

HELHEDSORIENTERET BÆREDYGTIG JORDHÅNDBTERING



Jordforædling

HELHEDSORIENTERET BÆREDYGTIG JORDHÅNDBLING
INTRODUKTION TIL JORDFORÆDLINGSTEKNIKKER
DELPROJEKT 5

Rapporten er udarbejdet for Region Hovedstaden og Bygherreforeningen af SWECO Danmark A/S.

Fotos og visualiseringer: SWECO A/S – hvor anden kilde ikke er angivet.

Udgivet - Maj 2016

Indholdet stilles frit til rådighed for interesserede brugere, og Region Hovedstaden og Bygherreforeningen er uden ansvar for anvendelsen heraf. Ved brug af citater fra teksten skal kilde angives.

Projektet har modtaget økonomisk støtte fra Region Hovedstaden.

INDHOLD

Forord	4
1 Formål	5
2 Terminologi og udtryk.....	6
3 Derfor skal du overveje jordforædling	7
4 Her skal du tænke jordforædling ind i dit projekt	9
4.1 Anvendelsesdiagrammer.....	9
5 Det bør du vide om råjorden	11
6 Hvad er jordforædling?.....	12
6.1 Metoder til jordstabilisering, jordforbedring og solidificering	12
6.2 Bindemidler.....	12
6.3 Fremgangsmåde.....	13
6.4 Særlige forhold ved forædling med kalk	16
6.5 Særlige forhold ved forædling med cement.....	19
6.6 Særlige forhold ved forædling med bentonit.....	20
6.7 Særlige forhold ved forædling med kombinationer/andre bindemidler.....	20
6.8 Jordsortering øger genanvendelsesmulighederne.....	21
7 Generel lovgivning - håndtering af jord.....	22
8 Økonomi	22

FORORD

Region Hovedstaden har i 2012 indgået aftale med Bygherreforeningen om projektet *'Helhedsorienteret bæredygtig jordhåndtering'*. Projektet realiseres i perioden 2013 – 2016 og omfatter i alt 9 delprojekter. Bygherreforeningen repræsenterer et konsortium, hvori Grontmij A/S og Niras A/S medvirker som tekniske konsulenter.

Denne rapport vedrører delprojekt 5, Jordforædling. Rapporten er en introduktion til emnet jordforædling og giver en overordnet indføring i emnet og valgmuligheder i forbindelse med beslutninger om jordhåndtering og genbrug af jord.

Projektet er et led i Region Hovedstadens program for overskudsjord, hvis formål er, at fremme resourceeffektiv og bæredygtig håndtering af overskudsjord – også i økonomisk forstand.

Projektet forventes at få stor betydning for fremtidig jordhåndtering, ligesom det forventes at skabe værdi for samfundet, herunder for de mange private virksomheder og offentlige myndigheder, der har indgået i partnerskaber bag de enkelte delprojekter.

Projektets mål er, at frembringe ny viden og nye redskaber som kan understøtte Region Hovedstadens målsætning om, at overskudsjord skal opfattes som en ressource og ikke affald.

Projektet består af 9 delprojekter:

1. Godkendelsesordning for jordprøvetagere
2. Planlægningstilgange
3. Lokal jordhåndtering
4. Portal for overskudsjord
5. Jordforædling
6. Genbrugsjord på landbrugsarealer
7. Sundhedslandskaber
8. Klimatilpasning med overskudsjord
9. Overskudsjord i energiprojekter

Projektets mål er, at frembringe ny viden og nye redskaber som kan understøtte Region Hovedstadens målsætning om, at overskudsjord skal opfattes som en ressource og ikke affald.

Bag hvert delprojekt er etableret et partnerskab. Adskillige partnere har deltaget i mere end ét delprojekt. Partnerne er i det følgende nævnt i alfabetisk orden:

ALS A/S, Ballerup Kommune, Banedanmark, Boes Consulting, Bygherreforeningen, Danmarks Miljøportal, Dansk Transport & Logistik, DSV Miljø A/S, Faxe Kalk A/S, FK Ejendomme, Frederiksberg Kommune, Frederikssund Kommune, Gentofte Kommune, Geo, Gladsaxe Kommune, Herlev Kommune, Hillerød Forsyning A/S, Hillerød Kommune, HOFOR A/S, Høje Taastrup Fjernvarme AmBa, Høje-Taastrup Kommune, Kallerup Grus A/S, KMC, Kystdirektoratet, Københavns Kommune, Lyngby-Taarbæk Kommune, NCC Råstoffer A/S, Dantonit A/S, Nordvand, Region Sjælland, RGS90 A/S, RH Miljø, RH Udvikling, Rudersdal Kommune, SR-Gruppen A/S, Teglværksforeningen, Vejdirektoratet, Aarhus Universitet, Aarhus Kommune, Ålborg Kommune.

