

VEJLEDNING TIL KONSTRUKTION AF **MINIVÅDOMRÅDER MED FILTERMATRICE**



Baggrund

Denne vejledning er en teknisk vejledning, der beskriver krav og anbefalinger til etablering og konstruktion af minivådområder med filtermatrice, herefter benævnt filtermatricer.

Vejledningen tager udgangspunkt i "Minivådområdeordningen 2019. Etablering af åbne minivådområder og minivådområder med filtermatrice. Version 2, Marts 2019"/1/, samt vejledningen "Fagligt grundlag og retningslinjer for etablering af konstruerede matriceminivådområder" /2/.

Formålet med en filtermatrice er, at rense drænvand for kvælstof inden det ledes videre ud i vandmiljøet. Filtermatricen virker ved, at nitrat (N) fra drænvand omdannes til frit kvælstofgas, via mikrobiel denitrifikation /3/. Fosfor (P) kan tilbageholdes ved sedimentation af partikulært bundet fosfor /3/. Filtermatricer er meget arealeffektive virkemidler og med de kriterier for dimensionering og konstruktion har filtermatricerne en gennemsnitlig kvælstofreduktions-effektivitet på 50% /4,5,6,7/.

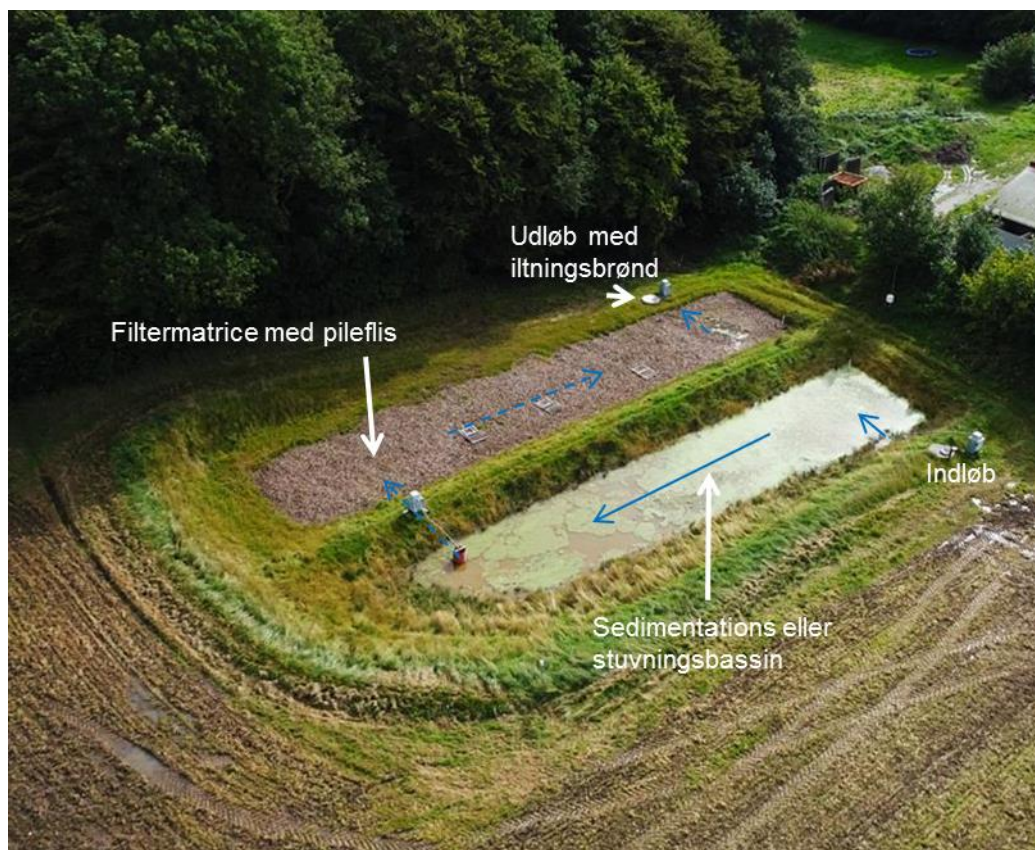
De danske erfaringer med filtermatricer af den type der er godkendt pr. 1/1-2019 under den kollektive ordning beror på resultaterne fra det strategiske forskningsrådsprojekt SupremeTech (<http://supremetech.dk/>) og GUDP-projektet iDRÆN (<http://idraen.dk/>). De første filtermatriceanlæg af denne type blev etableret i 2012, og der foreligger således i regi af Supreme-Tech og iDRÆN-projekterne pr. 1/1-2019 6 års erfaring med anvendelse af filtermatricer til rensning af drænvand. Der foregår på SupremeTech og iDRÆN-anlæggene fortsat monitoring således at der opnås en viden om virkemidlernes langtidseffekt.

Charlotte Kjærgaard
Chefforsker, SEGES

1. Konstruktion af minivådområde med filtermatrice

Et minivådområde med filtermatrice kan have forskellig udformning /2/, men består overordnet af tre hovedelementer (Figur 1):

- I. Indløb med enten sedimentationsbassin/brønd eller stuvningsbassin
- II. Filtermatrice med pileflis
- III. Udløb med iltningsanlæg



Figur 1. Principskitse der viser elementerne i et minivådområde med filtermatrice bestående af indløb med sedimentations og stuvningsbassin, efterfulgt af filtermatrice med pileflis, og udløb via iltningsbrønd. De blå pile viser vandets strømningsvej igennem minivådområdet. Dronefoto: SEGES

Der gælder følgende generelle arealkrav for etablering af minivådområde med filtermatrice:

- På arealer der i henhold til potentialekort for minivådområder er klassificeret som "egnede" /8/ kan der etableres filtermatrice med enten sedimentationsbassin eller stuvningsbassin. Sedimentationsbassinet kan erstattes af en sedimentationsbrønd. Minivådområder med filtermatrice på egnede arealer skal ikke etableres med lermembran.
- På arealer der i henhold til potentialekort for minivådområder er klassificeret som "potentielt egnede" /8/ er der krav om etablering af et minivådområde med stuvningsbassin, der som minimum skal være samme størrelse som filtermatricen. Minivådområder med filtermatrice på potentielt egnede arealer skal anlægges med lermembran.

I. Indløb med sedimentationsbassin/brønd eller stuvningsbassin

I dette afsnit beskrives de elementer, der indgår i indløbsdelen samt forbassin til en filtermatrice. Endvidere beskrives hvilke kriterier, der ligger til grund for valg af typen af forbassin herunder sedimentationsbassin, stuvningsbassin eller en sedimentationsbrønd.

Fordelerbrønd med omløbsdræn

Der er ved etablering af filtermatriceanlæg krav om, at der anlægges et omløbsdræn (by-pass dræn), der kan lede drænvandet uden om filtermatricen i sommermånederne. Dette skyldes negative afledte effekter, når temperaturen er høj samtidig med at vandføring er lav.

Omløbsdrænet kan anlægges på to måder (Fig. 2):

- I. Omløbsdrænet kan anlægges ved at etablere en fordelerbrønd i hovedledningen inden drænvandet ledes ind i sedimentations- eller stuvningsbassin.
- II. Omløbsdrænet kan anlægges ved at etablere en fordelerbrønd i rørledningen mellem sedimentations-/stuvningsbassin og filtermatrice.



Figur 2. Placering af omløbsdrænet før sedimentations/stuvningsbassin (I) eller mellem sedimentations/stuvningsbassin og filtermatrice (II). <http://idraen.dk/>

Da omløbsdrænet skal fungere i sommermånederne (juni-august), hvor drænvandet skal ledes uden om filtermatricen, er det meget afgørende at der laves en løsning, hvor lodsejer nemt kan ændre drænløbet så evt. drænvand ledes i omløbsdrænet uden om filtermatricen. Fordelen ved (II) vil være, at der stadig foregår en fjernelse af kvælstof- og fosfor i sedimentations-/stuvningsbassinet i sommerperioden. Denne er dog kvantitativt af meget begrænset betydning på de fleste lokaliteter i forhold til den årlige opgørelse. Valget mellem de to løsninger for placering af omløbsdrænet må derfor bero på de lokale forhold og det eksisterende drænsystem.

Der kan anlægges forskellige typer af fordelerbrønde, der blot skal have den funktion, at der kan spærres for tilløb til filtermatricen i månederne juni-august. I den øvrige del af året skal alt

drænvand ledes til filtermatricen, og omløbet må således ikke lede vand. Dog kan omløbsdrænet anvendes som nødoverløb, der kan aktiviteres i tilfælde af ekstreme afstrømningshændelser.

