

# Spor 4 – Retningslinjer og guidelines for bæredygtigt forbrug af råstoffer i anlægsgartnerfaget





# Resumé

I fremtiden vil der i Danmark ikke være den samme adgang til grus- og stenfraktioner, som der tidligere har været, da de mest lettilgængelige råstoffer allerede er indvundet på landjorden. Derfor vil det i fremtiden være nødvendigt med fokus på, hvor det er muligt at spare på de ny-opgravede ressourcer.

Region Midtjylland har derfor i samarbejde med anlægsgartnervirksomheden OKNygaard A/S oprettet Råstof-initiativet - et partnerskabsprojekt, der med flere forskellige interessenter fra råstofkredsløbet samarbejder om at tackle den fremadrettede forventede mangel på kvalitetsråstoffer som grus og sten. Partnerskabet stræber efter at inspirere til et mere bæredygtigt råstofforbrug i samfundet og samtidig fremme ny viden på området.

I Spor 4 i Råstof-initiativet er der arbejdet med et vigtigt aspekt indenfor an-

lægsgartnerbranchen, nemlig behovet for at revurdere praksis. Selvom vejregler og normer traditionelt har været retningsgivende, opfordres bygherrer, rådgivere og udførende nu til at overveje, om tidligere praksis stadig er fornuftig – især set i lyset af fokus på bæredygtighed og fremtidens knappe ressourcer. I Spor 4 opfordres der til at undersøge muligheden for at optimere økonomien i anlægsfasen ved at tage hensyn til erfaring og viden og overvejelser af at acceptere mindre traditionelle løsninger de steder, hvor kravene til sikkerhed og kørselskomfort ikke er afgørende.

Undersøgelser viser, at ældre belægninger ofte forbliver i god stand, selvom de er opført uden overholdelse af normerne. Overdimensionering af bunden er et identificeret problem i Spor 4 og brugen af normer som NOVA23 kunne reducere omkostninger og råstofforbrug betragteligt.

Forbruget af råstoffer kan endvidere minimeres ved at øge genbrug af materialer til eksempelvis belægninger, herved undgår man også bortkørsel af gamle materialer og tilkørsel af nye materialer. Det er også muligt fremadrettet at benytte sig af alternativer til standarden Stabilgrus II. Ydermere, hvis man kan acceptere en vis risiko for frosthævninger på terrasser, pladser og indkørsler uden hurtig kørsel, kan man samtidig opnå betydelige besparelser på både råstoffer og driftsomkostninger, da der er forskel på behovet for råstoffer, alt efter om man etablerer på frostfarlig, frosttvivlsom eller frostsikker bund.

For at reducere forbruget af råstoffer er det af afgørende betydning, at rådgivere og udførende bliver bedre til at følge fagets normer, så overdimensionering undgås. I den henseende bør de blive bedre til at vurdere den underliggende råjords frostfølsomhed eller alternativt

købe hjælp til at vurdere. Ved den mindste tvivl vælger man i dag altid at dimensionere efter "worst case"-scenariet frostfarlig. Her ville det på lige fod med praksis inden for dimensionering af kloakker og bygning af støttemure være økonomisk fornuftigt og mere bæredygtigt at bruge risikovurderinger.

Det vil være i bygherres interesse at blive inddraget i den endelige beslutning, hvis risikoen for frosthævninger og prisen på opretning af eventuelle skader er væsentligt mindre end etablering af en tykkere opbygning. Derved forhindres også et overforbrug af ny råstoffer.

Overordnet opfordres der i Spor 4 til en mere bæredygtig tilgang, hvor der tages højde for fagets erfaringer, og der opfordres til, at man reviderer praksis i overensstemmelse hermed.



Af Kim Tang, landskabsarkitekt og fagkonsulent, Danske Anlægsgartnere

# Indhold

<b>Råstof-initiativet kort fortalt</b> .....	6
<b>Baggrund</b> .....	8
<b>Undersøgelse af ældre belægninger</b> .....	9
Undersøgelser af praksis .....	9
Sammenfatning.....	10
Spørgeskemaundersøgelse i regi af	
Danske Anlægsgartnere.....	11
Sammenfatning indkørsler (T1).....	11
Sammenfatning indkørsler (T0).....	12
Studie af udbudsbeskrivelser fra	
landskabsarkitekter.....	12
Sammenfatning.....	14
<b>Hvordan kan forbruget af råstoffer minimeres?</b> .....	15
Øget genbrug af bære- og bundsikringslag .....	16
Genbrug af bund – indkørsler mv. (T1 og T2).....	16
Genbrug af bund – terrasser, stier mv. (T0) .....	17
Genbrug af materialer til bundsikring .....	17
Følg fagets normer .....	18
<b>Mindre forbrug af nye råstoffer</b> .....	18
Erstat med andre materialer .....	19
Accept af risiko for frosthævninger .....	19
<b>Konklusion</b> .....	20
<b>Bilag 1</b> .....	21
<b>Bilag 2</b> .....	24
<b>Bilag 3</b> .....	26
<b>Bilag 4</b> .....	28
<b>Bilag 5</b> .....	29
<b>Bilag 6</b> .....	30
<b>Bilag 7</b> .....	31

# Råstof-initiativet kort fortalt

Region Midtjylland forudser en mangel på råstoffer i form af sten og grus i fremtiden. Sammen med anlægsgartnerfirmaet OKNygaard A/S har Region Midtjylland derfor inviteret offentlige og private fagpersoner og interessenter fra hele råstof-kredsløbet - lige fra anlægsgartnereskole til asfaltproducent - til partnerskabet Råstof-initiativet med ambition om at finde metoder til at nedsætte forbruget af råstoffer i anlægsbranchen.

*"I Region Midtjylland har vi en ambition om at være med til at sikre en bæredygtig forvaltning af råstoffer. Dette partnerskab er et godt eksempel på, hvordan vi kan samarbejde om det helt konkrete på tværs af offentlige myndigheder og private virksomheder. Hvis vi kan ændre noget grundlæggende her, er der et meget stort volumen af materialer, vi kan spare. Det er en lang forandringsproces, men der er virkelig en vilje til at ville ændre og et stort engagement i partnerskabet, som på sigt kan komme til at vise vej for andre."*

- Bent B. Graversen (V), formand for Region Midtjyllands Udvalg for Regional Udvikling.

Ud over Region Midtjylland og OKNygaard A/S består Råstof-initiativet af følgende samarbejdspartnere:

- **Teknologisk Institut**
- **Per Aarsleff**
- **Malmos**
- **Arkil**
- **NCC Industry**
- **Vejdirektoratet**
- **Danske Anlægsgartnere**
- **Danske Landskabsarkitekter**
- **Melgaard+co**
- **Idverde Danmark**
- **Jordbrugets UddannelsesCenter Århus**
- **Schønherr**
- **Cowi**
- **Thing Brandt Landskab**
- **Landskabsrådet**
- **Aarhus Kommune**
- **Aarhus Vand**





# Baggrund

I Region Midtjylland blev der i 2020 indvundet 10,8 mio. m<sup>3</sup> råstoffer, hvilket svarer til 32 procent af den samlede indvinding på landsplan (33,2 mio. m<sup>3</sup>). Ved hjælp af fremskrivning ses der ingen tendenser til et formindsket råstofforbrug fremover. Cirka 90 procent af de indvundne råstoffer i regionen er sand, sten og grus.

Råstofindvinding er en forudsætning for vækst og udvikling i Danmark. De ressourcer, der indvindes i form af sand, grus, sten, kalk og ler, anvendes til en lang række efterspurgte materialer såsom beton, mursten og asfalt og er dermed basis for det, som vi vil skabe og bygge i vores samfund. Men råstofferne er en ikke-fornybar ressource, og mange af de råstoffer, der anvendes i dag, vil blive en mangelvare i fremtiden.

De knappe råstoffer skal derfor anvendes mere bæredygtigt, så der også er råstoffer til de kommende generationer. Danmark er i dag et af de lande i Europa, der anvender flest råstoffer pr. indbygger, hvilket svarer til ca. 1 kg råstof i timen pr. indbygger døgnet rundt.

Omstillingen til en bæredygtig råstof-forvaltning kræver både nytænkning og viden om samspillet i hele råstof-kredsløbet. En bæredygtig råstofforsyning skal således etableres på tværs af myndigheder og gennem offentlige og private partnerskaber.

I anlægsgartnerbranchen bruges grus, sten og sand hovedsagelig til etablering af

bærelag og bundsikringslag under belægninger, trapper mv. Dimensioneringen tager afsæt i vejreglerne, hvor fokus er på sikkerhed og kørselskomfort. Ergo er det vigtigt at undgå både frosthævninger og sætninger.

