Projektrapport|**Opbygning af befæstelser**

Slotshaver|januar 2003

Slots- og
Ejendomsstyrelsen

Slots- og Ejendomsstyrelsen

Udgiver
Slots- og Ejendomsstyrelsen
Løngangstræde 21
1468 København K

Tlf.: 33 92 63 00
e-mail: sesmail@ses.dk
Hjemmeside: www.ses.dk

Foto
Slots- og Ejendomsstyrelsen. Undtaget side 41m, 42 og forside m; Torben Dam.

Grafisk design
Thomas Rahbek|Slots- og Ejendomsstyrelsen

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse I salgs - eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt anvendelse af Slots- og Ejendoms-styrelsens navn kun tilladt efter skriftlig tilladelse.

Projektleder
Søren Selch

Redaktion
John Nørgaard, Palle Kristoffersen

Forfattere
Kapitel 1: Søren Selch, John Nørgaard, Palle Kristoffersen, Torben Dam
2: Søren Selch
3: Niels Mellergaard, Palle Kristoffersen, Lars Friis, Morten Voss, John Nørgaard
4: Palle Kristoffersen
5: Niels Mellergaard
6: Palle Kristoffersen
7: Niels Mellergaard
8: Torben Dam, Palle Kristoffersen
9: John Nørgaard, Søren Selch
10: John Nørgaard
11: Søren Selch

Indhold

1|Sammenfatning 5

2|Baggrund og formål 8
2.1|Projektdeltagere 8

3|Registrering af eksisterende forhold 9
3.1|Udstrækning 10
3.2|Belægningsoverflader 10
3.3|Kantninger 10
3.4|Kotering 10
3.5|Profiler af eksisterende befæstelser 10
3.5.1|Udførelse 11
3.5.2|Beskrivelser 11
3.5.3|Analyse af profiler 15
3.6|Problemområder 16
3.7|Overvejelser over kørselsbehov 17
3.8|Analyse af registreringer 18

4|Grusbelægninger historisk og nutidigt 19
4.1|Første beskrivelser 19
4.2|Skærveopbygninger 20
4.3|Grusopbygninger 20
4.4|Dimensionering og lagtykkelser 21
4.5|Vedligeholdelse 23
4.6|Sammendrag af litteraturundersøgelse 24

5|Fremtidig stiplan 25
5.1|Stierne i historisk perspektiv 25
5.2|Stiplan 26
5.3|Hovedstier 27
5.4|Transportstier 27
5.5|Promenadestier 27
5.6|Naturstier 27
5.7|Oversigt over stityper 28
5.8|Gevinster ved gennemførelse af stiplan 29

6|Materialer 30
6.1|Identifikation af referencer og nøgleparametre i de ønskede materialer 30
6.2|Funktionskrav 30
6.3|Screening, udvælgelse og blanding af materialer 30
6.4|Forsøgsplan 31
6.5|Toplags-materialer 32
6.6|Totallags-materialer 33

6.7|Analyse af materialer 35
6.7.1|Analyse af Toplag 35
6.7.2|Analyse af Totallag 37
6.8|Sammendrag af udvælgelse og analyse af materialer 38

7|Udførelse af forsøgsbelægninger 39
7.1|Forsøgsplan 39
7.1.1|Forsøgsstrækninger 39
7.1.2|Profiler 40
7.2|Terrænregulering 40
7.3|Skærvemakadam 40
7.4|Kantafgrænsning 41
7.5|Opbygning af lag 41
7.6|Jordbehandling og græssåning 42

8|Tilstandregistrering af forsøgsområde 43
8.1|Måleperiode og vejrlig 43
8.2|Indhold af tilstandregistrering 43
8.2.1|Oprunding 43
8.2.2|Jævnhed 43
8.2.3|Farve 43
8.2.4|Afblanding 43
8.2.5|Fasthed 44
8.2.6|fsmitning/støv 44
8.2.7|Ukrudtsmængde 44
8.3|Bedømmelse fra brugere 44
8.4|Beskrivelse af de tre forsøgsparceller 44
8.5|Registreringer i skema 44
8.6|Kommentarer til Totallag 47
8.7|Kommentarer til Toplag 49
8.8|Sammenfatning af tilstandregistrering 51

9|Anlægsøkonomi 52

10|Drift 53
10.1|Prisudvikling ved udbud 53
10.2|Fastholde profil – sikre afvanding 53
10.3|Fjernelse af løv 54
10.4|Kvalitetsbeskrivelse og økonomi 54
10.5|Ukrudtsbekæmpelse i 3 forskellige scenarier 56

11|Anbefaling 58

12|Kilder 59

1|Sammenfatning

Stinettet i Frederiksberg Have er ikke egnet til at udføre en pesticidfri drift på. De er planlagt og anlagt i en periode, hvor det var muligt og anerkendt at anvende pesticider i driften. De nuværende vilkår giver ikke mulighed for en drift, der lever op til de krav en miljøvenlig og pesticidfri drift kræver.

Stinettets dårlige tilstand i Frederiksberg Have skyldes hovedsagelig, at vedligeholdelsen har været lavt prioriteret i en længere årrække. Dette kombineret med mangelfuld stiafvanding og stor kørselsintensitet i vintermånederne har ført til, at stinettet står over for en omfattende renovering.

De skærpede krav til drift af grusbelægninger medfører, at det er hensigtsmæssigt at se på planlægning, anlæg, materialer og drift i en helhed, idet disse faktorer påvirker hinanden og sammen bl.a. skal give muligheder for en pesticidfri drift.

En væsentlig forudsætning for at arbejde med stianlægget i Frederiksberg Have var, at undersøge de eksisterende stiers profil, opbygning og bæreevne. Mange af stierne lå under det omgivende terræn. Dette skyldes dels flugt af stimaterialer og dels aflejringer af materialer langs stierne med hævelse af græssidearealer til følge, og dels nedkøring af stimaterialerne.

Registrering af stiprofilerne viste manglende bærelagsmaterialer og materialer af ringe kvalitet og tilstand. På mange stier manglede der et slidlag, hvilket har medført frilægning af bærelagsmaterialer.

Målinger af tørrumvægten ned til 30 cm dybde viser værdier på ca. 2,0 g/cm^3. På dette grundlag vurderes det, at bæredygtigheden af de nuværende stier er tilstrækkelig som planum for opbygning af nye stibelægninger. Derved kan bundsikringslag udelades såfremt overfladeafvandingen sikres.

I projektet gennemførtes et litteraturstudie for at opsamle viden om ældre metoder til opbygning og drift. Litteraturstudiet identificerede, at der findes en række forskellige metoder til anlæg af grusbelægninger.

En metode er at anvende en makadamopbygning, hvormed der kan opnås en overflade hovedsageligt bestående af sten, typisk skærver, der ved tromling og mætning med grus bringes til at danne en jævn, tæt overflade. Forekomsten af ukrudt vil her være begrænset til fugearealet. Metoden muliggør ikke en mekanisk bekæmpelse af ukrudt. Bekæmpelse vil således alene kunne ske termisk eller via det daglige slid. Da dette ikke var ønskeligt besluttedes det at udelade at føre makadamopbygninger helt op som overfladebelægning.

En anden metode er at anvende velgraderet grus op til en passende kornstørrelse, og indbygge dette til et fast lag. Af hensyn til muligheden for mekanisk

ukrudtsbekæmpelse, og bearbejdning med henblik på at fastholde det ønskede profil, skal der anvendes et lag af en tilpas tykkelse, så der ikke sker opblanding med de underliggende lag.

I praksis resulterede dette i, at man i Frederiksberg Have ønskede at finde og afprøve materialer, der enten kunne anvendes i fuld tykkelse til opnåelse af tilstrækkelig bæreevne og/eller materialer, der kunne anvendes som toplag på bærelag udført af andre materialer.

Gennemførelse af en prioriteret stiplan med forskellige typer stier tydeliggør differentieringen af stisystemet, og understøtter dermed oplevelsen af vekslende intimitet afhængigt af, hvor i haven man som publikum færdes. Renovering af stinettet vil dermed omfatte en fjernelse af det dominerende asfaltbånd udlagt på hovedstien, og kantningerne vil blive ført tilbage til et mere korrekt historisk udtryk.

Gennemførelse af den prioriterede stiplan vil medføre en reduktion af det samlede stiareal på ca. 30%, hvilket rummer mange miljømæssige og driftsøkonomiske gevinster.

Ud fra de opstillede materiale- og funktionskrav gennemførtes en screening og udvælgelse af materialer, der skulle indgå i den efterfølgende afprøvning som hhv. toplagsmateriale (5 cm lag) og totallagsmateriale (10 cm). Kravet var at indholdet af partikler under 0,075 mm skulle være mellem 10 og 20%, kornkurven skulle forløbe inden for et fastlagt interval. Specielt toplagsmaterialerne havde relativt ens specifikationer i form af sigteanalyser og proctorindstampninger. Alle materialer undtaget ét viste sig at kunne lade sig indbygge til brugbare belægningsflader.

I Frederiksberg Have blev der udpeget tre forsøgsstrækninger:

1. Enghavegangen, hvor det eksisterende bærelag blev skiftet ud med en 10 cm tyk skærvemakadam, hvorpå der blev anlagt felter med 8 forskellige toplagsmaterialer i 5 cm's tykkelse med oprundet profil.

2. Genvejen, hvor den eksisterende stibefæstelse blev profileret, hvorpå der blev anlagt felter med samme 8 toplagsmaterialer i 5 cm's tykkelse med oprundet profil.

3. Brogangen, hvor den eksisterende stibefæstelse blev profileret, hvorpå der blev anlagt felter med 8 forskellige totallagsmaterialer i 10 cm's tykkelse med oprundet profil.

Gennem 10 mdr. blev forsøgsstrækningernes tilstand registreret. Forskellen mellem grusmaterialerne var lille, og samtlige fungerede tilfredsstillende.

Den valgte oprundede profil på grusstien har været konstant for alle parceller med en lille tendens til udjævning af oprundingens top. Efter én sæson er afblanding af de største partikler den afgørende faktor i overfladens karakter. Struktur og farve på grusoverfladen bestemmes primært af de store partikler, der afblandes i regn- og tørkeperioder.

Umiddelbart efter anlæggelse af forsøgsfelterne udviste de 16 forskellige grustyper store variationer i såvel farve som fasthed, men efter en sæson er forskellene ikke længere tydelige. De største partikler over 11 mm har været meget tydelige langs kanten. Ujævnhed målt som gab på en retskede har ikke været accelererende i forsøgsperioden, og har generelt holdt sig under de 10 mm som angives i 'Normer for Anlægsgartnerarbejde'. Afsmitning var kun et problem lige efter anlæg, mens støv var et stort problem i eftersommeren, hvor det var tørt.

På baggrund af undersøgelserne og afprøvning har projektgruppen valgt en grustype, der har været afprøvet både som toplag og totallag. Ved begge afprøvninger har materialet placeret sig blandt de bedste. Det består af 37,5% lergrus 0-8 mm, 37,5% stenmel 0-2 mm samt 25% skærver 2-8 mm. Denne grustype opfylder de opstillede krav i forhold til, at være velgraderet med U-tal 25,5, og kan komprimeres til en SP-værdi på 2,04 g/cm^3. Til gengæld overholder den ikke med 8,8% under 0,075 mm de opstillede krav om minimum 10%. Materialet er i løbet af projektperioden blevet anvendt i anlæg ved Nordmannsdalen i Fredensborg Slotshave, samt første etape af renovering af stierne i Frederiksberg Have og i Sorgenfri Slotshave.

Sammenhæng mellem drift og anlæg har ikke kunnet afprøves. I litteraturundersøgelsen peger flere kilder samstemmende på, at den løbende vedligeholdelse er vigtig for at opretholde funktionaliteten af grusbelægninger. Den løbende vedligeholdelse består af hyppige småopretninger og tilfyldning af huller, samt årlig tilførsel af nyt slidmateriale. Disse tiltag er omkostningen ved at have en befæstelse, som til gengæld er billig at anlægge.

Der har ikke kunnet afprøves egentlige vedligeholdelse på forsøgsstrækninger, men der er opstillet forskellige pesticidfrie driftsscenarier til efterfølgende afprøvning i 2003.

2|Baggrund og formål

Siden begyndelsen af 1990´erne, har driften af eksisterende løse befæstelser i stigende omfang været gennemført uden anvendelse af pesticider. Dette er sket ved brænding, børstning, slæbning, rivning og manuel bekæmpelse af ukrudt på stier og pladser.

De eksisterende stier er sjældent anlagt med hensyntagen til pesticidfri drift. Således er der behov for, at der gennemføres analyser, for at belyse stiernes opbygning som en teknisk konstruktion.

I Slots- og Ejendomsstyrelsens miljøprofil er det målet at skabe konkrete forslag til formulering af nye standarder for opbygning af miljøvenlige befæstelsesstandarder, der opfylder kvalitetskravene. Ligeledes skal nye stiopbygninger opfylde de æstetiske krav, der stilles med hensyn til lokaliteternes generelle fremtoning, hvor såvel det havehistoriske aspekt som arealernes ofte repræsentative formål stiller høje krav.

I overensstemmelse med Slots- og Ejendomsstyrelsens midtvejsevaluering af »Miljøhandleplanen 1999 – 2003« for det grønne område (slotshaver, anlæg og pladser) gennemføres miljøprojektet »Opbygning af befæstelser« med udgangspunkt i omlægning og renovering af stinettet i Frederiksberg Have.

Projektet gennemføres af Slots- og Ejendomsstyrelsen (SES) i samarbejde med *Skov & Landskab* med deltagelse af gartnerentreprenør i Frederiksberg Have.

2.1|Projektdeltagere

Palle Kristoffersen, *Skov & Landskab* (FSL)
Torben Dam, *Skov & Landskab* (KVL)
Morten Voss, MT Højgaard a/s,
Lars Friis, Drift (SES)
Søren Selch, Slotshaver (SES)
Niels Mellergaard, Slotshaver (SES)
John Nørgaard, Slotshaver (SES)

3|Registrering af eksisterende forhold

Figur 1. Oversigtsplan over Frederiksberg Have

Stinettet i Frederiksberg Have er meget uensartet både hvad angår de anvendte materialer til stiopbygningen og stiernes bredder.

3.1|Udstrækning

I tabel 1 (side 28) er det samlede stinets areal opgjort i forhold til stiernes længde, bredde og arealet af henholdsvis løse og faste belægninger. Opgørelsen er opdelt i hovedstier, transportstier, promenadestier samt øvrige stier.

Hovedstier har en bredde varierende fra 4,2 til 6,8 m. Tilsvarende varierer bredden på transportstierne fra 3,3 til 4,5 m og promenadestierne fra 2,8 til 3,8 m. Der kan ikke spores nogen sammenhængende logisk begrundelse for relationen mellem stiernes funktion og den bredde de fremstår med. Isoleret set kan stibredderne nogle steder, som f.eks. på strækningen fra Runddelen til Slotsplænen, være fastlagt udfra mængden af publikum og tilkørselsforhold.

