

Københavns kommune og FLL substraterne





Tak til kollegerne, vejlab. og konsulenterne, KULife og Solum og alle de som har hjulpet med det i praksis

Samarbejde ml. KULife, KK og Solum

- Solums ejendom er:
 - viden om jorderne dvs. blandinger og jordkvaliteter
- Resten er offentlig viden og som vi fortæller om

Opbygning

- Forhistorien
- Hvad gjorde vi
- Hvad lærte vi
- Resultat på plantevæksten
- Hvor anvender Københavns kommune FLL m.m.
- Udbudsbeskrivelsen, ikke i SAB endnu

Forhistorien



Forhistorien



Bytræernes kunstige jord

STANDARD. De tyske bytræer gror godt. Det gør de bl.a. på grund af FLL-normerne hvor muldet grus fyldes i meget dybe plantegruber og samtidig kan bære lettere trafik

Af Christian Nørgård Nielsen, Oliver Bühler og Lars Schultz-Christensen

Hvis vi vil have store og frodige træer i det kunstige og belastede bymiljø, skal træerne have optimale forhold. Derfor kan det tit være sig at skifte den lokale jord ud med en mere kunstig når man planter træer i byen. En jord der tåler en vis belastning uden at blive komprimeret. Og en jord der uden risici kan bruges i dybe plantegruber så det samlede rodrum er stort selv om overfladearealet ikke er det. En sådan jord er der allerede standarder for. Det tyske standardiseringsinstitut FLL udgav i 2004 'Empfehlungen für Baumpflanzungen' med anbefalinger til at forberede vækstjorden for plantning. Standarden blev revideret i 2010. Den indeholder frem for alt normer for bytræssubstrater. De er ligesom standarder til vejgrusprodukter - især defineret af størrelsesfordelingen der både sikrer en vis bæreevne og et godt luftskifte. Så godt at plantegruben kan nå ned i to meters dybde. Usædvanligt i forhold til dansk tradition. FLL-standarderne har standardiseret store dele af produktionen og handlen med bytræjord i Tyskland. Med ti år på bagen kan man også vurdere de praktiske resultater. Og

de er gode. Også i nabolande, bl.a. Holland, bruges FLL-standarderne mere og mere. Med få undtagelser har normerne ikke fundet vej til Danmark, men det er på høje tid.

Lærebøger fortæller hvordan den gode jord er præget af tyk muld med løs og luftig 'krummestruktur' fremmet af regnormenes omdannelse af blade til humus. Er det ikke det vi skal stræbe efter? Jo, men det er kun muligt få steder i byen. Bymiljøet belastes intenst af mennesker, dyr og maskiner. Selv omkring solitaire træer i parkernes planer bliver jordens overflade fasttrykt og forseglet af mennesker, hunde, cykler, plæneklippere og undertiden lastbiler under diverse events.

Det hæmmer jordens luftskifte, røddernes udånding af CO₂ og optag af O₂, ligesom det ødelægger miljøet for jordbundsdyr. De steder hvor vi træer efter 'naturlig god jord', skal rodrummet være effektivt beskyttet med træhulrister, hegn eller buske.

To slags situationer
Vi skal altså skelne mellem to situationer. Den ene er hvor

Den anden er de mere belastede bymiljøer (fig. 2) hvor den lokale 'naturlige jord' ikke nødvendigvis er den bedste for træets udvikling.

F.eks. er træer langs veje og parkeringspladser i reglen stærkt påvirket af både mennesker og biler. I den situation er det en fordel at anvende et specielt 'kunstigt' jordsubstrat som bevarer en høj funktionalitet trods belastningen. Især hvor jorden har et højt lerindhold, er den urbane jord ofte komprimeret og strukturløst. For at gøre en sådan jord brugbar som vækstmedie kræves som minimum jordløsning, dræning, udluftning, opblanding med sand i dybden og opblanding med humus, spøgum eller kompost i overfladen.

Alternativt skifter man den lokale jord ud med med god vækstjord, f.eks. efter kornkurven i figur 3. Med sit store indhold af ler og silt kan jorden dog komprimeres ret let så jordoverfladen alligevel skal beskyttes. Der er også risiko for at bruge en sådan jord i større dybder en 50-60 cm hvis der er meget humus i jorden. På helstøtterne ses der en



Figur 1. Rodrummet er beskyttet mod færdsej. Her kan man anvende en jord der er optimal for træet uden at tænke på at jorden komprimeres. Figur 2. Plantegruber langs veje og p-pladser er belastede af færdsej og bør opbygges med strukturstabile substrater, f.eks. efter FLL-standarderne.

Jordtype: God
1000
500
250
125
63
32
16
8
4
2
1



Overordnede jordtyper

- Muld jorder (landbrugsjorder m.m.)
 - Grusgravssubstrater
 - FLL jorderne
 - Ekstremsubstraterne
-
- Beskrivelserne bliver mere præcise og fokuserede på bytræer
-
- Hvad gør Malmø og Stockholm og tyskerne – det fortæller jeg til sidst
 - Og svært at sige noget om andre byer. Jeg prøver.

Hvad gjorde vi



Maxvandsindhold ved anlæg (type 2)
Lavere øvre grænse for finkorn (max 10%) (type 2)

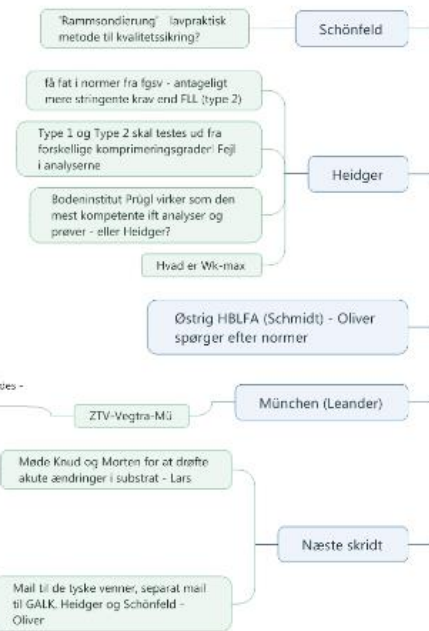
Nyeste jdgave skal downloades -
Bodeninstitut Prügl (Oliver)

Sænke Ler/Silt fra 15% til 10%?

Spørg Heidger om fgsv og om muligheden
for at kvalitetssikre /analysere danske
substrater (Ler/Silt indhold - kan det styres, er
det nødvendigt med Ler/Silt?)

Schönfeld: I læsningsstoffers egnethed ift.
Vandholdende egenskaber, evt også om
tolkning af analyseparametre (Ler/Silt indhold -
kan det styres, er det nødvendigt med Ler/Silt?)