For både rådgivere og udførende er det oplagt at følge vejreglerne/Normer og Vejledning for Anlægsgartnerarbejde 2023 (NOVA23), da man herved undgår at skulle tage stilling til og ansvar for dimensioneringen og forholde sig til andre løsninger, hvor risikoen for frosthævninger, sætninger og økonomi skal analyseres. Men med øget fokus på knappe ressourcer og bæredygtigt råstofforbrug bør bygherre, rådgivere og udførende overveje, om tidligere praksis med at følge vejreglerne uden at bringe egen erfaring og viden i spil fortsat er fornuftigt – fx bør krav til sikkerhed og kørselskomfort måske ikke vægte helt på samme vis, når der er tale om bl.a. stier, terrasser, pladser mv. Det er måske ikke det store problem, at en belægning her en sjælden gang måtte hæve sig en smule i kraftig frost for så at sætte sig efterfølgende.

Dertil kommer, at der ville kunne spares mange penge i anlægsfasen ved mindre udgravning, bortkørsel, deponering samt til indkøb, levering og udlægning af nye materialer. Oftest vil de sparede midler i anlægsfasen rigeligt kunne dække eventuelle ekstra udgifter i driftsfasen til opretning af eventuelle skader i form af buler og lunger.



# Undersøgelser af praksis

Da dele af normerne i anlægsgartnerfaget bygger på faglige traditioner frem for ingeniørberegninger – her tænkes der på fx opbygning af støttemure – er der i regi af Råstof-initiativet lavet en række undersøgelser for at afdække, om man ved at kigge på praksis i faget med en forholdsvis stor sikkerhed ville kunne afvige fra normer og vejregler med et mindre råstofforbrug til følge.

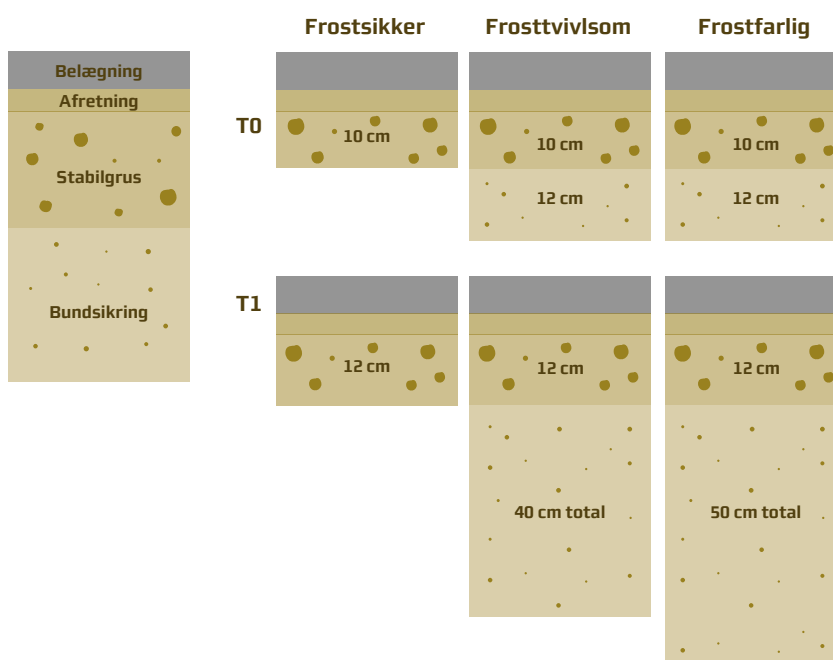
## Undersøgelse af ældre belægninger

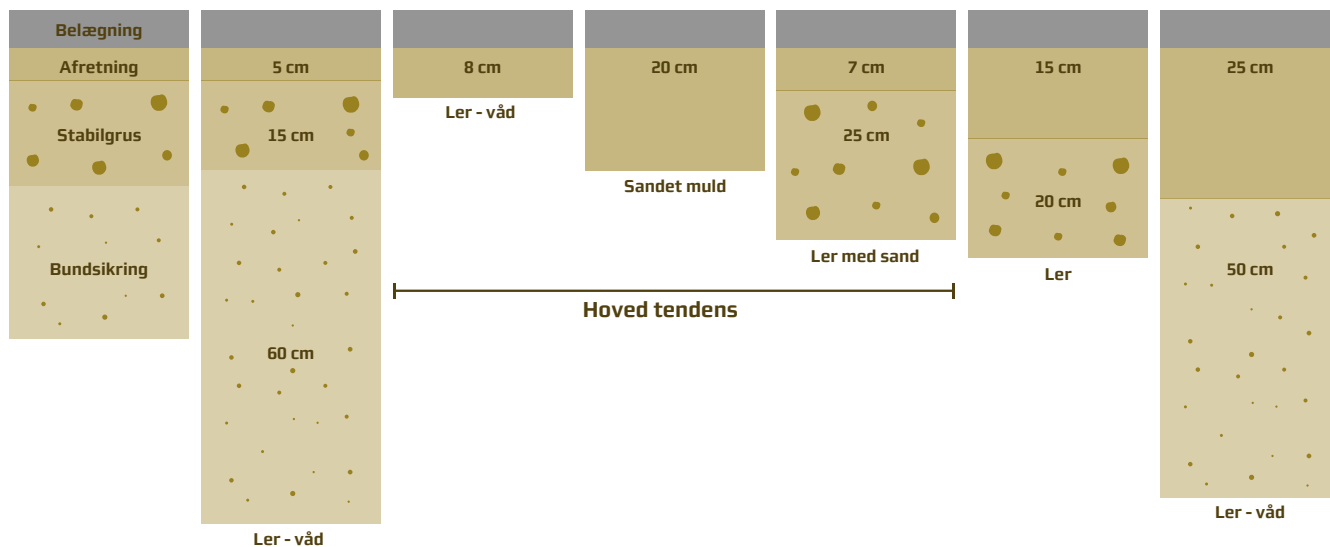
Under Råstof-initiativets Spor 3 er den faglige praksis i anlægsgartnerfaget blevet undersøgt for at kunne dokumentere, at ældre belægninger ofte ligger upåklageligt, på trods af at bundopbygningen ikke har levet op til normer og vejregler.

## FAKTA

Da der ikke findes danske standarder, vejregler, anvisninger mv. om tørstabledede støttemure, bygger dette afsnit på praktiske erfaringer. Følges de, vil støttemurene erfaringsmæssigt holde i en længere årrække. Dog kan frost/tø, opfugtning af bagvedliggende jord, sand og grus samt færdsel få de stablede sten mv. til at sætte eller forskubbe sig, men normalt uden at hele muren vælter. Ønsker man større sikkerhed og længere levetid, bør konstruktionen laves ud fra ingeniørberegninger og vil normalt indeholde både støbte og armerede konstruktioner, der funderes i frostfri dybde. Da forundersøgelser, beregninger og opførelsen af denne type støttemure ofte er meget dyre, fravælges de normalt til fordel for tørstabledede støttemure. Kilde: NOVA23

Figur 1:  
Krav jf. Normer  
og Vejledning  
for anlægsgartner-  
arbejde 2023





Figur 2: Resultat af 41 prøvegravninger og vurderinger af eksisterende belægninger med let trafik.

Trafikklasserne er defineret ud fra antal lastbiler, da tunge køretøjer er udslagsgivende for dimensioneringen. Æ10 = trafikbelastning omregnet til 10 tons akseltryk.

**Trafikklasse T2** er til mindre veje og stier og overkørsler, der er udsat for lastvognhjul m.v.

**Trafikklasse T1** er til indkørsler, stier m.v., der sjældent belastes af lastbiler.

**Trafikklasse T0** er til befæstelser, hvor der aldrig kommer lastbiler og kun undtagelsesvist personbiler o.l. Den er rettet mod terrasser, stier mv. for let trafik.

**Frostsikker bund:** sandet jord uden ret meget silt.

**Frostvivlsom bund:** leret jord uden ret meget silt.

**Frostfarlig bund:** siltholdig eller kridtholdig jord med mulighed for vandtilførsel. Velgraderet jord regnes for frostfarlig, når fraktionen under 0,02 mm er over 3%. Ikke velgraderet jord regnes for frostfarlig, når samme fraktion er over 10%.

### Sammenfatning

Ved anlæg af terrasser og gangstier uden kørsel (T0) er der gode erfaringer med anvendelse af sand/grus (0-8 mm) i stedet for stabilgrus som bærelag.

Mange ældre fortove i flere byer har haft en acceptabel levetid, på trods af at bunden kun består af 7-20 cm afretningsgrus. Ved omlægning genbruges eksisterende bund med tilførsel af få centimeter

nyt grus til at rette af i, da man har en forventning om minimum samme levetid.

