens begrænsede levetid på ca. 25 år, og at der ikke er stor usikkerhed omkring de øvrige parametre i beregningen vælges en sikkerhedsfaktor på 1,2.

Jordens nedsivningsevne: $K = 1 \times 10^{-5}$ m/s

Hulrumsprocent af plastkassetter: $\Phi = 0,95$

Der gættes på følgende dimensioner af faskinen:

Længde $l = 28$ m

Bredde $b = 5$ m

Højde $h = 1$ m

Volumen $V = l \times b \times h \times \Phi = 28 \times 5 \times 1 \times 0,95 = 133$ m³

Først beregnes afløbskapaciteten: $Q_a = ((l + b) \times h \times K) / A_r = ((28\text{m}+5\text{m}) \times 1\text{m} \times 1 \times 10^{-5} \text{ m/s} \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} \times 1.000 \text{ l/m}^3) / 2.000 \text{ m}^2 = 1,65 \text{ l/s}$ pr. befæstet ha.

På figur 4.5 aflæses det specifikke forsinkelsesvolumen til: 640 m³ pr. befæstet ha.

Volumenet af faskinen beregnes til: $(640 \text{ m}^3/\text{ha} \times 2.000 \text{ m}^2) / 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} = 128 \text{ m}^3$.

Da det beregnede forsinkelsesvolumen svarer til eller er mindre end faskinens reelle volumen, er dimensioneringen færdig.

I tabel 4.4 er vist eksempler på størrelser af faskiner med plastkassetter til nedsivning af tagvand fra de 3 boligtyper (parcelhus, etageejendom og kontorbygning) med tagarealer på henholdsvis 140 m², 2.000 m² og 5.700 m².

Tagareal m ²	Sikkerheds- faktor	Højde m	Længde m	Bredde m	Volumen m ³
Gentagelsesperiode T = 2 år					
140	1,2	1	4	1	3,8
2.000	1,2	1	30	3	86
5.700	1,2	1,5	43	5	306
Gentagelsesperiode T = 5 år					
140	1,2	1	6	1	5,7
2.000	1,2	1	28	5	133
5.700	1,2	1,5	62	4	353
Gentagelsesperiode T = 10 år					
140	1,2	1	7	1	6,7
2.000	1,2	1	30	5	143
5.700	1,2	1,5	66	4	376

Tabel 4.4 Eksempler på dimensioner af faskiner til nedsivning af regnvand fra forskellige tagarealer. Nedsivningsevne 10⁻⁵ m/s.

5. DRIFT OG VEDLIGEHOLD

Aktiviteter for drift og vedligehold af faskiner er vist i tabel 5.1.

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Rense tagrender	Årligt
	Feje og renholde befæstede arealer, der har afløb til faskinen	6-12 gange årligt
	Oprende nedløbsbrønde og sandfang foran faskinen	Mindst 1 gang årligt efter løvfald
	Tilsyn med brønde, sandfang, nødoverløb m.v.	2 gange årligt
Efter behov	Indvendig TV-inspektion af faskine med fordelerrør	Ved manglende funktion
	Kontrol af faskinens funktion i inspektionsbrønd / brønd til nødoverløb ved at fylde vand på faskinen og efterfølgende måle vandets synkehastighed	Ved manglende funktion
	Spule fordelerrør, brønde og større faskiner af plastkassetter.	Når de er tilstoppet

Tabel 5.1 Drift og vedligehold af faskiner

Vedligeholdelsen af faskiner afhænger meget af, om sand/ler, blade mv. bliver fjernet, inden vandet løber til faskinen. Regelmæssig rensning af tagrender og tømning af sandfang vil forbedre driften og forlænge levetiden af faskinen.

Jævnlig fejning af parkeringsarealer, veje og stier fjerner store dele af forureningen, så det ikke løber med vandet til faskinen. Gadefejning som "rensning ved kilden" anbefales derfor kraftigt i udlandet i stedet for anlæg til rensning.