Mail til de tyske venner, separat mail
til GALK, Heidger og Schönfeld -
Oliver



Hvad gjorde vi



Hvad gjorde vi



Hvad gjorde vi



Hvad gjorde vi

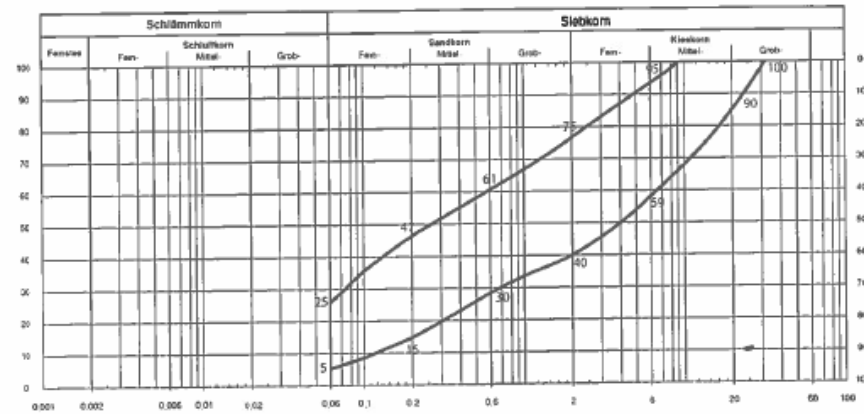


Abb. 3: Korngrößenverteilung für Pflanzgrubenbauweise 1 – Pflanzgrube nicht oder nur freitragend überbaut

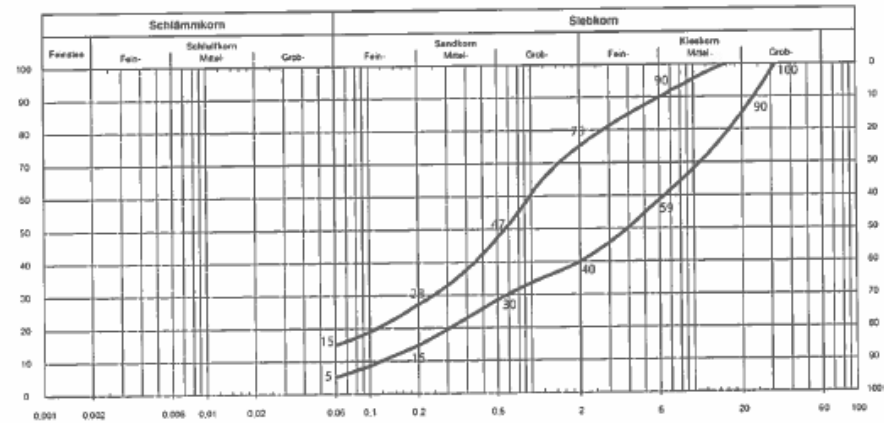


Abb. 4: Korngrößenverteilung für Pflanzgrubenbauweise 2 – Pflanzgrube ganz oder teilweise überbaut

Hvad gjorde vi

Tabelle 3: Technische Anforderungen an Baumsubstrate in Deutschland

Eigenschaften	Einheit	Anforderung gemäß FLL-Baumpflanzung (2010)	
		Pflanzgrubenbauweise 1 nicht überbaubar	Pflanzgrubenbauweise 2 überbaubar
Korngrößenverteilung			
Prüfwassergehalt	%	-	
Körnung	mm	0/11 bis 0/32	0/16 bis 0/32
d = 0,063 bis 2 mm	M.-%	Soll ≥ 30	
Verdichtung			
Proctordichte	g/cm³	-	
Proctorwassergehalt w _{opt}	%	-	
Einbaudichte trocken	g/cm³	-	
Verdichtungsgrad D _{Pr}	%	83 - 87	≤ 95
Bodenphysik: Bodenluft- und Bodenwasserhaushalt bei definierter Verdichtung			
Kornrohdichte (Luftpyknometer)	g/cm³	-	-
Gesamtporenvolumen GPV	Vol.-%	-	-
Wasserdurchlässigkeit k _f	m/s	≥ 5,0 x 10 ⁻⁶ und Soll ≤ 5,0 x 10 ⁻⁴	
Maximale Wasserkapazität WK _{max}	Vol.-%	≥ 25	
Luftkapazität bei WK _{max} oder	Vol.-%	≥ 10 oder	
Luftvolumen bei pF 1,8	Vol.-%	≥ 15	
Bodenchemie			
pH-Wert (CaCl ₂)	-	5,0 – 8,5	
Salzgehalt (Wasserauszug) oder	mg/100g	≤ 150 oder	
Salzgehalt (gesättigte Gipslösung)	mg/100g	≤ 100	
Organische Substanz	M.-%	1 - 4	1 - 2
Tragfähigkeit ¹⁾			
Verformungsmodul E _{v2}	MN/m²	-	≥ 45
CBR-Wert	%	-	-

- keine Anforderung 1) Prüfung im eingebauten Zustand

Tabelle 4: Prüfwerte Mischung M10, 0/16 mm – Prüfung der Eigenschaften

Eigenschaften	Einheit	Prüfwert			
		PGB 1 nicht überbaubar	-	PGB 2 überbaubar	-
Korngrößenverteilung					
Prüfwassergehalt	%	15,0			
Körnung	mm	0/16			
d = 0,063 bis 2 mm	M.-%	41,8			
Verdichtung					
Verdichtungsgrad D _{Pr}	%	85	90	95	100
Proctordichte	g/cm³	--			1,456
Proctorwassergehalt w _{opt}	%	--			24,0
Einbaudichte trocken	g/cm³	(1,238)	--	1,383	1,456
Bodenphysik: Bodenluft- und Bodenwasserhaushalt bei definierter Verdichtung					
Kornrohdichte (Luftpyknometer)	g/cm³	2,348			
Gesamtporenvolumen GPV	Vol.-%	--	--	41,1	--
Wasserdurchlässigkeit k _f	m/s	--	--	4,2 x 10 ⁻⁶	--
Maximale Wasserkapazität WK _{max}	Vol.-%	--	--	39,5	--
Luftkapazität bei WK _{max} oder	Vol.-%	--	--	1,6	--
Luftvolumen bei pF 1,8	Vol.-%	--	--	22,0	--
Bodenchemie					
pH-Wert (CaCl ₂)	-	7,6			
Salzgehalt (Wasserauszug) oder	mg/100g	66			
Salzgehalt (gesättigte Gipslösung)	mg/100g	--			
Organische Substanz	M.-%	2,6			
Tragfähigkeit					
Verformungsmodul E _{v2} ¹⁾	MN/m²	--	--	≥ 45 ¹⁾	--
CBR-Wert bei 5 mm	%	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