1. FORMÅL

Formålet med delprojektet er at identificere og formidle viden om teknikker til forædling af jordkvaliteten med henblik på at kunne behandle forskellige jordkvaliteter på stedet og bringe tidligere uanvendelige jordpartier op til kvaliteter som gør, at bortkørsel og tilkørsel af nye materialer kan reduceres eller helt undgås.

Projektet følger det overordnede formål i forhold til at udbrede kendskabet til de eksisterende teknikker og de positive resultater, der er opnået hermed. Således er det målet, at jordforædlingsteknikkerne bliver synliggjort og dermed kan tænkes ind tidligt i planlægningsfasen ved ethvert projekt, der involverer overskudsjord

Denne introduktion er det samlede udkomme af projektet, på en form der tillader en indledende vurdering af mulighederne for jordforædling, men kan ikke lægges til grund for en beslutning om konkrete projekter. Til det formål må henvises til relevant uddybende faglitteratur.

2. TERMINOLOGI OG UDTRYK

Jord

Uhærdnet eller svagt hærdnet sediment bestående af mineralsk materiale fra nedbrudte bjergarter og med varierende indhold af helt eller delvist nedbrudt plantemateriale (humus). Termen dækker således alt fra sten-fri fed ler over usorteret moræneler og til silt, sand, grus, tørv og muld samt alle tænkelige kombinationer heraf.

Kohæsionsjord

En fællesbetegnelse for finkornede jordtyper (fx ler og finsilt), hvor en væsentlig del af styrken skyldes indre sammenhæng mellem kornene (kohæsion). Kohæsionen betyder bl.a., at jorden kan formes, når den indeholder en vis mængde vand.

Friktionsjord

En fællesbetegnelse for en række grovkornede jordarter (fx grovsilt, sand, grus og sten), hvor styrken hovedsageligt fremkommer ved friktion mellem kornene.

Jordforædling

Enhver mekanisk/fysisk, biologisk eller kemisk behandling af jord, som medfører, at dennes egenskaber ændres med henblik på en bestemt anvendelse. Dermed kan jorden betragtes som en ressource og kan genanvendes og erstatte ikke-fornybare råstoffer såsom sand og grus.

Jordstabilisering

Proces som, ved tilsætning af et eller flere bindemidler til jorden, medfører en forbedret bæreevne. Jordstabilisering udføres ofte på projekter, som stiller høje krav til stabilitet og levetid.

Jordforbedring

Proces som, ved tilsætning af et eller flere bindemidler til jorden, medfører en forbedring af jorden, som gør den håndterbar i forhold til f.eks. indbygning i dæmninger, støjvolde og lignende. Jordforbedring udføres ofte på projekter, som stiller lidt lavere krav til stabilitet og levetid.

Sortering

En fysisk/mekanisk sortering/adskillelse af jorden i forskellige partier og/eller kornstørrelser. Herunder betragtes således både selektiv opgravning og adskillelse af forskellige materialer og decideret sortering af materialer bestående af blandinger af ler, silt, sand og grus/sten som jordsortering.

Solidificering

Proces som, ved tilsætning af et eller flere reaktive stoffer, gør forurenede eller anden jord mere fysisk stabilt, således at de forurenende komponenter tilbageholdes i jorden. Processen indebærer typisk, at adgangen for luft og vand til jorden mindskes, men indebærer ikke nødvendigvis en kemisk reaktion mellem de tilsatte reaktive stoffer og jorden eller forureningskomponenterne.

Immobilisering

Proces som, ved tilsætning af et eller flere kemiske stoffer og/eller bindemidler, medfører større kemisk stabilitet af forurenede jord eller mudder. Processen forbedrer ikke nødvendigvis jordens fysiske egenskaber, men medfører en reduktion af de forurenende stoffers giftighed eller mobilitet.

Jordrensning/Jordvask

Proces som fysisk, mekanisk, kemisk, biologisk, elektrodialytisk, termisk eller på anden vis fjerner uønsket forurening fra jord.

Bemærk, at selv om jordrensning/jordvask betragtes som en form for jordforædling, så ligger det uden for dette projekts emneområde og behandles derfor ikke nærmere.

3. DERFOR SKAL DU OVERVEJE JORDFORÆDLING

I mange byggeprojekter - store som små - har den eksisterende jord ikke de helt rigtige egenskaber i forhold til den efterfølgende anvendelse, eller jorden kan indeholde fysisk (brokker eller lign.) eller kemisk forurening. Ofte er den første indskydelse at skille sig af med "problem-jorden" og tilkøbe råstoffer (f.eks. fyldsand, bundsikringsand/-grus eller stabilgrus) med de ønskede egenskaber som erstatning. Sådan "plejer" man at gøre; man kender fremgangsmåden og ved, hvad det koster.

Men det kan give god mening at tænke anderledes og overveje, om jorden, eller dele af den, kan genanvendes på stedet eller måske kan være en ressource til et andet byggeprojekt i nærheden.

