

RENSEEFFEKT I REGNVANDSBASSINER

TRADITIONEL OG VIDEREGÅENDE RENSNING

Thorkild Hvitved-Jacobsen

Jes Vollertsen

Asbjørn Haaning Nielsen

Aalborg Universitet

Overordnede mål og kriterier for etablering af regnvandsbassiner

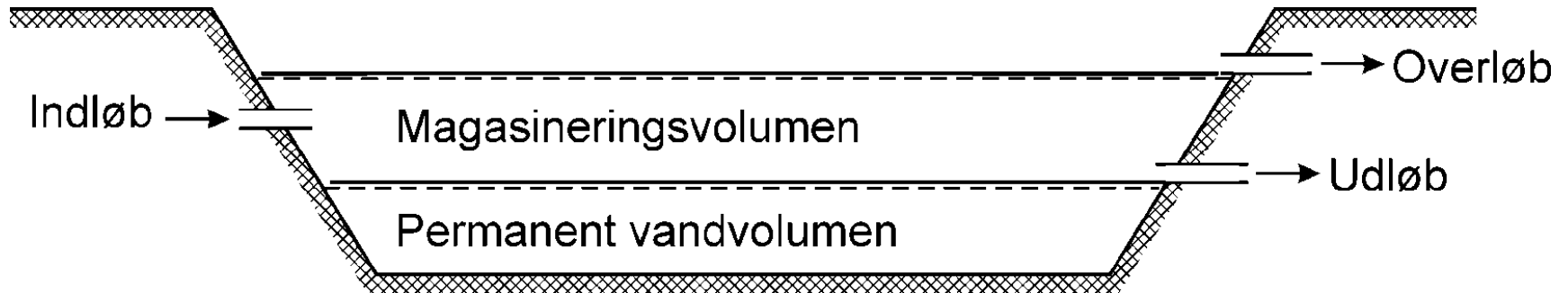
Primært:

- Reducerer forureningsmæssig belastning af nedstrøms recipient
- Reducere hydraulisk effekt

Sekundært:

- Etablere et rekreativt område, hvor regnvandsbassinet fremstår som en lavvandet sø
- Drikkevandsreservoir (råvand) – relevant uden for DK

Regnvandsbassiners overordnede funktion



Princip:

Størrelse af magasineringsvolumen:

- Bestemt af nedstrøms recipientbelastning

Størrelse af permanent vandvolumen:

- Bestemmer rensegraden i bassinet (opholdstid)

Hvor forurennet er afstrømmet regnvand?

”Typiske” koncentrationer i afstrømmet regnvand fra byer og veje er underkastet stor variabilitet

Stof	”typisk” værdi (mg/L)
BOD₅	2 – 10
COD	20 – 100
TSS	30 – 300
Total N	1 – 3
Total P	0,1 – 0,5
Filtreret (opløst) P	0,05 – 0,3
Pb	1 – 20
Cu	5 – 100
Zn	20 – 200

Det kan konstateres:

- Kun lokal monitoring vil kunne indsnævre de anførte koncentrationsniveauer
- Niveauet bør i flere tilfælde reduceres før udledning til recipient

Koncentrationsniveauer er ”internationale”

Stof (enhed)	Samlet		Beboelse	
	NURP	NSQD	NURP	NSQD
BOD ₅ (g m ⁻³)	9	8,6	10	9
COD (g m ⁻³)	65	53	73	55
TSS (g m ⁻³)	100	58	101	48
Total Kjeldahl Nitrogen, TKN (g m ⁻³)	1,5	1,4	1,9	1,4
Total P (g m ⁻³)	0,33	0,27	0,38	0,3
Filtreret P (g m ⁻³)	0,12	0,12	0,14	0,17
Total Pb* (mg m ⁻³)	144	16	144	12
Total Cu (mg m ⁻³)	34	16	33	12
Total Zn (mg m ⁻³)	160	116	135	73

