

# AFLØBSRAPPORT

Ny protokol til bestemmelse af afløbskoefficienten og afløbskurven af grønne tage



Ny metodebeskrivelse

En videreudvikling af FLL-guidelines

## Indhold

Indledning.....	2
Forsøgsopsætning .....	3
Formål .....	3
Opsætning.....	3
Forsøg sekvens.....	4
Databehandling .....	6
Resultater .....	7
Sedumbakker .....	7
30 cm tag med SEM DMG jord .....	8
60 cm tag med SIM DMG jord.....	9

## Indledning

Projektets formål er at udvikle en ny og forbedret protokol til bestemmelse af afløbskoefficienten og afløbskurven af grønne tage. Dette med henblik på at kunne bestemme grønne tages effekt på lokal afledning af regn (LAR)

## Systemopbygninger

Nærværende projekt tager udgangspunkt i følgende tre systemopbygninger

1. BGreen-it sedumbakke til ekstensive grønne tage
2. SEM jordsubstrat til ekstensive tage
3. SIM jordsubstrat til intensive tage

Alle forsøg er baseret på en tidligere vejledning fra Agrotech, der blev udarbejdet i samarbejde med BG Byggros. Målet med den nye protokol er at skabe bedre og mere præcise forudsætninger for dokumentationen af, hvor længe grønne tage tilbageholder vandet under fastsatte regnhændelser. Ligeledes har protokollen til hensigt at påvise i hvilken grad tykkelsen og hældningen af et vækstmedie har indflydelse på afløbskoefficienten og afløbskurven.

## Testdeltagere

### Udførsel og test

Frederikke Lamberg, diplomingeniør i kemi og bioteknologi

### Kvalitetssikring

Troels E Raabjerg, civilingeniør

### Projektansvarlig

Søren Storm, gartneriteknolog og daglig leder af Innovation lab

## Forsøgsopsætning

### Formål

Formålet med forsøget er at teste tre forskellige systemopbygninger til grønne tage under forskellige regnhændelser og med forskellige hældninger. Dette på baggrund af, hvordan det grønne tag etableres i markedet i dag. Testen udføres med henblik på at skabe bedre forudsætninger for at arbejde med at dokumentere, hvor hurtigt vandet forlader taget og går i omgivelserne.

### Opsætning

Forsøget foretages indendørs for at sikre minimal indflydelse fra udefrakommende faktorer som regn eller større temperaturændringer. Der testes på 3m<sup>2</sup> tage og tykkelsen af taget/vækstmediet er bestemt ud fra den normale belægningstykkelse.

Ved forsøgene testes følgende systemopbygninger

1. BGreen-it sedumbakke til ekstensive grønne tage, 6 cm
2. SEM jordsubstrat til ekstensive tage, 30 cm
3. SIM jordsubstrat til intensive tage, 60 cm

### Uddybning af systemopbygninger

#### Sedumbakken

Sedumbakken er et alt-i-ét system, der indeholder alle de komponenter, et ekstensivt grønt tag behøver i ét produkt, der består af dræn- og vandreservoir, speciel letvægtjordsubstrat og et færdigt sedumplantedække.

#### SIM og SEM jordsubstrat

Fremstilling og analyse SIM og SEM jordsubstrat fremstilles iht. FLL Guidelines. Substraten består af en nøje afstemt blanding af flere fraktioner af knust tegl, knækket leca, sand og have-/ parkkompost.

For at sikre frit afløb fra taget er systemerne bygget ovenpå en drænbakke. Som standard bygges tagene med en 1:40 cm/cm hældning.



I bunden af taget er der påmonteret en tagrende til opsamling af det vand, der ledes ned i en opsamlingsspand. Spanden er ført sammen med en målecylinder, hvor der sidder en trykmåler. På denne er der påført en logger, der logger trykket en gang i minuttet. Trykmåleren er kalibreret, således der er en relation mellem tryk og volumen i spanden.



For at styre volumen af den påførte regn over tid er der bygget vandingsnet. Disse er bygget med brug af trykkompenserede vandingsdyser. Dyserne giver samme vandmængde pr minut indenfor et trykspænd mellem 1 til 4 bar med en afvigelse på under 2%. Dette sikrer, at volumen for specifikke regnhændelser kan rammes. Nettet monteres 40 cm over taget og det sikres at alle dyser rammer inden for de 3m<sup>2</sup> tag.