Eksempler på to typer af fordelerbrønde med omløbsdræn (Figur 3):

- Fordelerbrønd med omløbsdræn via rørbøjning (Figur 3a). Ved hjælp af en rørbøjning etableres en spærring til omløbsdrænet. Kote på rørbøjningens øvre kant definerer den kote, hvor nødoverløbet aktiveres ved ekstreme afstrømningshændelser. I sommerperioden (juni-august) afmonteres rørbøjningen, så omløbsdrænet opnår den laveste udløbskote, og afstrømningen via omløbsdrænet aktiveres. Samtidig spærres tilløbet til filtermatricen ved at påmontere spærring på denne.
- Fordelerbrønd med svinerygsplanker (Figur 3b). Ved hjælp af svinerygsplanker etableres en spærring til omløbsdrænet. Kote på den øverste planke definerer den kote, hvor nødoverløbet aktiveres ved ekstreme afstrømningshændelser. I sommerperioden (juni-august) flyttes denne spærring til filtermatricen, således at drænvandet afstrømmer via omløbsdrænet, og tilløbet til filtermatricen spærres.

Omløbsdræn samt rørledning til sedimentationsbassin/stuvningsbassin skal have samme rørdiameter som hovedledningen.

Hvis der i forbindelse med etablering af minivådområdet omlægges eller løftes dræn til indløb, skal dræn lægges i lige linje med fald på min. 3 ‰, der tilstræbes at være over 5 ‰ fald for at sikre en vandhastighed, der gør rørene selvrensende, jf. gældende normer for dræningsarbejder.



Figur 3. Foto af to typer fordelerbrønde med omløbsdræn (by-pass) etableret med hhv. rørbøjning (a) og med svinerygsplanker (b). Foto: Charlotte Kjærgaard.

Sikkerhed: Ved etablering af brønde er det afgørende at være opmærksom på sikkerheden. Brønde der kræver at monteringsarbejdet foregår nede i brønden bør have en bredde, der muliggør at en voksen mand kan være i brønden. Dybe brønde bør endvidere altid have monteret en stige, så det er muligt at komme op ved egen hjælp. Fordelerbrønde med svinerygsplanker kan med fordel etableres med et træk-slip system, hvor plankerne kan trækkes op og monteres fra terræn. Dæksler på brønde skal have en tyngde eller være aflåst, så de ikke kan åbnes af børn.

Sedimentationsbassin

Sedimentationsbassinet har som primær funktion at tilbageholde sediment og partikulært bundet fosfor i drænvandet /3/.

- Sedimentationsbassinet etableres med fast indløbs- og udløbskote, således at vandspejlet ved afstrømning altid er i en fast vandspejlskote.
- Sedimentationsbassinets areal skal være på minimum 20 procent af filtermatricens areal.
- Sedimentationsbassinet etableres med en vanddybde på 1 meter til maksimalt 1,5 meter. Vanddybden fastsættes som koteforskellen mellem udløbsdrænets nedre rørkote og sedimentationsbassinets bund. Det anbefales, at sedimentationsbassinet kun etableres med en vanddybde på 1 meter, hvis der er risiko for grundvandsindtrængning. Det er meget væsentligt, at sedimentationsbassinet ikke graves så dybt, at der på den konkrete lokalitet sker en indtrængning af grundvand. Grundvandsindtrængning skal undgås, da filtermatricen ikke er dimensioneret til at kunne håndtere større hydrauliske belastninger i form af grundvand fra et evt større opland.
- Der er krav om, at faldhøjden på drænindløbet etableres, så der ikke stuves vand bagud i drænsystemet. Der er ikke krav om at drænindløbet skal være fritløbende, og et indløbsdræn kan således være neddykket.
- Det er væsentligt, at sikre længst mulig opholdstid i sedimentationsbassinet. Dette opnås ved at etablere størst mulig afstand mellem indløbs- og udløbsdræn (se eks. figur 4-6).
- Drænindløbet i sedimentationsbassinet kan sikres mod erosion ved etablering af stensætning omkring drænindløbet.
- Ved etablering af sedimentationsbassin på arealer klassificeret som potentielt egnede arealer, skal der etableres en lermembran i bunden af sedimentationsbassinet. På arealer klassificeret som egnede arealer er der ikke behov for etablering af lermembran.
- Sedimentationsbassinet skal etableres, så der er nem adgang til oprensning af sediment ifm. vedligeholdelse.

Stuvningsbassin

Stuvningsbassinet har ud over at tilbageholde sediment og partikelbundet fosfor, som funktion at bidrage til at forsinke/udjævne vandføringen ved periodisk store drænafstrømninger. Stuvningsbassinet skal således give mulighed for, at vandspejlskoten kan stige, når der forekommer periodisk store drænafstrømningshændelser, og falde igen når vandføringen aftager (Figur 4, 5 og 6).

- Stuvningsbassinet etableres med fast indløb men variabel udløbskote. Vandstanden kan reguleres ved hjælp af et vertikalt stillet rør i udløbet fra stuvningsbassinet (Figur 4). Røret skal være opslidset i hele rørlængden, men det opslidsede areal skal samlet have et mindre åbent areal end indløbsdrænets diameter. Toppen af røret udgør den maksimale vandspejlskote, der kan etableres på den konkrete lokalitet, og her skal rørdiameteren være minimum samme diameter som diameteren på indløbsdrænet.



Figur 4. Foto af nyetableret stuvningsbassin til en filtermatrice. Foto viser stuvningsbassinet ved lav vandstand. Stuvningsbassinet er etableret frit drænindløb (bagerst th). Udløbet sker via det vertikalt opslidsede stuvningsrør (forrest tv). Drænvandet siver gennem det opslidsede stuvningsrør til et vinklet udløbsrør, der via et horisontalt rør (ses som rørføringen under vandspejlet) leder vandet til fordelerdrænet i filtermatricen. Vandspejlet kan her stige 0,5 m mellem laveste og højeste vandkote. Stuvningsbassinet er konstrueret med længst mulig afstand mellem ind- og udløb. <http://idraen.dk/> Foto: Charlotte Kjærgaard.



Figur 5. Foto af nyetableret stuvningsbassin til en filtermatrice. Foto viser stuvningsbassinet ved lav vandstand med horisontal rørføring til filtermatricen (yderst tv). <http://idraen.dk/> Foto: Charlotte Kjærgaard.

- Stuvningsbassinet skal på "potentielt egnede" arealer have minimum samme størrelse som filtermatricen. På "egnede" arealer skal stuvningsbassinets areal være på minimum 20 procent af filtermatricens areal.
- Stuvningsbassinet etableres med en vanddybde på 1 meter til maksimalt 1,5 meter. Vanddybden fastsættes som koteforskellen mellem udløbsdrænets nedre rørkote og stuvningsbassinets bund. Det anbefales, at stuvningsbassinet etableres med en vanddybde på kun 1 meter, hvis der er risiko for grundvandsindtrængning. Det er meget væsentligt, at stuvningsbassinet ikke graves så dybt, at der på den konkrete lokalitet sker en indtrængning af grundvand. Grundvandsindtrængning skal undgås, da filtermatricen ikke er dimensioneret til at kunne håndtere større hydrauliske belastninger i form af grundvand fra et evt større opland.
- Der er krav om at faldhøjden på drænindløbet etableres, så der ikke stuves vand bagud i drænsystemet. Der er ikke krav om at drænindløbet skal være fritløbende, og et indløbsdræn kan således være neddykket. Dette kan udnyttes til at opnå større kortvarige vandstuvninger, blot det ikke giver anledning til vandstuvning længere bagud i drænsystemet jf. krav beskrevet i bilag. Der forudsættes således at den nedre drænkote i hele drænoplanet ligger i højere kote end den maksimale stuvningskote.
- Det er væsentligt, at sikre længst mulig opholdstid i stuvningsbassinet. Dette opnås ved at etablere størst mulig afstand mellem indløbs- og udløbsdræn (se eks fig. 4-6).
- Ved drænindløbet i stuvningsbassinet kan der sikres mod erosion ved etablering af stensætning omkring drænindløbet (se eks fig. 4-5).
- Ved etablering af stuvningsbassin på arealer klassificeret som potentielt egnede arealer, skal der etableres en lermembran i bunden af sedimentationsbassinet. På arealer klassificeret som egnede arealer er der ikke behov for etablering af lermembran.
- Stuvningsbassinet skal etableres, så der er nem adgang til oprensning af sediment ifm. vedligeholdelse.



