

---

# Filterjord – et spadestik dybere

---

Visionen om at skabe mere grønne byer i Danmark kan få et skub fremad via lokal håndtering af regnvand, såkaldt LAR. Her kommer filterjord ind som et svar på bekymringen for grundvandsforurening. En filterjord skal have den optimale balance mellem nedsivningshastighed og rensning samtidig med at jorden understøtter plantevækst.

---

SIMON TOFT INGVERTSEN, KARIN  
CEDERKVIST & MARINA BERGEN JENSEN

---

## Filterjord i klimatilpasningen

I de senere år er der kommet stadig større fokus på at håndtere byens regnafstrømning lokalt i byens landskab i stedet for at lede det i kloakken. Hovedårsagen til dette paradigmeskifte for regnvandshåndteringen er klimaforandringerne, som forårsager flere højintense regnskyl. Ved at håndtere regnvandet på overfladen undgås dyre og generende udvidelser af de underjordiske kloakker, og i stedet skabes der et mere fleksibelt regnvandssystem med større potentiale for at bringe merværdi, f.eks. i form af grønnere byrum.

Et væsentligt element i den lokale håndtering af regnvandet er nedsivning. I de områder hvor omstændighederne tillader det, er det efterhånden blevet generel praksis at benytte faskiner, regnbede o.l. til at nedsive regnvandet fra tagflader, indkørsler og mindre parkeringspladser. Der er også et udbredt ønske om at kunne håndtere regnafstrømning fra veje og større parkeringsarealer på denne måde. Idet vejvand kan indeholde alt fra metaller til olie, PAH'er, pesticider, vejsalt, mm. vil miljømyndighederne dog ofte være tilbageholdende med at udstede nedsivnings- eller udledningstilladelser, medmindre vandet underkastes en forudgående rensning /1/. Filterjord er p.t. det bedste svar vi har, når det gælder rensning før nedsivning.

## Historien om filterjord

Når regnafstrømning nedsives, er der altid indbygget en vis rensning af vandet ved kontakten med jorden. I praksis er det dog meget usikkert, hvor sikker denne rensning egentlig er. Derfor begyndte Det Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet (KU) i 2008 at interessere sig for jorden som en selvstændig og dokumenterbar renseløsning til vejvand. Dermed blev grundlaget lagt for det vi i daglig tale kalder filterjord. Formålet var at udvikle en jord med den optimale balance mellem nedsivningshastighed og rensning, der samtidig understøtter plantevækst. Plantevækst er vigtig dels ud fra ønsket om begrønning af byen og dels for at opnå rensefunktion.

Den oprindelige ide til filterjord stammer fra Hannover Tekniske Universitet, der har udviklet de såkaldte Mulden-Rigolen Systemer, hvortil også hører en national standard for anlæg /2/. I Tyskland benyttes disse systemer, i vid udstrækning til nedsivning af vejvand. Efter en faglig evaluering blev de tyske retningslinjer bearbejdet til en dansk anbefaling /3/. Helt overordnet er filterjord en jordblanding, der opfylder nogen basale krav til pH, dybde og vandgennemtrængelighed, samt tekstur, dvs. fordeling mellem ler, silt, sand og organisk stof. Fremfor alt er der krav om, at jorden skal være vegetationsdækket, hvilket vil sige at den skal placeres ved terræn. Det skyldes dels at den største del af rensningen i form af filtrering, binding og nedbrydning af forurening foregår i planternes rodzone, dels at plantevæksten modvirker tilslemning af overfladen med sediment. Det skal dog også understreges at filterjord udgør et hårdt miljø

for de fleste planter, idet indholdet af ler og organisk materiale er relativt lavt, og jorden derfor hurtigt tørrer ud.

## De første undersøgelser

På trods af mange års erfaring i vores nabolande er den til stadighed store mangelvare og begrænsning for udbredelsen af løsningen herhjemme, at der ikke er ordentlig dokumentation for, hvor godt den anbefalede jordblanding rensrer regnafstrømningen. Derfor satte KU gang i en undersøgelse af en række eksisterende tyske anlæg, som havde fungeret i felten i 5 – 15 år /4; 5/.

Undersøgelserne viste at jordene, med få undtagelser, ikke var forurenede med tungmetaller i en grad, der oversteg den danske forureningsklasse 2 /6/. Fremskrivning af belastning indikerede at dette heller ikke ville blive et problem de efterfølgende 10 – 20 år. Forsøg med intakte filterjordskolonner viste at de tyske filterjorde stadig var rimeligt effektive i forhold til at binde opløste tungmetaller og endog meget effektive i forhold til at frafiltrere selv meget små partikler (5 µm i diameter).