Der bruges ofte tykkere lag af stabilgrus, end NOVA23 foreskriver: 10 cm ved T0 terrasse/gangsti og 12 cm ved T1 indkørsel.

Oftentimes er der ikke udlagt et bundsikringslag.



## Spørgeskemaundersøgelse i regi af Danske Anlægsgartnere

For at få et overblik over praksis indenfor anlægsgartnerfaget er medlemmer af Danske Anlægsgartnere blevet opfordret til at beskrive, hvordan de opbygger og dimensionerer bunden under henholdsvis terrasser/stier (T0) og indkørsler (T1), samt oplyse deres erfaring med frosthævninger. I alt har 36 anlægsgartnere svaret:

<b>Indkørsler T1</b>				
<i>Normernes krav til minimum tykkelse på bærelag er 12 cm</i>				
	Bærelag 12 - 15 cm	Bærelag 15 - 20 cm	Bærelag > 20 cm	Stabilgrus som bærelag
Jylland	9	7	1	17
Sjælland/Fyn	3	6	9	18

Tabel 1: Indkørsler T1

<b>Terrasser mv. T0</b>				
<i>Normernes krav til minimums tykkelse på bærelag er 12 cm</i>				
	Bærelag 10 - 15 cm	Bærelag 15 - 20 cm	Bærelag > 20 cm	Stabilgrus som bærelag
Jylland	9	3	5	0
Sjælland/Fyn	10	5	2	17

Tabel 2: Terrasser mv. T0 (undersøgelsen kan ses i detaljer i bilag 3.)

### Sammenfatning indkørsler (T1)

Som det fremgår af spørgeskemaundersøgelsen, udlægger anlægsgartneren altid et bærelag af stabilgrus eller genbrugsstabilgrus i indkørsler (T1), hvoraf to ud af tre anlægsgartnere bruger mere stabilgrus end NOVA23's minimumskrav på 12 cm. Ifølge flere anlægsgartnere kan denne øgede tykkelse på bærelag tilskrives en faglig tradition for, at man altid afgraver muldlaget.

Andre har oplyst, at de altid udlægger en bestemt tykkelse – enten 20 cm, 25 cm,

30 cm eller 35 cm – da de har erfaring med, at så holder belægningen.

Som det også fremgår af spørgeskemaundersøgelsen, udlægger mange anlægsgartnere altid bundsikringslag under indkørsler. Nogle udlægger kun, når de vurderer behov herfor, mens et mindre antal anlægsgartnere (3) aldrig udlægger bundsikringslag, men udlægger altid et bærelag af stabilgrus på minimum 20 cm.

Generelt oplever ingen anlægsgartnere i spørgeskemaundersøgelsen problemer med frosthævninger.

### Sammenfatning indkørsler (T0)

Tendens for bundopbygning og -dimensionering for terrasser er lidt anderledes. Her tegner der sig et tydeligt billede af, at der i Jylland er gode erfaringer med kun at bruge sand/grus til bærelag, mens stort set alle anlægsgartnere på Sjælland bruger stabilgrus som bærelag.

Dertil kommer, at stort ingen anlægsgartnere udlægger bundsikringslag under terrasser, hvilket ikke ser ud til have betydning for omfanget af frosthævninger, da ingen har registreret frosthævninger.

### Studie af udbudsbeskrivelser fra landskabsarkitekter

For at få et overblik over praksis for dimensionering af bunden under belægninger hos de projekterende, er udbudsbeskrivelser fra 11 forskellige rådgivere blevet gennemgået (se bilag 4).

I nedenstående er nogle af resultaterne fra undersøgelsen samlet:

Projekteret tykkelse på bærelag af stabilgrus (antal udbud)			
	Følger normer:		Overdimensionering:
T0 - terrasser mv.	4 (10 cm jf. norm)	3 (12 cm)	1 (20 cm)
T1 – indkørsler mv.	5 (12 cm jf. norm)	4 (14-15 cm)	2 (20 cm)
T2 – biveje	5 (ca. 15 cm)	4 (19 cm jf. norm)	1 (30 cm)

Tabel 3

Udgangspunkt for dimensionering af bundsikringslagets tykkelse Ingen undersøger råjordens frostfølsomhed, inden der tages stilling til dimensionering af bundsikringslagets tykkelse (antal udbud)				
	Frostsikker	Frosttvivlsom	Frostfarlig	Overdimensionering
Terrasse (T0)	1 (0 cm)	3	4	
Indkørsel (T1)	ingen	3	7	1
Bivej (T2)	ingen	3	6	1

Tabel 4

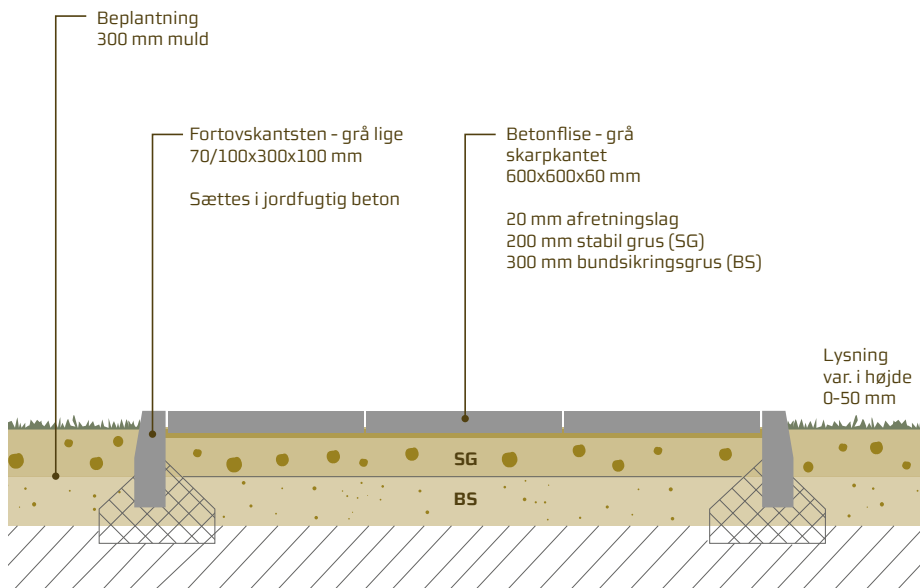


I nedenstående fremgår eksempler på, hvad denne projekteringspakis betyder for forbruget af råstoffer:

Hvis fagets normer inklusiv en vurdering af råjordens frostfølsomhed var blevet brugt som udgangspunkt for dimensioneringen, ville omkostningerne og råstof-forbruget til anlæg af belægningen have været mindre (se tabel 1).

Jf. NOVA23 kunne tykkelsen af bærelaget have været reduceret fra 20 til 10 cm og bundsikringslaget fra 30 cm til 12 cm eller helt være udeladt, hvis den underliggende råjord blev vurderet værende frostsikker. Det svarer til, at man kunne have sparet 52-75 procent af råstofferne samt nogle udgifter hertil.

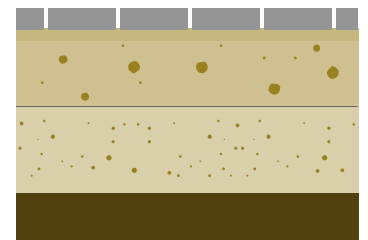
Figur 3: Eksempel trafikklasse T0



Figur 4: Eksempel trafikklasse T1

Klinkebelægning til kørsel  
55 cm opbygning

- 7,0 cm Klinke 20 x 5,2 x 7 cm, sort
- 2,5 cm Afretningsgrus
- 20,0 cm Stabilt grus 0-32 mm
- 25,0 cm Bundsikringsgrus
- Råjord



Projekteret: Sti	Frostsikker		Frosttvivlsom		Frostfarlig	
	NOVA23	Overdimensionering	NOVA23	Overdimensionering	NOVA23	Overdimensionering:
<b>Betonflise 6 cm</b>	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm
<b>Afretningslag: 2 cm</b>	Afretningslag: 3 cm	- 1 cm	Afretningslag: 3 cm	- 1 cm	Afretningslag: 3 cm	- 1 cm
<b>Bærelag: Stabilgrus/SG 20 cm</b>	Bærelag: SG 10 cm	+ 10 cm	Bærelag: SG 10 cm	+ 10 cm	Bærelag: SG 10 cm	+ 10 cm
<b>Bundsikringslag 30 cm</b>	Bundsikringslag 0 cm	+ 30	Bundsikringslag 12 cm	+ 18 cm	Bundsikringslag 12 cm	+ 18 cm
<b>I alt 52 cm</b>	19 cm	Overforbrug 39 cm (75%)	31 cm	Overforbrug 27 cm (52%)		Overforbrug: 27 cm (52%)

Tabel 5

Hvis fagets normer inklusiv en vurdering af råjordens frostfølsomhed var blevet brugt som udgangspunkt for dimensioneringen, ville omkostningerne og råstof-forbruget til anlæg af belægningen have været mindre (se tabel 2).