Figur 6. Foto af stuvningsbassin før filtermatrice. Foto viser frit drænindløb til stuvningsbassin (forrest tv), og bagerst det vertikalt opslidsede stuvningsrør med en horisontal rørføring til fordelerrøret (bagerst th). Stuvningsbassinet ses her ved høj vandstand.

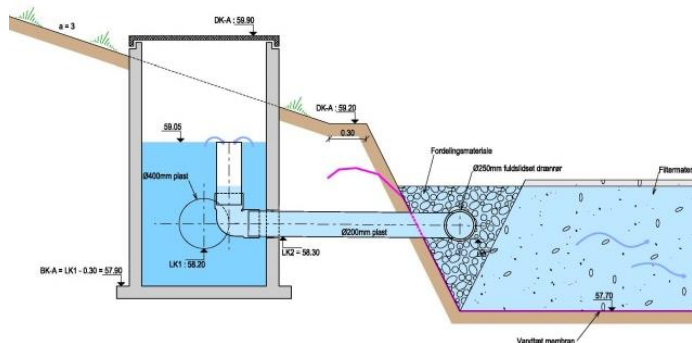
<http://idraen.dk/>

Foto: Charlotte Kjærgaard.

Sedimentationsbrønd

På egnede lokaliteter kan sedimentationsbassinet erstattes af en sedimentationsbrønd. Typisk vil man vælge en sedimentationsbrønd på lokaliteter, hvor der ikke forekommer sandtransport eller større mængder sediment i dræn. På lokaliteter med stor sand(sedimenttransport, fx lokaliteter med flydesand, bør der vælges at etablere sedimentations-/stuvningsbassin.

- Sedimentationsbrønden kan etableres som en del af fordelerbrønden, eller som en selvstændig brønd efter fordelerbrønden.



Figur 7. Sedimentationsbrønd hvor indløb til matricen er lavet med vinkelret rørbojning. Rørføringen fra brønd til matrice kan også være skråtsillet opad. Formålet er at minimere sedimenttransporten

Kriterier for valg af sedimentationsbassin, stuvningsbassin eller brønd?

Der gælder følgende kriterier for valg af forbassin (Tabel1).

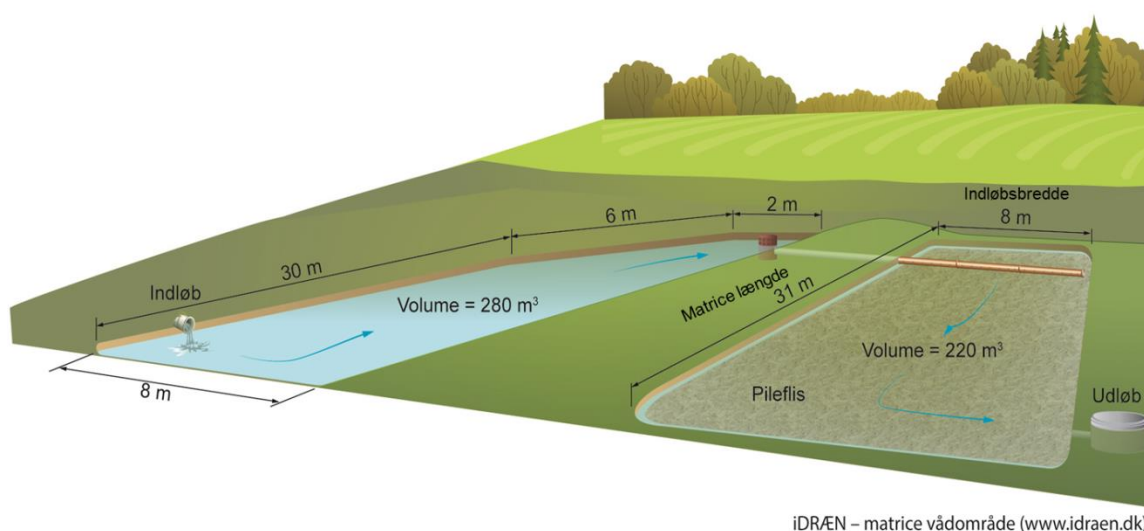
Tabel 1. Kriterier for valg af forbassin

Areal	Type	Kriterie	Dimension
Potentielt egnede	Stuvningsbassin	Krav jf. bekendtgørelsen	Stuvningsbassin samme størrelse som filtermatrice
Egnede	Sedimentationsbassin	Nødvendigt hvis der er betydelig sedimenttransport i dræn	Minimum 20% af filtermatricen
	Stuvningsbassin	Kan være en løsning, hvis der er usikkerhed på vandmængder /afgrænsning af opland	Minimum 20% af filtermatricen (se effekt af størrelse i senere afsnit).
	Sedimentationsbrønd	Begrænset / ingen sedimenttransport	Ingen krav. Tjek dog krav til sikkerhed

II. Filtermatrice med horizontal-vertikal strømning

Tilledning af drænvand til filtermatricen

Tilledningen af drænvand fra sedimentationsbassin/brønd eller stuvningsbassin afhænger som udgangspunkt af hvilken filtermatrice-løsning der vælges. Denne vejledning tager udgangspunkt i, at der etableres en filtermatrice med kombineret horizontal-vertikal strømning (Figur 8), da denne løsning optimerer hydrauliske kapacitet og kvælstofomsætning /4, 7/.



iDRÆN – matrice vådområde (www.idraen.dk)

Figur 8. Principskitse af filtermatrice med sedimentations/stuvningsbassin. Drænvandet ledes fra sedimentations/stuvningsbassin til filtermatricen her via én horisontal rørføring over i ét fordelerrør. Fordelerrøret er fuldslidset i hele filtermatricens indløbsbredde og lukket i enden. Fordelerrøret sikrer dermed en ensartet fordeling af drænvand over hele matricens indløbsbredde. Skitse fra <http://idraen.dk/> /7/.

- Drænvandet fra sedimentationsbassin eller stuvningsbassin ledes til filtermatricen via en rørføring. Udløbet fra sedimentations/stuvningsbassin bør laves som et vinklet, dykket udløb for at undgå tilførsel af blade, biomasse og sediment til filtermatricen. Røret føres horisontalt ind i den øverste del af filtermatricen i hele matricebassinets bredde (Figur 8).
- Rørføringen skal fungere som fordelerrør, og skal være et fast rør, der er fuldslidset i hele filtermatricens indløbsbredde. Diameteren skal være minimum samme diameter som indløbsdrænet. Fordelerrøret skal enten være lukket i enden, således at vandet kun siver ud via slidserne. Alternativt kan fordelerrøret kobles til en rensebrønd i kanten af skråningsanlægget eller et skråtstillet renserør (ikke perforeret), hvor åbningen trækkes ud i skråningsanlægget (Figur 9). Renserøret bruges til at spule røret rent for sediment, hvis dette skulle vise sig nødvendigt.
- Fordelerrøret kan være udformet som en enkel horisontal rørføring (Figur 8 og 9) eller et T-stykke. Det er væsentligt at drænvandet fordeles over hele filtermatricens indløbsbredde.
- Fordelerrøret kan placeres i en indløbsmaskine bestående af grovkornet mineralsk materiale fx i form af ærtesten (8/16 mm) eller lignende (Figur 11). Fordelerrøret kan også placeres direkte på flis-matricen (Figur 9), hvor den efterfølgende dækkes af flis. Ved

placering af fordelerrør direkte på flisen, skal der tages hensyn til, at flisen over tid vil sætte sig/omsættes, og der skal kunne tilføres ny flis under fordelerrøret.