## Den paradoksale vegetation

Kolonneforsøgene viste også at der kontinuerligt udvaskes organisk stof fra jorden. Processen er et naturligt og uundgåeligt fænomen i vegetationsdækkede systemer, og skyldes nedbrydning af organisk materiale i rodzonen. Dette er ikke i sig selv et miljøproblem, men det udvaskede organiske stof forårsagede øget udvaskning af mere kritiske stoffer som fosfor og tungmetaller, navnlig kobber, bly og zink. Der er med andre ord tale om et



Figur 1: Billeder af typiske nedsvinningsløsninger med filterjord. Øverst: Lindevang (Brøndby) og Syddansk Universitet (Odense). Nederst: Lørenskogvej (Rødovre) og jordprofil (Tyskland).

paradoks, hvor vegetationen på den ene side er vigtig for rensningen, men samtidig er den komponent, der på lidt længere sigt kan ende med at transportere noget af forureningen ud af jorden igen. Derfor bør det undersøges hvordan jordens organiske stof bedre kan tilbageholdes og stabiliseres i fremtiden.

### Filterjord i andre lande

Nedsvinningsløsninger til håndtering af regnvand har været kendt og anvendt i mange andre lande, herunder Tyskland, Holland, Storbritannien, USA, Australien m.fl. Hvad angår selve filterjorden eksisterer der forskellige retningslinjer, der typisk afspejler de parametre, der har drevet processen for den lokale håndtering af regnvand i området. I dansk praksis er det i første omgang rensningen af regnvandet, der afspejles, mens det i Tyskland i lige så høj grad har været den hydrauliske effektivitet. I USA og Australien har vandkvaliteten ligeledes været den primære faktor, men her har også plantevæksten været tilgodeset, bl.a. i form af høje mængder organisk materiale. Dette har dog ofte resulteret i, at høje koncentrationer af organisk materiale, næringsstoffer og sandsynligvis også tungmetaller er blevet udvasket <sup>7/</sup>. Der findes desuden eksempler på retningslinjer for jordens renssevne udtrykt i form af kation-ionbytningskapacitet, fosformætningsgrad eller indhold af jern- og aluminiumoxider <sup>8/</sup>. Fordelene ved denne tilgang er klare set fra myndighedens side, men stiller samtidig høje krav til bygherren eller leverandøren af filterjorden.

### Eksempler på filterjordsanlæg i Danmark

I tabel 1 er samlet en række oplysninger om syv kendte danske filterjordsanlæg. Derudover er der adskillige andre i projekterings- og anlægsfasen rundt omkring i landet, heriblandt i Gladsaxe, Odense og Tårnby.

### Monitering af fuldskalaanlæg

Nedsvinningsløsninger og filterjord er stadig nyt i Danmark, og de fleste anlæg er delvist etableret for at høste erfaringer. Dels i forhold til rensning og hydraulik, dels i forhold til økonomi, drift og vedligehold. Ud fra tabellen ses det, at der er store forskelle på de enkelte anlæg i form af dybden af jordlaget, forholdet mellem infiltrationsareal og opland, oplands-

Tabel 1: Eksisterende danske anlæg med filterjord

Sted	Etablerringsår	Udformning	Dybde filterjord	Oplandsareal: Infiltrationsareal	Oplandstype	Sammensætning filterjord	Vegetation
Syddansk Universitet Odense	2011	To grøfter langs P-plads	30 cm	5 : 1	P-plads 200 biler	Original jord iblandet importeret sand.* Æn grøft tilsat kalk.	Græsdække
Strandvejen, Bredballe	Maj 2012	Kantstensbed langs vej	50 cm	28 : 1	Gennemgående vej 2000 køretøjer pr døgn	2% kompost 15% kalk	Ikke oplyst
Møllebakken, Brønshøj	Efterår 2012	4 vejbede langs kantsten på vej	40 cm	23 : 1	Villavej	RG590 Vækst-Muld (blanding 4)*	Forskellige hårdføre planter
Lindevang, Brøndby	Efterår 2012	7 vejbede langs kantsten på vej	40 cm	25 : 1	Villavej	RG590 Vækst-Muld (blanding 4) *	Forskellige hårdføre planter
Dahlsvej, Odense	2011	Vejbede Infiltrationsbassiner	70 cm	Ikke oplyst	Nyt boligområde	50% jord fra udgravning 50% sand/grus	Ikke oplyst
Langelinje, Odense	2014 – 2015	Vejbede	30 cm	Variabelt, men gennemsnitligt 17 : 1	Gennemgående villavej	<10% ler+silt 1-3% organisk stof *	Enkeltstående græsser, bunddækkende og høje stauder.
Lørenskogvej, Rødovre	Forår 2014	Sammenhængende grøft/regnbed i den ene side af vejen	40 cm	8 : 1	Villavej, ca. 700 køretøjer pr døgn	RG590 Vækstmuld (blanding 4) *	Diverse præfabrikerede "plantemåtter"

\* Overholder anbefalingerne som nævnt i /11/.

type samt i sammensætningen af filterjorden.