Jf. NOVA23 kunne tykkelsen af bærelaget have været reduceret fra 20 til 12 cm og bundsikringslaget fra 30 cm til 19 eller 29 cm eller helt være udeladt, hvis den underliggende råjord blev vurderet værende frostsikker. Det svarer til at man kunne have sparet 15–71 procent af råstofferne samt udgifter hertil.

### Sammenfatning

Undersøgelserne viser, at manglende brug af fagets normer (NOVA23 og vejreglerne) medvirker til overforbrug.

Tilsvarende betyder manglende forundersøgelser af råjordens frostfølsomhed et overforbrug af bundsikringsmateriale.

Ved snak med rådgiverne forklarer de, at denne praksis skyldes, at de ved altid at vælge at dimensionere opbygningen med maksimal sikkerhed, så undgår de at blive draget til ansvar for fejlprojektering. De oplyser, at det bl.a. er svært med sikkerhed at vurdere en råjords frostfølsomhed.

Udover at forbruget af materialer er unødvendigt stor, bevirker denne praksis betydelige ekstraomkostninger for bygherren til afgravning, bortkørsel og deponering af den bortgravede råjord, samt omkostninger til køb, levering og indbygning af bundsikringsmaterialer.

Ovenstående praksis lever på ingen måde op til tidens krav om bæredygtigt byggeri.

Projekteret: Sti	Frostsikker		Frosttvivlsom		Frostfarlig	
	NOVA23	Overdimensionering	NOVA23	Overdimensionering	NOVA23	Overdimensionering:
<b>Betonflise 6 cm</b>	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm	Betonflise 6 cm
<b>Afretningslag: 2,5 cm</b>	Afretningslag: 3 cm	- 0,5 cm	Afretningslag: 3 cm	- 0,5 cm	Afretningslag: 3 cm	- 1 cm
<b>Bærelag: Stabilgrus/SG 20 cm</b>	Bærelag: SG 12 cm	+ 8 cm	Bærelag: SG 12 cm	+ 8 cm	Bærelag: SG 12 cm	+ 8 cm
<b>Bundsikringslag 30 cm</b>	Bundsikringslag 0 cm	+ 30	Bundsikringslag 19 cm	+ 11 cm	Bundsikringslag 29 cm	+ 1 cm
<b>I alt 52 cm</b>	19 cm	Overforbrug 37 cm (71%)	31 cm	Overforbrug 18 cm (35%)		Overforbrug: 8 cm (15%)

Tabel 6



# Hvordan kan forbruget af råstoffer minimeres?

Hvis forbruget af råstoffer i anlægsgabet skal minimeres, skal der fremadrettet være mere fokus på, at den nuværende praksis ikke følger fagets normer og ikke lever op til tidens krav om bæredygtigt byggeri.

Der vil kunne opnås store besparelser ved øget genbrug, brug af andre materialer og ved at lade dimensioneringen bygge på fagets erfaringer fremfor på normer/vejregler og ingeniørberegninger.

Som det fremgår af Tabel 3, er der mange penge at spare ved øget genbrug og evt. minimering eller undladelse af bundsikringslaget – især de steder, hvor der ikke er hurtigkørende trafik, og hvor risikoen for og konsekvenserne ved frosthævninger er minimale.

Skulle der mod forventning vise sig mindre sætninger, er opretning af sætninger ikke særlig bekostelig.

## Økonomi ved bæredygtig brug af råstoffer:

*Nedenstående overslagspriser 2023 er pr. m<sup>2</sup> og ekskl. moms – bortkørsel klasse 2/3 – prisseksemplerne er udarbejdet med afsæt i 1.000 m<sup>2</sup>.*

<b>Besparelse, hvis eksisterende bund (T1) kan genbruges (kun belægning udskiftes):</b> (Pris på ny bund inkl. afgravning/bortkørsel/deponering af jord, og levering af 15 cm stabilgrus og 25 cm bundsikring)	kr. 675,-
<b>Besparelse, hvis eksisterende bund (T0) kan genbruges (kun ny belægning):</b> (Pris på ny bund inkl. afgravning/bortkørsel/deponering af jord, og levering af 15 cm bærelag - frostsikker)	kr. 315,-
<b>Besparelse, hvis eksisterende materialer genbruges til T0 (afgraves og udlægges nyt sted):</b> (samlet tykkelse 40 cm)	kr. 475,-
<b>Besparelse, hvis der ikke skal udlægges et bundsikringslag på 20 cm:</b> (Afgravning/bortkørsel/deponering af 20 cm jord samt levering og udlægning af 20 cm bundsikring)	kr. 300,-
<b>Besparelse ved udlægning af et 10 cm tyndere bærelag af stabilt grus:</b> (inkl. afgravning, bortgravning og deponering af 10 cm jord samt levering og udlægning af 10 cm stabilt grus)	kr. 155,-
<b>Pris på opretning af 1 m<sup>2</sup> belægning:</b>	kr. 250,-

Tabel 7

## **Øget genbrug af bære- og bundsikringslag**

I udbud med eksterne bygherrerådgivere er der ikke tradition for genbrug af sand- og grusmaterialer i større omfang.

Denne praksis kan langt hen ad vejen forklares ved, at der i branchen ikke er tradition for at lave nødvendige forundersøgelser eller for i fællesskab i byggeprocessen at vurdere, om nogle materialer er egnede til genbrug. Dertil kommer, at det kan være svært og tidskrævende at dokumentere eksisterende materialers egenskaber, hvilket medfører, at genbrug ofte fravælges, da det i sidste ende ofte ender med, at nogen skal tage ansvaret for, at materialerne er egnede til genbrug.

Genbrug er dog ikke ukendt ved udskiftning af ældre belægninger. Dette fremgår af de undersøgte projekter i Råstof-initiativets Spor 3, hvor en række kommuner har valgt at genbruge bunden under eksisterende fortove uden nærmere stillingtagen til bundens opbygning, hvis ellers fortovenes levetid og fysiske udtryk siden sidste omlægning vurderes værende tilfredsstillende.

Genbrug er særligt oplagt de steder, hvor en udtjent belægning udskiftes med en ny på samme placering. Her bør bygherre og udførende kunne blive enige om det økonomisk og ressourcemæssigt fornuftige i at genbruge bunden.

Med henvisning til ovenstående eksempler tyder meget på, at øget genbrug vil kræve, at bygherren inddrages i beslutningsprocessen, da det også i sidste ende vil være bygherren, som vil få en økonomisk fordel ved øget genbrug og som

skal leve med en minimal øget risiko for frosthævninger med mindre sætninger til følge.

En måde at validere og kvalitetssikre eksisterende bundopbygninger på kunne være ved at lave en registrering af den eksisterende belægnings fysiske fremtoning med hensyn til jævnhed og fald, samt hvor eventuelle skader registreres og analyseres i forhold til årsag (se bilag 5).

Vurderingen kan med fordel laves i et samarbejde mellem bygherre/rådgiver og den udførende, da man herved gør brug af alles erfaringer. Således sikres, at bygherren bliver bevidst om valget og om, at der kan være en lille risiko, som dog oftest langt overskygges af opnåede besparelser.

## **Genbrug af bund – indkørsler mv. (T1 og T2)**

Hvis koter på ny belægning afviger fra koter på den eksisterende belægning, vil der være behov for ændring af bundopbygningen. Hvis ny belægning lægges højere, vil eksisterende bund skulle suppleres. Her er det vigtigt, at afretningsslaget fjernes inden supplering af bærelaget. Hvis bærelaget reduceres, skal det sikres, at tykkelsen på det tilbageværende bærelag fortsat overholder normernes krav.

Ved anvendelse af bunden på en anden placering skal det sikres, at lagtykkelse og komprimering bliver minimum det samme som under den eksisterende belægning. Her bør det også vurderes, om bunden/råjorden er nogenlunde den samme.



I denne sammenhæng er det værd at være opmærksom på, at ældre stabilgrus ofte har en bedre bæreevne end nyt, da stenindholdet tidligere var større, end det er i dag.

### **Genbrug af bund – terrasser, stier mv. (T0)**

Da praksis og gennemførte undersøgelser viser, at terrasser, stier mv., som ikke belastes af kørsel, har en tilfredsstillende holdbarhed, selvom bærelaget består af sand, vil stort set alle eksisterende materialer fra eksisterende bundopbygninger kunne genbruges. Dette gælder også, hvor afretnings-, bære- og bundsikringslag blandes.