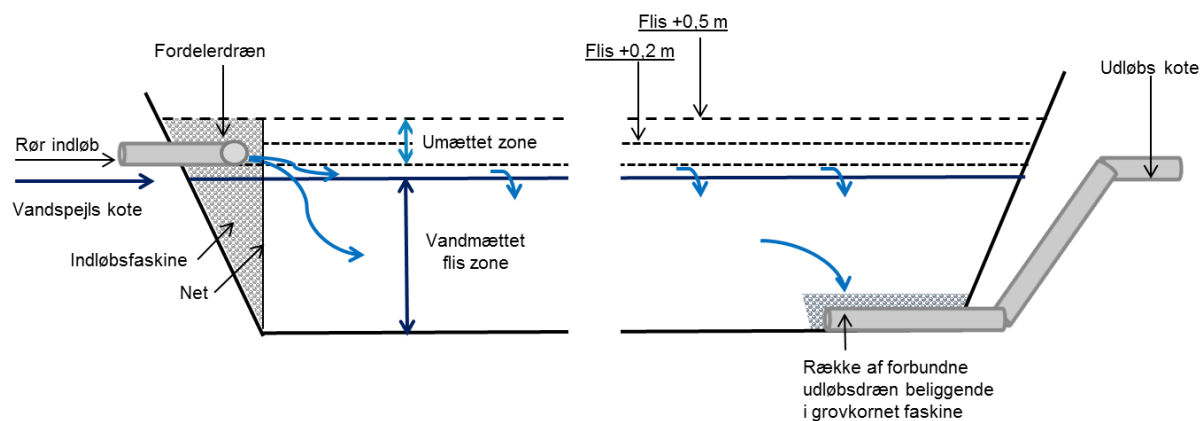
Figur 9. Foto af filtermatrice før udlægning af den umættede flis-zone. Fordelerrøret ses her beliggende direkte på flislaget. Fordelerrøret har her perforeringer hele filtermatricens indløbsbredde og er lukket i enden. Det anbefales dog at at fordelerrøret har en større fladedækkende opslidsning end det ses på dette foto, og tilsvarende anbefales tilkobling til et renserør, der giver mulighed for at rense/spule fordelerrøret. Fordelerrørets funktion er at sikre en ensartet fordeling af drænvand over hele matricens indløbsbredde. <http://idraen.dk/>. Foto: Charlotte Kjærgaard.



Figur 10. Foto af filtermatrice før udlægning af den umættede flis-zone. Fordelerrøret ses beliggende på toppen af flisen bagerst. Forrest ses en vinklet nødoverfløbsrør (ikke perforeret) der i tilfælde af behov for nødoverløb leder vandet direkte til iltningsbrønden. <http://idraen.dk/>. Foto: Charlotte Kjærgaard.

Filtermatrice

- Det er et krav, at filtermatricen skal dimensioneres så størrelsesforholdet mellem filtermatrice og drænopland er indenfor rammerne af forholdet 0,2:100 til 0,25:100. Drænoplandet skal være på minimum 20 ha.
- Det er et krav at filtermatricen etableres med pileflis med en kornstørrelse på mellem 4-60 mm, hvoraf minimum 50% skal være mellem 20-50 mm. Bemærk at det pt kun er pileflis der er godkendt til filtermatrice-anlæg.
- Det er et krav, at filtermatricen etableres med én vanddybde på mellem 1 meter og 1,5 meter. Vanddybden fastsættes som koteforskellen mellem udløbsdrænets nedre rørkote og nedre kote for flislaget (Figur 11). Det anbefales, at filtermatricen kun etableres med én vanddybde på 1 meter, hvis der er risiko for grundvandsindtrængning. Det er meget væsentligt, at filtermatrice ikke graves så dybt, at der på den konkrete lokalitet sker en indtrængning af grundvand. Grundvandsindtrængning skal undgås, da filtermatricen ikke er dimensioneret til at kunne håndtere større hydrauliske belastninger i form af grundvand fra et evt større opland.



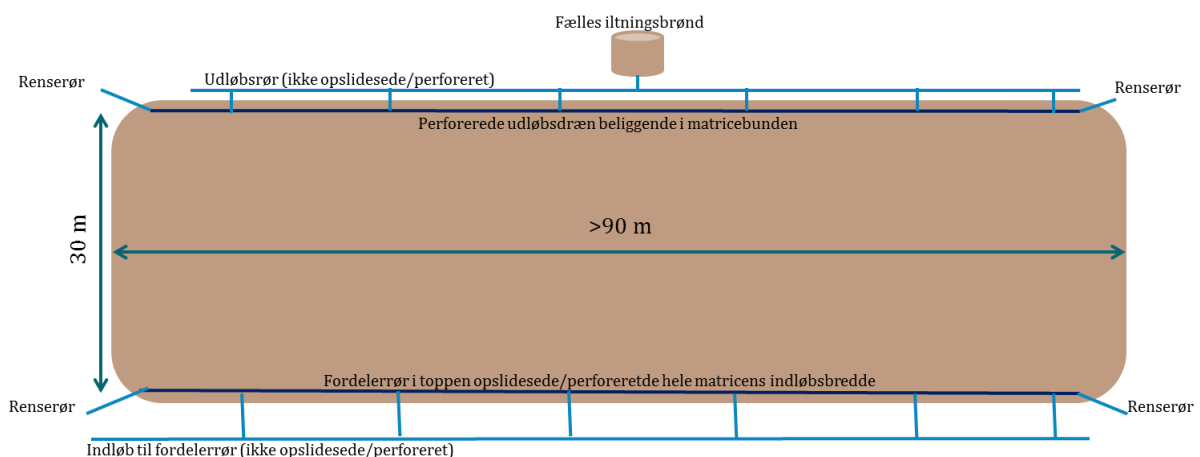
Figur 11. Principskitse af filtermatrice med horisontal-vertikal strømning. Indløbsrøret føres til fordelerdrenet der er placeret i en indløbsfaskine. Udløbet er placeret som en samling parallelle dræn beliggende i en udløbsfaskine. Ind- og udløbsfaskiner kan bestå af et grovkornet mineralsk materiale fx ærtesten 8/16 mm, og adskilles fra flismatricen ved et grovmasket net. Vandspejlet der angiver den øvre grænse for den permanent vandmættede flis-zone er bestemt af den nedre udløbsrørkote. Den umættede zones nedre grænse er bestemt af fordelerrørets nedre rørkote. Flislaget i den umættede zone skal ved etablering være 0,5 m, og skal i vedligeholdelsesperioden minimum 0,2 m.

- Det er et krav, at filtermatricen etableres med en målestok med cm angivelse i forhold til bundkoten, således at flishøjden løbende kan aflæses og kontrolleres.
- Det er et krav at filtermatricen over den vandmættede zone etableres med ét umættet flislag, der ved tidspunktet for afsyning skal være på minimum 0,5 meter. Det umættede flislag må i opretholdelsesperioden ikke komme under 0,2 meter. Dette gøres i praksis ved at etablere 0,5 meter flis over indløbsdrænets nedre rørkote (Figur 11). I opretholdelsesperioden aflæses flishøjden på målestokken, og der tilføres ny flis oven på det gamle flis, hvis flishøjden over indløbsdrænets nedre rørkote kommer under 0,2 m.

- Filtermatricen kan evt. opblandes med max 50% muslingeskaller eller LECA-nødder, eller en kombination af disse. Dette anbefales dog ikke, da en omsætning af flisen over tid vil bevirke at den nedre del af flis-matricen i så fald vil blive relativt beriget på mineralsk materiale. Dette kan medføre krav om opgravning og tilførsel af ny flis.

Der er ingen specifikke krav til længde:bredde-forholdet af filtermatricen, men det er et krav at vandet fordeles så det kan strømme ensartet over hele filtermatricens volumen. Ved dimensionering af filtermatricen skal der tages hensyn til at det skal være muligt at tilføre flis over hele filtermatricens overflade, og dette sætter grænsen for den maksimale bredde. Umiddelbart anbefales derfor filtermatricer med maks bredde på 30 m, men der bør altid sikres aftale med leverandør af flis.