Gennem partnerskabet "Vand i Byer" og innovationskonsortiet "Byer i Vandbalance" er grøfterne ved Syddansk Universitet i Odense samt vejbedene i Brønshøj og Brøndby monitoreret med henblik på dokumentation af bl.a. renseseffekt. Fra disse anlæg er der således gennem de sidste par år opsamlet en række vandprøver fra ind- og udløb i forbindelse med regn.

Måleparametrene for de enkelte projekter er valgt ud fra litteraturoplysninger om vejvands forureningsprofil samt budgetvilkår. Der er i alle tilfælde analyseret for en række basisparametre, herunder pH, elektrisk ledningsevne, suspenderede stoffer, næringsstoffer (fosfor og kvælstof) og opløst organisk stof (DOC), samt i større eller mindre grad for tungmetaller, PAH'er, pesticider og andre organiske mikroforureninger.

I tabel 2 er resultaterne for udvalgte parametre sammenstillet. Helt generelt for alle tre lokaliteter kan det konstateres, at indløbskoncentrationerne af samtlige tungmetaller er så lave, at det ikke er statistisk muligt at demonstrere en egentlig renseseffekt. Det samme gør sig gældende for de få målinger af organiske mikroforureninger, der er foretaget. Dvs. at

de målte udløbskoncentrationer stort set ligger i samme lave størrelsesorden som indløbskoncentrationerne. Det er naturligvis positivt, at der tilsyneladende ikke afvaskes problematisk forurening fra disse lavt trafikerede villaveje og P-arealer, men set ud fra det store behov for dokumentation af renseløsningen er det ærgerligt.

Der findes ingen specifikke krav til regnvand, der skal nedslives, men grundvandskvalitetskriteriet og drikkevandskriteriet kan ses som retningsgivende. Af tabel 2 ses, at bly og fosfor overskrider kriterierne, og at spredningen på data i flere tilfælde bliver større efter passage af filterjord.

Målingerne har desuden bekræftet at jorden beriger vandet med opløst organisk stof (DOC), og dermed også fosfor, på dets vej gennem jorden (se Tabel 2). Ved at sammenligne variationen på de lave tungmetalkoncentrationer i udløbet med variationen i DOC ses også en tydelig sammenhæng, hvilket igen understreger vigtigheden af at kontrollere lækage af organisk stof.

### Tilsætning af egen vejvandscocktail

For at imødegå problematikken med de lave indløbskoncentrationer er der på et enkelt

vejbed på Møllebakken udført en test med tilsætning af en "hjemmelavet" vejvandsliggende opløsning til indløbet og prøvetagning af gennemdrypsvandet. Opløsningen indeholdt udvalgte metaller, detergenter, pesticider og PAH'er i høje, men, ifølge den internationale litteratur, stadig realistiske koncentrationer.

Resultaterne viser at filterjorden rens vandet effektivt og udløbskoncentrationerne ligger for de fleste stoffers vedkommende i samme interval som udløbskoncentrationerne vist i tabel 2. Det skal nævnes at tilsat kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) og to af de tilsatte pesticider (methylchlorprop og MCPA) slap igennem i fortsat høje koncentrationer. Krom optræder sandsynligvis kun i begrænset form som kromat i vejvand, og for de to pesticider fandt der en betydelig reduktion sted, hvorfor dette resultat ikke rækker ved det overordnede billede. Det kan være relevant i fremtiden at gentage dette forsøg på det samme vejbed samt at udføre tilsvarende på andre filterjordsfaciliteter for at dokumentere rensesevnen.

### Fremtid og forbedringspotentialer

Filterjord anvendt i regnbede, vejbede og grøfter er et godt skridt i retning af beskyt-

Tabel 2. Målinger af vejvand fra Krogebjerg, gennemdrypsvand (perkolat) fra vejbede i Møllebakken og Lindevang (vist samlet) samt af indløbsvand og perkolat fra nedslivningsgrøfter ved Syddansk Universitet. Koncentrationer er angivet både som gennemsnit og 90% fraktilen af datasættet (dvs. 90% af prøverne er under den anførte værdi).