Til forsøgene anvendes drænvand, der er rensset gennem et omvendt osmoseanlæg, for bedst muligt at kunne efterligne rent regnvand.

### Forsøgssekvens

Forsøgene udføres i triplikater for at sikre bedst muligt datagrundlag. Det betyder, at forsøget udføres tre gange for hvert vandingsnet. Først vandmættes taget. Vand påføres indtil der måles et lineært udløb fra taget i 10 min. Når denne vandmætning er nået, stoppes vandingen og taget skal afdryppe i 24 timer. Efter 24 timer er taget afdryppet til markkapacitet, og de tre ens vandinger kan opstartes.



Målingen startes 2 min. før der påføres vand på taget for at sikre at måleudstyret virker efter hensigten. Vandingen startes nu og logningen af udløbet forsætter i 24 timer,

hvorefter forsøget gentages. Dette gøres indtil tre fulde datasæt er opnået. Følgende oversigt viser de forskellige regnhændelser og den påførte volumen.

Hændelses ID	Årshændelse	Tid for hændelse (min)	Volumen (L)	Klima faktor	l/s/ha m. klimafaktor
T1 10min	1 års	10	22	1,1	110
T2 10min	2 års	10	27,7	1,1	140
T5 10min	5 års	10	39	1,15	190
T5 30min	5 års	30	58	1,15	93
T10 10min	10 års	10	47,5	1,15	230

Ikke alle hændelser er kørt for alle tagene.

## Databehandling

For at trykfølere kan måle volumen, skal den under hele målingen være under vand. Derfor er der en smule vand i beholderen før forsøgsstart. Måleren vil altså indikere en vandvolumen før selve vandingen er startet. Denne volumen trækkes fra alle datapunkterne for at få det påførte volumen.

Efter endt forsøg findes gennemsnittet af de tre ens kørsler, og der kan laves en afløbskurve ved at afbillede afløbet i volumen på y-aksen og tiden i min på x-aksen. Der kan her også regnes en afløbskoefficient noteret som C.

$$C = \frac{\textit{volumen}}{\textit{total påført volumen}}$$

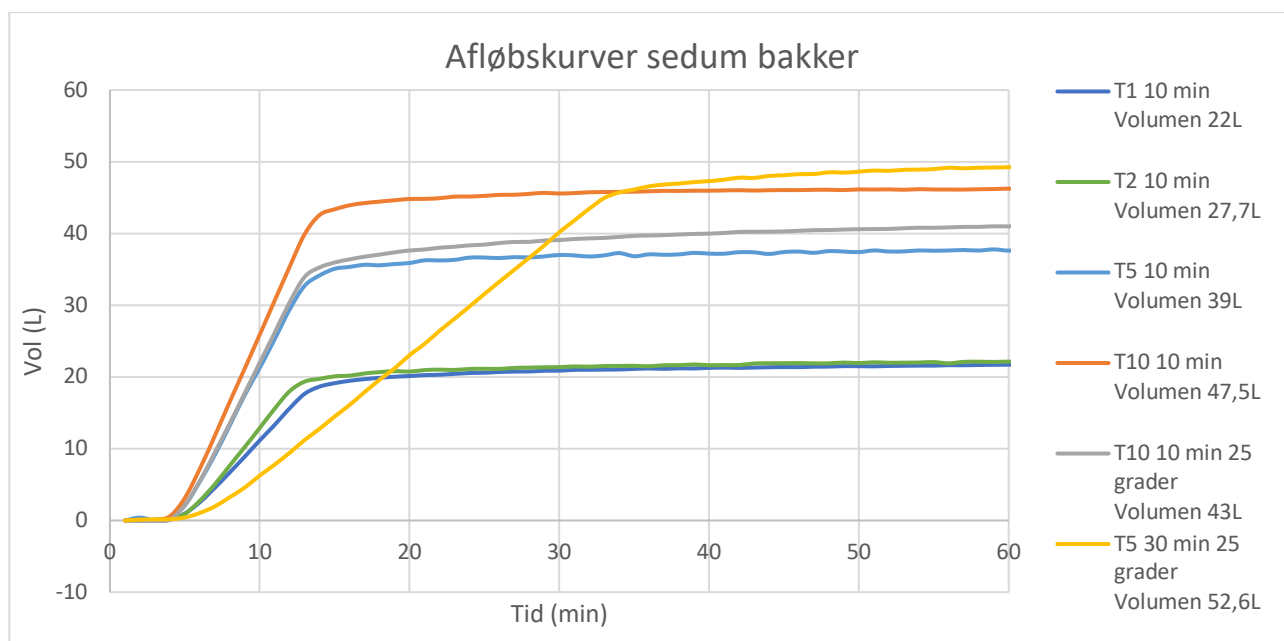
Afløbskoefficienten er fraktionen af det afløbende vand og kan findes til et bestemt tidspunkt. Koefficienten kan også afbilledes som en funktion af tiden, så man får fraktionen af den påførte volumen og dermed kan få det fulde overblik over, hvornår vandet er afløbet.