Hovedgangen med asfaltbånd

3.2|Belægningsoverflader

Hovedparten af stierne fremstår med en eller anden form for grusbelægning af varierende kvalitet og karakter. Mange steder er stierne knoldede idet den underliggende makadam ligger blottet uden slidlag af lergrus. På Hovedgangen, som er hovedstien rundt i haven, er der formentlig i 1960'erne på den midterste del af stien etableret et asfaltbånd i bredde varierende fra 120-160 cm. Asfaltbåndet er kantet med en række klinker. Asfaltbelægningen fremstår med mange store huller og på flere strækninger er asfalten ved at smuldre væk.

På enkelte strækninger, hvor der er stor hældning i længdeprofilet, er der for at løse problematikken med bortskylning af grusmaterialer etableret en asfaltbelægning med OB-overfladebelægning udført med majs 2-8 mm.

3.3|Kantninger

Stierne er generelt udført med en kantning af brosten, enten sat med vandret spejl eller med spejlet som lodret lysning mod stier. Hvor kantningen forløber langs græsarealer foretages årligt kantskæring langs brostenenes bagkant og oprensning af græs i fugerne mellem stenene.

Enkelte stier på Storøen fremstår uden kantning. Her foretages kantskæring af græskant jf. kvalitetsbeskrivelse hvert år.

Fremherskende stiprofil

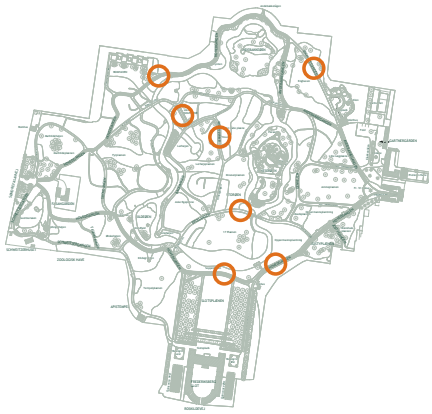
3.4|Kotering

Kotemæssigt ligger stierne generelt lavere end det tilstødende terræn, hvilket giver væsentlige problemer med bortledning af overfladevand fra stier. Da grundvandstanden i Frederiksberg Have er meget høj, og arealerne som følge deraf i lange perioder fremstår fugtige, resulterer det i, at stierne ofte står med store vandansamlinger. I forbindelse med arbejdskørsel opstår derfor store skader på grusbelægningerne.

3.5|Profiler af eksisterende befæstelser

Den 30. maj 2001 blev der udført profilgravning i stier i Frederiksberg Have med henblik på fastlæggelse af deres lagvise opbygning og bestemmelse af deres komprimeringsgrad og derudfra deres bæreevne i forhold til eventuel opbygning

Registreringsarbejde



Prøvegravningspunkter

af nye stibefæstelser oven på de eksisterende.
Udvælgelse af strækninger til profilgravning blev foretaget udfra kendskabet til problemområder i haven jf. punkt 3.6.

3.5.1|Udførelse

Profilgravningen blev udført med minigraver, hvor der blev gravet en rende fra den ene kant af stierne ind mod midten.

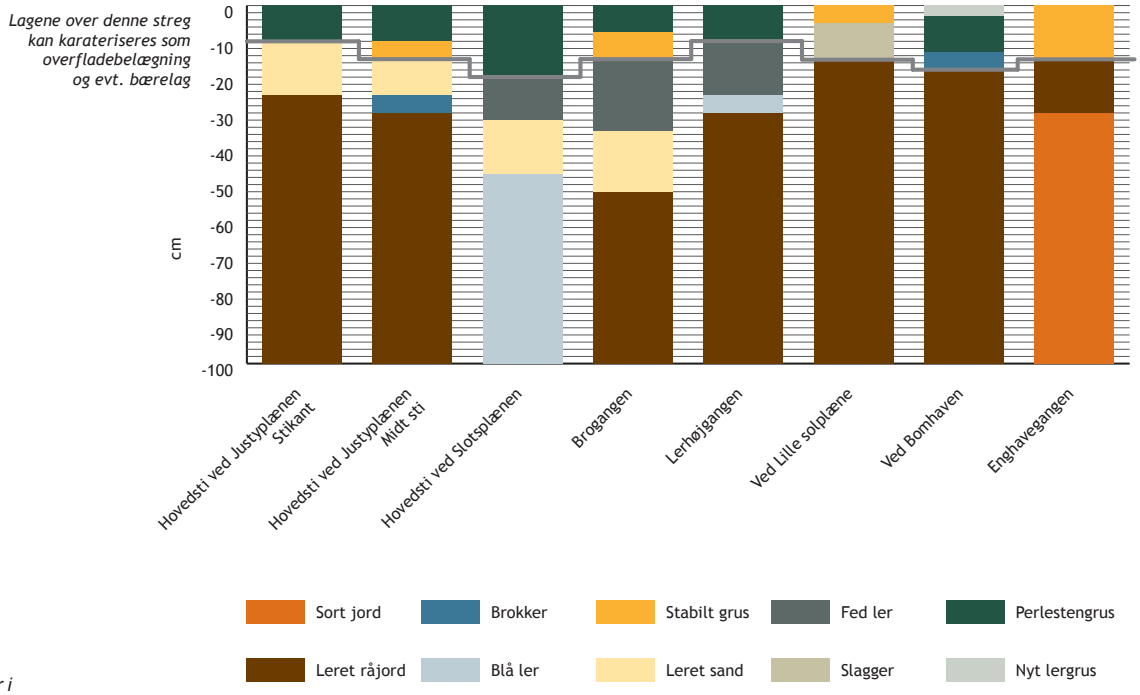
Der havde været nedbør om natten og det småregnede undervejs i opgravningerne. Disse forhold medførte, at der stod vandpytter i mange af lavningerne på stierne.

Placering af de enkelte profilgravninger blev foretaget helt subjektivt ud fra at man ønskede viden om den pågældende sti og ud fra at det ikke skulle være i en vandpyt og overfladen skulle være typisk for den enkelte sti.

Sideløbende med profilgravningen blev der udført målinger af våd- og tørdensitet i 5 cm's intervaller ned til 30 cm's dybde. Målingen blev udført med overfladeisotopsonde (Troxler).

3.5.2|Beskrivelser

Opbygningen af lagene fremgår af figur 2. De er målt fra belægningsoverflade og ned så godt det kunne lade sig gøre idet overgangen mellem de enkelte lag hyppigst var flydende. Desuden er overfladen, den æstetiske fremtoning og omgivelserne registreret.



Figur 2: Opbygning af stier i prøvegravningspunkter

Hovedgangen ved Jostyplænen

Dybde (cm)	Tørdensitet g/m^3 ved stikant	Tørdensitet g/m^3 ved asfaltkant
10	2,066	1,991
15	2,006	1,999
20	2,016	1,990
25	1,981	2,013
30	1,974	1,987

Overflade: Grus.

Æstetisk fremtoning: Tilfredsstillende.

Omgivelser: Højere liggende jordoverflade og beplantning.

Hovedgangen ved Slotsplænen

Dybde (cm)	Tørdensitet g/m^3
10	2,052
15	2,053
20	2,046
25	2,065
30	2,058
50	1,626
60	1,732
70	1,756

Overflade: Grus.

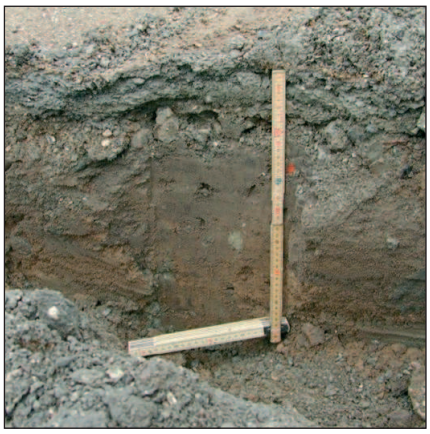
Æstetisk fremtoning: Tilfredsstillende, dog med pytter.

Omgivelser: Ingen kantafgrænsning men markant højere liggende græsplæner.

Bemærkninger: Stistrækningen har ry for at forsvinde ned i underbunden. Målinger af densiteten i underbunden viser, at den ikke er specielt komprimeret men til gengæld stærkt vandlidende som følge af vand, der trykkes ind fra bakken op mod slottet.

Brogangen i sigtelinie fra Slotsplænen

Dybde (cm)	Tørdensitet g/m^3
5	2,143
10	2,099
15	2,128
20	2,140
25	2,118
30	2,124



Overflade: Grus.

Æstetisk fremtoning: Tilfredsstillende, dog med lunker.

Omgivelser: Brostenskanter og højere liggende græsplæner.

Lerhøjsgangen

Dybde (cm)	Tørdensitet g/m^3
5	1,767
10	1,762
15	1,954
20	2,031
25	2,064
30	2,071

Overflade: Groft grus.

Æstetisk fremtoning: Ujævn og sporkørt.

Omgivelser: Ingen kantafgrænsning, højere liggende græsplæner.

Bemærkninger: Meget fed og leret underbund. Fra 30 cm's dybde markant våd.

Ved Lille Solplæne

Dybde (cm)	Tørdensitet g/m^3
5	2,125
10	2,062
15	2,147
20	2,047
25	2,037
30	2,041

Overflade: Fast af tyndt lag nyt stabilt grus.

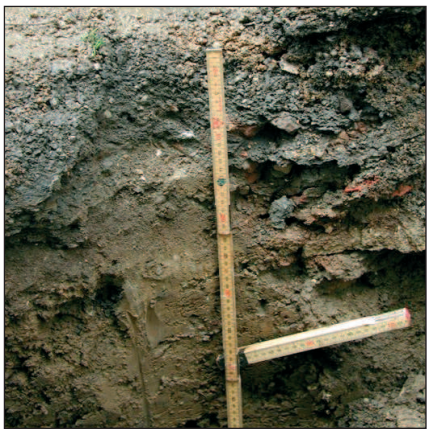
Æstetisk fremtoning: Grov overflade, ikke tilfredsstillende.

Omgivelser: Ingen kantafgrænsning, 10 cm højere liggende græsplæner.

Bemærkninger: Eneste sti, hvori der er fundet slagger.

Ved Bomhaven

Dybde (cm)	Tørdensitet g/m^3
5	2,103
10	2,142
15	2,092
20	2,083
25	2,088



Overflade: Løs af nyt tyndt lag lergrus.

Æstetisk fremtoning: Mange vandpytter p.g.a. fladt profil uden oprunding.

Omgivelser: Kantafgrænsning, højere liggende beplantninger.

Enghavegangen

Dybde (cm)	Tørdensitet g/m^3
5	2,134
10	2,113
15	2,150
20	2,182
25	2,171
30	2,147

Overflade: Ny lergrusoverflade.

Æstetisk fremtoning: Tilfredsstillende, dog med vandpytter.

Omgivelser: Græs ligger kun lidt over stiniveau.

Bemærkninger: Eneste sti, der var funderet efter normerne, men også den eneste hvor der findes sort jord underneden.

3.5.3|Analyse af profiler

Lidt overraskende er der kun fundet slagger i én sti og kun fundet sort humusjord under én af stierne. Dette er noget i modstrid med de generelle oplysninger om, at der hyppigt har været anvendt slagger til stiopbygning, og at der er vanskelige bundforhold. Derimod viser undersøgelsen at stierne generelt er meget dårligt funderet og afvandet, hvilket uværligt må medføre sporkøringer, opfrysninger m.m.

Der er kun én af stierne »Lerhøjgangen«, hvor der i overfladen og ned til 15 cm dybde er målt en tørdensitet lavere end 2,0 g/cm^3, idet den her er ca. 1,75 g/cm^3. Den lavere tørdensitet viser sig ved at stien er markant sporkørt, hvilket det i øvrigt var den eneste der var.

På halvdelen af de øvrige stier er målt tørdensiteter op over 2,1 g/cm^3.

Samlet vurderes niveauet for tørdensiteten som værende højt, idet det ligger på niveau med hvad der kræves på stabilt grus for at opnå en komprimeringsgrad på 95% SP og bedre. Dette indikerer, at stiernes overflade kan gøre det ud for planum for opbygning af nye bærelag og at bæreevnen for planum vil kunne karakteriseres som »god«. Herved vil der kunne dimensioneres ud fra, at der ikke skal anvendes bundsikring og lagtykkelsen for bærelag af f.eks. stabilt grus vil være 10-12 cm for belastninger op til 0-trafik, svarende til 1 lastbil i døgnet.

3.6|Problemområder

Problemområder i Frederiksberg Have er en registrering, der er baseret på mange års erfaring.

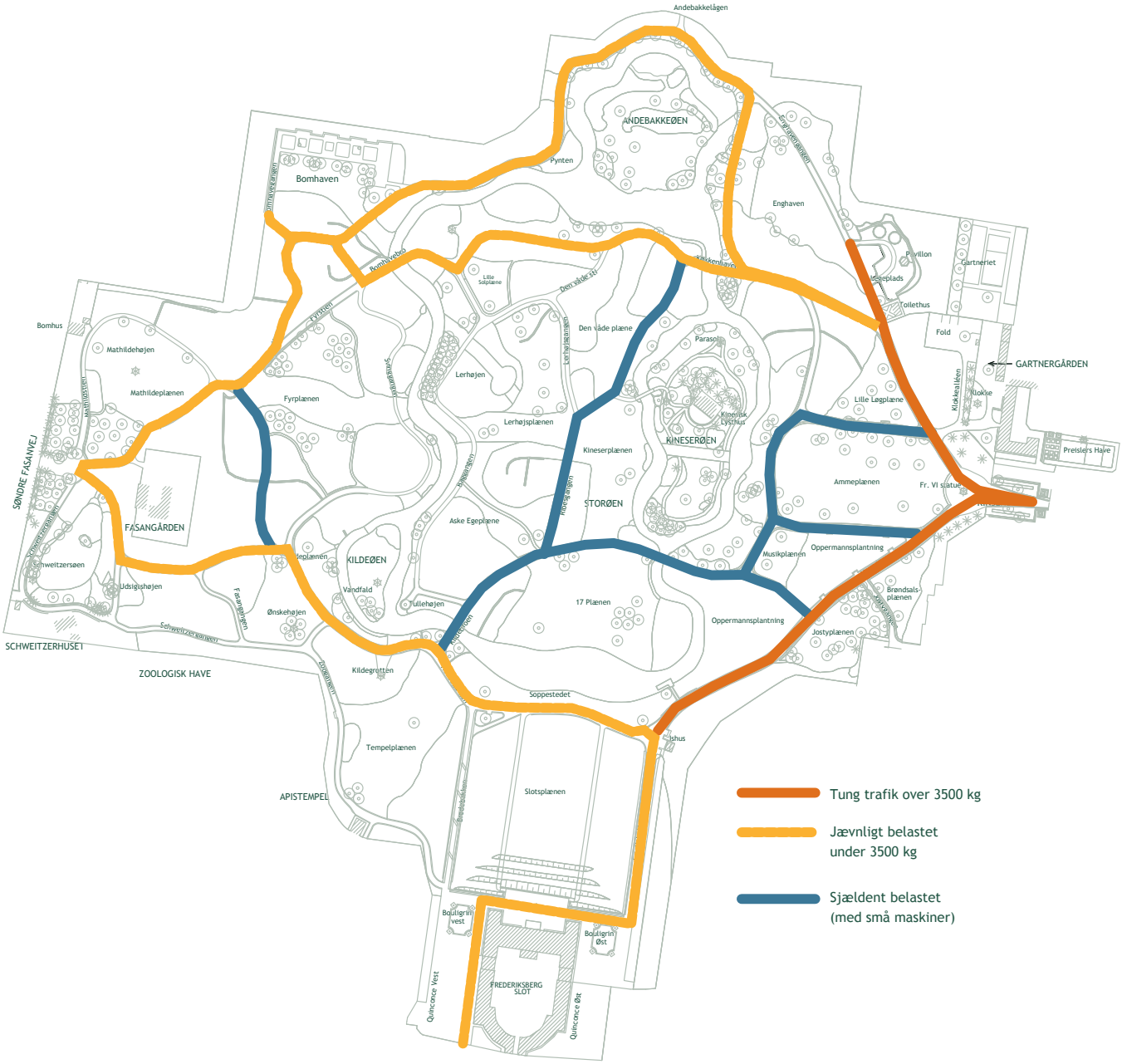
Som det kan ses af planen er der naturligt nok sammenfald mellem »våde stier« og »våde plæner«, og det indikerer, at i nogle tilfælde er det afgørende at løse problemerne omkring afvanding i sammenhæng med opbygning/renovering af stier

Figur 3. - viser registrering af »problemområder« i Frederiksberg Have fordelt på:

- *Våde stier (manglende afvanding, blød bund) markeret med blåt.*
- *Eroderede stier (manglende afvandingsmuligheder, der forhindrer erosion) markeret med grønt.*
- *Våde plæner (kildevæld og manglende dræning) markeret med rødt.*

3.7|Overvejelser over kørselsbehov

Det aktuelle kørselsbehov er et udtryk for den nuværende gartnerentreprenørs registrerede behov. I kontrakten er der i forvejen indlagt begrænsninger i form af totalvægt samt krav om at belægninger ikke må beskadiges af transport, samt krav om særlig agtpågivenhed i f.eks. frost/tø-perioder.