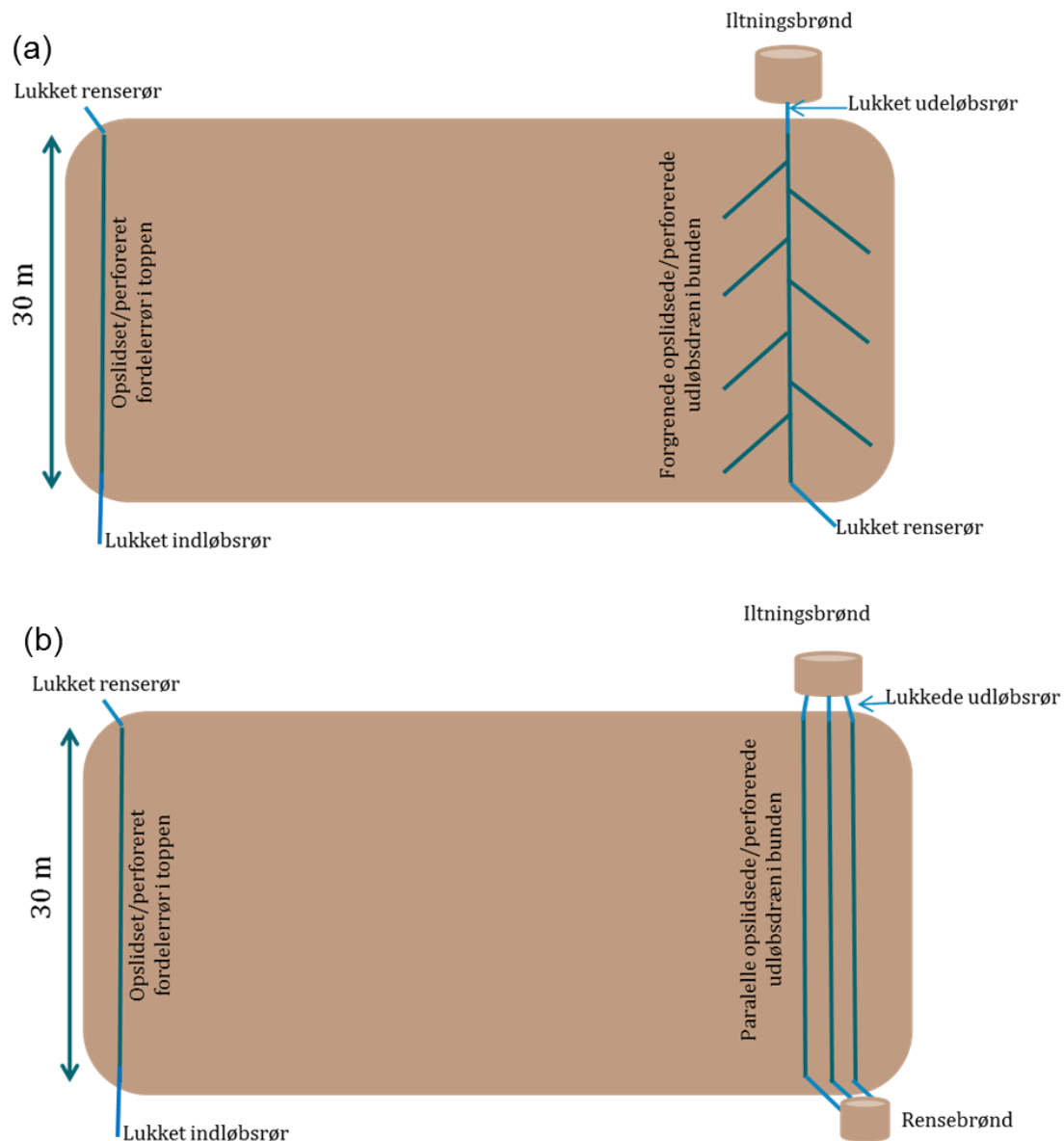
Ved etablering af filtermatricer med en bredde på 30 m, og længde >30 m kan ind- og udløb laves på den længste dimension, således at strømmingen foregår på tværs af den korteste dimension (Figur 12). I denne løsning tildeles drænvandet via flere indløbsrør til det opslidsede fordelerrør, der sikrer at vandet tildeles over hele indløbsbredden, og tilsvarende opsamles vandet ved bunden i udløbssiden over hele udløbsbredden. Denne løsning kan anvendes på alle filtermatricer, når længden >30 m, men anbefales altid når længde:bredde forholdet ≥ 3 . Ved tildeling af vandet på matricens lange led er det meget væsentligt at sikre nivellering af indløbsdrænet, så vandet tildeles ensartet over hele indløbsbredden.



Figur 12. Eksempel på konstruktion af ind- og udløb i en lang filtermatrice hvor længden er >30 m.

Etablering af udløb fra filtermatricen

- Udløbet etableres med vandudtag i bunden af filtermatricen (Figur 11).
- Udløbet etableres ved enten en forgrening af opslidsede/perforerede drænrør (Figur 13a), en række parallelle opslidsede/perforerede drænrør (Figur 13b) eller et opsamlingsdræn i matricens længderetning med flere rørudløb (Figur 12). Udløbsrørene pakkes/placeres i en faskine af grovkornet mineralsk materiale. Faskine-materialet kan være ærtesten 8/16 mm eller lignende. Drænrørene skal være fuldt dækket af faskinen, og pileflis-matricen adskilt fra faskinen med et grovmasket net (maskestørrelse ca 3×3 mm).



Figur 13. Eksempler på opslidsede/perforede udløbsdræn beliggende i bunden af matricen og etableret som (a) forgrenede udløbsdræn samlet i én hovedledning og et udløb, og (b) parallelle drænrør med hver sit udløb. I begge tilfælde er drænene forbundet med renserør/rensebrønd.

- Udløbsdrænet/drænene samles i et/flere udløbsdræn, der etableres med udløbsrør (ikke opslidsede/perforede) i den fastsatte udløbskote. Udløbskoten angives som den nedre rørkote på udløbsdrænet (Figur 11). Størrelsen på det samlede rørudløb fra filtermatricen skal minimum være samme størrelse som det samlede indløb til anlægget.
- Det anbefales altid at etablere renserør eller rensbrønd i tilslutning til udløbsdrænene, der ligger på bunden af matricen. Dette giver mulighed for at rense udløbsdrænene, hvis de tilstoppes over tid. Skitser af placering af renserør og/eller rensbrønd er vist i figur 12 og 13. Foto af placeringen af iltbrønd og renserør i skråningsanlægget er vist i figur 14.



Figur 14. Foto af iltningsbrønd og det lukkede renserør (orange rør) der begge er placeret i skråningsanlægget. <http://idraen.dk/>. Foto: Charlotte Kjærgaard.

- I matricen udløbsdel kan der etableres et nødoverløb i form af et vinklet drænrør, der tillader afstrømning via nødoverløbet i tilfælde af ekstremhændelser eller hvis udløbsdrænet skulle stoppe midlertidigt (Figur 10 og 14).



Figur 14. Filtermatrice (31 m lang og 8 m bred) med angivelse af indløb i form af tildækket fordelerdren (bagerst på foto) og i udløb via det forgrende opslidsede/perforede udløbsdræn beliggende i 1 m dybde markeret. Udløbsdrænet afvander via en lukket rørføring over en iltningsbrønd, hvor vandet er fritløbende. På foto ses også nødoverløb med kote 10-15 cm over den umættede fliszone, der kan aktiveres i tilfælde af ekstreme nedbørshændelser eller hvis udløbsdrænet midlertidigt tilstoppes. <http://idraen.dk/>. Foto Charlotte Kjærgaard

III. Iltningsanlæg

Der er krav om iltning af vandet fra filtermatricen inden det ledes til recipienten. Ved recipienten forstås i denne sammenhæng det sted, hvor anlægget kobles på det eksisterende vandløbssystem. Iltningen skal foregå ved én af følgende to muligheder:

- i. Vandet fra filtermatricen ledes fritløbende over en iltningsbrønd og minimum 75 meter iltningsskanal bestående af stenudlæg. Afstanden til recipienten skal være minimum 100 meter, eller
 - ii. Vandet fra filtermatricen ledes fritløbende igennem minimum 75 meter iltningsskanal bestående af stenudlæg. Afstanden til recipienten skal være minimum 250 meter
- Etablering af iltningsbrønd anbefales på alle lokaliteter, hvor de topografiske forhold tillader det. Iltningsbrønden bør forsynes med et iltningsmodul i form af en perforeret flade, der øger iltningen (Figur 15). Iltningsbrønden bør endvidere forsynes med et perforeret dæksel, således at iltningen af udløbsvandet øges.



Figur 15. Eksempler på to typer af iltningsbrønde hhv. (a) brønd med en eller flere perforerede plader der øger iltningen af vandet (<http://idraen.dk/>). Bemærk at iltningspladen på det viste foto ikke er stor nok, og en del af vandet passerer forbi første og især anden plade. Der bør derfor anvendes iltningsplader der dækker størstedelen af brønddiameteren, og (b) lodret rør hvor vandet iltes når det plasker ned i bunden af brønden (<http://supremetech.dk>). Det anbefales at anvende iltningsbrønd med flere perforerede plader, hvor første iltningsplade kan etableres lige under rørudløbet som vist på foto (a). Fotos Charlotte Kjærgaard

- Iltningskanalen udformes som en iltningstrappe/ kanal bestående af stenudlæg (Figur 15).