Ved evt. at forædle jorden - dvs. at gøre et eller andet ved den, så den får en værdi i stedet for at være et problem - vil det ofte være muligt at opnå en eller flere af følgende fordele:

- Økonomisk besparelse
- Tidsmæssig besparelse
- Udvide miljøhensyn ved at
 - Undgå unødigt kørsel med jord og råstoffer
 - Undgå unødigt forbrug af ikke-fornybare råstoffer
- Få en grønnere profil på projektet/for virksomheden.

Herunder beskrives de forskellige fordele kort, og i efterfølgende afsnit 4 beskrives en række konkrete eksempler.

Økonomisk besparelse

Udgifterne til udskiftning af materialer overstiger i mange tilfælde langt omkostningerne ved at foretage forædling af jorden på stedet.

Det koster penge at grave jord op, at transportere den og at bortskaffe den. Samtidig koster det også penge at indkøbe nye råstoffer og at få disse transporteret og indbygget. Ved at stabilisere overfladen af råjorden kan der ofte opnås en væsentligt større bæreevne. Man vil i mange tilfælde desuden kunne reducere mængden af sand og stabilgrus, der skal udlægges under veje og pladser, med økonomiske besparelser til følge.

Har man underskud af jord, kan der i visse tilfælde også sagtens være penge at spare på at få jord fra et projekt i nærheden, og om nødvendigt forbedre den tilførte jords egenskaber og indbygge den, i stedet for at købe nye råstoffer, som ofte skal transporteres langvejs fra.

Tidsmæssig besparelse

I langt de fleste tilfælde vil der være tid at spare ved at genanvende jorden, eventuelt i stabiliseret tilstand. I tilfælde, hvor den økonomiske besparelse er begrænset, vil tidsbesparelsen alene være en gevinst: tid = penge.

Erfaringsmæssigt opnås en økonomisk gevinst ved at planlægge arbejdet for den enkelte maskine bedre. Dermed kan der opnås større effektivitet for den enkelte maskine, samtidig med at tidsplanen bliver mere uafhængig af vejrforhold på grund af bedre fremkommelighed på en stabiliseret overflade og flere arbejdsdage om året, da stabiliseret jord ikke er så følsom over for vandpåvirkning. Derved opnå ligeledes en bedre udnyttelse af de maskiner, der er på pladsen.

Når jorden f.eks. er kalkstabiliseret, er det muligt at opnå en tidsmæssig besparelse, da man kan arbejde med jorden ved forskellige vejrlig, hvor man ellers var nødt til at holde stille.

Det tager tid at opgrave og transportere jord, samt at få råstoffer kørt til og indbygget. Skal man have store mængder jord og råstoffer ind og ud, opstår der ofte logistiske udfordringer i form af behov for plads til mellemdepoter. Kørsel ind og ud af en byggeplads med mange lastbiler kan medføre, at jordoverfladen opkøres, og man tvinges til at etablere midlertidige køreveje eller til gentagne gange at flytte rundt på et utal af køreplader. Specielt i vinterhalvåret kan tilgængeligheden af arealer i værste fald sætte arbejdet helt i stå.

Miljøhensyn

Ved at forædle og genanvende jord på stedet spares der stort set altid på transport og på råstofforbrug. Transport af jord og råstoffer på lastbiler udgør en belastning af miljøet ved udledning af både CO₂ og partikelforurening. Samtidig slider den tunge trafik på vejene med omkostninger til vedligehold som følge.

Primære råstoffer, f.eks. sand, grus og sten, som bruges som erstatningsmaterialer, er en ikke-fornybar ressource, som det bliver stadigt sværere at indvinde i Danmark.

Intern transport på byggepladser kan økonomiseres, da brændstofforbruget til dumpere falder ved kørsel på stabiliserede veje med højere bæreevne. Dette kan ofte reducere antallet af dumpere, der skal bruges til at aftage jord fra en gravemaskine.

For hver m³ råjord, som genanvendes, spares op til 1 m³ råstof. At forholdet ikke altid kan siges at være 1:1 skyldes, at der til forskellige forædlingsmetoder tilsættes råstoffer f.eks. i form af brændt kalk, cement eller bentonit-ler, som skal indvindes og forarbejdes inden brug. Mængden er dog typisk kun nogle få procent af hver m³ jord, som ellers skulle udskiftes.