Figur 4. Planen viser det eksisterende kørselsbehov i Frederiksberg Have

3.8|Analyse af registreringer

Årsagen til stinettets dårlige tilstand i Frederiksberg Have skyldes hovedsagelig dårlig vedligeholdelse i en længere årrække kombineret med mangelfuld stiafvanding og stor kørselsintensitet indenfor de kritiske perioder.

Afgørende for det videre arbejde er profilundersøgelser, der fastlægger forudsætningerne for fremtidig stiopbygning hvor den generelle registrering ikke som forventet antyder blødbundsproblemer men alene mulighed for problemer i frost/tøperioder. Bæreevne målinger viser desuden bæredygtigheden er tilstrækkelig med nuværende opbygning som grundlag.

4|Grusbelægninger historisk og nutidigt

Som forudsætning for arbejdet med at foreslå »nye« metoder til opbygning af stinettet i Frederiksberg Have, er der foretaget et litteraturstudie inden for opbygning af veje og stier. Litteraturstudiet har omfattet de primære lærebøger inden for ingeniørvidenskaben og anlægsgartneriet suppleret med de normer og standarder, der er fundet inden for de seneste 30 år.

Baggrunden for at gennemføre studiet var at kortlægge, hvorvidt der er gået værdifuld viden tabt om opbygning og vedligeholdelse af ubundne befæstelser, det der i daglig tale kaldes grusbelægninger.

Karakteristisk for de fleste af kilderne – primært de tidligste – er, at de er erfaringsbaserede og kun i mindre grad baseres på eksperimenter og egentlig forskning. Styrken i mange af de tidlige kilder er til gengæld, at deres erfaringer baseres på lange tidsperioder, hvor trægheden i udviklingen af metoder vurderes at hænge sammen med de begrænsede muligheder for forarbejdning og transport af materialer og den begrænsede maskinelle indsats til konstruktion af befæstelser. I modsætning hertil er erfaringerne med f.eks. stabilgrus kun ca. 40 år, men til gengæld i høj grad forskningsbaserede for så vidt angår stabilgrusets egenskaber som bærelag for asfaltbelægninger. Stabilgrus' egenskaber i forhold til grusbelægninger er derimod ikke dokumenteret.

4.1|Første beskrivelser

Mange kilder henviser til Mac Adam, der i 1820 beskrev opbygning af skærveveje. Karakteristisk herfor var, at opbygningen foregik oven på muldlaget og således uden nogen form for udgravning af vejkasse. Dette skal ses i forhold til, at der før der ikke var foretaget systematisk vejbygning men sædvanligvis primært færdsel på jord og opfyldning af de huller, der gav anledning til gene for fremkommeligheden eller der skete en forlægning af linieføringen. Den af Mac Adam indførte praksis med udlægning af skærver på overfladen skyldes dels, at det var arbejdsbesparende idet man undgik udgravningen og dels sikrede opbygningen oven på eksisterende terræn, at der skete afvanding af befæstelsen.

Makadam-metoden, som den kom til at hedde efter opfinderen raffineres gradvist og er den fremherskende metode til befæstelser af veje indtil stabilt grus opfindes samtidig med at de fleste veje herefter udføres med en overfladebelægning af asfalt.

Op gennem 1900-tallet har der dog været lidt forskellige retninger inden for vejbygningen, idet der dels har været tale om skærveopbygninger og grusopbygninger.

4.2|Skærveopbygninger

Oprindeligt har skærveopbyggede veje (det der kaldes Makadam, eller makadamiserede veje) haft en overflade bestående af de frilagte skærver, der dækkes af strøgrus, for at nedsætte sliddet fra og på hestesko og hjulringe på arbejdsvogne.

Mac Adam anfører, at såfremt der anvendes runde sten (singels) frem for skærver lader de sig ikke sammentromle med mindre der tilsættes ler i forholdet 1:8, hvoraf halvdelen af det tørre knuste ler udspredes før tromling og anden halvdel efter første tromling. Boye (1959) skelner i konstruktionen af hhv. singels- og skærvemakadam mellem lerholdigt grus, der skal anvendes til singelsmakadam og lerfrit grus, der skal anvendes til skærvemakadam.

Vedligeholdelsen har bestået i lapning af huller, fjernelse af tilfældigt oprevne skærver, afskrabning af gødning og anden tilsmudsning primært med organiske materialer, affejning af støv, samt udstrøning af dækgrus.

En skærveopbygget vej har uden videre kunnet forsegles med tjære eller asfalt og strøs med sten eller grus (OB belægning), eller pålægges asfalt. Det er formentlig sådan, at de fleste veje på landet har udviklet sig.

Der findes ikke i kilderne beretninger om, at der har været foretaget nogen form for ukrudtsbekæmpelse. Derimod berettes om et generelt højt vedligeholdelsesniveau for at opretholde en acceptabel standard for vejen og sikre fremkommeligheden under alle forhold.

Der berettes sædvanligvis ikke om ukrudt i kilderne. Det kan måske tænkes, at bevoksning med ukrudt ligefrem har været velset til at stabilisere siderne af vejene. Desuden har den intensive vedligeholdelse, inklusiv regulering af færdslen med »vejbukke«, formentlig medført at forekomst af ukrudt på kørebanen har være begrænset.

4.3|Grusopbygninger

Som alternativ til den opbygning, hvor skærver og sten føres helt op til belægningsoverfladen er der opbygninger, hvor der anvendes et tykkere lag af velgraderet (uharpet) grus oven på et lag af mere bærende materiale. Dette bærende lag kan være bundsten som ved vejopbygningen fra Christensen (1948) eller singels som foreslået ved flere af stiopbygningerne. Christensen specificerer en opbygning hvor kornstørrelsen i bundlaget max må være 10-35 mm, og max 3-10 mm i dæklaget. Dæklaget må max være 5 cm tykt. Tilsvarende findes i Holgersen & Dam (2000). Grusveje af uharpet grus pålægges et nyt slidlag på 2-5 cm tykt lag hver forsommer.

Anvendelse af dæklag af grus på fortove er formentlig sket på grund af hensynet til færdsel idet grusoverfladen må forventes at være mere jævn end en stenoverflade som fremkommer ved anvendelse af makadam.

4.4|Dimensionering og lagtykkelser

Thagesen (2000) beskriver overdreven dimensionering som den praksis, hvor man kigger i et tidligere projekt og lægger lidt til ud fra betragtningen om, at der ikke er nogen der klager, hvis befæstelsen holder.

I forhold til bæreevne anfører Lütken (1898) at den vokser med 2nd potens af sidelinien af skærverne. Det vil sige, at når sidelængden fordobles så firedobles styrken og når sidelængden tredobles så nidobles styrken.

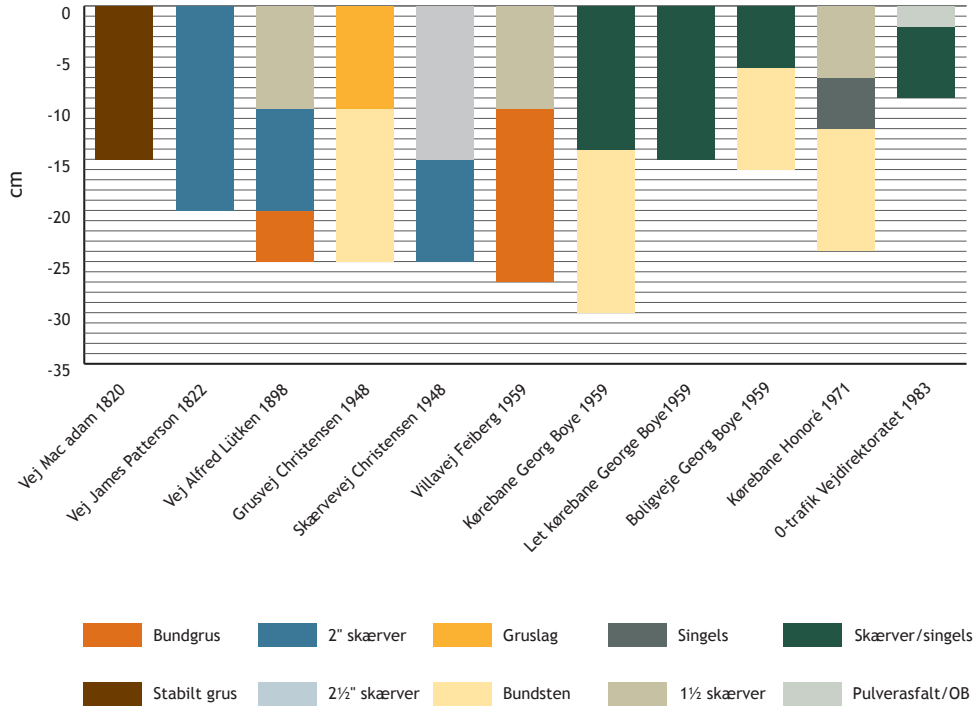
Dette kan tale for at anvende op til 2-3" skærver såfremt der haves materiel til at indbygge dem.

Honoré beskriver i 1971 meget præcist at singelslag skal udlægges i 1,5 gange ønsket lagtykkelse og under tromling mættes med lerholdigt grus. Tilsvarende skal skærver udlægges 1,35 gange den ønskede lagtykkelse og under tromling mættes med lerfrit grus.

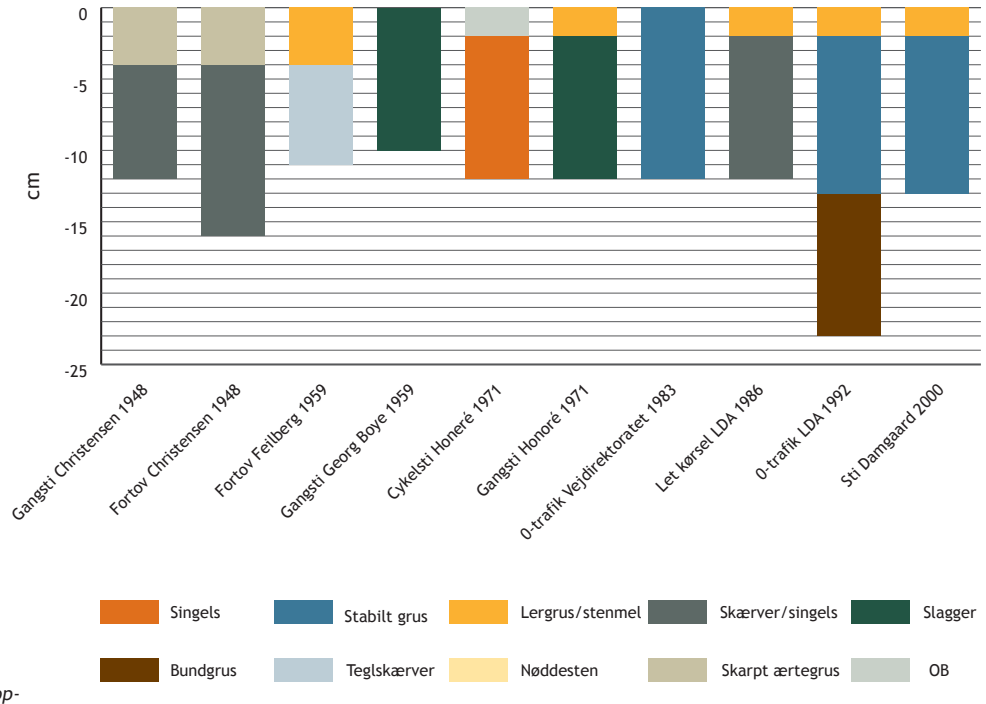
I den historiske sammenstilling af anbefalede vejopbygninger og stiopbygninger, som ses i figur 5 og 6 ses, at veje i starten af 1900-tallet, blev opbygget som 30 cm tykke stenlag, hvor f.eks. Boye i 1959 anbefaler mindre tykkelser og Vejdirektoratet i deres katalog fra 1983 f.eks. foreslår 7 cm singels- eller skærvemakadam med 2 cm pulverasfalt eller OB til 0-trafik på god underbund. Denne opbygningstykkelse anbefalet af vejdirektoratet er faktisk den mindst anbefalede også når der ses på stiopbygningerne. Da 0-trafik samtidig anses for at være en passende befæstelse til stier kan dette antages for at være retningsgivende for dimensionering, så mon ikke Thagesens formulering om overdimensionering skulle passe.

I de fundne opbygninger af stier helt frem til Boye i 1959 opereres der med et toplag af grus på minimum 4 cm tykkelse. Fra 1971 – 92 foreskriver de fundne kilder derimod lagtykkelser på kun 2 cm. I samme periode indføres brugen af pesticider i stigende grad til at friholde overfladen for ukrudt og behovet for mekanisk bearbejdning reduceres til eventuel rivning af æstetiske hensyn. Efter kravet om pesticidfri drift foreslår Tvedt/Damgaard i 2000, at der opbygges et lag af grus eller stenmel på 3-5 cm som underlag for et løst overlag af perlesten, der således kan behandles mekanisk med ukrudtsharver uden at der sker oprivning af bærelaget af stabilt grus.