## Resultater

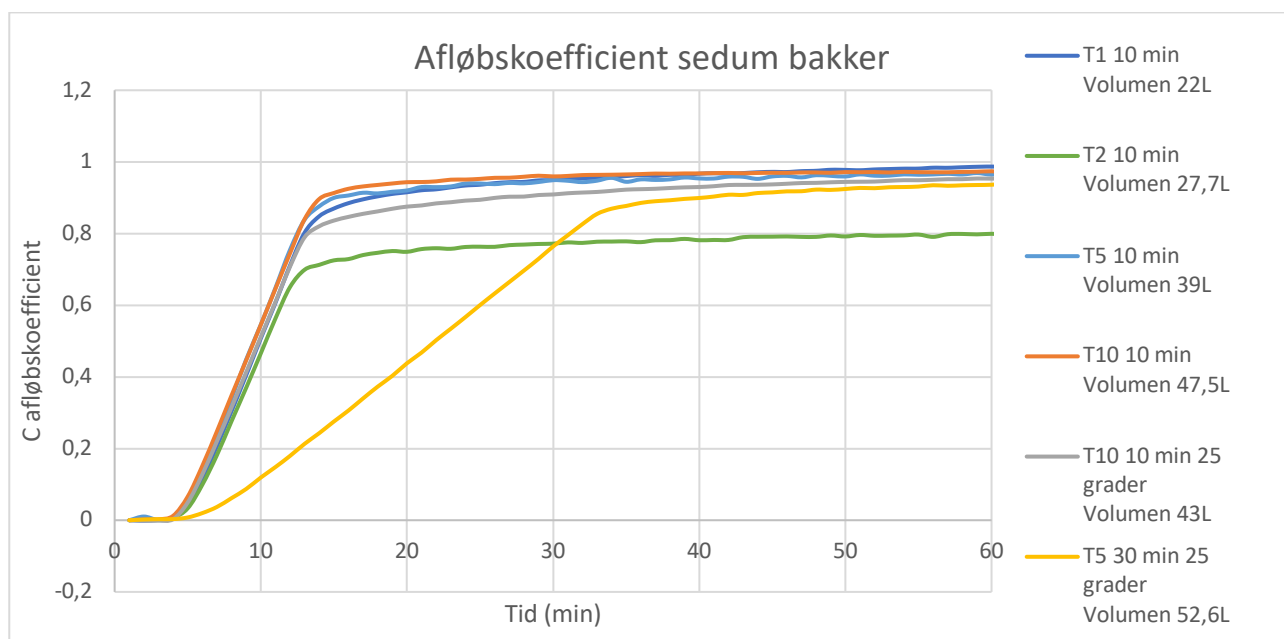
Resultaterne er præsenteret som et gennemsnit af de tre identiske kørsler. Såfremt nogle kurver er baseret på mindre end 3 gennemkørsler, er det nævnt i teksten. Volumen angivet i beskrivelsen er den teoretisk tilførte volumen.

## Sedumbakker

Følgende er de gennemsnitlige afløbskurver for sedumbakkerne



Det ses fra afløbskurven at sedumbakkerne er afløbet efter ca. en time, hvor den afløbene volumen bliver stabilt. Dette er en tendens for alle kørte forsøg. Her er hændelserne T1 10 min, T2 10 min og T10 10 min baseret på duplikat.