Kemisk parameter	Krogebjerg* vejvand (n = 10)		Møllebakken og Lindevang (n=19)		Syddansk Universitet				Grænseværdier*
	Gn.snit	90% frak.	Gn.snit	90% frak.	Indløb (n=12)		Udløb (n=24)		
Pb [µg/L]									
Tot	2,43	3,20	0,83	1,22	1,8	2,4	1,8	3,8	1
Opløst	0,05	0,05	0,51	0,50	0,6	0,5	0,6	0,7	
Cu [µg/L]									
Tot	12	17	7,75	9,48	7,2	8,2	6,8	11	100
Opløst	6,2	8,9	5,55	8,02	5,1	6,4	5,5	9,5	
Zn [µg/L]									
Total	28	44	6,76	9,12	26	42	12	25	100
Opløst	12	23	5,32	5,0	18	22	6,0	10	
Sum 10 PAH'er [µg/L]	0,2	0,5	0,04	0,11	-	-	-	-	0,1
Organisk materiale (DOC) [mg/L]	12	25	5,9	7,6	4,3	8	8,2	13	-
P [mg/L]									
Total	0,12	0,17	0,21	0,29	0,07	0,10	0,23	0,41	
Opløst	0,03	0,05	0,18	0,29	0,03	0,05	0,14	0,28	0,15

\* Værdierne for Indløb til Møllebakken og Lindevang stammer fra vejvand fra vejen Krogebjerg i Brønshøj, udtaget i samme periode.

\*\*Disse er vejledende, da der ikke findes specifikke krav til kvalitet af regnafstrømning, der ønskes nedslivet. For metaller og PAH'er er anført grundvandskvalitetskriteriet /9/ og for P drikkevandskvalitetskrav /10/.

telse af grundvandet ved lokal håndtering af regnafstrømning. Selvom vi ikke er helt i mål med dokumentationen, og der stadig er behov for bedre kontrol af lækagen af organisk stof, er der på baggrund af de tyske retningslinjer og de hidtidige nationale erfaringer beskrevet i denne artikel nedfældet en række anbefalinger til sammensætning og anvendelse af filterjord i Danmark /11/.

Den observerede dobbeltsidede effekt af jordens organiske materiale er ny viden i denne sammenhæng, som ikke har været i fokus i vore nabolande. Vi må derfor se på mulighederne for at forbedre filterjordens sammensætning så udvaskning af organisk stof kan kontrolleres. Der findes heldigvis flere håndtag at skruer på. I første omgang er der under Miljøministeriets Program for Grøn Teknologi igangsat et projekt (2014-2015) om udvikling af et sandprodukt, ALCOsand, der via en coating med aluminiumoxider forventes at binde og stabilisere organisk stof, fosfor og tungmetaller.

Fremover bør der desuden skeles mere til filterjordens egenskaber som vækstmedium, både i forhold til æstetik og drift af planter.

#### Referencer:

/1/ Ingvertsen, S.T., Jensen, M.B. and Magid, J. 2011: A minimum data set of water quality parameters to

assess and compare treatment efficiency of storm-water facilities. Journal of Environmental Quality, 40(5):1488-502

/2/ Standard DWA-A 138E. 2005: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser, und Abfall, German Association for Water, Wastewater and Waste, Hennef, Germany.

/3/ Cederkvist, K. og Ingvertsen, S.T. 2015: Filterjord – en metode til håndtering af vejvand. Vidensblad Skov og Landskab, Park og Landskab, Blad nr. 07.03-03, 27. maj 2015.

/4/ Ingvertsen, S.T., Cederkvist, K., Jensen, M.B. and Magid, J. (2012): Assessment of existing roadside swales with engineered filter soil. Part II. Treatment efficiency and in-situ mobilisation in soil columns. Journal of Environmental Quality.

/5/ Ingvertsen, S.T., Cederkvist, K., Régent, Y., Sommer, H., Magid, J. and Jensen, M.B. (2012): Assessment of existing roadside swales with engineered filter soil. Part I. Characterisation and lifetime expectancy. Journal of Environmental Quality.

/6/ Miljøministeriet (2010): Genanvendelsesbekendtgørelsen. BEK nr 1662 af 21/12/2010.

/7/ Davis, A.P., Shokouhian, M., Sharma, H. and Minami, C. (2006): Water Quality Improvement through Bioretention Media: Nitrogen and Phosphorus Removal. Water Environmental Research 78 (3): 284-293.

/8/ Hinman, C. (2012). Low impact development technical guidance manual for Puget Sound. Washington

State University Pierce County Extension and Puget Sound Partnership, Puyallup, WA, USA

/9/ Miljøstyrelsen (2014): Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand

/10/ Miljøministeriet (2014): Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, BEK nr 292 26/03/2014

/11/ Ingvertsen, S., Cederkvist, K. og Jensen, M.B. 2015: Sammensætning og anvendelse af filterjord. Vidensblad Skov og Landskab, Park og Landskab, Blad nr. 07.03-06, 27. maj 2015.

SIMON TOFT INGVERTSEN. EnviDan A/S. sti@envidan.dk

KARIN CEDERKVIST. Institut for Plante- og Miljøvidenskab Københavns Universitet. karince@plen.ku.dk

MARINA BERGEN JENSEN. Københavns Universitet. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning. mbj@ign.ku.dk