Dam (2001) peger på at pesticidfri vedligeholdelse kræver et tykt slidlag for at give mulighed for at fjerne etableret ukrudt.



Figur 5: Sammenstilling af metoder til vejopbygninger 1820-1983. Mål er i cm angivet fra belægningsoverflade, dog uden evt. overfladebelægning.



Figur 6: Sammenstilling af metoder til stiopbygninger 1948-2000. Mål er i cm angivet fra belægningsoverflade, dog uden evt. overfladebelægning.

4.5|Vedligeholdelse

Helt tilbage til historisk tid har vedligeholdelse af ikke bundne vej- og stioverflader spillet en stor rolle.

Christensen (1948) anfører vedligeholdelse som den vigtigste årsag til at grusveje kan fungere og foreskriver pålægning af 2-5 cm tykt lag uharpet grus hver forsommer.

Han beskriver vedligeholdelsen til at blive udført hyppigt (op til ugentligt) med vejhøvl (skrabeblad monteret mellem 2 aksler med størst mulig afstand) samt efter hvert regnskyl og også om sommeren i tørt vejr. Høvlingen jævner, flytter, profilerer og i denne forbindelse nok så vigtigt også ukrudtsbekæmper.

Boye (1959), som i denne sammenhæng er den første kilde der anlægsgartnerisk set beskæftiger sig med belægninger, skriver direkte at en grusvej/sti er hård og fast og kun må vedligeholdes med kost eller gummirive. Dette er umiddelbart noget i strid med den nuværende opfattelse af en grusbelægning, hvor lag af perlesten og andre former for pyntesten og –skærver har forvansket opfattelsen af grusbelægninger og desuden har præget konstruktionen af disse de seneste årtier.

Boye (1959) beskriver, at der til vedligeholdelsesbrug ikke må tilføres mere grus ad gangen end det i løbet af kort tid indgår i en fast forbindelse med den øvrige belægning.

Den vanskelighed der i dag vurderes at være ved pesticidfri drift af grusarealer i form af mekanisk ukrudtsbekæmpelse kan måske tilskrives et for tyndt overfladelag, hvor det ikke er muligt at foretage bearbejdning og reprofilering af gruslaget uden at der sker oprivning af sten eller skærver fra det underliggende bærelag.

På stier med pilhøjde skal der jf. Christensen (1948) helst ikke anvendes køretøjer med tvillingemontering idet de ved belastning kan have uheldige konsekvenser for profilet. Han anfører endvidere at en grusopbygget vej først opnår sin »fulde godhed« op til 3 år efter anlæg og ibrugtagning. Det er altså den daglige færdsel der betinger funktionen, hvilket stiller store krav om at lave planmæssige løsninger, hvor der sikres færdsel på hele grusarealet.

Dam (2001) anfører reduktion af stibredder som en mulighed for at mindske ukrudtsproblemet.

4.6|Sammendrag af litteraturundersøgelse

Flere kilder peger samstemmende på, at den løbende vedligeholdelse er vigtig for at opretholde funktionaliteten af grusbelægninger. Opretning og tilfyldning af huller, samt årlig tilførsel af nyt slidmateriale, er omkostningen ved at have en befæstelse, som er billig i anlæg.

Litteraturgennemgangen præciserer, at der med anvendelse af makadamopbygning kan opnås en overflade hovedsageligt bestående af sten, typisk skærver, der ved tromling og mætning med grus bringes til at danne en jævn, tæt overflade, hvor forekomsten af ukrudt vil være begrænset til fugearealet.

Såfremt der ikke ønskes en overflade domineret af stenbelægning, skal der anvendes et toplag af en så tilpas tykkelse, at det er muligt i dette lag at foretage en mekanisk bearbejdning til vedligeholdelse, opretning og ukrudtsbekæmpelse uden at der sker opblanding med det underliggende bærelag.

Med anvendelse af toplag kan bærelaget principielt bestå af et hvilket som helst materiale, hver med sine karakteristika. Dog bør der til stierne vælges en opbygning, der samlet set giver en passende stor stivhed og hårdhed. Det vil til brugen i Frederiksberg Have være oplagt at søge mod et materiale, der har så stor styrke og så gode sammenkitningsevner, at det kan anvendes i fuld tykkelse uden særligt bund- eller toplag.

5|Fremtidig stiplan

5.1|Stierne i historisk perspektiv

Stierne i Frederiksberg Have har i forbindelse med omlægningen til romantisk landskabshave i perioden 1798-1804 med overvejende sandsynlighed været anlagt som jord-/grusstier, i varierende bredder tilpasset stiernes forskellige funktioner samt den karakter og stemning som stierne skulle være med til at understrege. At dømme efter de mange tilgængelige aftryk af kobberstik har stierne været udført uden nogen præcis kantafgrænsning i form af brosten eller lignende. Overgangen mellem stioverfladen og de tilstødende græsarealer fremstår som mere eller mindre præcise afstukne kanter.

Kobberstik fra Frederiksbergs Have, årstal ukendt.

5.2|Stiplan

Den overordnede stiplan for Frederiksberg Have er udarbejdet med baggrund i dels æstetiske overvejelser om hvordan oplevelsen af den romantiske landskabshave gives bedst muligt til publikum og dels udfra publikums anvendelse af haven. Desuden er der taget hensyn til muligheden for gennemførelse af en rationel tilrettelæggelse af drifts- og anlægsopgaver.

Stiplanen opererer med 4 stityper; hovedstier, transportstier, promenadestier og naturstier.

Figur 7. Stiplan Frederiksberg Have

5.3|Hovedstier

Hovedstinettet skal være farbare for gående, barnevogne og kørestole alle årets dage i al slags vejr. Stierne skal kunne bære den færdsel med køretøjer, som er nødvendig for gennemførelse af en rationel drift af haven. Det forudsættes ikke at arbejdskørsel i forbindelse med større anlægsarbejder eller træfældninger kan foregå uden særlig beskyttelse eller efterfølgende opretning af stibelægningen. Snerydning skal kunne foretages.

Stiernes overflade tilstræbes at være fast og med en permanent fungerende overfladeafvanding, der sikrer at generende vandsamlinger ikke forekommer. Materialevandringen som følge af skylleskader skal ligesom støvgener begrænses mest muligt. Opbygningen skal give mulighed for at efterfølgende opretning/omlægning af stien kan foretages med de tilstedeværende materialer. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse skal kunne foretages uden opblanding af eventuelle underliggende lag. Stierne forudsættes bevaret i den bredde de anlægges i.

5.4|Transportstier

Stierne skal være farbare for gående alle årets dage. Kørsel i forbindelse med havens drift må undlades i våde perioder.

Stiernes overflade skal ligesom hovedstierne være faste og med en permanent fungerende overfladeafvanding, der sikrer at generende vandsamlinger ikke forekommer. Materialevandringen som følge af skylleskader skal ligesom støvgener begrænses mest muligt. Opbygningen skal give mulighed for at efterfølgende opretning/omlægning af stien kan foretages med de tilstedeværende materialer. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse skal kunne foretages uden at der sker opblanding af utilsigtede fraktioner.

5.5|Promenadestier

Stierne skal være farbare for gående de fleste af årets dage. Kørsel i forbindelse med havens drift skal begrænses mest muligt og må undlades i våde perioder.

Stiernes overflade skal ligesom hovedstierne være faste og med en permanent fungerende overfladeafvanding, der sikrer at generende vandsamlinger ikke forekommer. Materialevandringen som følge af skylleskader skal ligesom støvgener begrænses mest muligt. Opbygningen skal give mulighed for at efterfølgende opretning/omlægning af stien kan foretages med de tilstedeværende materialer. Der tillades indgroning af vegetation fra siderne til fremme af det »romantiske udtryk«. Fremkommelighed og passende æstetisk fremtoning opretholdes ved regelmæssig mekanisk behandling eller omlægning.

5.6|Naturstier

Naturstier kan fremstå som trådte spor eller være anlagt som f.eks. stier belagt med flis. Der foretages ingen systematisk vedligeholdelse.

5.7|Oversigt over stityper

Udfra de historiske, æstetiske, funktionelle og driftsmæssige overvejelser er der i tabel 1 opstillet kriterier for de forskellige stityper.

Stitype	Stinavne	Bredde Eksist.	Bredde Fremtidig	Areal Eksist.	Areal Fremtidig	Funktionskrav	Forslag til belægning
Hovedstier (2.320 lbm)	Hovedgangen Bredebakken Smallebakken Andebakkegangen Enghavegangen	4,2-7,6 m	3,5 m undt. Bredebakken og Smallebakken	10.625 m²	8.125 m²	Skal være farbar alle årets dage – også med barnevogne /kørestole. Skal kunne bære nødvendig arbejdskørsel. Stofvandring og støvgener skal minimeres mest muligt. Skal kunne sneryddes.	Grusbelægning Evt. kantning med jernkantbånd, lysning +3-5 cm i forhold til. græs/ plantninger. Evt. 1 m græsrabat i hver side som kan armeres på åbne strækninger
Transport-stier (720 lbm)	Den lige gang Fyrstien Brogangen Musikgangen	3,3-4,5 m	2,5 m	2.770 m²	1.800 m²	Skal være farbar alle årets dage for gående. Kørsel må undlades i våde perioder. Stofvandring og støvgener skal minimeres mest muligt. Broer er dimensions-givende	Grusbelægning Ved stikryds/sving suppleres evt. med armering af græsrabat.
Promenade-stier (2.560 lbm)	Sdr. Løggangen Ndr. Løggangen Genvejen Andebakkegangen Kinesergangen Ribesgangen Lerhøjsgangen Den våde sti Baggangen Bomhavegangen Mathildestien Schweitzergangen Fasangangen Skovgangen Svinggangen Zoogangen	2,2-3,8 m	2,0 m	8.950 m²	5.120 m²	Skal være farbar for gående de fleste af årets dage. Kørsel skal begrænses mest muligt og må undlades i våde perioder.	Grusbelægning. Sweitzergangen og Zoogangen er, hvor hældningen er stor, udført som asfaltsti med MP-overflade-belægning.
»Naturstier«	Pynten, Lerhøj m.fl.		Var. 1 – 1,5 m			Skal være farbar for gående	Klippet græs/ barkflis/jord
Total (5.600 lbm)				22.345 m²	15.050 m²		

Tabel 1. Oversigt over stityper

5.8|Gevinster ved gennemførelse af stiplan

En gennemførelse af stiplanen vil tydeliggøre differentieringen af stisystemet og dermed understøtte oplevelsen af vekslende intimitet afhængigt af hvor i haven man som publikum færdes. Renoveringen af stinettet vil omfatte en fjernelse af det dominerende asfaltbånd udlagt på hovedstien og kantningerne vil blive ført tilbage til et mere korrekt historisk udtryk.

Den bevidste planlægning af stiernes bredde vil desuden medføre en reduktion af det samlede sti-areal på ca. 30%, hvilket rummer mange både miljømæssige og anlægs- og driftsøkonomiske gevinster.

6|Materialer

Udvælgelsen af materialer til forsøgene er foregået i følgende faser:

- Identifikation af referencer og nøgleparametre i de ønskede materialer.
- Opstilling af funktionskrav.
- Screening, udvælgelse og blanding af materialer.
- Forsøgsplan.
- Analyse af materialer.

6.1|Identifikation af referencer og nøgleparametre i de ønskede materialer

Hovedkilden i opstilling af kravspecifikation for stigrusmaterialer er Normer for Anlægsgartnerarbejde (LDA 1992). Heri er anført at lergrus skal have en kornstørrelsesfordeling på 0-8 mm og et ler-/siltindhold (under 0,075 mm) på 10-20% samt et U-tal større end 5. Disse normer angiver, at denne specifikation ikke findes andre steder i Danske Standarder. Praktisk brug af lergrus peger imidlertid på, at disse specifikationer ikke alene sikrer velfungerende grusarealer.

Det norske idrætsforbund har i 1986 foretaget en undersøgelse og analyse af et stort antal grusbaner i Norge opbygget af stenmelsprodukter. Undersøgelsen gik ud på at fastlægge banernes brugsmæssige egenskaber i forhold til kornstørrelsesfordelingen. Som konklusion på denne undersøgelse defineredes en idealkurve og et kurvebånd. Inden for dette kurvebånd skal materialernes kornkurve forløbe. Idealindholdet af ler/silt er anført til 12% med et udsving fra 7 til 23%. Metoden med angivelse af kurvebånd til beskrivelse af ønsket kornstørrelsesfordeling er analog til den, der kendes for kvalitetsvurdering af stabilt grus. Resultaterne fra den norske undersøgelse har ikke tidligere været sammenholdt med danske produkter eller været brugt som vejledning for sammensætning af produkter.

6.2|Funktionskrav

I dette projekt for stinettet i Frederiksberg Have er der formuleret skrappe krav (kap. 5) til funktionaliteten af grusstierne. Målet er at anlægge grusstier, der kan afløse de nuværende delvist asfaltbelagte stier. Kravet er således at stierne skal være farbare under alle vejrsituationer; regn, sne, frost, tø, tørke. Dette stiller direkte krav til materialerne i forhold til at kunne indbygges til en fast hård overflade og ikke at måtte fedte i våd tilstand og ikke støve væk i tør tilstand. De indirekte krav til materialerne er, at de ikke skal kunne sporkøres og at de skal være i stand til at fastholde et oprundet stiprofil, som er afgørende for at sikre vandafledningen og dermed reelt en række af de funktionelle krav.

6.3|Screening, udvælgelse og blanding af materialer

Som indledning til screeningen af materialer blev der taget kontakt til sten- og grusleverandører, der qua deres størrelse og/eller position på markedet formodedes at kunne bidrage enten med direkte brugbare materialer eller til at producere materialer til den planlagte afprøvning. Konkret blev der taget kontakt til RGS 90, der dels producerer materialer ud fra genbrugsprodukter og dels ud fra

bornholmske granitprodukter, til NCC Råstoffer, der er en af Sjællands store sten og grusleverandører med eget laboratorium og som leverer til bl.a. asfaltindustrien samt til Stenrand Grusgrav, der er kendt for at kunne levere lergrusprodukter, som funktionelt matcher de krav som normalt stilles til belægninger, men ikke nødvendigvis de krav, der stilles i dette projekt.

Der indhentedes sigteanalyser af mulige produkter fra de tre udvalgte leverandører og der blev afholdt møde med repræsentanter fra alle tre. På møderne diskuteredes mulige produkter og muligheder for at sammensætte stigrus-materialer ud fra andre produkter.

Dette mundede fra NCC's vedkommende ud i at de lavede kornkurvemodellering på computer ud fra kurvebåndene i den norske undersøgelse.

Ud fra Stenrands produkter blev der lavet blanding af små prøvemængder, hvis egenskaber blev vurderet af projektgruppen.

RGS 90, bidrog med sigteanalyser af forskellige materialer baseret på genbrugsprodukter som knust tegl og knust beton.