- keine Anforderung 1) Prüfung im eingebauten Zustand

Hvad gjorde vi – skiftet i projektet



Hvad gjorde vi – skiftet i projektet

Tabelle 3: Technische Anforderungen an Baumsubstrate in Deutschland

Eigenschaften	Einheit	Anforderung gemäß FLL- Baumpflanzung (2010)		Anforderung gemäß FGSV- Hinweisen und HEIDGER (2006)
		Pflanzgruben- bauweise 1 nicht überbaubar	Pflanzgruben- bauweise 2 überbaubar	Pflanzgruben- bauweise 2 überbaubar
Korngrößenverteilung				
Prüfwassergehalt	%	-		-
Körnung	mm	0/11 bis 0/32	0/16 bis 0/32	0/10 bis 0/20
d = 0,063 bis 2 mm	M.-%	Soll ≥ 30		-
Verdichtung				
Proctordichte	g/cm³	-		-
Proctorwassergehalt w_{opt}	%	-		-
Einbaudichte trocken	g/cm³	-		-
Verdichtungsgrad D_{Pr}	%	83 - 87	≤ 95	95
Bodenphysik: Bodenluft- und Bodenwasserhaushalt bei definierter Verdichtung				
Kornrohdichte (Luftpyknometer)	g/cm³	-	-	-
Gesamtporenvolumen GPV	Vol.-%	-	-	≥ 40
Wasserdurchlässigkeit k_f	m/s	$\geq 5,0 \times 10^{-6}$ und Soll $\leq 5,0 \times 10^{-4}$		$\geq 1,0 \times 10^{-6}$ und $\leq 1,0 \times 10^{-5}$
Maximale Wasserkapazität WK_{max}	Vol.-%	≥ 25		≥ 35 und ≤ 40
Luftkapazität bei WK_{max} oder	Vol.-%	≥ 10 oder		-
Luftvolumen bei pF 1,8	Vol.-%	≥ 15		$\geq 15 < 2/3$ GPV
Bodenchemie				
pH-Wert (C_2Cl_2)	-	5,0 – 8,5		4,5 – 8,5
Salzgehalt (Wasserauszug) oder	mg/100g	≤ 150 oder		
Salzgehalt (resistente Bspülung)	mg/100g	≤ 100		
Organische Substanz	M.-%	1 - 4	1 - 2	≤ 2
Tragfähigkeit ¹⁾				
Verformungsmodul E_{v2}	MN/m²	-	≥ 45	≥ 45
CBR-Wert	%	-	-	-

- keine Anforderung

1) Prüfung im eingebauten Zustand

Ekstremsubstrater med nye mål

Hvad gjorde vi – skiftet i projektet

	Værdier	Gesamtporenvolumen	Wasserdurchlässigkeit	Max. Wasserkapazität	Luftkapazität	eller	Luftvolumen bei pF 1,8	Kompost
Mål		ingen	5×10^{-6} og 5×10^{-4}	> 25	> 10		> 15	> 2% el. 4%
FLL 1 jorder (max. 4% humus)								
		ikke testet	$1,1 \times 10^{-5}$	32	ikke beregnet		15,3	
		52,5	$9,2 \times 10^{-5}$	49,1	3,4		22,4	3,1
		47,2	$7,1 \times 10^{-6}$	37,9	9,3		18,1	3,5
		52,5	$1,3 \times 10^{-4}$	50	2,5		19,3	3,7
FLL 2 jorder (max. 2% humus)								
		ikke testet	$2,3 \times 10^{-5}$	30,7	ikke beregnet		18,1	2,2
		41,6	$6,1 \times 10^{-6}$	38,8	2,8		12,6	3,1
		41,1	$4,2 \times 10^{-5}$	39,5	1,6		22	2,6
		40,7	$5,0 \times 10^{-7}$	32	8,7		10,7	3,5
		46,9	$4,4 \times 10^{-6}$	46,2	0,7		8,4	3,5
		36,9	$3,9 \times 10^{-6}$	32,3	4,6		8,5	2,9

Vi lavede mange forsøgsblandinger, for at nå indenfor rammerne af FLL-retningslinierne

Hvad lærte vi – om jord



Vi lærte at, de jorder vi kendte blev hårde, når de var tørre

Hvad lærte vi - om jord



FLL substratet er løst – også i tør tilstand

Hvad lærte vi – om bæreevne

- Om FLL 2

FLL SUBSTRATER	FLL type 1	FLL type 2
pH	5-8,5	
Sand, masse i %	>30%	
Dræningskapacitet	>5 x 10 ⁻⁵ m/sek	
Retentionskapacitet	>25%	
Luftporevolumen, %	>10% ved max. vandmætning	
Luftporevolumen, %	>15% ved pF=1,8	
Saltindhold	150 mg/100 g (i vandopløsning)	
Ler og silt, masse	5-25%	5-15%
Organisk stof, masse	1-4%	1-2%
E-værdi (bæreevne)	Ingen krav	>45 mPa
Komprimering, % st.Proctor	83-87%	<95%

Kilde: Empfehlungen für Baumpflanzungen. FLL 2010.

Råjorden kræver KK (35)-40 Mpa

FLL 2, > 45 MPa

Plastkassetter

Stabil grus 300 MPa

Gartnermacadam 600-1.000 MPa

Hvad lærte vi – om bæreevne

Valget mellem lava og pimpsten

- Egenskaber ved lava

- God bæreevne
- Mindre god til god til at tilbageholde vand

I FLL 2 substratet er lava og grus hovedbestanddele

- Egenskaber for pimpstenen

- Lavere bæreevne
- God til meget god til at tilbageholde vand

I FLL 1 substratet er pimpsten og leca hovedbestanddele

Bæreevnen er vigtigst, vigtigst, vigtigst og derefter rodudvikling

Hvad lærte vi – stort FLL 2 fokus, men FLL 1 er den største forbedring

	Dansk	Samlet porevolumen	Vandgennemtrængelighed	Max. vandkapacitet	Luftkapacitet	eller	Luftvolumen ved pF1,8	Kompost
	Tysk	Gesamtporenvolumen	Wasserdurchlässigkeit	Max. Wasserkapazität	Luftkapazität	eller	Luftvolumen bei pF1,8	Kompost
	FLL krav	Ingen	ml. 5×10^{-6} og 5×10^{-4}	> 25 %	> 10		> 15	4%
Jordtype								
Alletræsmuld		45,9	$8,4 \times 10^{-5}$	43,6			24,9	5,1
FLL1 Standard		41,9	$5,5 \times 10^{-6}$	38,7			13,7	3,1
FLL1 Substrat		52,5	$9,2 \times 10^{-5}$	49,1			22,4	3,1