Figur 15. Eksempler på iltningstrapper/kanaler bestående af stenudlæg fra danske minivådområder. Foto viser iltningskanal med meget begrænset hældning (foto øverst tv) eller iltningstrappe med stor faldhøjde på 1 m (foto nederst). I tilfælde med jernholdigt drænvand vil iltningen bidrage til udfældning af okker (orangebelægninger på sten på foto øverst th). Fotos Charlotte Kjærgaard

2. Øvrige krav og anbefalinger

Brinkerne

Brinkerne omfatter alle skråningsanlæg i forbindelse med sedimentationsbassin eller stuvningsanlæg og filtermatricen.

- Skråningsanlæg på ydre diger skal overholde de kommunale godkendelser vedr. sikkerhedsregler for åbne bassiner, at bassinerne opbygges med maks. 30 grader hældning på brinker og bræmmer(diger).
- Brinkerne skal tilsås med græs for at undgå jorderosion. Op til halvdelen af frøblanding kan bestå af blomstrende urter, som er bi- og bestøvervenlige.

Beplantning

Der er ifølge bekendtgørelsen /1/ ikke krav om etablering af vådbundsvegetation på filtermatricen. Det bør i den sammenhæng bemærkes, at der i forbindelse med eksisterende danske filtermatriceanlæg etableret siden 2012 har været et generelt ønske om beplantning af pileflismatricen.

I figur 16 ses Danmarks første forskningsanlæg med filtermatricer fra 2012 i før og efter fremvækst af vådbundsvegetation (foto th). Brønde og kasser er måleudstyr anvendt i forskningsprojektet (<http://supremetech.dk>) .

Hvis pileflismatricen ønskes beplantet bør denne beplantes inden tilførsel af 0,5 m umættet dæklag, da vådbundsvegetationen ellers kan få meget svært ved at etablere sig i den tørre flis. Alternativt kan der etableres planterør før påfyldning af det 0,5 m umættede flis-lag, der tillader vådbundsvegetationen at vokse op gennem den umættede zone. Når planterne er fremvokset kan rørene fjernes. Der er medio februar 2019 ikke afklaring på hvorvidt det vil være muligt at tilplante filtermatricerne på den ene eller anden måde.



Figur 16. Forsøgsanlæg med filtermatricer etableret i 2012 før og efter etablering af vådbundsvegetation. Brønde og kasser er måleudstyr der blev anvendt i forbindelse med forskningsprojektet (<http://supremetech.dk>). Foto: Charlotte Kjærgaard.

Vedligehold

Minivådområdet med filtermatrice skal vedligeholdes i den 10 årige opretholdelsesperiode.

Vedligeholdelsen omfatter:

- Det er et krav at flishøjden på minimum 0,2 m over udløbsdrænets øvre kote opretholdes. Flishøjden kan aflæses på målestokken, og der skal tilføres ny flis, hvis flishøjden kommer under minimumskravet. Flishøjden reduceres som følge af dels sætning, og dels biologisk omsætning. Erfaringer fra de første danske forsøgsanlæg med filtermatricer etableret i 2012 og stadig i funktion, viste en sætning/omsætning på 0,5 m flis efter de første 5 års drift. Der er pr 1/1-2019 ikke viden om langtidseffekter af flismatricer udover de nuværende 6 års dansk erfaring fra SupremeTech og iDRÆN-projekterne /4,5,6,7/. I de første år efter påfyldning af ny flis må det forventes at sætningen er stor, mens denne forventes at aftage over tid. Som et groft estimat kan der altså forventes en årlig sætning/omsætning på op til 10 cm flis /1/.
- Det skal kunne lade sig gøre at fjerne akkumuleret sediment fra sedimentationsbassin/brønd eller stuvningsbassin. Frekvensen af sedimentfjernelse vil afhænge af omfanget af sedimenttransport på lokaliteten.
- Fjernelse af akkumuleret sediment fra stuvningsbassiner på potentielt egnede arealer, hvor der er krav om lermembran, bør ske meget skånsomt, så lermembranen ikke skades ved gravearbejdet.

Etablering af pumpe

Her gælder samme forhold som for minivådområder med overfladestrømning

3. Etablering af minivådområde med filtermatrice

I det følgende beskrives plan og proces for etablering af minivådområde med filtermatrice på lokaliteten. Opgaven omfatter:

1. Afgrænsning af drænopland

- Lokalisering af hoveddræn og udløb for det samlede drænsystem samt evt. øvrige drænudløb.
- Drænoplandet afgrænses til det aktuelt drænede areal og det direkte topografiske opland til dette. På egnede arealer omfatter drænoplandet alene det topografiske opland til den/de marker, der er omfattet af det sammenhængende drænsystem. På potentielt egnede arealer kan det hydrologiske opland være større end det direkte drænopland.
- Ved etablering af filtermatricer er det meget væsentligt, at have en korrekt afgrænsning af drænoplandet.

2. Opmåling af drænkoter på arealet hvor filtermatricen skal anlægges

- Opmåling af nedre indre rørkote på indløbsdræn. Hvis der er begrænset hældning på drænet er det meget væsentligt at få flere målepunkter i drænledningen/brønde opstrøms den planlagte placering af filtermatricen. Det skyldes at trykhøjden kan etableres over en længere drænstrækning.
- Opmåling af nedre indre rørkote på udløbsdræn. Hvis der er begrænset hældning på drænet er det meget væsentligt at få flere målepunkter i drænledningen/brønde nedstrøms den planlagte placering af filtermatricen. Det skyldes at trykhøjden kan etableres over en længere drænstrækning.
- Opmåling af maksimal vandspejlskote hvis drænet afvander til grøft eller vandløb. Det skal være muligt at sikre afvanding, så der ikke er stuvning bagud i drænsystemet.

Hvis drænind- og udløb ikke er fritlagt, skal der graves ned til drænet og laves en opmåling af topkoten. På baggrund af viden om drændiameter og godstykkelser kan den nedre indre rørkote efterfølgende beregnes.

Samtidige målinger af terrænkoter kan endvidere anvendes til at kvalificere mængden af jord der skal afgraves.

3. Fastlægge dimensioner for filtermatrice og sedimentations/stuvningsbassin

Størrelsen af filtermatricen bestemmes af drænoplandsarealet, og dimensioneringen af sedimentationsbassin/stuvningsbassin fastlægges ud fra filtermatricearealet (Tabel 2).

- Overfladearealet af filtermatricen skal udgøre 0,2-0,25% af drænoplandsarealet
- Sedimentationsbassin/stuvningsbassin på "egnede" arealer skal udgøre minimum 20% af filtermatricens areal
- Stuvningsbassin på "potentielt egnede" arealer skal som minimum have samme størrelse som filtermatricen

Tabel 2. Arealkrav til minivådområde med filtermatrice for egnede og potentielt egnede arealer.

Dræn- opland	Areal matrice	Egnet areal		Potentielt egnet areal	
		Sedimentations -bassin [#]	Areal total	Stuvnings-bassin	Areal total
ha	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
20	400	80	480	400	800
40	800	160	960	800	1.600
60	1.200	240	1.440	1.200	2.400
80	1.600	320	1.920	1.600	3.200
100	2.000	400	2.400	2.000	4.000
200	4.000	800	4.800	4.000	8.000

[#] Sedimentationsbassin kan erstattes af en sedimentationsbrønd, hvis der ikke er betydelig sedimenttransport i dræn på lokaliteten

4. Drænkoter

Vurderingen af muligheden for etablering af filtermatrice med sedimentationsbassin/brønd eller et stuvningsbassin foretages på baggrund af de opmålte rørkoter.

Skitsen viser et eksempel på nedre indre rørkoter ved et minivådområde med filtermatrice og sedimentationsbassin (Figur 17).