I henhold til NOVA23 er denne praksis allerede en mulighed:

En tilføjelse er dog, at normernes krav til belægningens samlede minimum tykkelse bør overholdes.

Ud over materialer fra eksisterende bundopbygninger vil alle former for rent sand, grus, sten, fliserester mv. også kunne bruges.

### **Genbrug af materialer til bundsikring**

Tilsvarende vil sand, grus, sten mv. – eventuelt i blanding – kunne bruges som bundsikringslag under forudsætning af, at laget er kapillærbrydende og komprimerbart. Også en sandet råjord vil kunne bruges.

I denne sammenhæng ville det ofte være fornuftigt at knuse eksisterende beton (gamle belægninger) på stedet. Dette begrænses desværre ofte af, at den udførende ikke kan dokumentere, at den pladsfremstillede genbrugsstabilgrus lever op til vejreglernes krav.

## **MATERIALER**

### **BUNDSIKRING AF SAND OG GRUS**

Bundsikring af sand og grus skal overholde kravene i DS/EN 13285, DS/EN 13242 og Vejdirektoratets udbuds- og anlægsforskrifter for bundsikring af sand og grus (Vejdirektoratet 2016). Kravene er gengivet i skema B1.

Bundsikring bruges som bundsikringslag der fordeler belastningen fra bærelaget, frostsikrer bunden og magasinere og bortleder vand fra befæstelsen. Bundsikringsgrus bærer mindre end stabilt grus, men har normalt større porøsitet, især kvalitet I. Det kan ved små belastninger erstatte stabilt grus som bærelag.

Til bundsikringsmateriale kan også anvendes sand og sandet råjord. Man kan endvidere anvende stort set alle former for knust beton, tegl og sten mv., også forbrændingslagge inden for bestemte miljømæssige grænser.

# Mindre forbrug af nye råstoffer

## Følg fagets normer

Som det fremgår af både spørgeskemaundersøgelsen og litteraturstudiet af udbudsbeskrivelser, dimensioneres bundopbygningen i højere grad ud fra væner og egne erfaringer frem for at bruge vejregler og fagets normer.

En del af forklaringen på denne overdimensionering er, at mange i faget har lært, at vækst-/muldlaget altid skal fjernes. Det betyder, at belægningens samlede tykkelse ofte vil blive 30-40 cm tykt. Men hvis muldlaget har et lavt humusindhold, er veldrænet og har en ensartet tykkelse, behøver man muligvis ikke fjerne hele vækstlaget. Det værste, der kunne ske, var, at det lave indhold af humus i løbet af en årrække omsættes med sætninger på få mm til følge. En forudsætning vil dog være, at det efterladte muldlag skal have nogenlunde samme ensartede tykkelse, så eventuelle sætninger bliver ensartede og ikke giver anledning til lunger i belægningen.

En anden forklaring er, at både den projekterende og udførende vælger at overdimensionere for at være på den sikre side og for at undgå at kunne drages til ansvar. Usikkerheden opstår, når der skal tages stilling til, om den underliggende råjord er frostsikker, frosttvivlsom eller frostfarlig, eller fordi den projekterende sjældent laver undersøgelser eller kan tolke geotekniske undersøgelser.

Denne praksis kunne muligvis ændres, hvis man først laver vurderingen af

jordens frostfølsomhed, når belægningskassen er udgravet. Når dette er sagt, kan det ofte være svært ud fra en visuel besigtigelse og evt. en rulleprøve med sikkerhed at afgøre en råjords frostfølsomhed. Alternativt kan vurderingen laves af en geotekniker.

Ved en sådan ny praksis for udbud, vil der først skulle tages stilling til behovet for udlægning af bundsikringslag i forbindelse med udførelsen. Endvidere kan tilbudslisten indeholde følgende tillægspriser:

- **Afgravning, bortkørsel og deponering af xx cm råjord (frosttvivlsom)**
- **Afgravning, bortkørsel og deponering af xx cm råjord (frostfarlig)**
- **Indkøb, levering, udlægning og komprimering af xx cm bundsikring (frosttvivlsom)**
- **Indkøb, levering, udlægning og komprimering af xx cm bundsikring (frostfarlig)**

Her skal tilbudsgiver gøres opmærksom på, at ovenstående punkter kun skal leveres, hvis råjorden vurderes at være frosttvivlsom eller frostfarlig. Herved vil bygherren også kunne se, hvad besparelsen vil være, hvis råjorden viser sig at være frostsikker.

For at gøre dette til en norm ved udbud af belægningsopgaver vil det kræve, at de projekterende informeres om problemstillingen vedr. overforbrug, og at denne adfærd ikke lever op til de fleste bygherrers krav til bæredygtighed mv.

**Frostsikker bund:** sandet jord uden ret meget silt.

**Frosttvivlsom bund:** leret jord uden ret meget silt.

**Frostfarlig bund:** siltholdig eller kridtholdig jord med mulighed for vandtilførsel. Velgraderet jord regnes for frostfarlig, når fraktionen under 0,02 mm er over 3%. Ikke velgraderet jord regnes for frostfarlig, når samme fraktion er over 10%.

### Hvad man kikker efter:

- Råjordens tekstur jf. skema til venstre samt evt. efter Casagrandes kriterium eller Schaibles grænsekurver, se bilag 6. (Ier som ligger tørt og ikke er udsat for opfugtning er ikke frostfølsom).
- Om underliggende jord er fugtig? (høj grundvandsstand).
- Risiko for tilledning af vand fra omgivelser (inkl. manglende afvanding af belægning).
- Jordens nedsivningsevne (lav evt. nedsivningsprøve).
- Om råjord er hård eller egnet til komprimering. (lav evt. prøve med håndstamper el.)

### Erstat med andre materialer

Med henvisning til fagets normer og til praktiske erfaringer, som er dokumenteret via praktiske undersøgelser af bundopbygninger og spørgeskemaundersøgelser blandt Danske Anlægsgartneres medlemmer, vil det for fortøve, terrasser, pladser og stier være muligt at udskifte stabilgrus med andre materialer, fx forskellige former for grus eller en ny type stabilgrus, der testes i Råstof-initiativet.

I stedet for at bruge nye opgravede materialer til bundsikringslag vil andre materialer også kunne bruges, hvis de er kapillærbrydende og komprimerbare. Det kunne fx være:

- **Sandet råjord**
- **Gamle bære- og afretningslag**
- **Knust tegl, beton, asfalt og slagger (kræver tilladelse)**
- **Knust glas (kræver tilladelse)**
- **Andet**

### Accept af risiko for frosthævninger

Som det fremgår af spørgeskemaundersøgelsen blandt medlemmer af Danske Anlægsgartnere opleves det sjældent, at belægninger hæves pga. frost. Dertil kommer, at frosthævninger af belægninger kun i få tilfælde afføder gener – fx i form af udadgående døre, som ikke kan åbne. Så længe der ikke køres hurtigt på en belægning, vil frost-

hævninger normalt ikke være et problem, og da frosthævede belægninger normalt falder på plads ved tør uden ujævnheder til følge, vil det ofte af økonomiske årsager og for at minimere forbruget af råstoffer give god mening at undlade udlægning af bundsikringslag på terrasser, pladser, indkørsler mv.

En sådan ny praksis vil desuden være i tråd med andre dele af fagets normer, som kun bygger på praktiske erfaringer – her tænkes der på normer for bygning af støttemure, som erfaringsmæssigt holder i de fleste tilfælde. Og det på trods af, at der kan bygges støttemure, som er konstrueret ud fra ingeniørberegninger, som med garanti vil holde. Men da prisen på de ingeniørberegnete og konstruerede støttemure ofte vil blive mange gange dyrere end tørstablede støttemure, vælges denne type – også fordi de fleste har set tilsvarende mure, som har holdt i mange år. Af andre områder, hvor man af økonomiske årsager ikke laver løsninger, som altid fungerer, kan der peges på dimensionering af kloakker.

Dertil kommer, at besparelserne ved at udelade bundsikringslaget med udgifter til afgravning af jord, bortkørsel og deponi plus indkøb, levering og indbygning langt overstiger eventuelle udgifter til opretning, som måtte være forårsaget af, at bundsikringslaget er udeladt.



# Konklusion

For at kunne imødegå den fremtidige forventede mangel på grus og sten, fokuseres der på fremadrettet at reducere forbruget af disse råstoffer. I anlægsgartnerbranchen opfordres der til en kritisk revurdering af praksis, hvor traditionelle normer og vejledninger udfordres for at optimere økonomien og imødekomme bæredygtige tiltag på området.

Ældre belægninger forbliver ofte i god stand, uden at man følger normerne, og der er blevet identificeret et behov for at mindske overdimensionering af bunden. Ved at øge genbrug, ændre praksis og acceptere visse risici kan branchen opnå betydelige besparelser på råstoffer og driftsomkostninger.