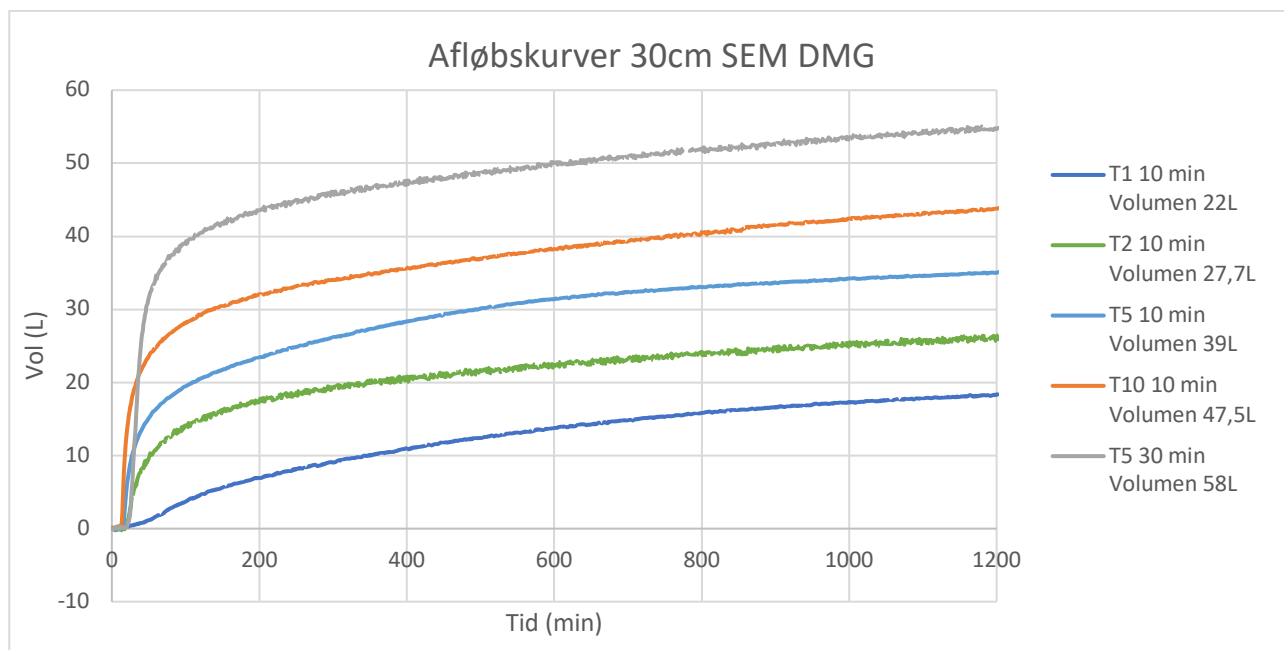




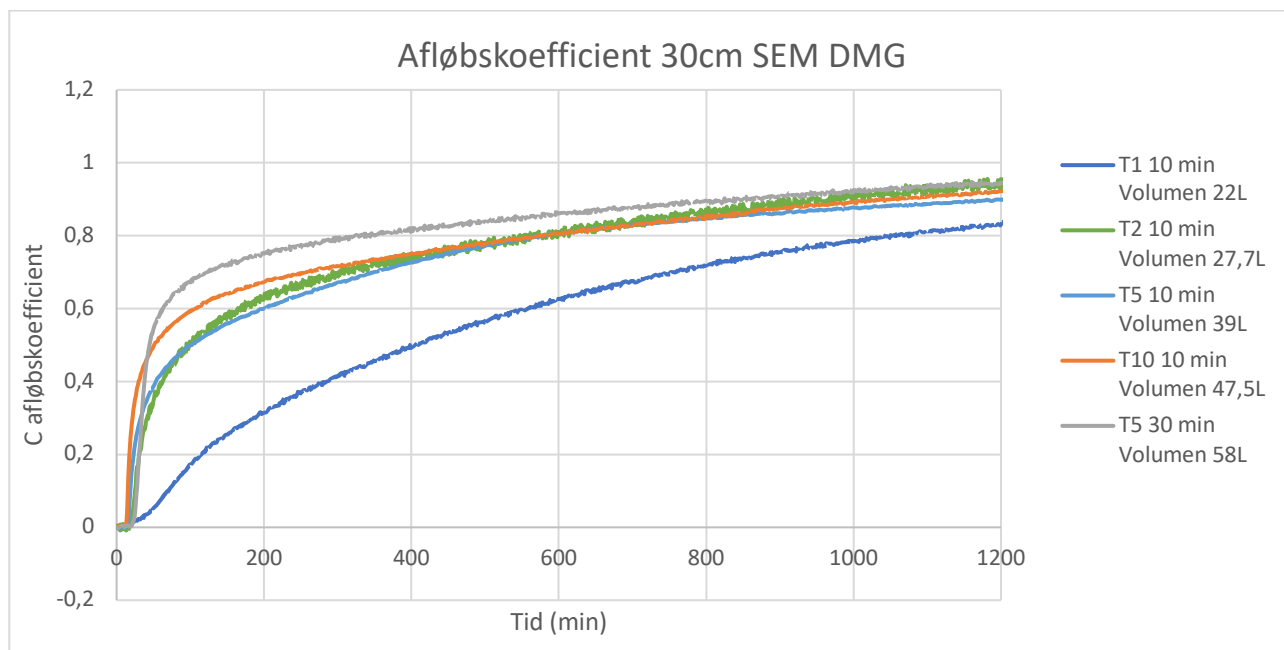
Udregningen af afløbskoefficienten for hændelsen viser, at den efter 10 min er 0,5 ved alle regnhændelser. Undtagelsen er den lange 5 årshændelse, hvor taget har en hældning på 25 grader. Dette skyldes, at vandingen først er færdig efter 30 min. Grafen viser desuden, at alle