

Hydrauliske egenskaber for Slotsgrus®

Internt notat på Skov & Landskab

Dato: 15/2 2013

Udarbejdet af: Per Bjerager.

Resumé

Den mættede hydrauliske ledningsevne (K-værdi) i Slotsgrus® er undersøgt af to laboratorier. Vejdirektoratet har fundet en gennemsnitlig K-værdi på $8 * 10^{-5}$ m/s og Skov & Landskab har bestemt K-værdi til $3 * 10^{-5}$ m/s. På det grundlag er det besluttet at anvende en vejledende K-værdi i produktblad for Slotsgrus® på $5 * 10^{-5}$ m/s. Denne K-værdi svarer til en grovsandet jord, og er så høj at der normalt ikke vil være overfladeafstrømning på Slotsgrus® ved anvendelse på bund med god afdræning. Skov & Landskab har i et forsøg med Slotsgrus® fundet et mættet vandindhold på 13,9 vol % og et drænet vandindhold på 10,6 vol %.

Introduktion

Slotsgrus® er udviklet til anvendelse som grusbelægning, og set i forhold til afledning af regnvand fra grusbelægningen er det vigtigt at kende de hydrauliske egenskaber. Den hastighed hvormed vand siver gennem Slotsgrus® kaldes hydraulisk ledningsevne. Andre ord for samme størrelse er hydraulisk konduktivitet, og permeabilitet. Den hydrauliske ledningsevne bestemmes i laboratorium under vandmættede forhold og benævnes her K-værdi. Ud over K-værdien er det vigtigt at kende vandindhold i mættet- og drænet Slotsgrus®.

De hydrauliske egenskaber er undersøgt i to forsøg. Vejdirektoratet har lavet et forsøg med kontrolleret komprimering af Slotsgrus® (Mollerup, 2011) og Skov & Landskab har lavet et orienterende forsøg med ukontrolleret komprimering og bestemmelse af vandindhold (Bjerager, 2012). Dette notat er en sammenskrivning af de to undersøgelser.

Mættet hydraulisk ledningsevne (K-værdi)

Vejdirektoratet anvendte en 6" (diameter: 15 cm) proctor form, hvor Slotsgrus® blev komprimeret til standard proctor 100 ved optimalt vandindhold. Der blev lavet forsøg med 3 prøver af Slotsgrus®, og for hver prøve blev K-værdien bestemt 3 gange. Proceduren var at mætte formen med vand nedefra og derefter bestemme K-værdien ved tilførsel af vand oppefra. Resultaterne fremgår af tabel 1, Der ses en klar tendens til at 2 og 3 gentagelse for hver prøve har en lavere K-værdi end første gentagelse. Det kan måske skyldes, at man ved mætning af formen med vand nedefra vasker fine partikler (ler) op gennem formen, som efterfølgende lægger sig som et vandstandsede lag oven på Slotsgrus®et under måling ved nedadgående vandbevægelse.

Tabel 1: Mættet hydraulisk ledningsevne bestemt af vejdirektoratet (Mollerup, 2011)

Prøve	gentagelse	K-værdi (10^{-5} m/s)
1	1	12,3
	2	5,6
	3	4,7
2	1	13,2
	2	7,2
	3	7,8
3	1	10,1
	2	7,5
	3	7,4
Gns.	alle	8,4

I forsøget på Skov & Landskab (Bjerager, 2012) blev der anvendt 2 stk cylindre i rustfrit stå med en højde på 160 mm og en diameter på 150 mm. Som bund anvendes et plastnet med en maskestørrelse på 1 mm. Til komprimering af Slotsgrus® anvendes en hammer med firkantet hoved på ca. 1 kg, der bruges til at banke på Slotsgrus®et i ca. 2 minutter. Vandforsyningen var et Mariottereservoir på 2 L (plastdunk).



Figur 2: Forsøgsopstilling med mariottereservoir, 2 cylindere oven på hinanden, højt vandniveau.

Indledningsvis blev de to cylindre fyldt med 10 cm Slotsgrus® i hver og komprimeret i tør tilstand og K blev bestemt. Derefter blev Slotsgrus® komprimeret yderligere i fugtig drænet tilstand. Efter 2 forsøg med cylinder 1 (C1) og 3 forsøg med cylinder 2 (C2) blev de to cylindre sat oven på hinanden og Slotsgrus® i C1 og C2 blev skubbet sammen og komprimeret (C1 + C2). Der blev gennemført 5 forsøg med C1 + C2 over flere dage og med forskellige vandniveau i cylinder (Se tabel 2).