For at nedsætte forbruget af råstoffer er det af afgørende betydning, at rådgivere og udførende bliver bedre til at følge normerne, så overdimensionering undgås. I den henseende bør rådgivere og udførende blive bedre til at vurdere

den underliggende råjords frostfølsomhed. Nuværende praksis er, at man ved den mindste tvivl altid vælger at dimensionere efter "worst case"-scenariet frostfarlig. Her ville det være økonomisk fornuftigt og mere bæredygtigt at bruge risikovurderinger.

Det vil være relevant at inddrage bygherren i den endelige beslutning, hvis risikoen for frosthævninger og prisen på opretning af eventuelle skader er væsentligt mindre end etablering af en tykkere opbygning.

Der opfordres således i Spor 4 til en mere bæredygtig tilgang, der integrerer branchens erfaringer og reviderer praksis i overensstemmelse med det moderne behov.

# Bilag 1

## Beskrivelse af fremgangsmåde til undersøgelse af belægninger med en bundopbygning fra afviger fra NOVA15:

Målet med undersøgelsen er at dokumentere holdbarheden af belægninger, som enten er etableret ovenpå en afvigende bundopbygning i forhold til vejregler/NOVA15, eller hvor gammel bundopbygning er genbrugt. Undersøgelsen vil udelukkende omfatte belægninger uden belastning T0 og belægninger med mindre belastning f.eks. indkørsler T1.

I undersøgelsen udvælgelse af 20 – 50 ældre belægninger – mindst 5 år gamle og gerne mere end 10 år, da det snart er mere end 10 år siden med lange og kolde vintre.

Vedrørende genbrug af eksisterende bund er det projektets tese, at en ny belægning lagt på en eksisterende bund, må forventes at have mindst samme holdbarheden som den gamle belægning? Sandsynligvis større, da eventuelle eftersætninger allerede er sket. For at eftervise dette vil minimum 4 projekter, hvor eksisterende bund er genbrugt direkte (kun suppleret med få cm afretningsgrus) indgå i undersøgelsen.

Vedr. indkørsler, hvor kørsel/belastningen ofte er meget koncentreret, opstår der ofte kørespor, selvom bundopbygningen er lavet iht. Vejregler/fagets normer. Dette er særlig udtalt, hvor bærelaget ikke tillader, at nedsvivende vand afledes gennem hele bundopbygningen (velgraderet stabilt grus vil ofte ikke tillade nedsvivning). Da vand i så fald ophobes i afretningslaget med flad i bæreevne til følge. Kørespor på op til 15 mm 5 år efter anlæg er ikke derfor ikke usædvanligt. For at dokumentere, at det forholder sig således, undersøges indkørsler med en bundopbygning, som er lavet efter vejreglerne. Disse undersøgelser vil blive brugt som reference for vurdering af om kørespor kan betragtes som en mangel som følge af en afvigende bundopbygning.

Beskrivelse af funktion – hvad har arealet været brugt til siden anlæg. Og belægningstype – flise (beskrivelse af størrelse cm x cm), belægningssten (type), klinke, brosten, grus? Angiv tykkelse? Foto tages

### Undersøgelse af toplagets funktionalitet:

- Jævnhed (måling med 3 meter retsholt, max. gab 10 mm) – angiv antal lunker? Og gab i mm?
- Angiv hvis der opspring (højdeforskel mellem 2 emner) på mere end 3 mm? – ca. mængde på mere end 3 mm pr. m<sup>2</sup>.
- Måling af fald – angives i promille?
- Evt. beskrivelse af eventuelle skader – skønnet årsag. F.eks. pga. ensidig brug? Og om skader er enkeltstående eller ses flere steder

### Undersøgelse af bundopbygning:

Indledende generel visuel vurdering af om bundopbygningen er eksponeret for opfuotning pga. tilledning af vand? *Har omgivende arealer fald mod belægningen?*

Hvis muligt start med at grave i kanten på belægningen, da retablering ofte vil være lettere her. Da bundopbygningen i kanten ikke altid er repræsentativ, kan det være nødvendigt at lave en supplerende prøve midt på belægningen. Minimum 3 prøver i alt. Ved lokale sætninger/skader på belægningen bør der laves en supplerende prøve for at sikre, at skaden ikke skyldes en afvigelse i bundopbygningen..

- Mål tykkelse på de forskellige lag.
- Beskrivelse af lagene ud fra en visuel vurdering:
  - Afretningslag: kornstørrelse: 0-8 mm, 0-4 mm, skarpt/vasket, velgraderet/eriskornet, evt. indhold af ler. Evt. foto
  - Bærelag: visuel vurdering af kornfordeling f.eks. 0 – 32 mm, bestanddele: sten, skærver, grus, knust beton, tegl mv. Oprindelse: grusgrav, sømateriale, genbrugsbeton osv. Evt. foto **Hvis der kan konstateres skader laves der supplerende undersøgelser for at afdække årsag:**
    1. Undersøgelse af bærelagets komprimering ved i første omgang at lave en simpel praktisk prøve med håndstamper.
    2. Nedsivningstest ovenpå bærelaget. Da manglende mulighed for nedsivning gennem bærelaget kan afføde ophobning af vand i afretningslaget med øget risiko for sætninger til følge. Afsløres ofte via sætningernes placering – steder hvor vand i afretnings samles: omkring brønde, på belægningen laveste punkt (mod kant).
    3. Vurdering om underliggende råjord, bundsikring er opblødt. Hvis ja, så mål bæreevnen ved brug af "håndstampertest". Og evt. nedsivningsevnen.
    4. Undersøg/overvej om sætningerne kan skyldes underliggende ledningsgrav m.
  - Bundsikringslag: materiale – bundsikringsgrus, fyldsand, skærver osv
  - Beskrivelse via visuel vurdering af råjord tekstur evt. med afsæt rulleprøve:

J2) TEKSTURKLASSER OG JORDBUNDSNUMRE (JB)								
Efter Landbrugsministeriet, 1976								
Vægtprocent								
JB	Teksturdefinition	Symbol	Ler < 0,002 mm	Silt 0,002-0,02 mm	Finsand 0,02-0,2 mm	Sand i alt 0,02-2,0 mm	Humus	
1	Grovsandet jord	GR.S.	0-5	0-20	0-50	75-100	Under 10	
2	Finsandet jord	F.S.			50-100			
3	Grov lerblandet sandjord	GR.L.S.	5-10	0-25	0-40	65-95		
4	Fin lerblandet sandjord	F.L.S.			40-95			
5	Grov sandblandet lerjord	GR.S.L.	10-15	0-30	0-40	55-90		
6	Fin sandblandet lerjord	F.S.L.			40-90			
7	Lerjord	L.	15-25	0-35		40-85		
8	Svær lerjord	SV.L.	25-45	0-45		10-75		
9	Meget svær lerjord	M.SV.L.	45-100	0-50		0-55		
10	Siltjord	SI.	0-50	20-100		0-80		
11	Humus	HU.						Over 10
12	Speciel jordtype	SPEC.						

Fugt en håndfuld jord uden sten til den er plastisk som modellervoks. Rul jorden ud mellem to håndflader. Sammenlign med skemaet og find jordtypen. Efter Wiklander, 1976.				
ENKEL TEST TIL AT KLASSIFICERE JORDBUNDEN	Karakteristik af opfugtet, udrullet jord	Jordtype	JB	Ler
	Jordpølsen er højst 2 mm tyk og uden revner	lerjord - svær lerjord	7-8	>15%
	Jordpølsen danner revner ved 3-4 mm tykkelse	sandblandet lerjord	5-6	10-15%
	Jorden kan kun lige rulles ud før den smuldrer	lerblandet sandjord	3-4	5-10%
Udrulning er umulig, jorden er ikke-plastisk	sandjord	1-2	<5%	



### **"Håndstamper-test":**


Komprimering af bærelag kontrolleres ved brug af håndstamper. Efter fjernelse af en flise eller en/flere belægningssten + afretningslag stødes der forsigtigt med en håndstamper under iagttagelse af, at den omgivende belægning/ bærelag ikke hæves. Hvis det er muligt at stampe det underliggende lag mere end få mm, må det antages at komprimeringen ikke er ok.

For at validere metoden kan det anbefales, at der laves supplerende prøver med minifaldlod udvalgte steder, hvor "håndstamper-testen" viste mangelfuld komprimering.

Afgrænsning: metoden kan kun delvis bruges til vurdering af komprimering af afretningslag, bundsikringslag af sand og råjord, da omgivende sand mv. lettere hæves.