kurverne næsten når en afløbskoefficient på 1 efter en time.

### 30 cm tag med SEM DMG jord

For opbygningen af 30 cm SEM jordsubstrat påvises følgende gennemsnitlige afløbskurver



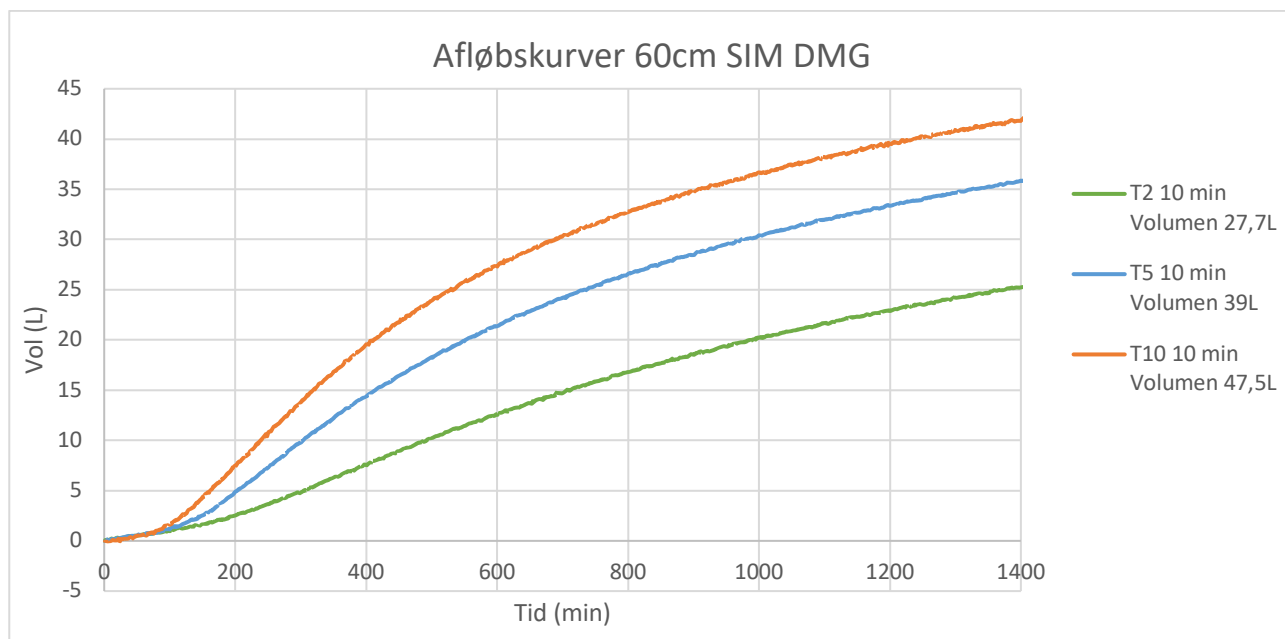
Det ses, at der først begynder afløb mellem 12 og 25 min efter regnhændelsen er begyndt. Hændelsen T2 10 min er baseret på et duplikat.