Ved proctor 85

Hvad lærte vi – stort FLL 2 fokus, men FLL 1 er den største forbedring

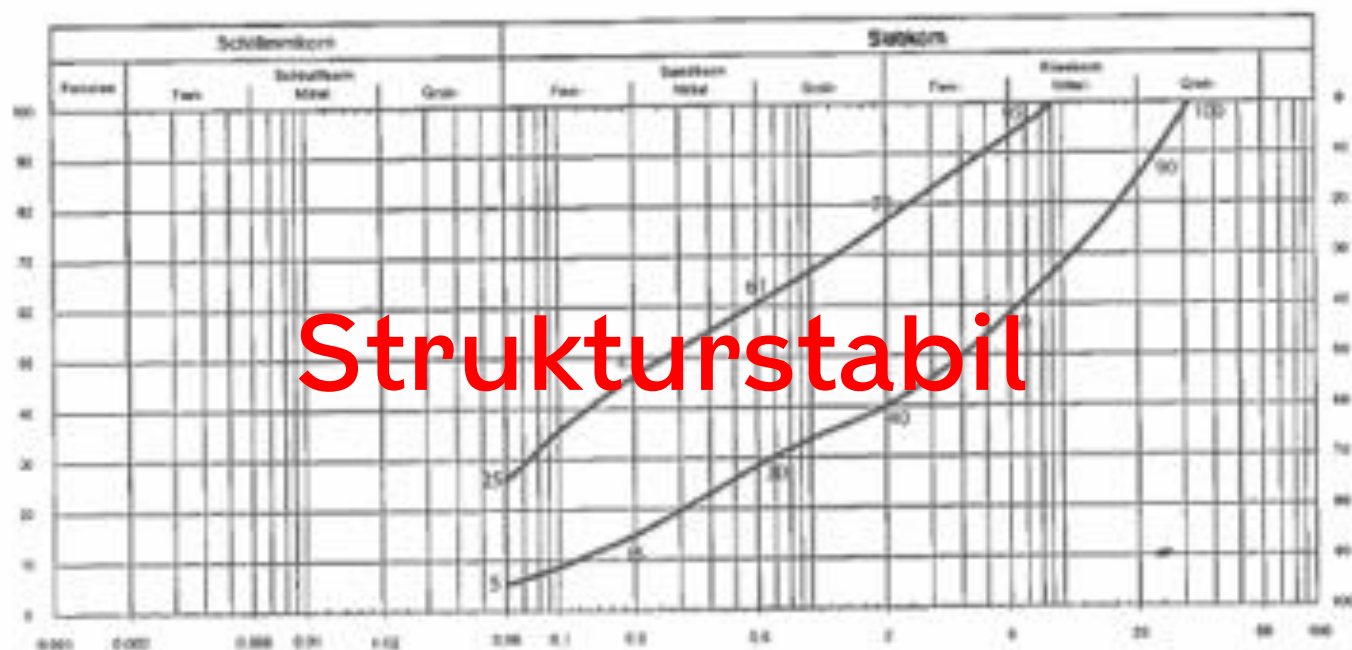
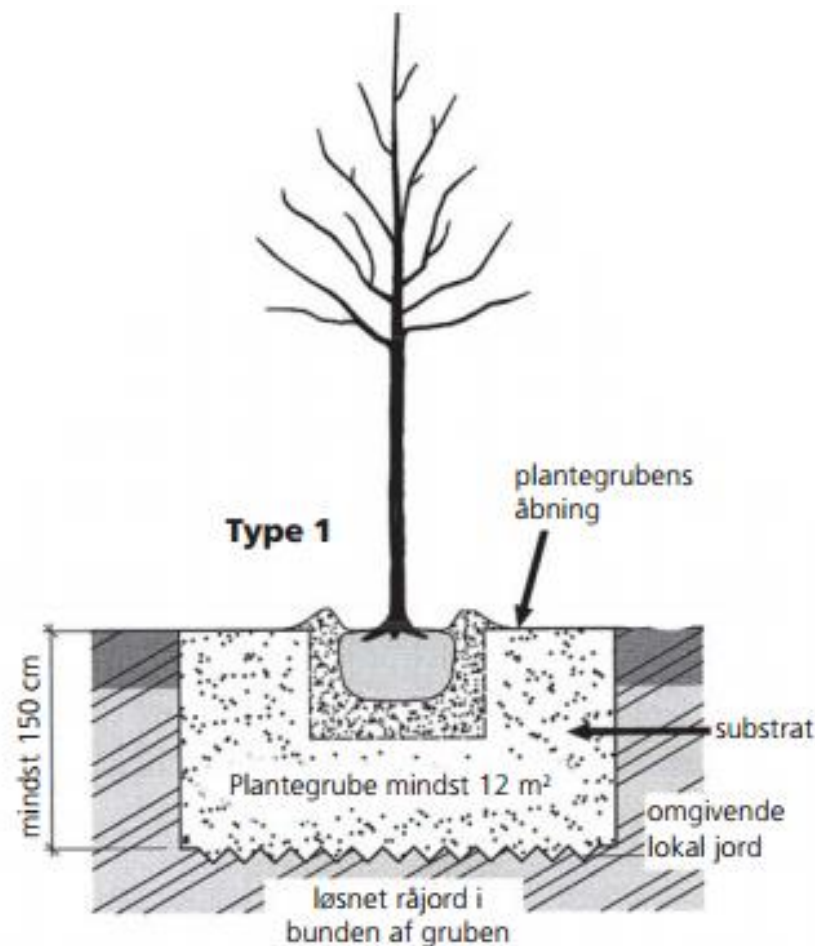
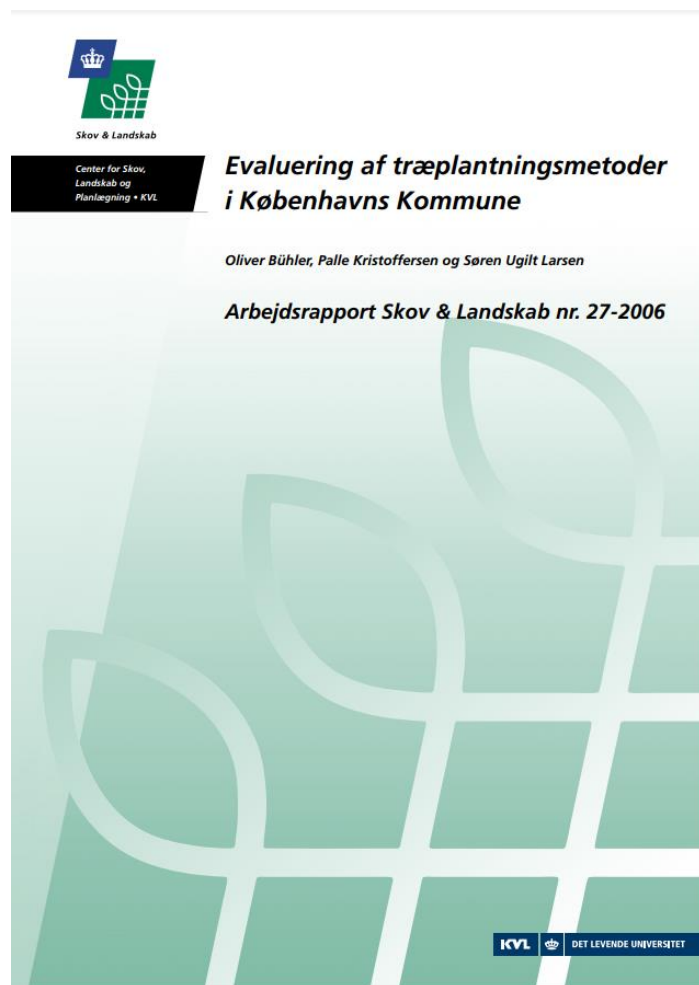


Abb. 3:

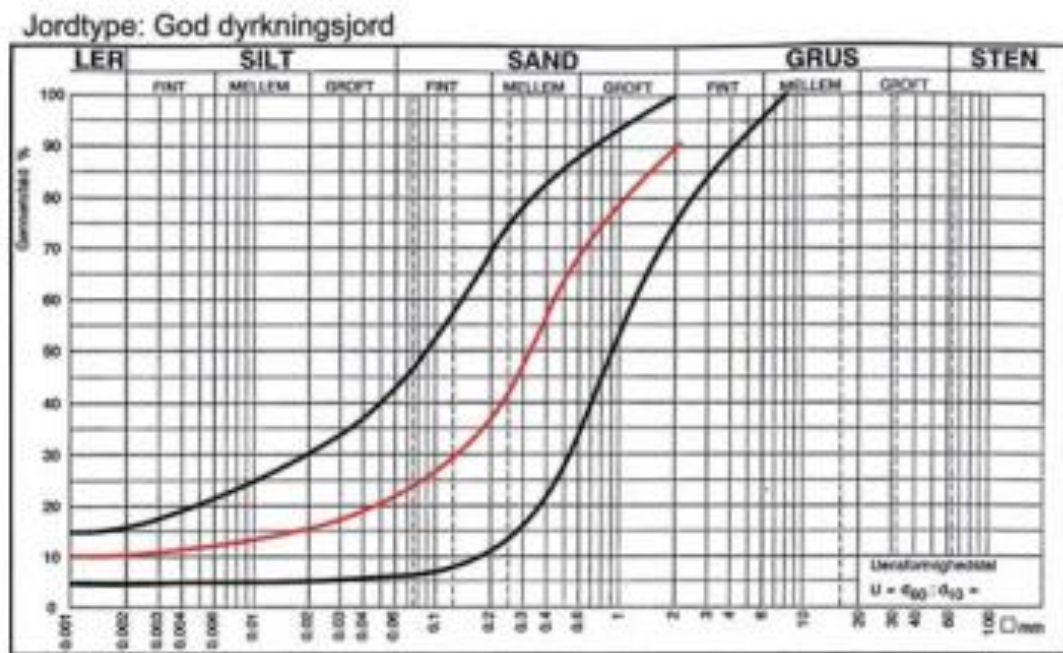
Korngrößenverteilung für Pflanzgrubenbauweise 1 – Pflanzgrube nicht oder nur freitragend überbaut