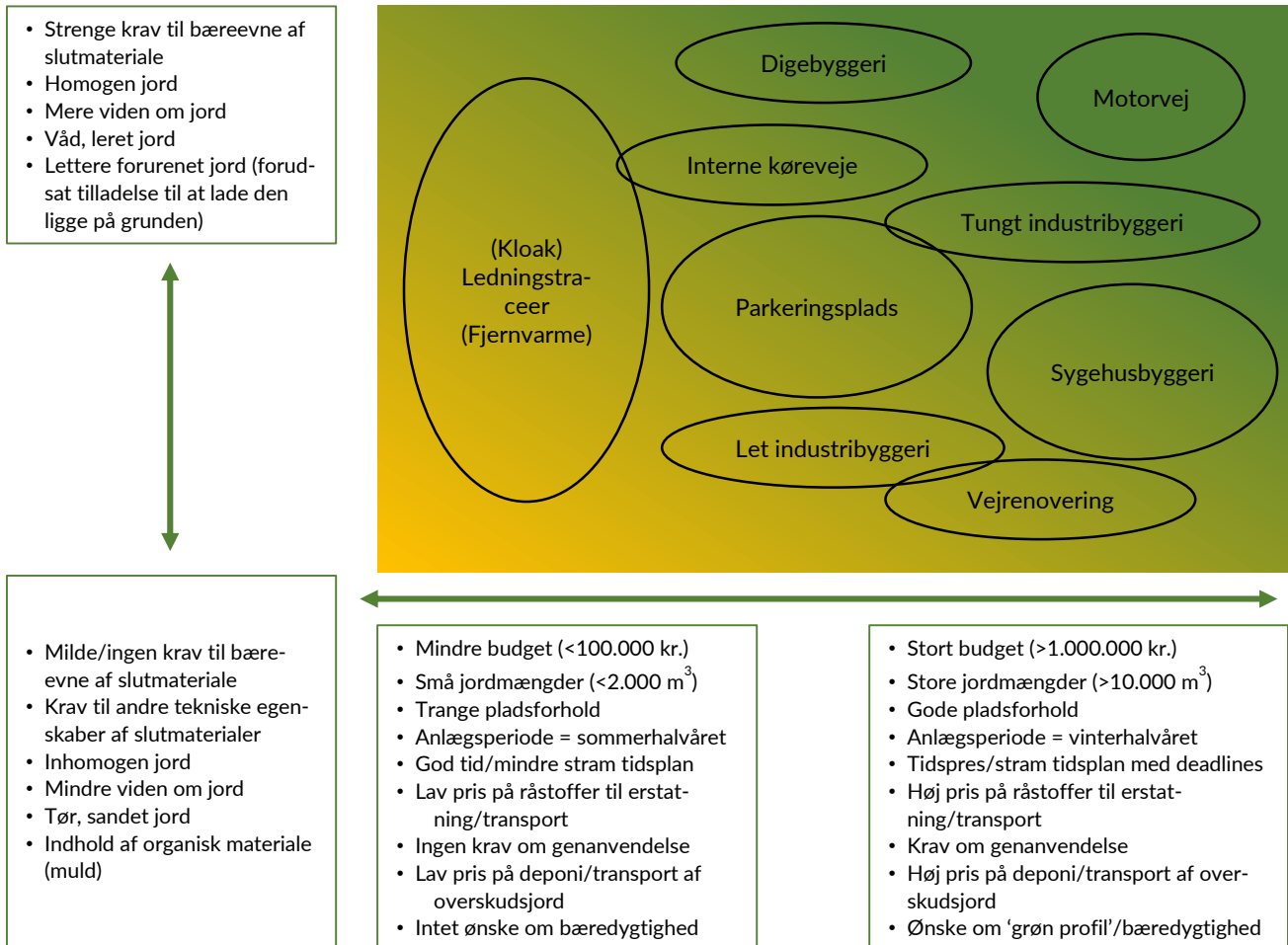
Grøn profil

Ved at genanvende sin jord selv, eller sikre at den evt. genanvendes til et andet projekt, udviser man vilje til at tage hensyn til miljøet og råstofressourcerne. Således opnår man som bygherre/projektejer eller entreprenør mulighed for at fremstå med en grønnere profil. Dette er der stigende fokus på, og signalværdien i en grøn profil kan være stor.

4. HER SKAL DU TÆNKE JORDFORÆDLING IND I DIT PROJEKT

4.1 ANVENDELSESDIAGRAMMER

Nedenfor er illustreret, hvordan man oversigtsmæssigt kan bedømme, om der er muligheder for at anvende jordstabilisering i projekter af forskellig karakter. De to betydende parametre økonomi og krav til bæreevne er valgt som grundlag.



I nedenstående skema er vist, hvor forskellige jordforædlingsteknikker kan komme i spil ved en indledende bedømmelse af projektmuligheder.