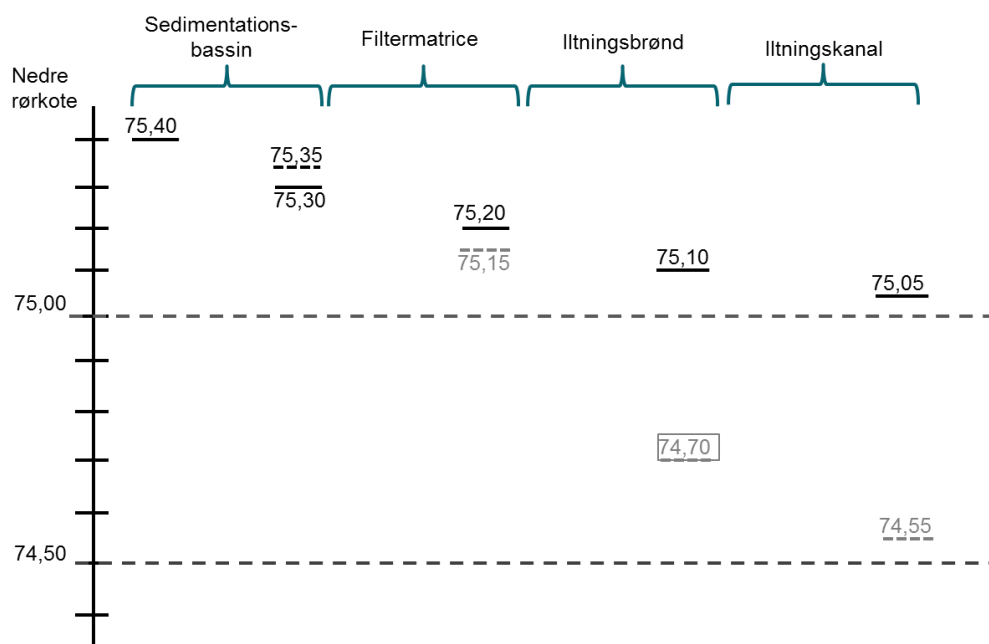
- Der er ifølge vejledningen /1/ krav til at der ikke er stuvning bagud i drænsystemet. Den maksimale vandspejlskote i sedimentations/stuvningsbassinet skal således være lavere end indløbsdrænets nedre rørkote. Drænindløbet er i eksemplet placeret i kote 75,40 og udløbskoten fra sedimentationsbassinet er her sat til kote 75,30. Udløbskoten kunne her øges til kote 75,35, hvis man alternativt øgede trykhøjden på udløbet fra filtermatricen med 0,05 m.
- Hvis der i stedet for et sedimentationsbassin skal etableres et stuvningsbassin bør der være mulighed for at etablere en stuvningshøjde på minimum 0,20 m. Denne stuvningshøjde opgøres som forskellen mellem koten på udløbsrørets nedre opslidsning, og den øvre åbne rørkote på det vinklede udløbsrør
- Udløbskoten fra sedimentationsbassinet vil samtidig være indløbskoten til filtermatricen – her er det fordelerrørets nedre rørkote. For stuvningsbassiner vil udløbskoten fra stuvningsbassin være variabel, hvor min. udløbskoten er bestemt af udløbsrørets nedre opslidsning, og max udløbskoten er bestemt af højden på stuvningsrøret.
- Udløbet fra filtermatricen er placeret i bunden af flisen, men udløbskoten er bestemt af den nedre indre rørkote på rørudløbet til iltningsbrønden (Figur 11) og denne er i eksemplet sat til kote 75,20. Trykhøjden (ΔH) over filtermatricen er i eksemplet således 0,10 m. Denne kunne potentielt øget til 0,15 m ved (i) at hæve udløbskoten i sedimentationsbassinet til 75,35, eller (ii) sænke udløbskoten fra filtermatricen til 75,15 hvis topografien tillader det.
- Effektiviteten af iltningen afhænger dels af faldhøjden og overfaldearealet, og derfor bør der sigtes efter at få maksimeret faldhøjden og/eller overfladearealet i iltningsbrønden samt over den efterfølgende 75 m iltningskanal. I det viste eksempel er faldhøjden for udløb af iltningsbrønden sat til kote 75,10 og udløb fra iltningskanal til kote 75,05 svarende til en faldhøjde på iltningsanlægget på 0,15 m. Hvis topografien tillader en større faldhøjde bør det

benyttes. I eksemplet kunne udløb fra iltningsbrønd hvis muligt placeres mellem kote 75,10 og 74,70 og udløb fra iltningskanalen placeres mellem kote 75,05 og 74,55.

Det fremgår af eksemplet (figur 17), at etablering af en filtermatrice med sedimentationsbassin hvor der er frit drænindløb, som udgangspunkt fordrer, at der kan etableres en trykhøjde på 0,20 m. Dertil kommer faldhøjde til iltning, som dog ikke er fastlagt med krav. Der er ikke krav til anlæg af iltningsbrønd, så hvis topografien ikke tillader en iltningsbrønd skal iltningen løses med en 75 m iltningskanal samt øget afstandskrav til recipient. Bemærk at afstandskravet til recipient øges fra 100 til 250 m, hvis der ikke anlægges iltningsbrønd.

Der kan opstilles følgende anbefalinger til etablering af filtermatricer baseret på opmålte rørkoter:

- Hvis den maksimale faldhøjde på rørkoten er $\geq 0,20$ m kan en filtermatrice med sedimentationsbassin (eller evt. stuvningsbassin) placeres på arealet. Hvis den maksimale faldhøjde på rørkoten er $\geq 0,30$ m kan der yderligere etableres en iltningsbrønd i forlængelse af matricen.
- Hvis den maksimale faldhøjde på rørkoten er $< 0,20$ m, bør det undersøges om faldhøjden kan øges ved at (i) hæve koten for drænindløbet uden at dette giver stuvning bagud i drænsystemet, (ii) sænke koten på drænudløbet eller (ii) flytte placeringen af filtermatricen eller ind/udløb.
- Hvis der på arealet ikke kan etableres en tilstrækkelig faldhøjde kan filtermatricen etableres med pumpe.



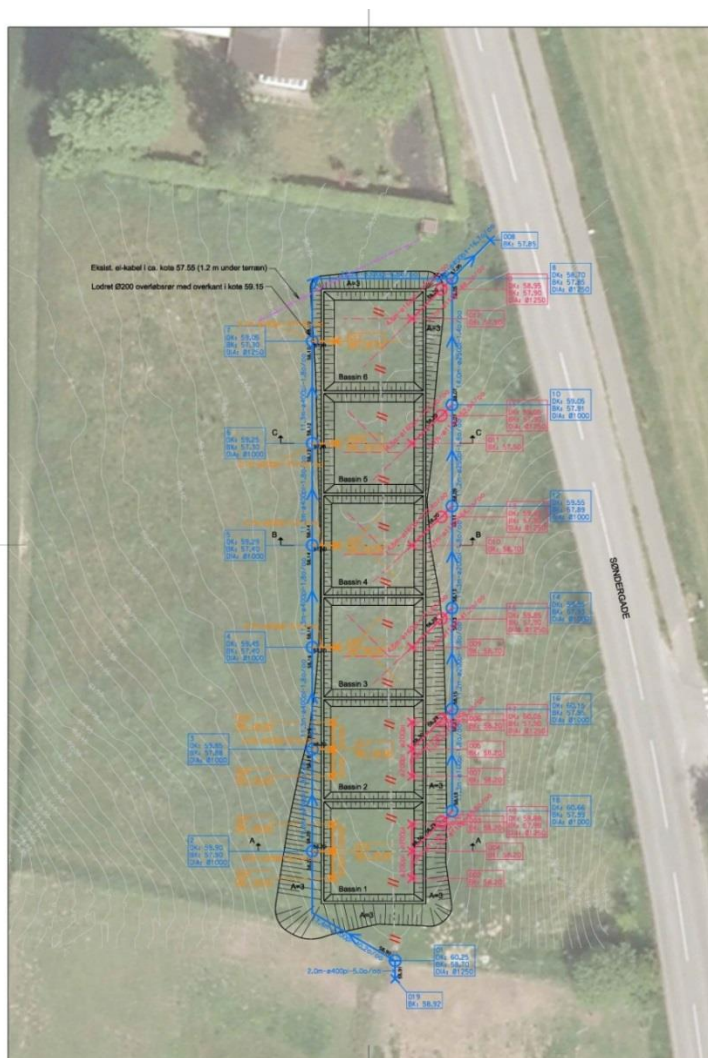
Figur 17. Eksempel på rørkoter ved ind- og udløb til sedimentationsbassin, filtermatrice, iltningsbrønd og iltningskanal. Bemærk at der i bekendtgørelsen ikke er krav til koteforskelle, samt at der ikke er krav om etablering af en iltningsbrønd.

5. Opdeling af filtermatrice

Afhængigt af drænoplansarealet, de topografiske forhold og muligheden for at etablere faldhøjde over filtermatricen kan det altid overvejes om det kan være en fordel at dele filtermatricen op i mindre enheder.