Hvad lærte vi – stort FLL 2 fokus, men FLL 1 er den største forbedring



Hvad lærte vi – fra middel til mål med jordbeskrivelserne

Eksempel på jordbeskrivelse fra KKs "Særlige arbejdsbeskrivelse (SAB)"



Kilde: PartnerLandskab, april 2010

Figur 3. PartnerLandskabs grænser for god vækstjord til træer. Jordoverfladen og rodrummet skal dog være beskyttet mod færdsel og komprimering. De sorte kurver er grænsekurver. Y-aksen er tørmasse i procent.

Humus: 1-2%

Ler/silt: 9-12%

Finsand: 45-50%

Grovsand: 40-45%

Midlet til at nå målene om:

- Vandtilbageholdende egenskaber
- Drænende egenskaber
- Luftporevolumen

Hvad lærte vi – fra middel til mål med jordbeskrivelserne

FLL SUBSTRATER	FLL type 1	FLL type 2
pH	5-8,5	
Sand, masse i %	>30%	
Dræningskapacitet	>5 x 10 ⁻⁵ m/sek	
Retentionskapacitet	>25%	
Luftporevolumen, %	>10% ved max. vandmætning	
Luftporevolumen, %	>15% ved pF=1,8	
Saltindhold	150 mg/100 g (i vandopløsning)	
Ler og silt, masse	5-25%	5-15%
Organisk stof, masse	1-4%	1-2%
E-værdi (bæreevne)	Ingen krav	>45 mPA
Komprimering, % st.Proctor	83-87%	<95%

Kilde: Empfehlungen für Baumpflanzungen. FLL 2010.

Resultat på plantevæksten



Med stort forbehold for kun få års erfaringer

Resultat på plantevæksten



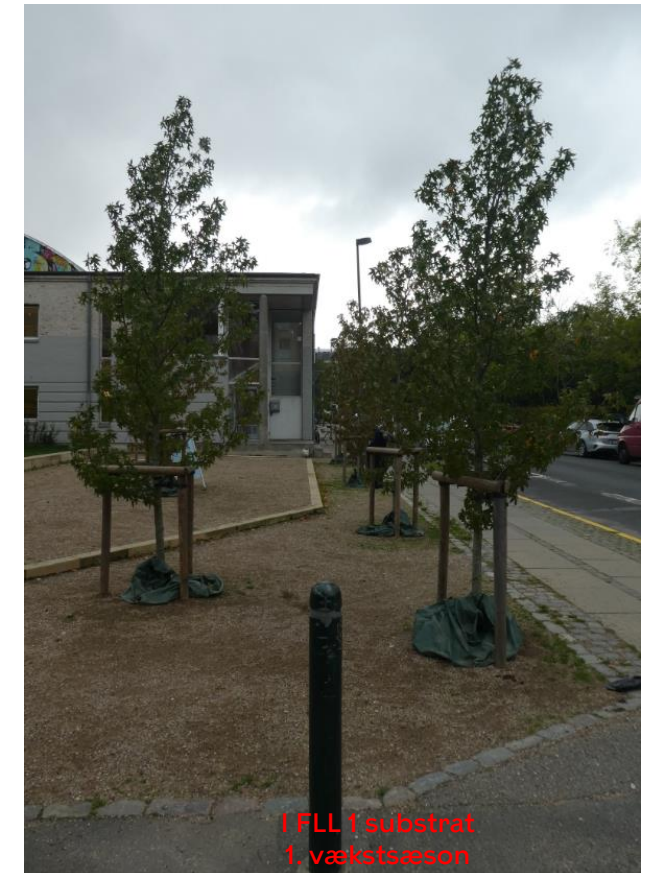
Resultat på plantevæksten



Resultat på plantevæksten



Andre træarter



Resultat på plantevæksten

VEGETATIONSTECHNIK

STAUDENPFLANZSUBSTRATE

So gut waren die Mischungen im Test

Die LWG Veitshöchheim hat Substrate für Staudenpflanzungen getestet – unter praxisnahen Bedingungen in der Gemeinde Sommerach. Die bisherigen Ergebnisse lassen darauf schließen, dass unkrautfreie definierte Substrate Vorteile gegenüber Oberboden bringen. Allerdings haben auch einige Substrateigenschaften Einfluss auf Vitalität, Deckungsgrad und Pflegeaufwand. | Online-inhalte S. 51

Staudenmischpflanzungen bieten attraktive Blühaspekte über einen langen Zeitraum und haben sich im öffentlichen Grün sowie in Privatgärten bewährt. Für Unsicherheit sorgt hingegen immer noch die Frage nach dem „richtigen“ Boden oder Substrat, denn die beste Staudenmischung kann nicht funktionieren, wenn sie auf einen mit Unkräutern belasteten Boden gepflanzt wird. Substrate wären eine gute, allerdings anfangs teurere, aber dafür unkrautfreie Alternative. Doch welche Substrate sind geeignet? Der hier beschriebene Versuch in Sommerach entlang der Volkacher Straße geht dieser Frage nach. Er lehnt sich im Versuchsauf-

bau den ähnlich konzipierten Versuch von Schmidt und Murrer (2014) in der HBLFA (Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau) in Wien-Schönbrunn sowie an den Versuch von Stör und Heck (2016) in der LVG (Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau) in Heidelberg an.

VERSUCH AN EINER GEMEINDESTRASSE

Die Versuchsstreife an der Volkacher Straße ist ein schmaler Streifen von 84 m Länge und 2 m Breite. Er wurde in zehn jeweils 16 m² große Parzellen aufgeteilt. Somit ergaben sich je Substrat zwei Parzellen oder

Wiederholungen. Dabei enthielten die Parzellen 1 und 6 das Substrat 1, die Parzellen 2 und 7 das Substrat 2. Breitter trennten die einzelnen Substrate. Die Auftragsstärke betrug 40 cm. Nach der Pflanzung wurde eine circa 5 cm starke Mulchschicht aus Lava, Körnung 8/16 mm aufgetragen.