JORDARTER PLACERING	MULD	TØRV/GYTJE	UEGNET LER OG SILT Kalkfrit, w >19-25% Cw < 40 kPa	ENSKORTET SAND/LER LAGDELT	KALKTAB, LER w =15-21%	MORÆNELER Kalkholdig, w <15%	SAND OG GRUS w =15-21%
I GRØNNE AREALER	+	+	+	+	+	+	+
UNDER BE- LAGTE AREA- LER, STIER, LETTERE TRAFIK	-	-	-	+	+ NOTE 1	+ NOTE 2	+
I VEJKASSER*	-	-	-	+	+ NOTE 3	+ NOTE 4	+
I DÆMNINGER	(+) W < 25% Max lag 0,5 m	-	-	+	+ NOTE 5	+ NOTE 6	+
UNDER BEBYGGELSE	-	-	-	+ NOTE 9	+ NOTE 7	+ NOTE 8	+ NOTE 9

*) Vejdirektoratets klassifikation af genanvendelse af jordtyper

Note	Forundersøgelser	Kontrol
1	Styrke, beskrivelse, vandindhold	Kalkdosering og komprimeringskontrol
2	Styrke, beskrivelse, vandindhold	Komprimeringskontrol
3	Styrke, beskrivelse, kornkurver, vandindhold	Kalkdosering, flere E-modul- og komprimeringskontroller
4	Styrke, beskrivelse, vandindhold	Flere E-modul- og komprimeringskontroller
5	Styrke, beskrivelse, kornkurver, vandindhold	Kalkdosering, flere E-modul- og komprimeringskontroller
6	Styrke, beskrivelse, vandindhold	Flere E-modul- og komprimeringskontroller
7	Styrke, beskrivelse, kornkurver, vandindhold	Kalkdosering, flere E-modul-, styrke- og komprimeringskontroller
8	Styrke, beskrivelse, vandindhold	Flere E-modul-, styrke- og komprimeringskontroller
9	Kræver styrkemålinger	

Anvendte forkortelser: w er det procentvise vandindhold; cv er styrken (bæreevnen) af jorden

5. DET BØR DU VIDE OM RÅJORDEN

For at kunne indbygge råjord er det en fordel at kende f.eks. teknisk betegnelse og egenskaber:

- **Geologisk/geoteknisk betegnelse**
Giver en overordnet retningslinje for jordens sammensætning egenskaber, og hvilke muligheder der er for at forædle jorden.
- **Vandindhold**
Kan informere om geotekniske egenskaber og den nødvendige mængde bindemiddel, hvis jorden ønskes stabiliseret, samt mulighederne for håndtering af jorden.
- **Kornkurve**
Informationer om jordens partikler opdelt efter kornstørrelse. Giver indikation på bl.a. bæreevne og frostfølsomhed samt mulig bindemiddeltpe og/eller blanding af bindemidler, hvis jorden ønskes stabiliseret.
- **Proctorkurve**
Informationer om det optimale vandindhold og den optimale rumvægt for en homogeniseret jordart, som indbygges ved en bestemt komprimeringsenergi.
- **Plasticitetsindeks**
Plasticitetsindekset giver viden om, hvor meget bindemiddel der skal tilsættes for at opnå en styrke mv. ved en given tilsætning af bindemiddel.
- **CBR**
Forsøg der beskriver bæreevnen af jorden. Standardforsøg der kan give information om stivhed af materialet, samt hvorledes materialet bløder op.
- **Trykstyrke**
Trykstyrken anvendes i tilfælde af cementstabilisering.
- **TOC (Totalindhold af organisk materiale)**
Organisk indhold kan hæmme styrkeudviklingen i kalkstabiliseret jord og omdannes til humussyrer, der nedbryder den høje pH, som er basis for stabiliseringen.
- **Indhold af SO₄**
Sulfat nedbryder kalkstabilisering og giver risiko for ukontrollerede volumenforøgelser (jorden kvæller op). Der er risiko for sulfat i Palæocænt ler (plastisk ler) og i fyldmaterialer, der indeholder gips.

For detaljeret beskrivelse af ovenstående begreber og teknikker mv. henvises til Laboratoriehåndbogen, dgfbulletin 15. december 2001.

6. HVAD ER JORDFORÆDLING?

Jf. definitionerne i kapitel 2 er jordforædling enhver mekanisk/fysisk, biologisk eller kemisk behandling af jord, som medfører, at dennes egenskaber ændres med henblik på en bestemt anvendelse. Således kan jorden betragtes som en ressource og kan genanvendes og dermed erstatte ikke-fornybare råstoffer såsom sand og grus.

I Danmark sker jordforædling typisk i form af en eller en kombination af flere, af følgende metoder:

- Jordforbedring
- Jordstabilisering
- Jordrensning
- Solidificering
- Sortering.

Valget af metode afhænger af, hvilken problemstilling der er med jorden i et givent projekt.

Har jorden ikke den nødvendige bæreevne i forhold til projektet, der skal udføres, kan man ofte stabilisere den. Er jorden ikke håndterbar i forhold til den støjvold, man ønsker at bygge, kan man forbedre den. Er jorden ikke håndterbar og tæt nok til at udgøre bund i et bassin/deponi, kan man tætne (solidificere) den og evt. også forbedre dens fysiske egenskaber.