Karakteristisk for langt de fleste analyserede og modellerede produkter var, at indholdet af ler og silt (under 0,075 mm) var lige omkring 10%, hvor kun rene stenmelsprodukter (0-2, 0-3 og 0-6 mm) reelt lå over de krævede 10% jf. Normer for Anlægsgartnerarbejde eller det anførte idealindhold på 12% i den norske undersøgelse og ingen produkter nærmer sig de opgivne maksimale grænser på hhv. 20 og 23% under 0,075 mm.

Projektgruppen vurderede på flere møder sigteanalyser, materialeprøver og blandinger af materialer.

Det stod klart at spektret af produkter, der ville komme til at indgå i afprøvningen ensidigt ville ligge lavt i starten af kurvebåndet svarende til at de har mindre indhold af de fine fraktioner.

6.4|Forsøgsplan

Ud fra de foregående processer blev der udarbejdet en forsøgsplan for hhv. materialer, der alene skal anvendes i 5 cm toplag på funderet stiopbygning og materialer til totallagsopbygninger i 10 cm tykkelse, der skal kunne anvendes uden underliggende fundering.

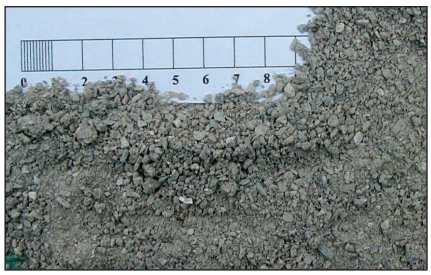
Forsøgsplanen var ikke tilgængelig for den udførende entreprenør idet alle materialer var kodet (Top 1-8, Total 1-8) og leveret som bygherreleverance. Denne procedure blev anvendt for at undgå at materialerne skulle blive behandlet forskelligt.

6.5|Toplags-materialer

Materialer: (Betegnet Top 1-8)

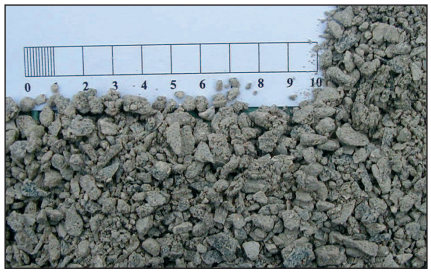
Top 1

Lergrus 0-8 mm (NCC, Nyrand)



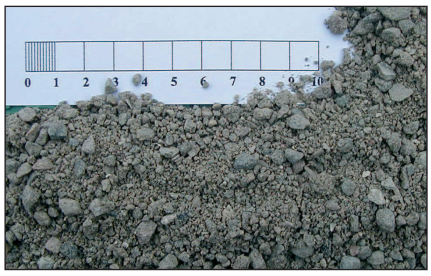
Top 2

Stenmel 0-3 mm (NCC, Løng), (varenr. 1760)



Top 3

Stenmel 0-6 mm (NCC, Løng), (Varenr. 1758)



Top 4

Stigrus 0-5 mm (NCC)

Sammensat af:

75% stenmel 0-2 mm, varenr. 1759, Nyrand

25% skærver 2-5 mm, varenr. 1789, Nyrand

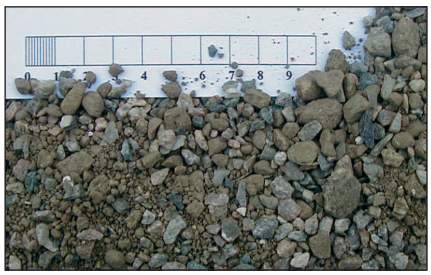
Top 5

Lergrus 0-8 mm (RGS 90, Sanderød)

Top 6

Lergrus 0-8 mm (Stenrand)

Top 7



Lergrus stabiliseret med skærver 0-8 mm (Stenrand)

Sammensat af: *75% Lergrus 0-8 mm*
25% Skærver 2-8 mm

Top 8

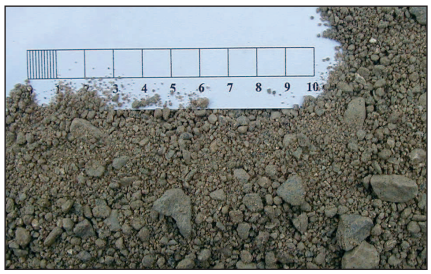
Stigrus 0-8 mm (Stenrand)

Sammensat af: *37,5% Lergrus 0-8 mm*
37,5% Stenmel 0-2 mm
25% Skærver 2-8 mm

6.6|Totallags-materialer

Materialer: (Betegnet Total 1-8)

Total 1



Stigrus 0-11 mm (NCC)

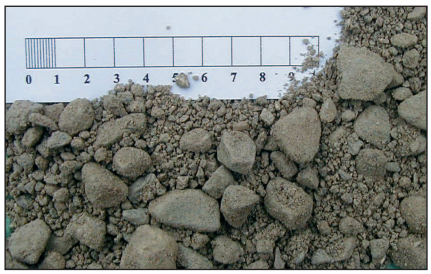
Sammensat af:
25% Stenmel 0-2 mm, varenr.1759, Nyrand
12,5% Skærver 2-5 mm, varenr.1789, Nyrand
12,5% Skærver 6-11 mm, varenr.1783, Nyrand
50% Grus 0-4 mm, varenr.1103

Total 2

Stigrus 0-16 mm (NCC)

37,5% Stenmel 0-2 mm, varenr. 1759, Nyrand
12,5% Skærver 2-5 mm, varenr. 1789, Nyrand
12,5% Skærver 6-11mm, varenr. 1783, Nyrand
12,5% GAB grus 0-16 mm, varenr. 1107
25% Grus 0-4 mm, varenr. 1103

Total 3



Stigrus 0-16 mm (NCC)

Sammensat af:

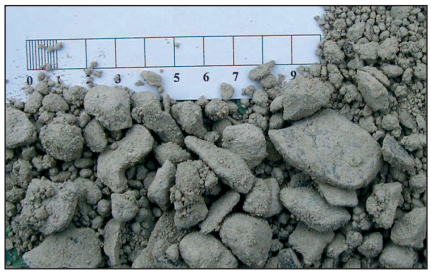
25 % Stenmel 0-2 mm, varenr. 1759, Nyrand

12,5% Skærver 2-5 mm, varenr. 1789, Nyrand

12,5% Skærver 6-11mm, varenr. 1783, Nyrand

50% GAB grus 0-16 mm, varenr. 1107

Total 4



Knust beton 0-20 mm (RGS 90) (Genbrugsstabil i knust beton)

Total 5

Stabilt grus 0-18 mm (Stenrand)

Total 6

Lergrus stabiliseret med skærver 0-8 mm (Stenrand)

Sammensat af: *75% Lergrus 0-8 mm*

25% Skærver 2-8 mm

Total 7

Stigrus 0-12 mm (Stenrand)

Sammensat af : *75% Lergrus 0-8 mm*

12,5% Skærver 2-8 mm

12,5% Skærver 6-12 mm

Total 8

Skærvemix 2-12 mm (Stenrand)

Sammensat af: *37,5% Skærver 2-3 mm*

37,5% Skærver 2-8 mm

25% Skærver 6-12 mm

Det sidste materiale (total 8) viste sig kort tid efter udlægning ikke at være egnet idet det ikke kunne lejres så det blev tilstrækkeligt hårdt.

Da materialet Top 8, på begge de øvrige prøvestrækninger udviste gode egenskaber besluttedes det at udskifte Total 8 med Top 8. I det følgende betegnes denne Total 8B.

6.7|Analyse af materialer

Den udførende entreprenør blev bedt om at udtage materialeprøver i forbindelse med modtagelse af leverancer fra grusgravene. Disse prøver blev efterfølgende sendt til analyse med henblik på bestemmelse af deres sammensætning (sigteanlyse, figur 8 og 9) og deres komprimerbarhed (proctorindstampning tabel 2 og 3).

6.7.1|Analyse af Toplag

I tabel 2 er vist udvalgte analyseresultater fra analysen udført på de leverede materialeblandinger.

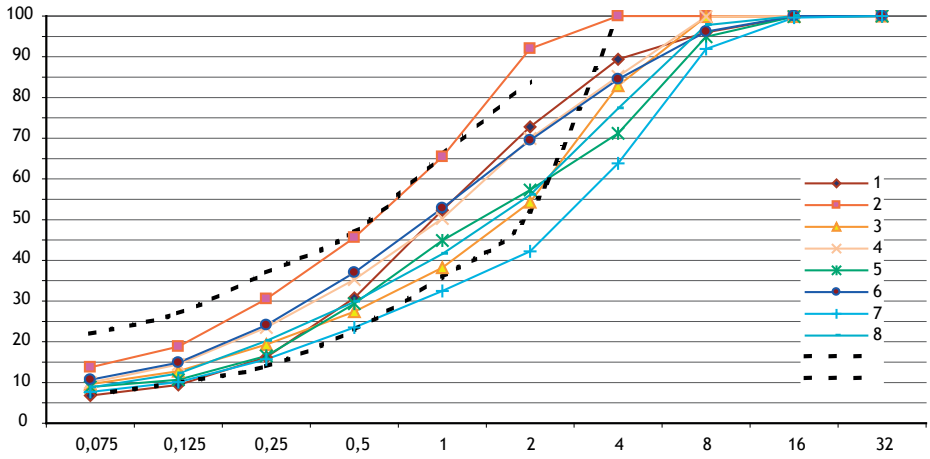
Leverandør	NCC, Nyrand	NCC, Løng	NCC, Løng	NCC	RGS 90	Stenrand	Stenrand	Stenrand
Top nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Betegnelse (mm)	Lergrus 0-8	Stenmel 0-3	Stenmel 0-6	Stigrus 0-5	Lergrus 0-8	Lergrus 0-8	Stigrus 0-8	Stigrus 0-8
Tørdensitet (g/cm^3)	1,74	1,87	1,98	2,02	2,12	2,08	2,12	2,04
Opt. vand-%	11	14	12,5	11,2	9	10	9	10
U-tal	10,1		29,6	19,9	22,7	20	29,8	25,5
Ler/silt indhold	6,8	13,7	9,6	10	8,9	10,7	7,7	8,8

Tabel 2. Udvalgte specifikationer for toplagsmaterialer

Analysen af toplagsmaterialerne viste at den maksimale tørdensitet ved proctorindstampning varierede fra 1,74-2,12 g/cm3 med et optimalt vandindhold på 9-14 %.

U-tallene er fra 10-30, hvilket skal sammenlignes med kravet om at det skal være over 5 jf. Normer for Anlægsgartnerarbejde. U-tallet er defineret som kornstørrelsen ved 60% gennemfald divideret med kornstørrelsen ved 10% gennemfald og er dermed et udtryk for størrelsefordelingen i 60% af materialet. Små U-tal betyder enskornede materialer (stejlt stigende kornkurver) og store U-tal betyder uenskornede materialer (flade kornkurver). Normer for Anlægsgartnerarbejdes krav om U-tal over 5 synes i denne sammenligning med de afprøvede materialer at være sat meget for lavt.

Kun 3 af de 10 testede materialer havde et ler-silt indhold over de krævede 10% jf. Normer for Anlægsgartnerarbejde.



Figur 8. Resultater fra sigteanalyser af toplagsmaterialer. De punkterede sorte linier er grænsekurverne fra den norske undersøgelse.

Det ses at materiale nr. 6, Lergrus 0-8 mm fra Stenrand Grusgrav er det materiale, der passer bedst inden for grænsekurverne fra den norske undersøgelse. At den ikke passer inden for i toppen skyldes at det indeholder fraktioner over 4 mm.

Hvis man sammenligner materialerne nr. 6, 7 og 8, hvor 7 og 8 er produceret på basis af nr. 6, Lergrus 0-8 mm ses, at der ved tilsætning af 25% skærver 2-8 mm (nr. 7), sker en forrykning af kurven ned under den nedre grænsekurve. I materiale nr. 8 er der foruden tilsætning af skærver også sket tilsætning af stenmel, hvilken tilsætning af fine materialer igen rykker sigtekurven op oven over den nedre grænsekurve.

6.7.2|Analyse af Totallag

I tabel 3 er vist udvalgte analyseresultater fra analysen udført på de leverede materialeblandinger.

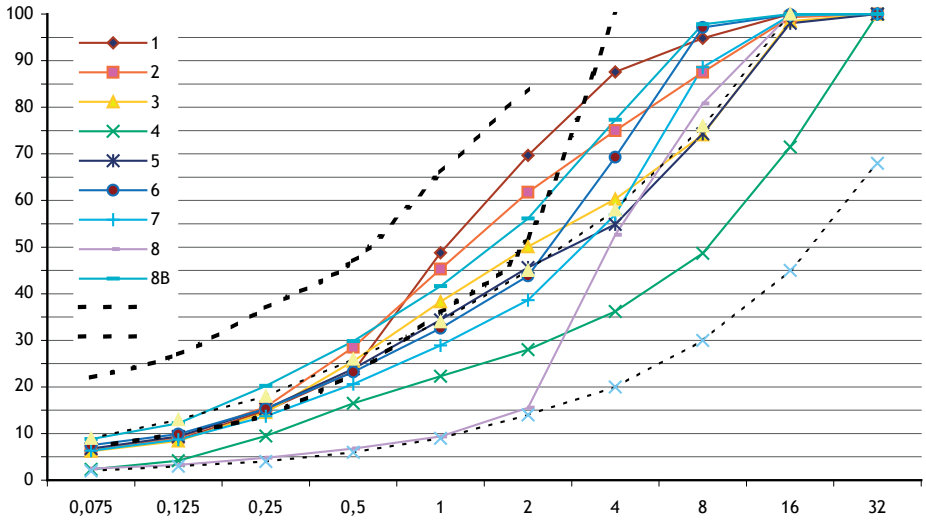
Leverandør	NCC	NCC	NCC	RGS	Stenrand	Stenrand	Stenrand	Stenrand	Stenrand
Total nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	8B
Betegnelse (mm)	Stigrus 0-11	Stigrus 0-16	Stigrus 0-16	Knust Beton 0-20	Stabilt grus 0-18	Stigrus 0-8	Stigrus 0-12	Skærvemix	Stigrus 0-8
Tørdensitet	2	2,05	2,15	1,94	2,19	2,1	2,11	1,66	2,04
Opt. Vand-%	11,7	10,1	9,7		8,4	10,2	10	6,5	10
U-tal	10,1	13,2	24,9	44,4	36,5	25,5	27,8	4,6	25,5
Ler/silt indhold	6,4	6,4	6,2	2,3	6,8	7,5	6,3	2,5	8,8

Tabel 3. Udvalgte specifikationer for totallags-materialer

Analysen af totallagsmaterialerne viste at den maksimale tørdensitet ved proctorindstampning varierede fra 1,66-2,19 g/cm3 med et optimalt vandindhold på 6,5-11,7 %. Både hvad angår tørdensitet og optimalt vandindhold afviger Total 8, der er en skærvemix uden fine partikler til at binde den sammen, hvilket også forklarer at dens egenskaber ikke er tilstrækkelige og den er da også udskiftet med 8B (Top8)

U-tallene er fra 10-44, når der ses bort skærvemix nr. 8, hvilket igen skal sammenlignes med kravet om at det skal være over 5 jf. Normer for Anlægsgartnerarbejde. Normernes krav synes i denne sammenligning med de afprøvede materialer igen at være sat meget for lavt.