Fünf Substrate wurden getestet, davon drei Fertigmischungen (siehe Kasten links). Die Fertigmischungen wurden von den Herstellern freudlicherweise kostenlos zur Verfügung gestellt. Die beiden mineralischen Substrate wurden vor Ort gemischt. Die Substratauswahl lehnt sich dabei unter anderem an die in dem „Fachbericht Staudenverwendung“ der Forschungsgesell-

Es ist sicher keine große Überraschung, dass sich die hier gepflanzte Staudenmischung „Blütenwoge“ in dem Baum- und Dachsubstrat am besten entwickelt hat. Dass ein Baumsubstrat nicht nur für Bäume, sondern aufgrund seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften auch für Stauden geeignet ist, war zu vermuten. Im Substrat

STAUDENPFLANZSUBSTRATE EXTRA

Diese Mischungen wurden verwendet

■ **Substrat Weihenstephan:** Das Substrat wurde 2007 bei einem Versuch an der Staatlichen Forschungsanstalt für Gartenbau

Weihenstephan unter fünf untersuchten Substraten als am besten geeignet bewertet.

■ **Baumsubstrat Vulkantrée VVP 0-12:** Mineralisches Substrat von Vulkantrée auf der Basis von Lavagestein. Es entspricht laut Hersteller den Vorgaben der FLL-Richtlinie für Dachbegrünung, der FLL-Empfehlung für Baumpflanzungen, Teil 2, Bauweise 1 und 2, und der Düngemittelverordnung in der jeweils aktuellen Fassung. Volumengewicht bei Anlieferung nach DIN 1097-3: 900-1000 kg/m³, maximales Gewicht wassergesättigt (verdichtet) 1400-1600 kg/m³.

■ **Dachsubstrat „E“ extensiv:** Spezialsubstrat für die extensive Dachbegrünung. In mehrschichtiger Bauweise von Cortinum. Mischungskomponenten sind Ziegelsplitt, Lava, Steirischlehmstasche, Ziegelsand, Grünmuldkompost (RAL, gütegeprüft), Volumengewicht nach DIN 1097-3: 800-900 kg/m³, maximales Gewicht wassergesättigt circa 1400 kg/m³.

■ **Mineralisches Substrat:** vor Ort hergestellte Mischung aus 66 Vol.-% Splitt 0/16 und 33 Vol.-% Ziegelsplitt 8/16 mm.

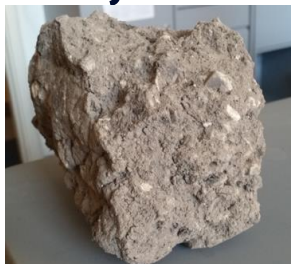
Substrat Weihenstephan		
Material	Körnung	Volumenanteil
Edelsplitt gewaschen	11/16	22,50%
Edelsplitt gewaschen	8/11	22,50%
Edelsplitt gewaschen	5/8	22,50%
Edelsplitt gewaschen	2/5	22,50%
Kompost gütegeprüft		10,00%

Sammenlingning med Sverige/Tyskland

- Muld jorder (landbrugsjorder m.m.), procentfordeling
- Grusgravssubstrater, kornkurvebeskrivelse

København

- FLL jorderne, målbeskrivelse



Tyskland, meget generelt

- Ekstremsubstraterne, målbeskrivelse + vandholdende egenskaber



Malmø



København

Stockholm



Hvad skriver man i sit udbud

- Muld jorder (landbrugsjorder m.m.

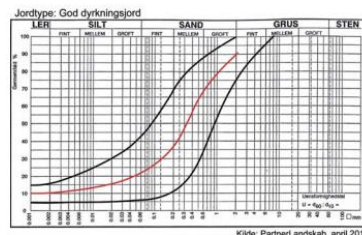
Humus: 1-2%

Ler/silt: 9-12%

Finsand: 45-50%

Grovsand: 40-45%

- Grusgravssubstrater



Figur 3. PartnerLandskabs grænser for god vækstjord til træer. Jordoverfladen og rodrummet skal dog være beskyttet mod færdsel og komprimering. De sorte kurver er grænsekurver. Y-aksen er tørrmasse i procent.

- FLL jorderne

- Ekstremsubstraterne

FLL SUBSTRATER	FLL type 1	FLL type 2
pH	5-8,5	
Sand, masse i %	>30%	
Dræningskapacitet	>5 x 10 ⁻⁵ m/sek	
Retentionskapacitet	>25%	
Luftporevolumen, %	>10% ved max. vandmætning	
Luftporevolumen, %	>15% ved pF=1,8	
Saltindhold	150 mg/100 g (i vandopløsning)	
Ler og silt, masse	5-25%	5-15%
Organisk stof, masse	1-4%	1-2%
E-værdi (bæreevne)	Ingen krav	>45 mPA
Komprimering, % st.Proctor	83-87%	<95%

Kilde: Empfehlungen für Baumpflanzungen. FLL 2010.

Hvad skriver man i sit udbud

- Udfordringen er at få det gode vækstsustrat for mulighederne er flere
- Jf. FLL retningslinierne
- Jf. målene for FLL

FLL SUBSTRATER	FLL type 1	FLL type 2
pH	5-8,5	
Sand, masse i %	>30%	
Dræningskapacitet	$>5 \times 10^{-5}$ m/sek	
Retentionskapacitet	>25 %	
Luftporevolumen, %	>10% ved max. vandmætning	
Luftporevolumen, %	>15% ved $pF=1,8$	
Saltindhold	150 mg/100 g (i vandopløsning)	
Ler og silt, masse	5-25%	5-15%
Organisk stof, masse	1-4%	1-2%
E-værdi (bæreevne)	Ingen krav	>45 mPA
Komprimering, % st.Proctor	83-87%	<95%

Kilde: Empfehlungen für Baumpflanzungen. FLL 2010.

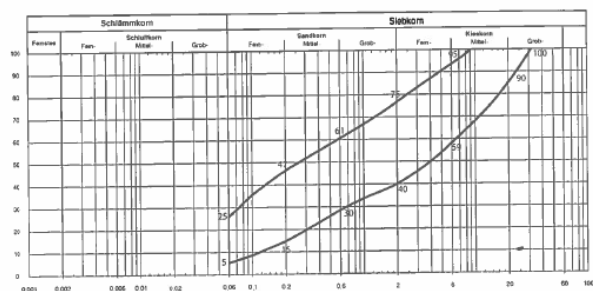


Abb. 3: Korngrößenverteilung für Pflanzgrubenbauweise 1 – Pflanzgrube nicht oder nur freitragend überbaut

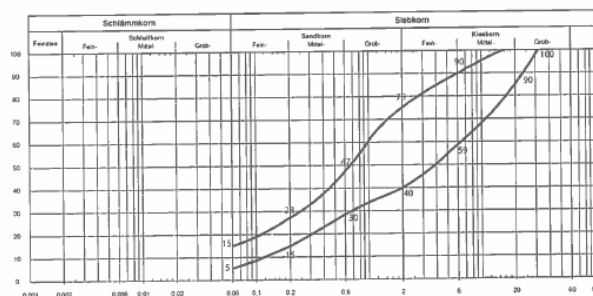


Abb. 4: Korngrößenverteilung für Pflanzgrubenbauweise 2 – Pflanzgrube ganz oder teilweise überbaut