Er der tale om friktionsjord, som måske indeholder fysisk forurening - f.eks. brokker og plast/metal - kan den sorteres mekanisk, og en mindre andel nye råstoffer kan blandes i, således at den herefter kan genindbygges.

I det følgende beskrives metoder, bindemidler, anvendelsesområder og udfordringer i forhold til de mest almindeligt anvendte metoder i Danmark: Jordstabilisering, jordforbedring, solidificering og sortering nærmere.

Anvendelsen af jordforædling er ikke specifikt reguleret, og der er således ikke nogen egentlig lovgivning på området. Det er ikke selve behandlingen, som kræver myndighedsbehandling i forbindelse med håndtering af overskudsjord, myndighedsbehandling kræves kun, hvis der er afledte effekter, såsom tilgængelighed eller forurening i jorden.

6.1 METODER TIL JORDSTABILISERING, JORDFORBEDRING OG SOLIDIFICERING

Groft sagt handler alle disse tre teknikker om at blande små mængder af forskellige bindemidler i den eksisterende jord, således at denne opnår de ønskede fysiske egenskaber.

Opblandingen kan ske i marken før afgravning, efter indbygning eller i et mobilt blandeværk.

Opblandingen kan i nogle tilfælde (og med visse bindemidler) også ske i et blandeværk på et eksternt opgravningssted, hvorefter den forædlede jord transporteres dertil, hvor det skal genanvendes.

6.2 BINDEMIDLER

Ved jordforbedring, jordstabilisering og solidificering tilsættes små mængder (typisk under 5 %) af et eller flere såkaldte bindemidler, som i Danmark typisk er:

- Cement
- Brændt kalk/hydratkalk $\approx 2\%$
- Bentonit
- Højovnsslagge
- Flyveaske.

Cement og brændt kalk er primære bindemidler (kan anvendes hver for sig) og anvendes typisk til forbedring/stabilisering, hvorved bæreevne og plasticitet ændres. Brændt kalk anvendes typisk til stabilisering af lerret jord, mens cement anvendes på sand og lignende. Til blandingsjordarter anvendes en blanding af kalk og cement.

Bentonit er ligesom cement og brændt kalk et primært bindemiddel og anvendes typisk til at gøre jord impermeabel (solidificering), så denne kan anvendes til f.eks. bundmembran i bassiner og under deponier. Typisk vil under 5 % tilsat bentonit være nok til at sikre, at jorden har egenskaber på højde med fed tegl-værksler, som typisk ville være det materiale, der ellers skulle anvendes.

Bentonit har muligvis også potentiale med henblik på immobilisering af visse forureningskomponenter, men viden om dette er endnu begrænset.

Højovnsslagge og flyveaske er sekundære bindemidler, som typisk anvendes i mindre mængder sammen med cement og/eller brændt kalk, og som kan bidrage til jordforædlingsprocessen i forskellig retning. Evt. brug af disse sekundære bindemidler og/eller andre mere "eksotiske" bindemidler fastlægges i designfasen.

6.3 FREMGANGSMÅDE

Screeningsfase

I screeningsfasen skal det

- afklares, hvilke behov, begrænsninger og krav der er til projektet (se anvendelsesdiagrammer – afsnit 4.1);
- undersøges, hvilke typer jord der er tale om (se afsnit 4.2). Det anbefales bl.a. at få lavet et særligt afsnit i den geotekniske rapport, hvor der tages stilling til, om de enkelte jordpartier er indbygningsegne, og hvilke der kan anvendes ved forædling.

Bindemiddel kan anvendes til at gøre ler mere fast og stabilt. Dette er specielt væsentligt i Danmark, hvor der findes våde og bløde lermaterialer.

Det er vigtigt, at man i screenings- og designfasen tager hensyn til forholdene på byggepladsen, både i forhold til pladsforhold og foranstaltninger til modvirkning af støv, støj og vibrationer.

Som tommelfingerregel gælder:

- Cement er primært egnet til friktionsjord (sandede materialer)
- Brændt kalk er primært egnet til kohæsionsjord (lerede materialer)
- Blandet cement og brændt kalk er egnet til blandingsjordarter.

Til jord, der både har friktions- og kohæsionsegenskaber, kan der med fordel stabiliseres med en blanding af kalk og cement, hvorved egenskaber fra begge bindere tilføres jorden.

Bentonit til tætning/solidificering kan i udgangspunktet anvendes til både kohæsions- og friktionsjord. Der skal dog forventes lidt højere forbrug til friktionsjord end til kohæsionsjord.

Stabilisering med kalk og cement medfører normalt, at jorden kan bære almindeligt jordflytningsmateriel, komprimeres tilfredsstillende og fungere som underlag for opbygning af efterfølgende lag.