Indholdet af ler/silt er for alle materialer væsentligt under de krævede 10-20 %, jf. Normer for Anlægsgartnerarbejde. Værdierne varierer fra 2,3 til 7,5 %, lavest for genbrugsstabil af knust beton og højest for stigrus 0-8 fra Stenrand Grusgrav.



Figur 9. Resultater fra sigteanalyser af totallagsmaterialer. De tykke punkterede sorte linier er grænsekurverne fra den norske undersøgelse og de tynde punkterede linier er grænsekurverne for stabilt grus (DS 401), hvor dog kun de yderste kurver er indtegnet.

Sigtekurverne viser tydeligt, at de analyserede materialer ligger i to grupper. Den ene gruppe udgøres af de materialer, der enten også indgår som toplagsmaterialer eller hvor det principielt er de samme materialer tilsat større fraktioner. Denne gruppe af materialer ligger nogenlunde inden for kurvebåndet fra den norske undersøgelse. Den anden gruppe er de stabilt grus lignende materialer, der helt eller delvist ligger inden for kurvebåndet af stabilt grus.

6.8|Sammendrag af udvælgelse og analyse af materialer

Ud fra den gennemførte fastlæggelse af funktionskrav samt screening og udvælgelse af materialer kan det konkluderes, at med grundighed og faglig kompetence i denne fase kan findes en række materialer, der kan anvendes til stiopbygning.

Specielt for toplagsmaterialerne kan konstateres, at deres specifikationer i form af sigteanalyser og proctorindstampninger er relativt ens og overholder de ønskede specifikationer. I hvilken grad disse specifikationer også beskriver materialernes funktionelle egenskaber vil vise sig i afprøvningen.

7|Udførelse af forsøgsbelægninger

Anlægsarbejdet i forbindelse med etablering af prøvestrækningerne blev udbudt i licitation med 5 bydende firmaer, hvor Ebbe Dalsgaard A/S var lavest bydende.

Anlægsarbejdet i Frederiksberg Have blev udført i perioden november til december 2001.

7.1|Forsøgsplan

Det forudsættes jf. afsnit 3.5 at de eksisterende stioverflader kan udgøre det fremtidige underlag for de nyrenoverede stier. De eksisterende stiers bæreevne kan generelt karakteriseres som tilfredsstillende, hvilket gør at en kostbar udskiftning af stiernes fundering kan undgås. Tilmed er de fleste stier så lavt liggende i forhold til det tilstødende terræn at den nye stiopbygning kan foretages ovenpå den eksisterende stioverflade. Såfremt det tilstødende terræn ikke har tilstrækkelig overhøjde kan afgravning og sænkning af den eksisterende bund blive aktuel.

På strækninger med ikke bæredygtig bund etableres en makadam som bærelag.

Totallagene udlægges i 10 cm tykkelse og top-/slidlagene i 5 cm tykkelse. Stierne udføres hovedsageligt uden kantbegrænsning, men langs stikanter placeres jernspyd, så stiernes tracé på længere sigt kan fastholdes.

7.1.1|Forsøgsstrækninger

Afprøvningen af de forskellige total- og toplag på varierende underlag blev udført på 3 forsøgsstrækninger.

Afprøvning af et »skovprofil« med henblik på at skabe tilfredsstillende afvandingsforhold, hvor stierne forløber gennem skovstrækninger med højereliggende terræn blev udført på en fjerde strækning.

Forsøgsstrækning	Underlag	Materialeafprøvning	Bemærkninger
Enghavegangen	Makadam	Toplag 1-8	Makadam udført ovenpå mosejord.
Genvejen	Eksisterende materiale	Toplag 1-8	
Brogangen	Eksisterende materiale	Totallag 1-8	Forsøg med jernkantbånd på 2 delstrækninger

Se endvidere figur 1 (side 9)

Udlægning og profilering af toplag.
Klargøring af bærelag.

7.1.2|Profiler

Stioverfladen udføres på lige strækninger med et oprundet profil på overfladen med et resulterende sidefald på 25 ‰. Oprundingen udføres som en tilnærmet parabelbue udfra retningslinierne beskrevet af Holgersen og Dam i bogen »Befæstelser i Anlægsgartneriet«, s 133.

Afhængigt af det tilstødende terræn og stiernes linieføring vil stierne på nogle strækninger både udfra et teknisk og oplevelsesmæssigt synspunkt med fordel kunne etableres med ensidigt fald.

7.2|Terrænregulering

Registreringen af de eksisterende forhold viste, at det altovervejende problem i forbindelse med stiernes tilstand var den manglende afvanding af belægningen med ophobning af vand til følge. For at afhjælpe dette problem skulle de tilstødende rabatter reguleres, så overfladevandet frit kunne løbe ud i det tilstødende terræn eller bortledes ved hjælp af grøfter eller trug.

Som beskrevet i kapitel 3 består de eksisterende stier af en blanding af mange forskelligartede materialer, men en fællesnævner for dem alle er, at det vil blive kostbart hvis renoveringen af stinettet medfører, at der skal udgraves og bortkøres materialer i stort omfang.

Det eksisterende materiale blev derfor i et vist omfang genanvendt som bund. Overfladen blev afrettet til den nye profil og kun i meget begrænset omfang blev der suppleret med nye materialer til den afsluttende opretning.

Gruslagene blev profileret med en tolerance på overfladen på +/- 1 cm i forhold til teoretisk kote. Til hjælp i forbindelse med profileringen var der til hver strækning fremstillet en skabelon med strækningens profil, så kontrol løbende kunne foretages.

Komprimeringen blev foretaget med glatvalset tromle.

Opbygning med skærvemakadam.

7.3|Skærvemakadam

På forsøgsstrækningen på Enghavegangen, som er beliggende på mosejord og med en kotering tæt på kanalernes vandspejlskote, blev de eksisterende bærelag opgravet og erstattet med en skærvemakadam for at afprøve makadammens egenskaber på det fugtige og ikke bæredygtige underlag.

På det afrettede planum blev der udlagt en kraftig geotekstil. Til makadammen blev anvendt granitskærver i størrelsen 16-32 mm, som blev udlagt med minigravemaskine i ca. 13 cm tykkelse, så laget efter komprimering fik en tykkelse på 10 cm. Skærverne blev komprimeret med glatvalset tromle til en sammenkilet struktur, med en profileret overflade, og en tolerance på overfladen på +/- 1 cm i forhold til teoretisk kote.

Afprøvning af jernkantbånd med lysning.

7.4|Kantafgrænsning

Selvom det på forhånd næsten var givet at stierne ved fremtidig renovering ikke generelt skulle have nogen fast kantafgrænsning blev 2 delstrækninger på Brogangen udført med jernkantbånd.

To forskellige principper blev afprøvet.

På den ene strækning var stien kotemæssigt placeret lavere end det tilstødende terræn med en indvendig lysning på 5 cm. Overfladevandet vil samles langs kantbåndene og sive ned. I den ene side af stien blev der etableret et dræn umiddelbart under totallaget, for at belyse om det kunne bevirke at overfladevandet væsentligt hurtigere blev bortledt fra stibelægningen.

På den anden strækning var stien anlagt højere end det tilstødende terræn med en lysning udvendigt på jernkantbåndet på 2 cm i forhold til det tilstødende terræn.

Jernkantbåndet blev udført af 8x150 mm standard jernplade, som blev fastgjort med 8 mm bolte til spyd af vinkeljern. Spydene blev banket 60 cm i jorden. Samlinger blev udført med svejsninger på stedet.

Udlægning af toplag på Genvejen.

Udlægning af »Total 7« på Brogangen.

7.5|Opbygning af lag

På forsøgsstrækning Enghavegangen og Genvejen skulle der etableres et toplag med de udvalgte materialer. På hver strækning blev udlagt 8 forskellige materialer på forsøgsstrækninger af 10 meters længde. Materialerne er nærmere beskrevet i kapitel 6.

Toplagsmaterialer blev udlagt på finreguleret og komprimeret grusbærelag/skærvemakadam i 5 cm lagtykkelse.

Totallaget blev udlagt i 10 cm tykkelse, målt i komprimeret tilstand.

Udlægning af såvel toplag som totallag blev p.g.a. de små materialemængder foretaget med minigravemaskine og finreguleret med håndkraft.

Ved udlægning af større strækninger vil det være oplagt at anvende asfaltudlægger, der kan udlægge et homogent lag og foretage profilering, afretning og første komprimering i én arbejdsgang.

Belægningen blev komprimeret med glatvalset tromle/vibratorplade af tilstrækkelig vægt og komprimeringsenergi til at der sker en komprimering i hele lagets tykkelse. Efter komprimering og evt. optørring af overfladen skulle arealerne kunne befærdes med almindelig kørsel uden at der blev afsat spor/mærker.

Overfladen skal fremstå med profil som angivet på tegninger med tolerance på overfladen +/- 1 cm i forhold til teoretisk kote. Afvigelsen må ikke være ensidig.

Toplagsmateriale udlagt i 10 m prøvefelter på Genvejen.

Belægningen skal være jævn og uden lunker. Kravet til jævnhed på overfladen er, at der i længderetningen max. må være et gab på 10 mm på en 3 m lang retskede. Kontrol af jævnheden indgår i kvalitetssikringen. Fald kontrolleres ved nivellement af min. 15 punkter pr. 10 m prøvestrækning.

7.6|Jordbehandling og græssåning

Afslutningsvis blev de tilstødende arealer reguleret og profileret med trug og grøfter i henhold til tegningsmaterialet.

Som fikspunkt for de efterfølgende kontrolmålinger blev der midt på hvert forsøgsfelt og 2,5 meter på hver side af denne, nedbanket jernrør, hvor konsollen til fastholdelse af retskeden kunne placeres.

8|Tilstandregistrering af forsøgsområde

8.1|Måleperiode og vejrlig

De tre forsøgsparceller på Brogangen, Genvejen og Enghavegangen har i den forløbne sæson (2002) været underlagt markante udsving fra frost og sne over megen nedbør i foråret og sommeren til en meget tør periode i eftersommeren. Fra slutningen af september har vejrliget igen været præget af megen regn. I januar var der tæt på Brogangen og Enghavegangen store oversvømmelser på græsplænerne. Første måling blev foretaget lige efter aflevering den 19. december 2001 på Genvejen og Enghavegangen. På grund af sne blev første måling på Brogangen først foretaget den 22. januar 2002. Derefter er der foretaget målinger 24. april, 24. maj, 5. juli, 2. september og 7. oktober.

8.2|Indhold af tilstandregistrering

Tilstandregistrering af grusstierne er sket ved forskellige målinger og observationer, der samlet set beskriver tilstanden på registreringstidspunktet.

8.2.1|Oprunding

Oprunding på tværprofilet sikrer afvanding af grusstien. Desuden koncentreres slid midt på stien. Den projekterede oprunding er beskrevet på snit, og er i praksis blevet fastholdt af anlægsgartneren med en skabelon, der har været benyttet under anlægsarbejdet. Tilstandsregistrering af tværprofilet sker ved nedstik fra vandret retskede, der opstilles i midten af hvert forsøgsfelt. Desuden foretages samme måling i en afstand af 2,5 m på begge sider af forsøgsfeltets midte. I alt 7 nedstik per tværprofil.

8.2.2|Jævnhed

Jævnhed i længderetningen sikrer afvanding og har betydning for de brugsmæssige egenskaber. Jævnhed kan endelig fortælle om fastheden af gruset. Tilstandregistrering af jævnheden sker ved måling af det maksimale gab på 3 m retskede i tre målepunkter der alle krydser et af de tre tværprofiler per forsøgsfelt.

8.2.3|Farve

Farven er afhængig af de største partiklers mineralogiske sammensætning og de fine partiklers jernudfældning. Desuden vil strukturen i overfladen påvirke vurderingen af farven. Tilstandregistrering af farve sker visuelt på en skala fra lys gul over mørk brun til granit farve til lokal granit med kalk til grå. Der foretages en visuel vurdering per tilstandregistrering i de 24 forsøgsfelter.

8.2.4|Afblanding

Afblanding beskriver hvordan de største partikler regner rene for finstof, samt hvor holdbar sammenkitningen i grusets overflade er i forhold til brug og drift. Afblandingen vurderes visuelt med en beskrivelse af størrelse og mængde på partikler i overfladen. Størrelse på partikler angives i mm. Mængden vurderes ved afkrydsning ud for 1) hele arealet, 2) langs kanten, 3) på midten, 4) spredt, 5) lagtykkelse mere end 5 mm.

8.2.5|Fasthed

Fasthed beskriver gangkomfort, opblødning af overfladen og reaktion på driftsmetode. Tilstandregistrering af fastheden sker ved visuel vurdering af et kraftigt mønstret skoaftryk ved afkrydsning. Der foretages 3 vurderinger per forsøgsfelt ved tværprofiler i den midterste tredjedel af stien.

8.2.6|Afsmitning/støv

Afsmitning beskriver opblødning af overfladen samt om tilstedeværelse af finstof. Støv fortæller om finstof i tørvejrsperioder. Tilstandregistrering af afsmitning sker som 1 visuel vurdering per forsøgsfelt ved afkrydsning af 1) afsmitning, 2) ingen afsmitning, 3) støv

8.2.7|Ukrudtsmængde

Ukrudtsmængde beskriver om indvandring og spiring af ukrudt i forhold til driftsmetode. Tilstandregistrering af ukrudt sker ved afkrydsning, hvor der konstateres om der er ukrudt eller ej. Hvis der er ukrudt beskrives arter, antal planter i 100-feltsramme, samt størrelse på største ukrudtsplante pr. art. Tilstandregistrering af ukrudt sker 1 gang ved et tværprofil. Omfanget af målinger per forsøgsfelt vil i starten være meget lille formentlig 1 per forsøgsfelt.

8.3|Bedømmelse fra brugere

Borgerne oplever grusstien ud fra en helhedsvurdering, men kan formentlig udpege det forsøgsfelt som vedkommende foretrækker ud fra en vurdering af udseende og fasthed. Tilstandregistreringen kan ske ud fra en forbipasserendes udpegning af den pæneste overflade og den bedste overflade at gå på. Udpegningen behøver ikke være det samme forsøgsfelt. Udpegningen begrundes ved afkrydsning af udseende: 1) ensartethed, 2) ligner grus, 3) den specielle farvetone, 4) overfladens stoflighed, 5) andet. Den bedste overflade at gå på begrundes også ved afkrydsning: 1) fast og hård, 2) elastisk, 3) knasende, 4) tør, 5) ikke støvende, 6) andet.

8.4|Beskrivelse af de tre forsøgsparceller

Forsøgsparcellen på Brogangen starter lige efter Kildebroen. De to første parceller har en kraftig bevoksning på begge sider. Ud for tredje og fjerde forsøgsparcel udmunder fra nord en sti (Ribesgangen). Det resterende stykke har græsplæne på begge sider. Brogangen har en del færdsel, der er ujævnt fordelt. Genvejen har bevoksning på begge sider af stien ud for alle forsøgsparceller. Der er ikke megen færdsel på Genvejen og bevoksningen skygger. Enghavegangen ligger åbent med græsplæner på begge sider. Færdselen på Enghavegangen er stor.