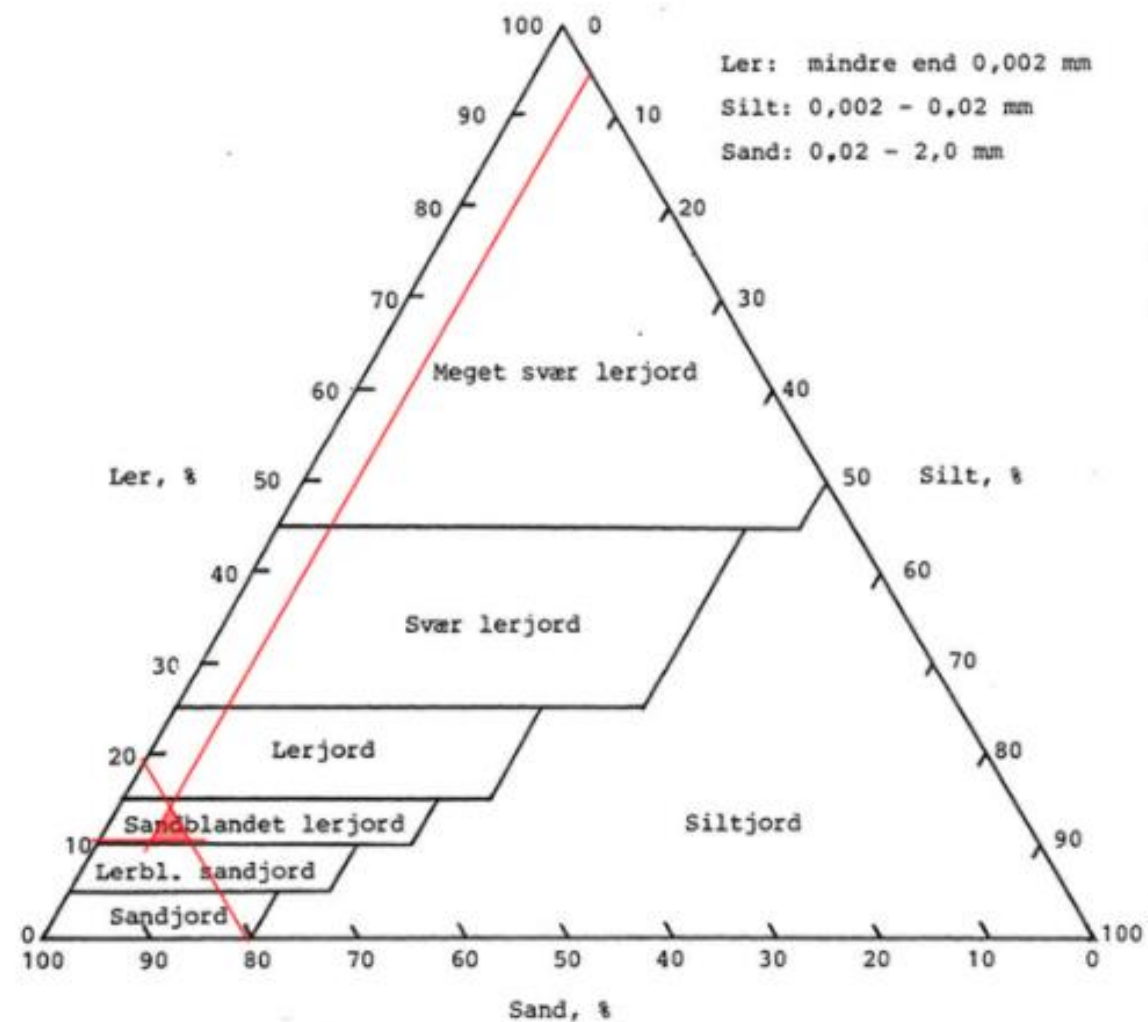
Hvad skriver man i sit udbud

- Jf. Heidgers mål fra 2006

Tabelle 3: Technische Anforderungen an Baumsubstrate in Deutschland				
Eigenschaften	Einheit	Anforderung gemäß FLL-Baumpflanzung (2010)		Anforderung gemäß FGSV-Hinweisen und HEIDGER (2006)
		Pflanzgrubenbauweise 1 nicht überbaubar	Pflanzgrubenbauweise 2 überbaubar	Pflanzgrubenbauweise 2 überbaubar
Korngrößenverteilung				
Prüfwassergehalt	%	-		-
Körnung	mm	0/11 bis 0/32	0/16 bis 0/32	0/10 bis 0/20
d = 0,063 bis 2 mm	M.-%	Soll ≥ 30		-
Verdichtung				
Proctordichte	g/cm ³	-	-	-
Proctorwassergehalt w _{opt}	%	-	-	-
Einbaudichte trocken	g/cm ³	-	-	-
Verdichtungsgrad D _v	%	83 - 87	≥ 95	95
Bodenphysik: Bodenluft- und Bodenwasserhaushalt bei definierter Verdichtung				
Kornröhdichte (Luftpiknometrier)	g/cm ³	-	-	-
Gesamtporenvolumen GPV	Vol.-%	-	-	≥ 40
Wasserdurchlässigkeit k _v	m/s	≥ 5,0 × 10 ⁻⁶ und Soll ≤ 5,0 × 10 ⁻⁴		≥ 1,0 × 10 ⁻⁵ und ≤ 1,0 × 10 ⁻³
Maximale Wasserkapazität WK _{max}	Vol.-%	≥ 25		≥ 35 und ≤ 40
Luftkapazität bei WK _{max} oder	Vol.-%	≥ 10 oder		-
Luftvolumen bei pF 1,8	Vol.-%	≥ 15		≥ 15 < 2/3 GPV
Bodenchemie				
pH-Wert (CaCl ₂)	-	5,0 - 8,5		4,5 - 8,5
Salzgehalt (Wasserauszug) oder	mg/100g	≤ 150 oder		-
Salzgehalt (gesättigte Gipslösung)	mg/100g	≤ 100		-
Organische Substanz	M.-%	1 - 4	1 - 2	≤ 2
Tragfähigkeit ¹⁾				
Verformungsmodul E _{0,2}	MN/m ²	-	≥ 45	≥ 45
CBR-Wert	%	-	-	-
- keine Anforderung		1) Prüfung im eingebauten Zustand		

- Materialebeskrivelse ex. Substratet skal indeholde mindst 2 ud af 3 følgende materialer: lava, leca eller pimpsten. Materialerne skal hver for sig udgøre mindst 10% af den samlede vægt og tilsammen mindst 40% af den samlede vægt
- Kombinationer af ovenstående