Typisk bruges i størrelsesordenen 1-3 % kalk afhængigt af råjordens vandindhold og plasticitet. Dette baseres på erfaringstal.

Design-, laboratorie- og forprøvningsfase

I en designfase vil det være vigtigt at fastlægge de krævede styrkeparametre i relation til arealanvendelsen. Desuden skal det fastlægges, hvor meget bindemiddel der skal tilsættes evt. i relation til variationer i jorden.

I nogle tilfælde vil en egentlig designfase ikke være nødvendig. Afhængigt af projektets størrelse kan det være muligt at udføre en forbedring/stabilisering baseret på erfaringsmæssige værdier, såfremt der ikke er særlige forhold, der gør sig gældende.

Nedenstående tabel 1 fra Vejdirektoratets jordstabiliseringsvejledning (marts 2013) viser anbefalede bindemidler til stabilisering/forbedring af bæreevne/håndterbarhed for forskellige kornstørrelsesfordelinger af jordarter.

	Ler/ Moræneler, fedt/meget fedt	Ler/ Moræneler, Ret fedt	Ler/ Moræneler, siltet/ stærk siltet/sandet Silt, stærkt leret	Silt, Leret/san- det	Sand	Grus
lp	>25	10 - 25	4 - 10	0 - 4	-	-
BK						
BK/C						
BK/SL						
BK/FA						
C/SL						
C/FA						
C						

Tabel 1. Anvendelsesområder for bindemidler

*Lp = plasticitetsindeks BK = brændt kalk C = cement SL = højovns slagge FA = flyveaske
Grøn = velegnet Gult = undertiden anvendelig*

Ved forsøg i laboratoriet skal man være opmærksom på, at bindemidlet, som anvendes, er det samme bindemiddel, der vil blive anvendt ude i marken. I laboratoriet er det også vigtigt, at der blandes en homogen prøve af jord og bindemiddel. Opblandingen bør derfor ske i en lynhakker og ikke i en røremaskine.

Desuden skal man være opmærksom på, at bindemidlet, der anvendes til forprøvning, ikke har været åbnet så længe, at det kan have suget fugt og dermed ændret karakter, da dette kan give misvisende resultater.

Kvaliteten af den stabiliserede underbund, dvs. opnåelse af foreskrevet bæreevne, kan styres gennem forprøvning og kendskab til råjorden.

Udførelsesfase

Opblandingen af jord og bindemiddel i udførelsesfasen kan ske i marken før afgravning eller efter indbygning ved nedfræsning eller på et mobilt blandeværk.

Opblandingen kan i nogle tilfælde (og med visse bindemidler) også ske på et blandeværk på et eksternt opgravningssted, hvorefter den forædlede jord transporteres dertil, hvor den skal genanvendes.

Valget af blandingsmetode vil afhænge af bl.a. bindemiddel, dybde under terræn, tidsplan og pladsforhold.

Maskiner og udstyr, som anvendes til såvel udførelse som kontrol, kan benyttes uafhængigt af bindemiddelkombination.

I udførelsesfasen gennemføres ofte en optimering ved justering af tilsætningen af bindemiddel, der tager udgangspunkt i jordens tilstand i det givne øjeblik.

Fremgangsmåden består typisk af flere af følgende trin:

- Fjernelse af sten over en vis størrelse (afhængigt af udførelsesmateriellet)
- *Evt. vurdering af jordtype og vandindhold (evt. foretaget i designfase)*
- *Evt. beregning af dosering af bindemiddel (evt. foretaget i designfase)*
- Spredning og fræsning eller opgravning, blanding på værk og udlægning
- *Evt. optimering af mængde bindemiddel ift. beregnet mængde*
- *Evt. opdeling i sektioner, såfremt råjorden varierer og kræver forskellige mængde bindemiddel*
- *Eventuelle siltlommer, lokale blødbundsområder og meget bløde områder opgraves og erstattes med råstoffer eller stabiliserede/forbedrede materialer*
- Komprimering med fårefodstromle
- Afretning med grader
- Afglatning eller fortsat indbygning.

Af hensyn til støvdannelse bør udlægning af bindemiddel ikke foretages ved vindstyrker over 10 m/s målt på udlægningsstedet mindst 0,5 m over terræn.

Det er vigtigt, at evt. opgravet jord, som skal have tilført kalk, oplagres på en måde, så dette ikke optager vand. Dette er særligt vigtigt i vinterhalvåret. Selv optag af ganske små mængder vand vil medføre, at den beregnede mængde bindemiddel skal justeres, for at jorden kan opnå de ønskede egenskaber efter iblanding.

Jord med iblandet brændt kalk kan oplagres i flere måneder, såfremt det sikres, at der ikke tilføres vand. Dette gøres f.eks. ved at afglatte overfladen på milen, således at vandet løber af og jorden beholder sin bæreevne. Når jorden skal bruges, "tages der hul" på milen igen.