* kun her statistisk set forskel fra år 1980 til år 2000

NURP (Nationwide Urban Runoff Program), 1979 -1982

28 separat gennemførte projekter – hidtil største og mest omfattende monitoringsprogram

NSQD (National Stormwater Quality Database), 1995-2003

Ca. 4.000 afstrømningshændelser udført af 66 institutioner

Rensning i traditionelt udformede regnvandsbassiner

Rensning primært baseret på:

- Sedimentation af større og tungere partikler ($> 10 - 100 \mu\text{m}$)
- Akkumulation af partiklerne – og dermed forurenende stoffer – i sedimentet

Hvad opnås ved den traditionelle rensning i regnvandsbassiner og hvad opnås ikke?

- Et regnvandsbassin giver en ”bredspektret” reduktion af de afstrømmede stoffer
- Kun i mindre grad fjernes kolloide og opløste stoffer
- Med hensigtsmæssig udformning og design vil et forventet niveau for rensning kunne fastlægges – men IKKE til en fast udløbskoncentration

Veldokumenterede principper for udformning og design af regnvandsbassiner

- Overfladeareal af bassin (vanddybde 1-1,2 m) i forhold til befæstet oplandsareal (eksempelvis 200 – 250 m² pr. ha)
- Bassinvolumen baseret på empirisk viden om stoffjernelsen i et bassin i forhold til en lokalt fastlagt medianværdi for regnhændelsen
- Bassinvolumen baseret på en accepteret hyppighed af bassinoverløb (eksempelvis 3 pr. år) samt en tidsmæssig bestemt varighed af tørvejrperioden mellem to regnhændelser (eksempelvis 3 døgn)
- Design baseret på en modelmæssig beskrivelse af bassinfunktionen

Velgennemtænkt UDFORMNING og DESIGN sammen med fornuftig VEDLIGEHOLDELSE er basis for succesfuld renseseffekt

Eksempel på renseeffekt i et traditionelt udformet regnvandsbassin

Årsmiddelværdi af stofkoncentration i tilløb og afløb samt den resulterende rensegrad (regnvandsbassin i Oslo, Norge, 2,2 ha motorvej)

Stof (enhed)	Middelkoncentration i tilløb	Middelkoncentration i afløb	Rense-grad (%)
TSS (mg/L)	246	43	82,5
Total N (mg/L)	1,49	1,05	29,5
Total P (mg/L)	0,674	0,262	61,1
Ortho-P, filt. (mg/L)	0,388	0,146	62,4
Olie og fedt (mg/L)	5,0	0,9	82,0
Total PAH (µg/L)	1,77	0,26	85,3
Bly (µg/L)	17,1	4,1	76,1
Zink (µg/L)	272	78	71,3
Kobber (µg/L)	86	36	58,1
Cadmium (µg/L)	0,21	0,08	61,9
pH (-)	7,4	7,6	-
Ledningsevne (mS m ⁻¹)	39	42	-

Eksemplet er baseret på monitoring af 87% af afstrømmet regnvand gennem 1 år

Bemærk: Renseeffekt i form af udløbskoncentration det mest korrekte mål (høje procentværdier kan skyldes høje indløbskoncentrationer)

Er regnvandsbassiner forurenede sammenlignet med lavvandede søer?

- Dyr, planter og sedimentet i regnvandsbassiner har generelt højere tungmetalkoncentrationer sammenlignet med forholdene i naturlige, lavvandede søer (niveauforskelle ikke alarmerende).
- Ingen simpel sammenhæng mellem sedimentets metalindhold og metalindholdet i flora og fauna.
- Ringe risiko for problematisk tungmetalloptag i biomassen fra sedimentet i regnvandsbassiner sammenlignet med naturlige, lavvandede søer.
- Både den ”generelle erfaring” og undersøgelser viser, at regnvandsbassiner kan udvise høj biodiversitet.