# Bilag 2

## Undersøgelse af holdbarhed for belægninger ctr. Bundopbygning:

Angiv type undersøgelse:	Afvigende bund:	Bund NOVA15:	Genbrug af bund:		
Adresse:	Æblevej 2 6, Horsens				
Anvendelse:	Indkørsel	Terrasse	Gangsti	Fortov	andet
		X			
Anlægs år:	2017				
Ca. areal i m <sup>2</sup>	Ca. 70 m <sup>2</sup>				
Belægningstype: - Fliser/belægningssten - Størrelse: B x L x T - Materiale	Rådhusbelægning med 30 x 30 cm betonfliser og chaussesten				
					
<b>Målinger med 3 meter retholt og tommestok</b>					
<b>Jævnhed:</b> <i>Beskriv om der er lunke på mere end 10 mm og angiv gab (mm) og omfang (antal og % af hele belægningen)</i>	ingen				
<b>Opspring:</b> <i>Antal opspring på over 3 mm</i>	ingen				
<b>Fald:</b> <i>Angives i promille</i>	13 - 15 promille				
<b>Bemærkninger:</b> <i>Beskriv evt. skader på belægning + evt. årsag: ensidig brug mv.</i>					
<b>Registrering af bundopbygning: start med prøvegravning i kant (min. 3 prøver i alt)</b>					
<b>Afretningsslag:</b> <i>Forsøg at beskriv <u>kornforde.limz</u> (f.eks. 0 - 4 mm) samt oprindelse (bække- el. sømatr.)</i>	Tykkelse i cm: 20 cm Materiale: 0 - 8 mm skarpt afretningsgrus				
<b>Bærelag:</b> <i>Forsøg at beskriv <u>kornforde.limz</u> (f.eks. 0 - 32 mm) samt oprindelse. Er bærelaget opblødt?</i>	Tykkelse i cm: Beskrivelse:				
<b>Evt. Bundsikring:</b> <i>Forsøg at beskriv <u>kornforde.limz</u> (f.eks. 0 - 64 mm) samt oprindelse</i>	Tykkelse i cm: Beskrivelse:				
<b>Råjord:</b> <i>Visuel vurdering - beskriv: Lav rulleprøve for at kunne skønne <u>lerindhold?</u> Angiv evt. jordklasse. Fremstår den <u>fugtig?</u></i>	Beskrivelse: sandet muld				
<b>Vurdering af risiko for tilledning af vand til bundopbygning?</b>					
<b>Terræn falder væk fra belægning:</b> Da belægningen er omkranset af en mur, er der ingen risiko for indtrængning af vand. Øvrigt have ligger lavere					

Dato: 20. februar 2023

Underskrift: Kim Tang

### Supplerende undersøgelser, som kun udføres ved manglende funktionalitet mv.

<b>Placering af lunke?</b> <i>Ophobning af vand i afretningslaget kan øget risiko for sætninger. Afløres ofte via sætninger. <del>Uges</del> placering – steder hvor vand samles i afretningslaget: omkring brønde, på belægningen laveste punkt (mod kant).</i>	Beskrivelse:
<b>Bærelag:</b>	Mål komprimering: ("håndstampertest")
	Nedsivningsprøve: (evt. bare ved udvanding på overflade)
<b>Råjord:</b>	Mål komprimering – ("håndstampertest")
	Nedsivningsprøve:
<b>Undersøg/overvej om sætningerne kan skyldes underliggende ledningsgrav eller anden årsag:</b>	

# Bilag 3

Jylland								
Navn	Indkørsler (T1)			Terrasser (T0)				
	Bærelag	Bundsikring	Frost	Bærelag		Bundsikring		Frost
				Stabilt Grus	Grus cm			
	20 GS	Aldrig	N		10 harpet sand Ejvind Laursen 0-8 mm		N	Ingen reklamationer siden 1995
	15-20 SG	10 – 15 cm	N		20 – 30 Vurdering		N	
	12-15 SG	15 pga. ler Udlades på sandjord	N		15 – 25 brolæggersand afh. muldlag		N	
	20 SG	10	J		15			
	15 SG	15 hvis behov? Opfugtet ler			12	0 cm	N	Gul ler er ofte mere blød end blåler
	15 – 20 GS	Sjældent lokalitet	N		15			
	15	ja	N		10 - Ålborg	Stort set aldrig	N	Bundsikring undlades ved god afvanding.
	Jf. NOVA			Jf. NOVA				Fokus på genbrug af eks. materialer
	20 SG	Ja, hvis opbygning er over 30 cm	N		20		N	Fjerner altid alt muld. Jorden i området for det meste sandet
	15-20	10 altid	N		20		N	
	15	Næsten altid, når muldlag afgravning			20-30 Grus 0 – 10 mm	Hvis muld i blød form graves der til fast råjord		Frosthævninger opleves kun hvis muld findes under bærelag
	15 SG	lerjord	N		15	20 cm grus ved ler	N	
	15 SG	15	N		15 Horsens		N	
	15-20 SG	20 Undt. sand	N		20 – 25 brosand 0-8	Aldrig	N	Lægger også geotekstil ved blød bund - indkørsel
	25 GS	Ja hvis behov	N		20 – 25 vasket sand 0-4 mm skarpt		N	
	12-15 SG	0-25	N	12 Klinker mv	25 fliser Harpet sand 0-4	0-15	N	*
	15 GS	Ja fyldsand	N		10 brolægger-sand fra Rom-grusgrav		N	ler uden betydeligt grus vurderer vi den som frost følsom

\*Følger NOVA for indkørsler slavisk – i ca. 75% af sagerne udlægges der i indkørsler bundsikring pga. ler, kridt og muldjord. Terrasser stort set altid en samlet tykkelse på 40 cm. Ved klinker og belægningssten altid stabilgrus + bundsikring.



## Sjælland og Fyn

Sjælland og Fyn							
Navn	Indkørsler (T1)			Terrasser (T0)			
	Bærelag	Bundsikring	Frost	Bærelag		Bundsikring	Frost
				Stabilt Grus	Grus cm		
	25 SG	Ja	N	15 SG			
	15 GS	Hvis manglende bæreevne graves mere af + ekstra GS	N	15 GS		Mere GS	
	12 SG	15 cm ved behov	N	10SG		Aldrig	
	25 SG	Blød bund: geonet/GS		10 - 12	10 store fliser /ældre mennesker		Vigtigt at indtænke afvanding
	25 – 50 SG/GS	Kun ved tykt muldlag	N	20 SG/GS		Kun hvis der mangler bund	
	28-30	Ja	N	10-15 SG		Sjældent	
	20	15	N		20 cm 0-8 grus		
	12 SG	17	N	10 SG		12	
	25 – 30 SG/GS	Ja	N	10 SG/GS	Alt. 15 cm	Aldrig	Har erfaret ved optag-ning af ældre belæg-ninger, at nogle gange er 5 cm grus nok. Aldrig under 25 cm SG
	35 GS	Kun hvis beskrevet i projekt	N		15 - 18	Aldrig	
	20-25	10-15 ved behov		12-17		Sjældent på terrasser	
	12 – 30 GS	Sjældent – en sag	N	10			
	15-20 GS	15 ved behov eller til råjord/ muld	N	10		12 hvis råjord ikke frostssikker/ muld	
	20	Aldrig	N	15			
	30 SG	Blød bund 12 SG + BS	N	12 SG		Aldrig	BS 0-80 mm bundsikringsgrus
	20 SG/GS	Aldrig	N	10 do.		Aldrig	
	20 SG	Muld væk mere SG	N	10 SG		Muld væk mere SG	
	12-15 SG/GS	15 – 20	N	10 SG/GS			
	30 GS	Kun ved kørsel med lastbil	N	10 GS			