Et eksempel på dette er vist i figur 18, hvor filtermatricen er inddelt i 6 lige store enheder á hver 100 m². Ved opdeling af filtermatricen er det oplagt at lave et fælles sedimentations/stuvningsbassin inden vandet ledes ud i de enkelte filtermatricer. I udløbet kan der enten laves individuelle iltningsbrønde efter hvert bassin, eller vandet kan samles i en fælles iltningsbrønd samt fælles iltningskanal.

Ved opdeling af filtermatricen i flere enheder skal det sikres at den hydrologiske belastning bliver ligeligt fordelt på alle enheder. I tilfælde hvor en eller flere filterenheder overbelastes hydrologisk reduceres kvælstofeffekten af anlægget.



Referencer

- /1/ Minivådområdeordningen 2019. Etablering af åbne minivådområder og minivådområder med filtermatrice. Version 2, Marts 2019.
https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Natur_og_miljoe/Minivaadomraader/Minivaadomraade-vejledning2019_version2.pdf
- /2/ Hoffmann, C.C. & Kjærgaard, C. 2018. Fagligt grundlag og retningslinjer for etablering af konstruerede matriceminivådområder. DCE – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 31 s., J. nr. 2017-760-000494. Aarhus Universitet
https://pure.au.dk/portal/files/123348147/Fagligt_grundlag_for_etablering_af_matriceminiv_d_omr_der_ver1_020318.pdf
- /3/ Kjærgaard, C. & Hoffmann, C.C. 2013. Konstruerede vådområder til målrettet reduktion af næringsstoffer i drænvand. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø & Energi, og DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Landbrug, 35 sider, 16. April, 2013, Aarhus Universitet.
http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/NLK/konstruerede_vaadomraader.pdf
- /4/ Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C. og Pedersen, S.M. 2017. Vurdering af kvælstofeffekt, virkemiddelsscenerier og omkostningseffektivitet ved anvendelse af minivådområder med filtermatrice(biofilter). Afrapportering af forskningsresultater fra Det Strategiske Forskningsrådsprojekt SupremeTech 2010-2016 (<http://supremetech.dk>) og GUDP-projektet iDRÆN 2011-2017 (<http://idraen.dk/>).
- /5/ Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C. og Pedersen, S.M. 2017. Foreløbig effekt- og økonomivurdering af minivådområder med filtermatrice(biofilter). Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, J. nr. 152557, 8. februar, 2017.
https://pure.au.dk/portal/files/114462757/Besvarelse_Forel_big_effekt_og_konomivurdering_a_f_miniv_domr_der_med_filtermatrice_8_2_2017.pdf
- /6/ / Hoffmann, C.C. & Kjærgaard. 2017. Kvælstoffjernelse i matricevådområder Filtre I Landskabet. Vand & Jord, 24 årgang, nr. 3:93-96 <http://idraen.dk/>
- /7/ Hoffmann, C.C. & Kjærgaard. 2017. Optimeret kvælstoffjernelse I matricevådområde. Filtre I Landskabet. Vand & Jord, 24 årgang, nr 3:101-105. <http://idraen.dk/>
- /8/ Hoffmann, C.C., Kjærgaard, C., Larsen S.E. 2019. Nitrogen removal in subsurface flow wetlands of variable design treating agricultural drainage discharge. Accepted J. Environmental Quality
- /9/ Kjærgaard, C., Bach, E.O., Greve, M.H., Iversen, B.V., Børgesen, C.D. (2017) Kortlægning af potentielle områder til etablering af konstruerede minivådområder. Notat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 19. maj 2017. <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=lbst>

Bilag

Specifikke krav til udformning af minivådområde med filtermatrice jf. bekendtgørelsens bilag 4 /1/.

Dele af minivådområdet	Krav til udformning
Sedimentationsbassin, stuvningsbassin og filtermatricen	Minivådområdet skal bestå af et mindre sedimentationsbassin eller stuvningsbassin på min. 20% af filtermatricens areal efterfulgt af en filtermatrice. Sedimentationsbassin kan evt. erstattes af sedimentationsbrønd. For anlæg med drænopland på potentielt egnede arealer er der krav om stuvningsbassin, som minimum skal være samme størrelse som filtermatricen. Stuvningsbassinet skal etableres med en maksimal vanddybde på mellem 1 m og 1,5 m. Filtermatricen skal etableres med en vanddybde på mellem 1 m og 1,5 m. Filtermatricen skal etableres med en målestok med cm angivelser, således at fliishøjden løbende kan aflæses. Filtermatricens indhold skal på tidspunktet, hvor filtermatricen afsynes, bestå af pileflis (med evt. opblanding af max. 50% muslingeskaller eller LECA-nødder eller en kombination af disse) med en kornstørrelse på mellem 4-60 mm, hvoraf minimum 50% skal være mellem 20-50 mm. Indløbs og/eller udløbsfaskiner kan konstrueres med ærtesten. I løbet af opretholdelsesperioden er der ikke krav til kornstørrelse. Filtermatricen etableres med en umættet zone der, ved tidspunktet for afsyning, skal være min. 50 cm. Den umættede zone må ikke komme under 20 cm i opretholdelsesperioden. Filtermatricen skal etableres således, at drænvandet fordeles, over hele indløbsarealet, så omfanget af ikke-strømningsaktive (døde) zoner minimeres. Dette gøres ved at sørge for at indløbsvandet fordeles jævnt over indløbsfladen ved enten et vertikalt design eller et horisontalt design.
Minivådområdets bund	Sedimentationsbassin eller stuvningsbassin og filtermatricens bund skal være lav permeabel. Såfremt minivådområdets bund har lerindhold >12%, jf.

	Udpegningskort for minivådområder 2019 anses dette kriterie som opfyldt. Ved lerindhold <12% skal der etableres en lermembran.
Brinkerne (volden og den skrånende kant på sedimentationsbassinet eller stuvningsbassinet og vådområdet ned mod vandoverfladen)	Brinkerne skal tilsås med græs for at undgå jorderosion. Op til halvdelen af frøblanding kan bestå af blomstrende urter, som er bi- og bestøvervenlige.
Indløb til sedimentationsbassin, sedimentationsbrønd eller stuvningsbassin fra drænoplandet og gennemløb fra stuvningsbassinet til filtermatricen.	Anlægget etableres med et omløbssystem, så filtermatricen kan lukkes af om sommeren og drænvandet kan ledes uden om filtermatricen. Overgangen fra sedimentationsbassin / stuvningsbassin / sedimentationsbrønd til filtermatricen skal etableres ved rørføring via ét eller flere rør, hvor røret/rørene skal være dækket af flis.
Udløb fra filtermatricen	Størrelsen på udløbet fra filtermatricen skal minimum være samme størrelse som det samlede indløb til sedimentationsbassin eller stuvningsbassin. Drænudløbet skal etableres med et grovmasket plastiknet. Vandet fra filtermatricen ledes enten fritløbende over en iltningsbrønd og minimum 75 meter iltningskanal bestående af stenudlæg, hvor afstanden til recipienten skal være minimum 100 meter, eller fritløbende igennem en minimum 75 meter iltningskanal bestående af stenudlæg, hvor afstanden til recipienten skal være minimum 250 meter. Ved recipienten forstås i denne sammenhæng det sted, hvor anlægget kobles på det eksisterende vandløbssystem.
Drænoplandets størrelse	Drænoplandet skal være på minimum 20 ha
Størrelsesforhold mellem minivådområde og drænopland	Filtermatricen dimensioneres i forhold til drænoplandet inden for rammerne af forholdet 0,2:100 til 0,25:100.

Udgiver

SEGES
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15, Skejby
DK 8200 Aarhus N

Forsidefoto

Fotograf: Charlotte Kjærgaard, SEGES
Danmarks første forsøgsanlæg med filtermatricer til rensning af drænvand.
Forsøgsanlægget der testede forskellige filtermatricerløsninger blev etableret i regi af Supreme Tech-projektet (supremetech.dk) i Gjern i 2012, og er fortsat i drift.

Kontakt

Chefforsker Charlotte Kjærgaard, SEGES, Anlæg & Miljø, chkj@seges.dk

Redaktion

Charlotte Kjærgaard, SEGES

Denne publikation er finansieret af

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Marts 2019

Denne publikation må kopieres efter aftale med SEGES.

SEGES skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevarerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden.

SEGES

Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

+45 8740 5000
info@seges.dk
seges.dk