Bemærk dog:

- Forhøjede tungmetalkoncentrationer i tilløbet (eksempelvis Cu fra industriområder) kan give toksiske effekter.

Karakteristika for videregående rensning (I)

Hvad er videregående rensning af afstrømmet regnvand:

- Fjernelse af kolloide ($10^{-3} - 1 \mu\text{m}$) og opløste stoffraktioner

Hvorfor kan videregående rensning være relevant:

- De kolloide og opløste fraktioner er generelt de biologisk mest letoptagelige og dermed de miljømæssigt problematiske (toksiske stoffer)

Karakteristika for videregående rensning (II)

Hvordan fungerer videregående rensning:

- Den traditionelle rensning i et regnvandsbassin bliver typisk suppleret med et velkendt kemisk eller fysisk-kemisk procestrin
- Bassinet har to væsentlige funktioner:
 1. Giver **forrensning** (sedimentation)
 2. Fungerer som **magasin** (udligningsbassin / procesvolumen)

Hvilke metoder er eksempelvis mulige (kombinerede teknologier giver ofte optimal effekt):

- Fældning + sedimentation eller filtrering
- Mekanisk sandfiltrering + sorptionsfiltrering
- Adsorption, eksempelvis til ændret sediment

Overvejelser i forbindelse med videregående rensning af regnvand

1. Sandfiltrering er typisk relevant (nødvendig) i forbindelse med videregående rensning
 - Sandkvaliteten (kornstørrelse, metalindhold) bør overvejes
2. Beplantning af bassinet
 - Planterne optager opløste stoffer
 - Planternes rodnet øger vandtransport ved filtrering
3. Den hydrauliske kapacitet (tilklogning) af sand- og sorptionsfiltre er afgørende for funktion og økonomi

Sandfiltrering

Resultater fra Life Treasure projektet (demonstrationsprojekt)

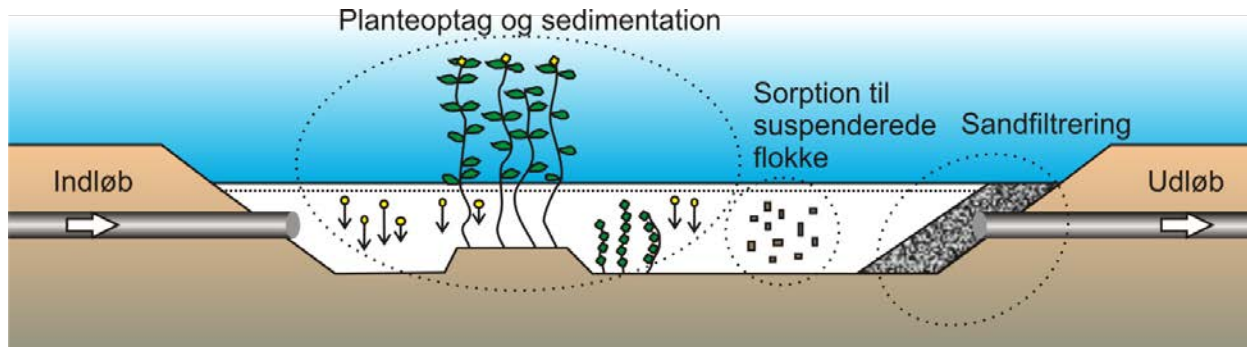
Rensegrader i sandfiltre (før videregående rensning)