For de to cylindre C1 og C2 hver for sig blev K-værdien bestemt til mellem 3,9 og $8,6 \cdot 10^{-5}$ m/s. Efter de to cylindre blev sat oven på hinanden og de to volumener Slotsgrus® komprimeret til en sammenhængende søjle med en højde på 150 mm var K-værdi i fire bestemmelser på ca. $3 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Tabel :2 Mættet hydraulisk konduktivitet målt på Skov & Landskab (Bjerager, 2012)

	Dato	Grus dL Mm	Vand dH m/s	K-værdi mm/time	K-værdi m/s * 10^{-5}
C1 u-komprimeret	22/2-12	100	-	-	-
C1 komprimeret i tør tilstand	22/2-12	90	134	173	4,8
C1 komprimeret fugtig	23/2-12	80	116	310	8,6
C2 u-komprimeret	22/2-12	100	-	-	-
C2 komprimeret i tør tilstand	22/2-12	84	132	141	3,9
C2 komprimeret i tør tilstand	23/2-12	84	128	170	4,7
C2 komprimeret fugtig	23/2-12	75	127	219	6,1
C1 + C2 komprimeret fugtig	23/2-12	151	215	104	2,9
C1 + C2 komprimeret fugtig	23/2-12	151	294	114	3,2
C1 + C2 komprimeret fugtig	29/2-12	150	214	91	2,5
C1 + C2 komprimeret fugtig	2/3-12	150	210	135	3,8

Bestemmelserne af K-værdi for Slotsgrus® er sammenlignet med generelle værdier for forskellige typer jord i tabel 3. Ved sammenligning af resultater for Vejdirektoratet ($8 \cdot 10^{-5}$ m/s) og Skov & Landskab ($3 \cdot 10^{-5}$ m/s) er det besluttet at anvende en vejledende K-værdi i produktblad for Slotsgrus® på $5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Denne værdi svarer til en grovsandet jord. Det skal bemærkes, at der generelt er en meget stor variation i K-værdi for forskellige typer jorder.

Tabel 3: Sammenligning af hydrauliske ledningsevner

Medie	K-værdi (10^{-5} m/s)
Slotsgrus® (Skov og Landskab)	3
Slotsgrus® (Vejdirektoratet)	8
Grus	100 - 10000
Sand	1 - 1000
Silt	0,001 - 1
Ler	0,0001 - 0,1

Den vejledende K-værdi for Slotsgrus® på $5 \cdot 10^{-5}$ m/s svarer til en intensitet i nedbør på ca. 180 mm/time. Den mest ekstreme nedbør i nyere tid var den 2. juli 2011, hvor der faldt ca. 200 mm på 2 timer = 100 mm/time. Derfor vil der ikke forekomme overfladeafstrømning fra nye anlæg med Slotsgrus® på veldrænet bund. Ved vandmætning af et lag Slotsgrus® vil der ske overfladeafstrømning såfremt der ikke sker afdræning i bundet af laget.

K-værdien for Slotsgrus® antages at variere med alder og brug af befæstelsen, idet der forventes at ske en tilslemning af overfladen. Det vil reducere infiltration af nedbør gennem overfladen i forhold til K-værdien, og kan resultere i overfladeafstrømning.

Mættet og drænet vandvolumen

Mættet og drænet vandvolumen i Slotsgrus® er bestemt af Skov & Landskab ved måling af afdrænet volumen efter mætning og bestemme vandindhold i afdrænet Slotsgrus® ved tørring ved 105 °C. Drænvolumen blev bestemt 3 gange for C1 + C2 efter forsøg til bestemmelse af K-værdi. Som gennemsnit blev der afdrænet en vandmængde svarende til 3,3 % af et totalt volumen.

Efter afdræning sidste gang blev der udtaget 8 delprøver grus til bestemmelse af vandindhold i drænet grus i tørreskab ved 105 °C. I gennemsnit var der i dræet Slotsgrus® et vandvolumen på 10,6 vol %. Ud fra afdrænet vandmængde og tørrevolumen er mættet vandvolumen i C1 + C2 beregnet til 13,9 vol %, og det er lig det maksimale porevolumen i C1 + C2.

Kildehenvisninger

Bjerager P.E.R., 2012: ”Hydrauliske egenskaber for Slotsgrus®”, Internt notat, Skov og Landskab, Københavns Universitet, 20 juni 2012, 6 sider

Mollerup M. 2011:”Bestemmelse af permeabiliteten af Slotsgrus®” Dokument 11/18724-1, Vejdirektoratet 15. december 2011, 4 sider.