Faskiner kan være vanskelige at inspicere. Nogle faskiner anlægges med inspektionsbrønde og regnvandskassetter, der tillader tv-inspektion (kamera på fjernstyret vogn forbundet med PC) og spuling.

6. ØKONOMI

Tabel 6.1 viser overslag over anlægsudgifter, udgifter til drift og vedligehold samt en samlet årlig udgift set over hele anlæggets levetid. Der er anvendt prisniveau 2011, og alle beløb er ekskl. moms. Udgifterne er beregnet for følgende 3 størrelser af tagarealer og under forudsætning af en overløbshyppighed hvert 5. år, en sikkerhedsfaktor på 1,2 samt en nedsivningsevne på 10^{-5} m/s:

- Parcelhus med tagareal på 140 m²
- Etageejendom med tagareal på 2.000 m²
- Kontorbygning med tagareal på 5.700 m²

Til drift og vedligehold er der regnet med en timepris på 325 kr., og der er i alle priser regnet med, at montering, drift og vedligehold foretages af eksterne folk. Drift og vedligehold kan dog også foretages af ejeren selv eller ansat personale, så driftsudgifterne minimeres.

For især de mindre anlæg til parcelhuse kan ejeren selv grave faskinen ned. Afkobling af et eksisterende tagnedløb fra kloaksystemet skal dog stadig foretages af en autoriseret kloakmester.

Anlægsudgifterne indeholder etablering af faskine og sandfang samt ledningsarbejde før faskinen.

	Parcelhuse	Etageejendom	Kontorbygning
Anlægsudgifter kr.	16.300	260.000	550.000
Driftsudgifter kr. pr. år	1.000	5.250	10.500
Årlig udgift kr. pr. år - levetid 25 år	1.650	15.650	32.500

Tabel 6.1 Overslag over anlægs- og driftsudgifter til faskiner ved overløbshyppighed hvert 5. år (prisniveau 2011).

Såfremt der ledes regnvand fra befæstede arealer til faskinen, skal der også indregnes driftsudgifter til at feje og renholde de befæstede arealer. Udgifterne til dette er indregnet i driftsudgifterne i tabel 6.2. Der er stadig regnet med samme faskinestørrelser som ovenfor.

	Parcelhuse	Etageejendom	Kontorbygning
Anlægsudgifter kr.	16.300	260.000	550.000
Driftsudgifter kr. pr. år	2.300	24.000	39.000
Årlig udgift kr. pr. år - levetid 25 år	2.950	34.400	61.000

Tabel 6.2 Overslag over anlægs- og driftsudgifter til faskiner inkl. fejning af arealer (prisniveau 2011).

Hvis regnvandet afkobles fuldstændigt fra kloaksystemet, er der mulighed for at søge Københavns Energi om tilbagebetaling af en del af tilslutningsbidraget. Der er ikke indregnet tilbagebetaling af tilslutningsbidraget i de økonomiske overslag.

7. REFERENCER

Mahabadi, Mehdi (2001): Regenwasserversickerung – Planungsgrundsätze und Bauweisen. Thalacker Medien, Braunschweig.

DS 430: Dansk Ingeniørforenings norm for lægning af fleksible ledninger i plast i jord.

DS 475: Norm for etablering af ledningsanlæg i jord inkl. tillæg.

Teknologisk Institut. Nedsivning af regnvand i faskiner. Vejledning i projektering, dimensionering, udførelse og drift af faskiner. Rørcenter-anvisning 009. Juni 2005.

Nedsivning af regnvand – dimensionering. Skrift 25. IDA Spildevandskomiteen 1994.

Figurer, skitser og grundlag for skitser og fotos er venligst stillet til rådighed af Erling Holm ApS, Teknologisk Institut og Spildevandskomiteen inkl. fotos med ©.

BILAG 1

Dimensioneringskurver for overløb hvert 2. år og hvert 10. år.