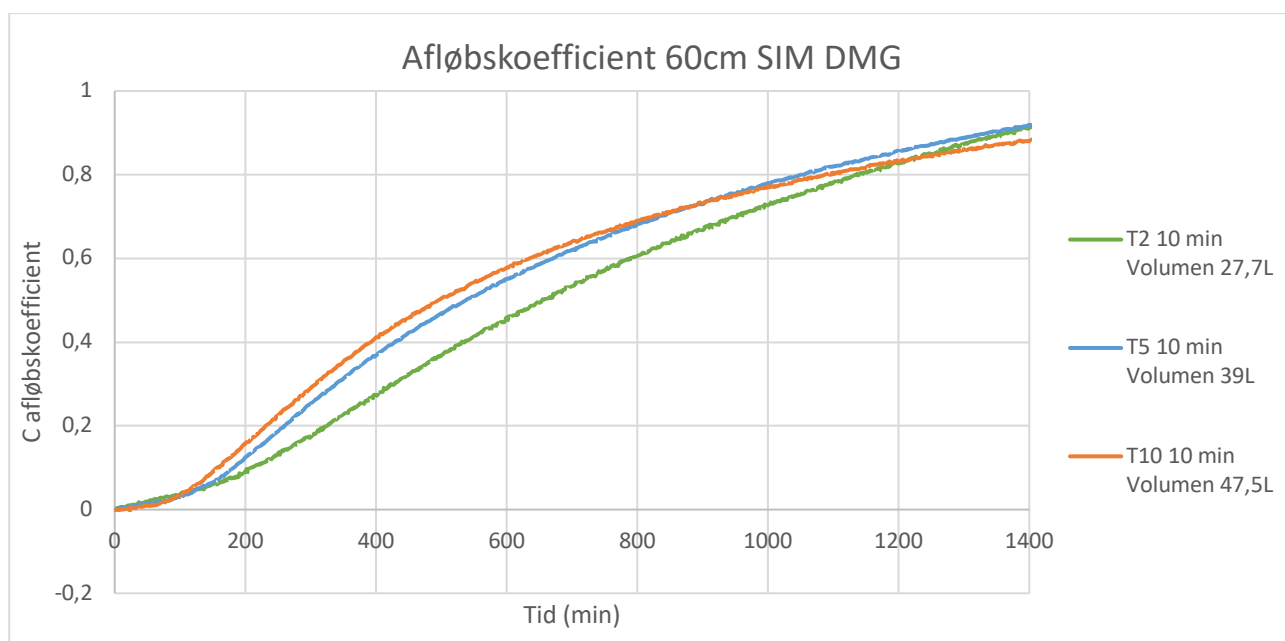
Udregnes afløbskoefficienterne for hændelsen ses det, at store dele af vandet er afløbet efter 100 min. Her ligger koefficienten på mellem 0,5 og 0,7 for de kraftigere regnhændelser. Det tager derimod det meste af et døgn før de sidste 30 - 50% vand er afløbet.

### 60 cm tag med SIM DMG jord

For opbygningen af 60 cm SIM jordsubstrat påvises følgende gennemsnitlige afløbskurver



Det ses ud fra kurverne, at afløbet først begynder ca. 40 min efter regnhændelsen er startet. Kurverne er ikke afbøjet, hvilket tyder på, at den fulde volumen ikke er afløbet inden for de 24 timer. Hændelsen T10 10 min er baseret på et duplikat.



Udregnes afløbskoefficienterne for hændelsen ses det, at vandet kommer mere jævnt i forhold til de andre tage. Der opnås først en afløbskoefficient på 0,5 efter 400 til 600 min og efter et døgn er hændelsen stadig ikke fuld afløbet.

For alle tre tage vil der være en fordampning, men den er antaget til at være negligerbar.