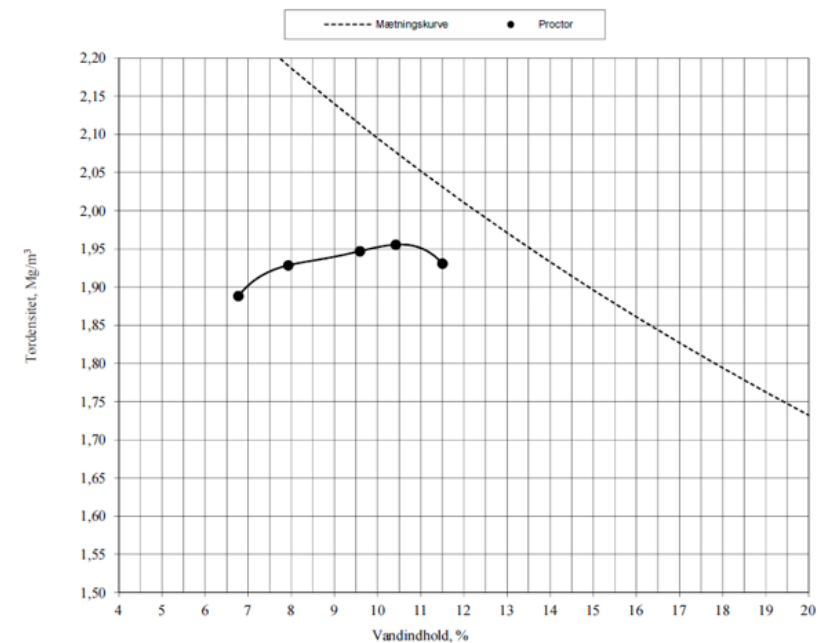
Hvor anvender KK rodvenlige befæstelser

	Vej	Cykelsti	Fortov og Plads
Råjorden kræver KK (35)-40 MPa			
FLL 2, > 45 MPa		x	x
Plastkassetter,		x	x
Stabil grus 300 MPa			
Gartnermacadam 600-1.000 MPa	(x)	x	x

Hvad lærte vi – om indbygning af FLL2



Tyskerne
anvender
minifaldlod



Figur 1 Proctor-kurve

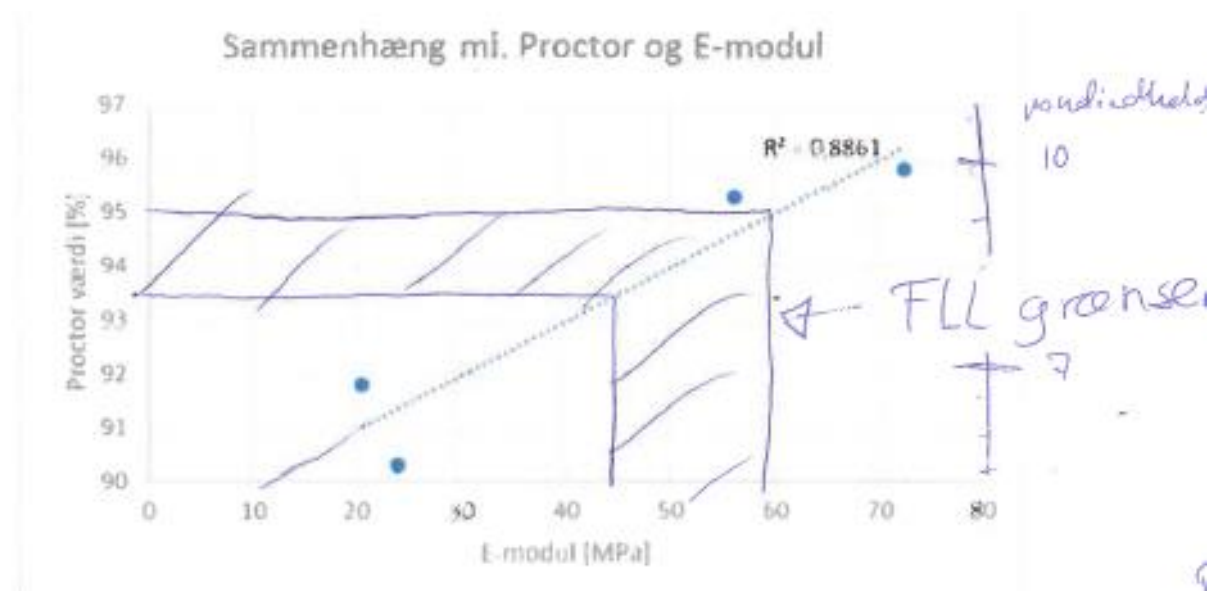
Hvad lærte vi – om indbygning af FLL2

Tabel 1 Forsøg foretaget af Sweco

Dato	Beskrivelse	E-modul [MPa]	Komprimerings-grad [%]	Vandindhold [%]
21-06-2018	Komprimeret 7 gange	72,6	95,8	6,3
21-06-2018	Komprimeret 5 gange	56,2	95,3	6,2
28-06-2018	Komprimeret 3 gange	20,6	91,8	6,3
28-06-2018	Komprimeret 1 gang	24,5	96,7	6,6
28-06-2018	Komprimeret 2 gange	24,1	90,3	6,1
28-06-2018	Komprimeret 2 gange-2	22,6	-	-
28-06-2018	På Kasette	1	-	-
28-06-2018	Komprimeret 2 gange-3	16	-	-
10-07-2018	1+1+3 (ikke gældende)	7,7	84,7	4,4
10-07-2018	1+1+3 (halv højde)	14,3	87,3	5,0
10-07-2018	3+3+3	16,2	88,9	4,3
10-07-2018	3+3+3	20,9	86,8	4,7
10-07-2018	3+3+3, våd	20	88,9	4,3
10-07-2018	5+5+5, asfalt	163	-	-
10-07-2018	5+5+5, test1	296	-	-
10-07-2018	6+6+6, test2	353	-	-
10-07-2018	3+3+3, test2	347	-	-
10-07-2018	2+2+5, test3	87	-	-

Et vandindhold omkring 6-8% var nøglen til at indstampe korrekt

Hvad lærte vi - om indbygning af FLL2



**Sværere at være entreprenør
Lettere at være byggeleder**

Komprimeringskontrol

Måling	Dato	Tid	Dybde	Tørdensitet	Våddensitet	Vandprocent	Ref. værdi	Komprimering
nr.	dd.mm.åå	s	cm	DD, kg/m ³	WD, kg/m ³	W%	Pr/Vib. forsøg	%
1	09.04.2018	60,0	30,0	1882,0	2232,0	18,6	1960,0	96,0
2	09.04.2018	60,0	30,0	1864,2	2196,0	17,8	1960,0	95,1

Hvad lærte vi – FLL 2 fokus, men FLL 1 er den største forbedring



Hvad lærte vi – stort FLL 2 fokus, men FLL 1 er den største forbedring



Hvad lærte vi – stort FLL 2 fokus, men FLL 1 er den største forbedring

Verdichtung					
Verdichtungsgrad D_{pv}	%	85	90	95	100
Proctordichte	g/cm ³	--			1,733
Proctorwassergehalt w_{opt}	%	--			17,0
Einbaudichte trocken	g/cm ³	1,473	1,559	1,646	1,733
Bodenphysik: Bodenluft- und Bodenwasserhaushalt bei definierter Verdichtung					
Kornrohdichte (Luftpyknometer)	g/cm ³	2,564			
Gesamtporenvolumen GPV	Vol.-%	42,5	39,2	35,8	32,4
Wasserdurchlässigkeit k_f	m/s	$3,6 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$< 5,0 \times 10^{-7}$	$< 5,0 \times 10^{-7}$
Maximale Wasserkapazität WK_{max}	Vol.-%	37,7	37,0	34,1	31,8
Luftkapazität bei WK_{max} oder	Vol.-%	4,8	2,2	1,7	0,6
Luftvolumen bei pF 1,8	Vol.-%	13,8	9,9	6,9	3,1

Det videre forløb

- For FLL 1 substratet er der forbedringspotentialer gennem tilsætning af lidt mere kompost
- For FLL 2 substratet skal kompostindholdet reduceres lidt
- Dvs. finpudsning
- Biokul som tilsætning – den rette kvalitet mangler endnu. pH = 9