8.5|Registreringer i skema

Registreringerne af oprunding, jævnhed, farve og afblanding medførte en stor mængde af data, som det er valgt ikke at præsentere her. Begrundelsen herfor er at data ikke umiddelbart kan præsenteres så de kan understøtte vurderingen af de enkelte materialers egenskaber.

I stedet viste det sig at de mere subjektivt vurderede egenskaber som fasthed, afsmitning/støv, brugervurderingerne men også jævnhedsparameteren kan indgå i en samlet vurdering af materialerne.

I figur 10 er præsenteret resultater fra måling og vurdering af disse parametre. De enkelte anførte værdier er gennemsnit af alle vurderinger og målinger til alle registreringsdatoer.

Der er til hver parameter anført et »acceptkriterie« til at foretage adskillelse mellem gode og mindre gode egenskaber hos materialerne.

Fastheden er visuelt vurderet og acceptkriteriet er sat til at være mellem 1,5 og 2,0 idet der hverken ønskes helt hårde eller bløde belægninger. Jævnheden er målt med retskede og acceptkriteriet er det almindeligt anerkendte fra Normer for Anlægsgartnerarbejde. Afsmitning er visuelt vurderet 6 gang i sæsonen og acceptkriteriet er valgt således at 2/3 af værdierne accepteres. Brugervurderingerne er opgjort som antal udpegninger af det enkelte materiale. Acceptkriteriet er igen sat så 2/3 af værdierne accepteres.

I skemaet er samtlige accepterede værdier markeret med gult og i kolonnen »Sum af accepter« er der foretaget en sammentælling af accepterede værdier.

Figur 10. Sammenfatning af tilstandregistreringer i skema. G= lokalitet Genvejen. E= lokalitet Enghavegangen

	Sum af accepter	**Fasthed** Målt som nedsynkning af fodaftryk	**Jævnhed**		**Afsmitning** (antal ud af 6 observationer hvor der var generende afsmitning)		**Bruger vurderinger** Pæneste	Bedste
Total 1	3	2,0	8,7		5		2	1
2	1	2,1	9,8		6			
3	2	2,1	10,8		4		2	1
4	1	1,3	11,3		3			
5	2	1,8	11,2		4		1	
6	4	2,0	8,1		5		3	4
7	4	1,9	10,2		4		4	5
8 B	4	2,1	9,7		5		3	4
			G	**E**	**G**	**E**		
Top 1	3	2,4	7,2	6,6	5	4	1	1
2	5	2,3	6,1	7,4	5	4	10	11
3	3	2,4	6,9	10,0	5	3	3	1
4	5	2,3	7,3	7,9	4	4	2	1
5	6	2,0	7,6	6,6	6	3	4	2
6	5	1,5	10,1	7,7	6	3	6	6
7	5	1,6	7,5	6,8	5	2		2
8	6	1,7	8,1	6,8	3	4	2	1
Acceptkriterie		**1,5-2,0**	**Under 10**		**Fra 4 og ned**		**Fra 2 og op**	

På baggrund af sammentællingerne af accepterede værdier kan for totallagsmaterialerne ses, at det er nr. 6, 7 og 8B der topper med 4 accepterede værdier ud af 5 mulige. Det er tre materialer fra Stenrand baseret på hhv. lergrus og skærver og lergrus, stenmel og skærver.

For toplagsmaterialerne er det nr. 5 og 8, der topper med 6 accepterede værdier af 7 mulige. Det er hhv. Lergrus fra RGS 90, Sanderød og blandingen af lergrus, stenmel og skærver fra Stenrand. For toplagsmaterialerne kunne også antages at acceptkriteriet var 5 ud af 7 mulige accepterede værdier. Dette giver dog ingen adskillelse af materialerne i det 6 af 8 materialer således accepteres. Dette understreger at materialerne er meget ens, og at den gennemførte screening og udvælgelse af materialer har været succesfuld.

Når resultaterne for totallag og toplag sammenholdes resulterer det i at Top 8 og Total 8B som er samme materiale, sammenfattende kan siges at være anvendeligt til begge konstruktionsmetoder. Da det samtidig vil være enkelt kun at operere med et materiale, hvorefter det alene er en variation af lagtykkelsen der afgør dets anvendelse, udvælges dette ene materiale.

Materialet er i sig selv en nyskabelse, idet det består af en blanding af hhv. lergrus og stenmel med tilsætning af skærver. Lergrus og stenmel har hidtil været anvendt hver for sig, men ved blandingen ser det ud til, at hvert materiales egenskaber udnyttes optimalt.

8.6|Kommentarer til Totallag

Kommentar til Total 1|Stigrus 0 –11 mm (NCC)
Parcellen ligger med beplantning på begge sider under store træer. Stigruset (0 – 11 mm) består af 50% knust materiale og 50% bakkegrus. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (11,7%) og tørdensiteten er middel (2 g/cm^3). Gruset er ikke velgraderet (U - tal 10,1) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (6,4%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm over hele arealet. I oktober var der efter nedbør kun afblandede sten langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 8,7 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 6 – 12 mm. Fastheden har været ret konstant med kraftigt aftryk i støvet i september.

Kommentar til Total 2|Stigrus 0 – 16 mm (NCC)
Parcellen ligger med beplantning på begge sider under store træer. Stigruset (0 – 16 mm) består af 62,5% knust materiale og 27,5% bakkegrus. Den optimale vandprocent fundet ved proctor-indstampning er høj (10,1%) og tørdensiteten er middel (2,05 g/cm^3). Gruset er ikke velgraderet (U - tal 13,2) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (6,4%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm over hele arealet. I oktober var der efter nedbør kun afblandede sten langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 9,8 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 6 – 13 mm. Fastheden har været ret konstant med kraftigt aftryk i støvet i september.

Kommentar til Total 3|Stigrus 0 –16 mm (NCC)
Parcellen ligger med beplantning på begge sider under store træer ved en stiudmunding. Stigruset (0 – 16 mm) består af 50% knust materiale og 50% bakkegrus Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er middel (9,7%) og tørdensiteten er høj (2,15 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U - tal 24,9) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (6,2%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm over hele arealet. I oktober var der stadig løst materiale over hele arealet. Jævnheden har i gennemsnit været 10,8 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 8 – 13 mm over anlægsstandarden. Fastheden har været ret konstant med kraftigt aftryk i støvet i september.

Kommentar til Total 4|Knust Beton 0 –20 mm (RGS90)
Parcellen ligger med beplantning på nordsiden ved en stiudmunding og en bænk. På sydsiden er der åbent ud mod en græsplæne. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er ikke angivet og partikler mindre end 0,075 mm er meget lavt (2,3%). Tørdensiteten middel (1,94 g/cm^3) og materialet er meget velgraderet (44,4%). Afblandingen langs kanten er kraftig og de største partikler er store. Jævnheden har i gennemsnit været 11,3 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 9 – 13 mm. Fastheden har været konstant.

Kommentar til Total 5|Stabilgrus 0 – 18 mm (Stenrand)
Parcellen ligger med beplantning på nordsiden og ud mod en græsplæne mod syd. Stabilt grus 0 – 18 mm er bakkemateriale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er middel (8,4%) og tørdensiteten er høj (2,19 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U - tal 36,5) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (6,8 %). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm langs kanten. I oktober var der mindre løst materiale langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 11,2 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 9 – 15 mm. Fastheden har været ret konstant med kraftigt aftryk i september.

Kommentar til Total 6|Lergrus med skærver 0 – 8 mm (Stenrand)
Parcellen ligger med græs på begge sider. På begge sider afsluttes med en stålkant. 25% er knust materiale og 75% er bakkemateriale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (10,2%) og tørdensiteten er høj (2,1 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U - tal 25,5) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (7,5%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et ensartet lag over 5 mm over hele arealet. I oktober var der lidt mindre løst materiale men stadig spredt over hele arealet. Jævnheden har i gennemsnit været 8,1 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 6 – 10 mm. Fastheden har været konstant.

Kommentar til Total 7|Stigrus 0 – 12 mm (Stenrand)
Parcellen ligger med græs på begge sider. På begge sider afsluttes med en stålkant. 25% er knust materiale og 75% er bakkemateriale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (10%) og tørdensiteten er høj (2,11 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U - tal 27,8) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (6,3%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et ensartet lag over 5 mm over hele arealet. I oktober var der lidt mindre løst materiale men stadig spredt over hele arealet. Jævnheden har i gennemsnit været 10,2 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 7 – 12 mm. Fastheden har været konstant

Kommentar til Total 8 B
Den grus der erstattede skærvemixen er 62,5% er knust materiale og 37,5% er bakkemateriale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (10%) og tørdensiteten er middel (2,04 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U - tal 25,5) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (8,8%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et ensartet lag over 5 mm over hele arealet. I oktober var der mindre løst materiale langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 9,7 mm gab på 3 m retskede med udsving fra 6 – 13 mm. Fastheden har været konstant.

8.7|Kommentarer til Toplag

Kommentar til Top 1|Lergrus 0 – 8 mm (NCC, Nyrand)
Parcellerne lå i den nordlige ende af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 100% bakkemateriale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (11,7%) og tørdensiteten er lav (1,74 g/cm^3). Gruset er ikke velgraderet (U - tal 10,1) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (6,4%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm på hele arealet. I oktober var der mindre løst materiale langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 7,2 og 6,6 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 4 – 11 mm. Fastheden har været konstant, på Enghavegangen kraftige aftryk i oktober.

Kommentar til Top 2|Stenmel 0 –3 mm (NCC, Løng)
Parcellerne lå i den nordlige ende af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 100% knust materiale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er meget høj (14%) og tørdensiteten er lav (1,87 g/cm^3). U – tallet er ikke oplyst og partikler mindre end 0,075 mm er høj (13,7%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm på hele arealet. I oktober var der stadig meget løst materiale langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 6,1 og 7,4 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 3 – 13 mm. Fastheden har været konstant, på Enghavegangen kraftige aftryk i oktober..

Kommentar til Top 3|Stenmel 0 –6 mm (NCC, Løng)
Parcellerne lå i den midterste del af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 100% knust materiale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (12,5%) og tørdensiteten er middel (1,98 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U – tal 29,6) og partikler mindre end 0,075 mm er høj (9,6%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm på hele arealet. I oktober var der stadig meget løst materiale over hele arealet. Jævnheden har i gennemsnit været 6,9 og 10,0 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 5 – 12 mm. Fastheden har været konstant, på Enghavegangen kraftige aftryk i oktober..

Kommentar til Top 4|Stigrus 0 – 5 mm (NCC)
Parcellerne lå i den midterste del af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 100% knust materiale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (11,2%) og tørdensiteten er middel (2,02 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U – tal 19,9) og partikler mindre end 0,075 mm er høj (10%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm på hele arealet. I oktober var der stadig meget løst materiale over hele arealet. Jævnheden har i gennemsnit været 7,3 og 7,9 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 2 – 14 mm. Fastheden har været konstant, på Enghavegangen kraftige aftryk i oktober.

Kommentar til Top 5|Lergrus 0 – 8 mm (RGS90, Sanderød)
Parcellerne lå i den midterste del af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 100% bakkemateriale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er middel (9%) og tørdensiteten er høj (2,12 g/cm^3). Gruset er graderet (U – tal 22,7) og partikler mindre end o,o75 mm er middel (8,9%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm på hele arealet. I oktober var der stadig løst materiale langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 7,6 og 6,6 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 5 – 10 mm. Fastheden har været ret konstant, på Enghavegangen kraftige aftryk i oktober..

Kommentar til Top 6|Lergrus 0 – 8 mm (Stenrand)
Parcellerne lå i den sydlige ende af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 75% bakkemateriale og 25% knust materiale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (10%) og tørdensiteten er middel (2,08 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U - tal 20) og partikler mindre end 0,075 mm er høj (10,7%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale i et lag over 5 mm på hele arealet. I oktober var der stadig løst materiale over hele arealet. Jævnheden har i gennemsnit været 10,1 og 7,7 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 5 – 12 mm. Fastheden har været konstant, på Enghavegangen kraftige aftryk i oktober.

Kommentar til Top 7|Lergrus og skærver 0 – 8 mm (Stenrand)
Parcellerne lå i den sydlige ende af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 75% bakkemateriale og 25% knust materiale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er middel (9%) og tørdensiteten er høj (2,12 g/cm^3). Gruset er velgraderet (U - tal 29,8) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (7,7%). Gruset havde i den tørre periode lidt løst materiale langs kanten. I oktober var der stadig løst materiale over langs kanten. Jævnheden har i gennemsnit været 7,5 og 6,8 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 5 – 9 mm. Fastheden har været konstant,

Kommentar til Top 8|Lergrus, skærver og stenmel 0 – 8 mm (Stenrand)
Parcellerne lå i den sydlige ende af Genvejen og Enghavegangen. Gruset er 37,5% bakkemateriale og 62,5% knust materiale. Den optimale vandprocent fundet ved proctorindstampning er høj (10%) og tørdensiteten er middel (2,04 g/cm^3). Gruset er vedgraderet (U - tal 25,5) og partikler mindre end 0,075 mm er middel (8,8%). Gruset havde i den tørre periode løst materiale over 5 mm over hele arealet. I oktober var der stadig løst materiale over hele arealet. Jævnheden har i gennemsnit været 8,1 og 6,8 mm gab på 3 m retskede på Genvejen og Enghavegangen med udsving fra 5 – 12 mm. Fastheden har været konstant,

8.8|Sammenfatning af tilstandregistrering

Den udførte screening af grusmaterialer i forhold til fastlagde kornkurvegrænser har været en succes. Efter en sæson er forskellene mellem grusmaterialerne lille og samtlige fungerer tilfredsstillende i forhold til opretholdelse af profil og jævnhed. Et grusmateriale der ikke lå inden for kornkurvegrænserne fungerede ikke og blev udskiftet. Den valgte oprundede profil på grusstien har været konstant for alle parceller med en lille tendens til udjævning af oprundingens top. Efter en sæson er afblanding af de største partikler den afgørende faktor i overfladens karakter. Struktur og farve på grusoverfladen bestemmes af de store partikler.

Lige efter anlæg udviste de 16 forskellige grustyper store variationer i såvel farve som fasthed, men efter en sæson er forskellene ikke længere tydelige. Variationen bestemmes nu af grusmaterialets største partikler der afblandes i regn- og tørkeperioder. De største partikler over 11 mm har været meget tydelige langs kanten. Ujævnhed målt som gab på en retskede har ikke været accelererende i forsøgsperioden og har generelt holdt sig under de 10 mm som angives i *Normer for Anlægsgartnerarbejde*. Afsmitning var kun et problem lige efter anlæg, mens støv var et stort problem i eftersommeren hvor det var tørt.

Sammenhæng mellem drift og fasthed har ikke kunnet afprøves og ukrudt har kun for enkelte parceller forekommet spredt langs kanten.