Stof (enhed)	Bassin i Odense	Efter filter i Odense (rensegrad i procent)	Bassin i Århus	Efter filter i Århus (rensegrad i procent)	Bassin i Silkeborg	Efter filter i Silkeborg (rensegrad i procent)
TSS (mg L ⁻¹)	18	14 (18%)	6	6 (-6%)	3	3 (18%)
Jern, Fe (mg L ⁻¹)						
Bly, Pb (µg L ⁻¹)	6,7	0,4 (94%)	0,5	0,3 (39%)	2,2	0,6 (72%)
Cadmium, Cd (µg L ⁻¹)	0,06	0,05 (16%)	<0,05	<0,05	0,05	<0,05
Krom, Cr (µg L ⁻¹)	1,2	<0,5	0,6	<0,5	0,5	1,1 (-112%)
Kobber, Cu (µg L ⁻¹)	200	25 (87%)	3	2 (33%)	8	5 (38%)
Kviksølv, Hg (µg L ⁻¹)	0,06	0,06 (-3%)	<0,05	0,10	<0,05	<0,05
Nikkel, Ni (µg L ⁻¹)	12	6 (53%)	21	10 (53%)	2	81 (-4009%)
Zink, Zn (µg L ⁻¹)	272	28 (90%)	47	20 (57%)	104	20 (81%)
ΣPAH (µg L ⁻¹)	0,13	0,01 (89%)	0,04	0,01 (64%)	0,05	<0,01
Tot. olie/fedt (mg L ⁻¹)	0,3	0,2 (48%)	1,1	0,2 (84%)	0,7	0,2 (77%)
Total N (mg L ⁻¹)	2,22	1,30 (41%)	0,85	0,65 (23%)	2,33	0,58 (75%)
Ortho-P, filt. (mg L ⁻¹)	0,046	0,038 (18%)	0,014	0,019 (-41%)	<0,005	<0,005
Total P (mg L ⁻¹)	0,152	0,175 (-15%)	0,068	0,171 (-150%)	0,026	0,019 (28%)

Bemærk:

- Koncentrationsværdien er den mest reelle sammenligningsværdi
- TSS er ikke en relevant parameter for vurdering af sandfilterets renseseffekt i et regnvandsbassin

Fældning + sedimentation og filtrering



Karakteristika:

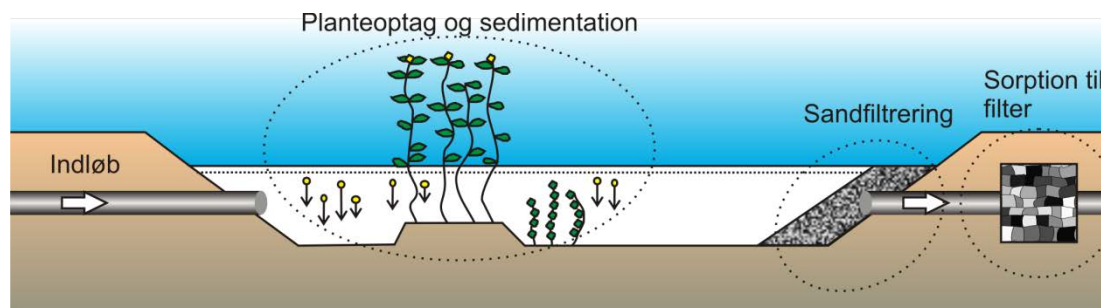
- Fældning med Al- eller Fe-salte (simpel og velkendt teknologi)
- De dannede flokke med sorberet stof udfælder eller fjernes i filteret
- Basiske Al-salte muligvis de mest effektive
- Kontrolleret dosering (typisk flowproportionalt) ved tilløbet, doseringsniveau ca. 2 g Al pr. m³
- Tvivlsom / usikker fjernelse af opløst P, MEN væsentlig reduktion af svævende alger (klart vand i bassinet)

Renseeffekt på OPLØSTE metaller ved fældning med Al-salt

Metal	Renseeffekt før tilsætning af Al-salt (%)	Renseeffekt efter tilsætning af Al-salt (%)
Al	11	83
Cd	14	68
Cr	47	85
Cu	28	55
Ni	28	59
Zn	41	88

(resultater fra bassin i Lemming, Silkeborg)

Sorptionsfiltrering



Karakteristika:

- Et filter, der baseret på fysisk-kemiske processer tilbageholder en række stoffer (herunder forurenende stoffer fra regnafstrømningen)
- Processer kan være sorption, evt. suppleret af ionbytning og fældning
- Eksempler på sorptionsmaterialer:
 - Kalcit + dolomit (knuste skaller), Zeolit, Olivin
 - NB: sandwich konstruktioner kan optimere sorptionsegenskaber
- Effekt (kapacitet og kinetik) afhængig af bl.a. sorptionsmaterialet, stoffet der sorberes, koncentrationsniveauet og pH

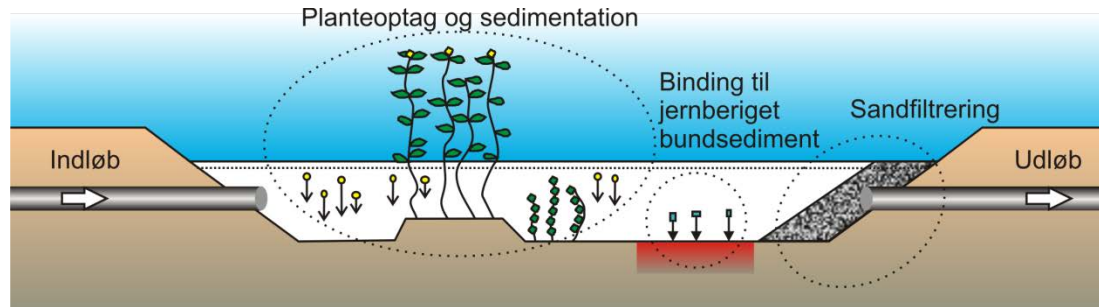
Middelkoncentrationer og rensegrader for sorptionsfilteret, Odense (knuste skaller)

Stof (enhed)	Koncentration efter sandfilter	Koncentration efter sorptionsfilter (reNSEgrad i procent)
TSS (mg L ⁻¹)	14	4 (72%)
Bly, Pb (µg L ⁻¹)	0,4	0,6 (-42%)
Cadmium, Cd (µg L ⁻¹)	0,05	<0,05
Krom, Cr (µg L ⁻¹)	<0,5	0,5
Kobber, Cu (µg L ⁻¹)	25	4 (83%)
Kviksølv, Hg (µg L ⁻¹)	0,06	<0,05
Nikkel, Ni (µg L ⁻¹)	6	5 (7%)
Zink, Zn (µg L ⁻¹)	28	4 (85%)
ΣPAH (µg L ⁻¹)	0,01	0,01 (-3%)
Tot. olie/fedt (mg L ⁻¹)	0,2	0,1 (21%)
Total N (mg L ⁻¹)	1,30	1,08 (17%)
Ortho-P, filt. (mg L ⁻¹)	0,038	0,006 (84%)
Total P (mg L ⁻¹)	0,175	0,025 (86%)

Bemærk:

- Arealkrævende (250 – 300 m² pr. ha reduceret opland) pga. risiko for tilklogning
- Mulig afhjælpning at tilklogning: tilplantning med tagrør; filter anlagt for periodevis afdræning

Ændring af sedimentegenskaberne i bassinet



Karakteristika:

- Sedimentet i bassinet beriget med jernsalte (kendt i forbindelse med restaurering af lavvandede søer)
- Forholdsvis arbejdskrævende proces
- Tvivlsom / usikker effekt på fjernelse af stofferne i regnafstrømningen, MEN reduktion af svævende alger (klart vand i bassinet)

Konklusion

- Vi har sikker forståelse af og viden om de traditionelle regnvandsbassiners udformning, design og funktion
- Vi har en overordnet forståelse for videregående rensning i regnvandsbassiner, men mangler fortsat detaljeret viden

- og så anbefaler vi naturligvis følgende bog for videre information:

- om regnvand som forurening, men også om udformning, design og funktion af regnvandsbassiner