# Bilag 4

T0 = belægning uden belastning											
Landskabsarkitekt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tykkelse bærelag (cm)	12 (fliser)	10 cm (gummi-belægning)	-	-	12 cm (belægning have)	10 cm + 2 cm stigrus	10 cm + 7 cm stemmel (mindre stier)	12 cm (terrasser)		10 cm (terrasse)	20 cm
Tykkelse bundsikring (cm)	19 cm	12 cm	-	-	30 cm	12 cm	0	20 cm		12 cm	30 cm
Lægges der op til at bundsikkeringslaget kan reduceres? Frostsikker el. tvivlsomt?	Frostfarlig jf. aftale med ingeniør <sup>1)</sup>	Nej	-	-	Nej	Nej	Nej	Nej		Nej	Nej
T1 = indkørster (sjældent lastbil/uden fejning/sneredyning)											
Tykkelse bærelag (cm)	15 cm (asfalt)	12 cm (klinker)	10 cm (stl. asfalt)	10 cm (fællessl. asfalt)	12 cm (belægning sti)	14 cm slotsgrus	20 cm (fortov)	15 cm (asfalt let trafik)	15 cm (fortovs-belægning)	10 cm (adgangs-sti)	
Tykkelse bundsikring (cm)	25 cm	19 cm (klinker)	24 cm	24 cm	27 cm	29 cm	18 cm	20 cm	15 cm	12 cm	
Lægges der op til at bundsikkeringslaget kan reduceres? Frostsikker el. tvivlsomt?	Frostfarlig jf. aftale med ingeniør <sup>1)</sup>	Nej	Nej	Nej	Nej	Tilsvaret kan <sup>1)</sup>	Nej	Nej	Nej		
T2 = biveje											
Tykkelse bærelag (cm)	15 cm (asfalt)	19 cm (klinker)	15 cm (kørebane, asfalt)	16 cm (adgangs-vej, asfalt)	20 cm (parkerings-areal)	21 cm Slotsgrus	15 cm + 7 cm stemmel (driksvej)	20 cm (asfalt tung trafik/p-plads)	20 cm (vigebane)	15 cm (køreareal)	
Tykkelse bundsikring (cm)	45 cm	21 cm (klinker)	25,5 cm	26,5 cm	20 cm	29 cm	20 cm	25 cm	30 cm	26,5 cm	
Lægges der op til at bundsikkeringslaget kan reduceres? Frostsikker el. tvivlsomt?	Frostfarlig jf. aftale med ingeniør <sup>1)</sup>	Nej	Nej	Nej	Nej		Nej	Nej	Nej		

1) "Tilsvaret er berettiget til under arbejdets udførelse at fastlægge en anden tykkelse af bundsikkeringslaget end forudsat i projektets udarbejdelse og således forlange, at afgrænsning og påfyldning foretages til et lavere eller højere niveau end angivet."

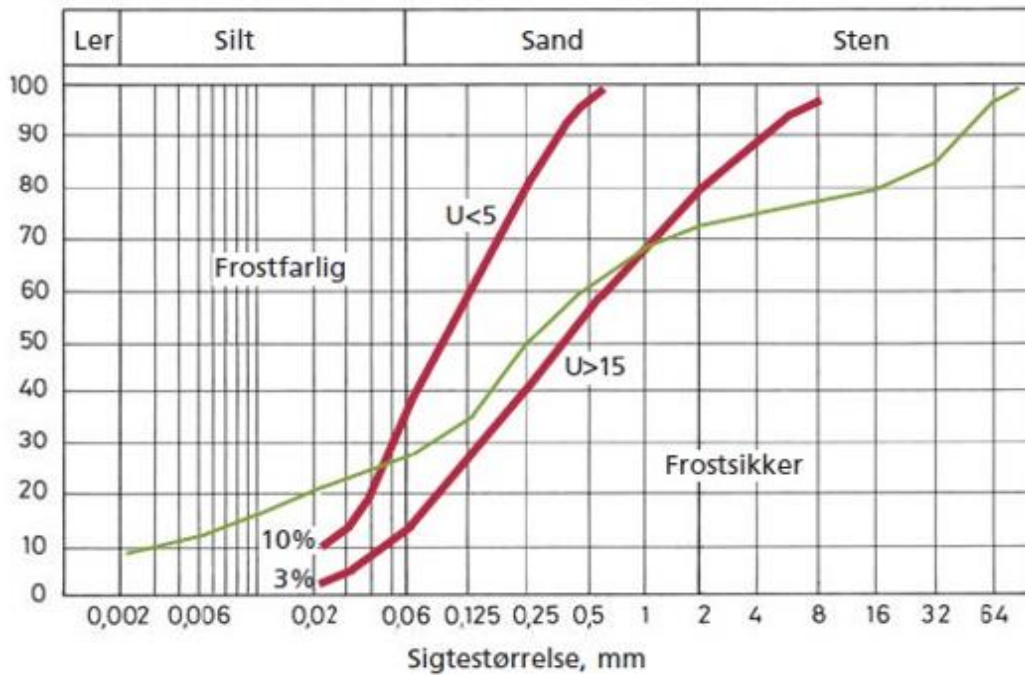
# Bilag 5

Vurdering af eksisterende bundopbygning med henblik på genbrug					
<b>Adresse:</b>					
<b>Anvendelse:</b>					
	<i>Indkørsel</i>	<i>Terrasse</i>	<i>Gangsti</i>	<i>Fortov</i>	<i>andet</i>
<b>Alder:</b>					
<b>Foto:</b>					
					
<b>Belægningstype:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fliser: <del>belægningsten</del></li> <li>- Størrelse: B x L x T</li> <li>- Materiale</li> </ul>					
<b>Målinger med 3 meter retholt og tommestok</b>					
<b>Jævnhed:</b>					
<i>Beskriv om der er lunke på mere end 10 mm og angiv gab (mm) og omfang (antal og % af hele belægningen)</i>					
<b>Opspring:</b>					
<i>Antal opspring på over 3 mm</i>					
<b>Fald:</b>					
<i>Angives i promille</i>					
<b>Bemærkninger:</b>					
<i>Beskriv evt. skader på belægning + evt. årsag: ensidigt brug mv.</i>					
<b>Dato:</b>			<b>Underskrift: /</b>		

# Bilag 6

## Casagrandes kriterium

% gennemfald i vægt

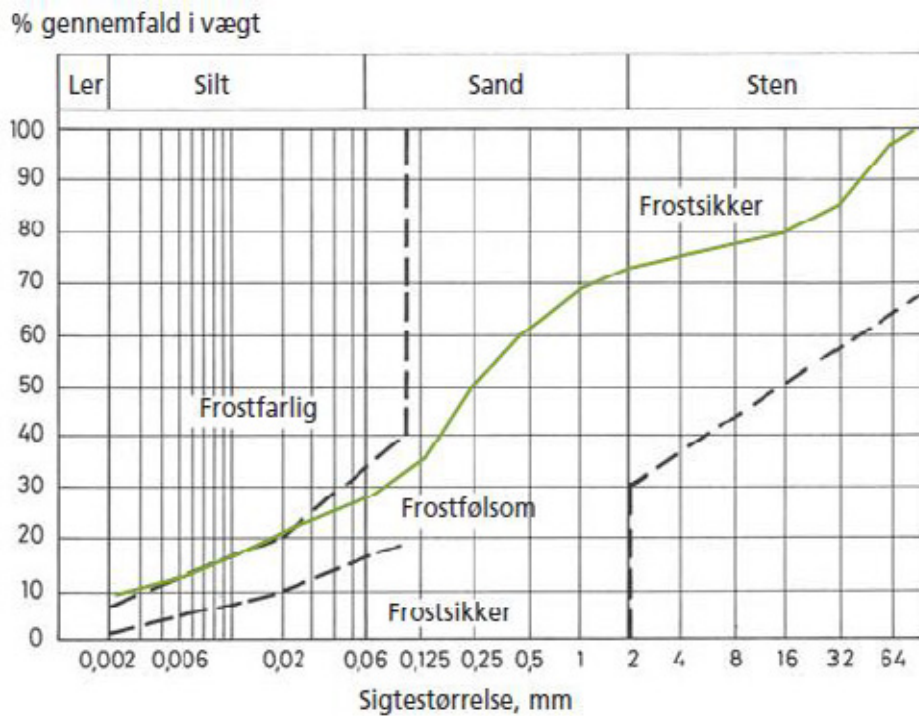


En jord er frostfarlig hvis fraktionen under 0,02 mm er over 3% (velgraderet jord,  $U > 15$ ) stigende til 10% (enskorret jord,  $U < 5$ ). Der skelnes ikke her mellem frosttvivlsom eller frostsikker jord.  $U$  er uensformighedstallet. Jo højere  $U$ -tal, desto større gradering og fladere kornkurve. Den fine silt er værst. Derfor bruges 0,02 mm som udgangspunkt. Den grønne kurve er råjorden fra en aktuel sag. Med godt 20% over 0,02 mm anses jorden for frostfarlig. Jorden er i øvrigt velgraderet med ret meget sand. I jordbrugstekniske termer er jorden en grov lerblandet sandjord, men vejteknisk set er det store siltindhold et problem.



# Bilag 7

## Schaibles grænsekurver:



Jorden er frostfarlig hvis der er meget silt, og kurven er stejl, dvs. at den holder sig til venstre for grænsekurven øverst til venstre. For at jorden skal være frostsikker, skal indholdet af ler og silt være under 16%.

Grænsekurven helt til højre viser at meget stenet jord i teorien også kan blive frostfølsom, nemlig hvis fint frostfarligt materiale kan trænge ind i de grove porer.

Den grønne kurve er råjorden fra samme aktuelle sag. Råjorden er efter denne reference kun frostfølsom.