9|Anlægsøkonomi

I forbindelse med tilbudsindhentning til forsøgsprojektet i Frederiksberg Have, blev renoveringsudgifter til længere stiforløb forsøgt fastlagt.

Der er i viste eksempel tale om et gennemsnit af 4 indhentede tilbud. Eksemplet er endvidere baseret på renovering af min. 5000 m² stistrækning ad gangen og omfatter flg.:

Ydelse	**Enhedspris gennemsnit pr. m²**
Levering og udlægning af 5 cm toplag	40,00 kr.
Levering og udlægning af 10 cm totallag	60,00 kr.

Tilsyneladende kan der opnås enhedspriser, der ligger lavere end den traditionelle opbygning med stabilgrus med toplag af lergrus.

10|Drift

De overordnede miljømæssige krav til driften er at vedligeholdelse af stier/løse belægninger skal kunne gennemføres uden brug af pesticider.

Driften af stierne gennemføres for at fastholde de æstetiske og funktionelle krav og målsætninger for området og herved kunne betjene havens publikum og brugere med stier som opfylder krav til bæreevne, jævnhed, afvanding, farve, afsmitning/støv, ukrudt, renhold m.m.

10.1|Prisudvikling ved udbud

Slots- og Ejendomsstyrelsen har igennem de sidste 2-5 år modtaget en række tilbud i forbindelse med driftudbud af haveområder. I de første tilbud hvor sprøjtning med Roundup var tilladt lå m^2-prisen på vedligeholdelse af løse belægninger på 1-2 kr. pr. m^2 pr. år.

I de efterfølgende udbud lå priserne mellem 4 og 9 kr. pr. m^2 pr. år. Disse tilbud blev givet for pesticidfri drift af løse belægninger.

Til sammenligning arbejder Slots- og Ejendomsstyrelsens interne driftsafdeling 'Drift' med kostpriser på 12-15 kr. pr. m^2 når der er tale om meget intensive haver med mange forhindringer og afgræsninger til kulturplanter, og dermed mere håndarbejde til følge. Når tidsregistreringen dissekeres viser det sig, at det er håndarbejdet der koster ca. halvdelen af m^2 - prisen.

Det vil sige, at m^2 - prisen ud fra vore erfaringer på såvel eksterne som interne kontrakter koncentrerer sig omkring 7-9 kr. pr. m^2 pr. år på nogenlunde sammenlignelige kvalitetskrav. Det er primært havernes kompleksitet og det håndarbejde der følger med i forbindelse med ukrudtsbekæmpelse, der er den afgørende faktor for at m^2 - prisen stiger.

Desuden er kendskabet til 'lokalt ukrudtstryk', viften af forskellige behandlingsmetoder samt øvrige lokale forhold af betydning for hvorvidt man kan 'nøjes' med at behandle dele af de løse belægninger for ukrudt, og dermed 'spare' dyre mandskabs- og maskintimer.

Plejeindsatsen efter at stierne er omlagt vil være nogenlunde den samme som før. Dog er det projektgruppens klare overbevisning, at indsatsen omkring at fastholde stiprofilet (og rabat-profilet) er af overordentlig stor betydning for afvanding af de løse belægninger, og dermed forudsætningen for at kunne fastholde belægninger, der til stadighed opfylder kravene. Reduktion af stibredden vurderes ligeledes at være stærkt medvirkende til et øget slid og dermed mindre behov for ukrudtsbekæmpelse.

10.2|Fastholde profil – sikre afvanding

Fastholdelse af profilet som en driftsopgave er ny i SES-regi og har igennem de seneste par årtier alene været anvendt i forbindelse med omlægning og opretning af løse belægninger.

Men netop denne opgave er tiltænkt en større rolle i fremtiden. En omprofilering/genprofilering evt. 1 gang årligt, eller hvor ofte det skønnes nødvendigt, kombineret med en efterfølgende komprimering, typisk i foråret efter vinterens og frostens påvirkning af gruslaget, vil formentlig have en meget positiv effekt på fortsat optimal afvanding. Etableret ukrudts vækstbetingelser vil forringes ved denne operation, og der vil være positiv effekt på de krav der gør at belægningen til stadighed opfylder målsætningen.

På totallags-opbygninger vil denne metode være mulig at gennemføre, netop fordi der findes et tilstrækkelig lag af materiale at arbejde i uden risiko for opblanding af bundmateriale.

10.3|Fjernelse af løv

En anden ønsket ændring er problematikken omkring fjernelse af løv, blomster, frø og frøskaller. Løvblæsning med stadig større maskiner har udviklet sig til et stadig større problem. Løst grus flyttes ind på græskanten og dermed forhindres en optimal afvanding og slidlaget fjernes hurtigere og muligheden for mekanisk ukrudtsbekæmpelse begrænses, da man så vil ødelægge bærelaget.
Endvidere er perioden hvor kravene til belægningen er opfyldt kortere end ønskelig, da nedslidningen/bortblæsning af slidlaget forkorter slidlagets levetid væsentlig.

På dette område mangler der metodeudvikling.

Termisk ukrudtsbekæmpelse har igennem de sidste år vundet indpas også i forbindelse med ukrudtsbekæmpelse på løse belægninger. Men bevidstheden om andre metoders effektivitet i forskellige kombinationer er formentlig det rette våben i kampen mod ukrudtet i fremtiden.

10.4|Kvalitetsbeskrivelse og økonomi

I det følgende skema er driften splittet op i de enkelte indsatsområder, og som det kan ses er ukrudtsbekæmpelsen kun en del af den samlede indsats. Dog har de andre indsatsområder en mere eller mindre positiv effekt på ukrudtsbekæmpelsen, således at alle indsatser skal ses i sammenhæng med ukrudtsbekæmpelsen.

Driftsbeskrivelse (SAB)	Metodevalg/redskaber	Økonomi
Ukrudtsbekæmpelse: *(tilstandskrav)* Synlig rodukrudt må ikke forekomme. Frøukrudt må ikke sætte blomst eller frø, og må ikke overstige 5 cm i højde eller bredde målt i forhold til belægningsfladen. I 100-feltsramme må maks. 15 felter indeholde ukrudtsplanter. Det enkelte felt må maks. Indeholde 3 ukrudtsplanter. Ukrudtsplanter defineres som frøukrudt større end kimbladsstadiet fx græsser og en lang række tokimbladede arter.	» miljørive, kombiredskab med skuffejern, planerejern og rive påmonteret lille traktor. Begrænsninger langs kanter, inventar og forhindringer. » termisk bekæmpelse, sikkerhedsafstand til kulturplanter. Afhængig af størrelse begrænsninger v. inventar og øvrige forhindringer. » skuffe og rive i kanter, hjørner, bænkepladser m.m. (håndarbejde).	0,3 kr./m² (2-4 gg/år) 0,4 kr./m² (6-10 gg/år) 0,5 kr./m² (2-4 gg/år)
Renholdelse: *(tilstandkrav)* Afklip fra græsklipning accepteres i mindre grad (»græsspor« fra maskiner må ikke forekomme) Kviste, grene, løvsamlinger, frø, frøskaller m.m. må ikke henligge i felter større end 0,5 m² i over 1 uge.	» løvblæsning » Kombi til fjernelse af løv (hørive – løvblæser) » rive/opsamling (håndarbejde)	0,12 kr./m² (10-12 gg/år) ? 0.10 kr./m² (2-4 gg/år)
Afvanding: *(tilstandkrav)* Riste, brønde, vandskær og vandrender skal altid være fuldt funktionsdygtige og fremtræde rengjorte.	» kloakrenser, kost og skovl (håndarbejde) » oprensning af brønde med slamsuger, check af afvanding.	0,10 kr./m² (2-3 gg/år) 0,20 kr./m² (1-2 gg/år)
Kørsel: *(tilstandkrav)* Sporkøring må ikke forekomme.		
Jævne/rive: *(udførselskrav)* Kørsel med slæbenet 1 gang pr. mdr. fra april til oktober.	» kraftig slæbenet (Prodana)	0,09 kr./m² (7 gg/år)
Fastholde stibredde: *(udførelseskrav)* Kantskæring 1 gang i 4. kvartal i 2-års turnus. (stibredde jf. plan. Jernrør bruges som fixpunkter. Findes evt. med metaldetektor) Kvalitetskrav: max. 1 cm's afvigelse på 3 meter retskede. Alt ukrudt i stikanten fjernes samt rivning.	» kantskærer. Fastholder stibredde	1 kr./m² pr. år (1 gg/hvert 2. år)
Fastholde profil: *(udførselskrav)* Kørsel med grader/profileret grusudlægger for at fastholde profil. Mål på profil oplyses af SES. Tromling/vibrering umiddelbart efter profilering.	» Grader, vibrationstromle	1,5 kr./m² (1 gg/år)
Supplere grus: *(supplerende)* Udlægning af grus – aftales nærmere med SES.	» Asfaltudlægger	20 – 40 kr./m² (1 gg/hvert 5-10 år afhængig af slid)

Figur 11 ***Driftsbeskrivelse (SAB)*** *viser de enkelte krav i plejebeskrivelsen fordelt på tilstandkrav og udførelseskrav.*

Metodevalg/redskaber *er vores bud på hvilke redskaber/processer der vil være velegnet.*

Økonomi *- kolonnen giver et bud på en m²-økonomi på de enkelte indsatser pr. gang givet på baggrund af vores og andre indsamlede erfaringer. (15.000 m² løse belægninger)*

Disse driftsmæssige tiltag har ikke kunnet afprøves i forbindelse med forsøgsstrækninger i Frederiksberg Have, men er baseret på erfaringer fra projektgruppen.

Hvis tilstandkravene i driftsbeskrivelsen samt kørsel med slæbenet (udførselskrav) udføres som et gennemsnit af de antal gange der er nævnt i parentes beløber omkostningen sig til 8,00 kr. pr. m² pr. år.

Dertil lægges en evt. kantskæring som afhængig af stitype kan udføres med 1-flere års mellemrum.

Fastholdelse af profilet vil formentlig også skulle udføres i varierende hyppighed afhængig af oprundingens nedslidning. Hvis denne opgave udføres, vil der formentlig være behov for færre gennemkørsler med mekanisk og termisk ukrudtsbekæmpelse hvorfor m² - prisen vil være den samme set over 1 år.

10.5|Ukrudtsbekæmpelse i 3 forskellige scenarier

I skemaet er vist forskellige tænkte scenarier.

A. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse.
Kørsel med grader for at fastholde profil. Derefter kørsel med miljørive, slæbenet og håndarbejde langs kanter, bænkepladser, inventar m.m.

B. Termisk
Kørsel med grader for at fastholde profil. Derefter termisk bekæmpelse, slæbenet og håndarbejde langs kanter, bænkepladser, inventar m.m.

* *behov for behandling af 25% eller mindre af arealet.*
** *Primært bænkepladser, hjørner m.m.*

	Indsats	Antal udførsler	Pris pr. gang/m²	Pris i alt/m²
A	Grader, komprimering	1	1,50	
	Miljørive, kombiredskab, stikanter*	6	0,08	
	Slæbenet	8	0,09	
	Håndarbejde**	4	0,35	
	I alt			4,10
B	Grader, komprimering	1	1,50	
	Termisk bekæmpelse, stikanter*	6	0,10	
	Slæbenet	8	0,09	
	Håndarbejde**	4	0,35	
	I alt			4,22
C	Grader, komprimering	1	1,50	
	Slæbenet	8	0,09	
	Håndarbejde*	6	0,35	
	Håndarbejde**	4	0,35	
	I alt			5,72

C. Håndarbejde
Kørsel med grader for at fastholde profil. Derefter kørsel med slæbenet og resten af ukrudtet fjernes med håndarbejde.

Den viste pris vedrører tiltag der har ukrudtsbekæmpende effekt. Dertil kommer økonomien for løvfjernelse, afvanding og evt. kantskæring.

Disse scenarier kunne være oplæg til afprøvning af forskellige pesticidfrie vedligeholdelses-strategier på befæstelser opbygget med totallag og derfor egnede til behandling i de øverste centimeter af gruslaget.

Kombiredskab til stivedligeholdelse, som blev afprøvet i Frederiksberg Have i 2002.

11|Anbefaling

Rapporten kan med udgangspunkt i Frederiksberg Have anvendes som paradigma for renovering af parker og havers grusstinet.

De lokale forhold der bestemmer det fremtidige stinets udformning og konstruktion foreslås gennemarbejdet efter nedenstående matrix.

Eksisterende forhold	**Planlægningsmæssige forhold**
Stiprofiler	Havehistoriske
Bæreevne	Litteraturstudier
Problemområder	Stiplan
	Materialer
Økonomiske forhold	**Driftmæssige forhold**
Materialeudgifter	Kørselsbehov
Anlægsudgifter	Kvalitetskrav
Driftsudgifter	Metoder
	Redskaber

Rapporten udgør således et bidrag til sektorens udvikling af metoder til planlægning, anlæg og drift af grusstier.

Rapporten peger på, at der skal anvendes grus, der ligger inden for opstillede kornkurvegrænser og at materialernes store fraktioner bestemmer farven og stofligheden på belægningen.

12|Kilder

Boye, Georg (1959) *Anlægsgartneri, Håndbog i fagets teknik. Almindelig dansk Gartnerforenings forlag.*

Christensen, A.R. (1948) *Veje og Gader. G.E.C GAD.*

Feilberg, C.L. (1966) *6. udgave ved N.J. Dahl. Vejbygning og Kloakering. DSR Forlag og Boghandel.*

Holgersen, Søren & Dam, Torben (2000) *Befæstelser i Anlægsgartneriet. Forlaget Grønt Miljø.*

Honoré, R. (1971) *Vejbygning. 2. udgave. Teknisk Forlag.*

Kampmann, G. (1943) *Lerbetonveje i Danmark. I Dansk Vejtidsskrift. pp 68-73.*

Lütken, Alfred (1898) *Forelæsninger over Vej- og jernbanebygning. Chr. J Tauber & Søns Bog- og stentrykkeri.*

Phønix (1992) *Vejbygning – Materialer – Befæstelser – Belægninger. A/S Phønix Contractors.*

Thagesen, Bent (2000) *Veje og Stier. Polyteknisk Forlag.*

Tvedt, Tilde, Kristoffersen, Palle & Larsen, Kristian (2000) *Ukrudtsbekæmpelse på Kirkegårde. Kirkeministeriet, Center for Skov, Landskab og Planlægning.*

Vejdirektoratet (1983) *Katalog for dimensionering af vejbefæstelser.*

Kultur og Vitenskabsdepartementet, Ungdoms- oh idrettsavdelingen (STUI), Toppdekker på grusbaner, Universitetsforlaget, Oslo, 1987.

LDA. Normer for Anlægsgartnerarbejde (1992)

Dam, Torben. I Skov og Landskabskonferencen (2001)

Udgivet af:

Slots- og Ejendomsstyrelsen
Løngangstræde 21
1468 København K

Tlf.: 33 92 63 00
e-mail: sesmail@ses.dk
Hjemmeside: www.ses.dk