Komprimering må ikke udføres på frosne materialer, da frosne klumper ikke kan komprimeres ordentligt og den efterfølgende optøning medfører reduceret bæreevne.

Der bør først køres på det afglattede areal efter foretaget kontrol.

Kontrolfase

På større projekter kan der med fordel udarbejdes en kontrolplan, som opdeler projektet i passende kontrolafsnit. Er projektet af relativt begrænset omfang, er en kontrolplan måske slet ikke nødvendig.

Inden for hvert kontrolafsnit fastlægges et kontrolomfang, som bør tilpasses de mulige konsekvenser af fejl. Inden for de enkelte afsnit skal kontrolplanen blandt andet dokumentere oplysninger om, hvad der kontrolleres, hvor der kontrolleres, hvordan der kontrolleres (kontrolmetode), hvornår der kontrolleres og frekvens, kriterier for godkendelse samt krav til dokumentation og kontrollant.

Følgende parametre kan med fordel kontrolleres alt efter formålet med forædlingen:

- Mætningsgrad
- Bæreevne
- Jævnhed
- Pulveriseringsgrad
- Permeabilitet
- Svelning
- Udrystningsprøver.

Konkrete krav til de forskellige parametre vil afhænge af projektets karakter.

6.4 SÆRLIGE FORHOLD VED FORÆDLING MED KALK

Stabilisering/forbedring af kohæsionsjord med brændt eller læsket kalk er en metode, som i de seneste 10 år igen er blevet anvendt mere og mere i Danmark – primært som følge af Vejdirektoratets engagement med at få genindført metoden. Stabilisering med kalk bruges derfor nu i Danmark til stort set alle motorvejsprojekter.

Brændt kalk alene egner sig, som vist ovenfor i afsnit 6.2 primært, til kohæsionsjord. I forhold til projektyper/størrelser er rammerne vide. Stabilisering med kalk kan anvendes overalt, fra små parkeringspladser og køreveje til gigantiske byggepladser og lange motorvejsstrækninger.

Generelt

Oparbejdning af lerjord med brændt kalk er ikke noget nyt fænomen – men en teknik, der har været brugt i mere end to tusinde år til blandt andet projekter som den kinesiske mur og Via Appia i Rom.

Teknikken med at forbedre kohæsionsjord med brændt kalk, hydratkalk eller læsket kalk er en teknik, som i Danmark har været "glemt" i en periode, men som nu igen er vendt tilbage. Der er de sidste 5-10 år sket en rivende udvikling med hensyn til anvendelse af denne teknik, og stemningen er gået fra tøvende til, at de fleste overvejer anvendelsen af teknikken, såfremt projektet har en vis størrelse. Det er således nu til dags næsten utænkeligt, at der kan bygges en større anlægsopgave, såsom en motorvej, uden anvendelse af "kalkstabilisering".

Med andre ord vinder teknikken mere og mere indpas i Danmark og nærmer sig niveauet i resten af Europa.

Kalktyper

Kalken, som anvendes til kalkstabiliseringen og/eller jordoparbejdning, skal være "brændt kalk". Den brændte kalk kan dog efterfølgende være videre forarbejdet til hydratkalk eller kalkslurry.

Ved anvendelse af hydratkalk eller kalkslurry skal man være opmærksom på, at der bindes mindre vand fra lerjorden i selve kalkstabiliseringsprocessen end ved anvendelse af brændt kalk. Valget af kalktype afhænger af den enkelte opgave, og det anbefales at kontakte leverandør eller rådgiver for valg af type.

Tilførsel af brændt kalk medfører en umiddelbar forbedret bæreevne ved reduktion af vandindhold og plasticitet. Ved tilsætning af brændt kalk påregnes desuden en vis frostforbedring af underbunden, men den eksakte viden om dette under danske forhold er endnu beskedent.

Der skal påregnes en mindre volumenudvidelse på ca. 2 % pr. 1 % tilsat kalk. 1 % kalk svarer til en kalkmængde på 7-8 kg pr. m² ved iblanding til 0,40 m dybde.

Kalkstabilisering i udlandet

I udlandet er kalkstabilisering en velkendt og udbredt teknik, som også anvendes på selv mindre opgaver og projekter. I Mellemeuropa anvendes teknikken også i stor udstrækning i forbindelse med jernbaneprojekter, og de franske TGV højhastighedstog har således i snart 30 år kørt på kalkstabiliseret underlag.

Det er også denne større anvendelse af teknikken, der har medført, at udenlandske entreprenører - som deltager i danske projekter - ofte forudsætter anvendelsen af kalkstabilisering. Det er oftest for at kunne levere en god teknisk løsning til en billigere pris på den korteste tid, som er deres argument.

Hvor kan kalkstabilisering anvendes?

Kalkstabilisering og jordforædling kan anvendes alle steder, hvor der forefindes ler eller ønskes tilført ekstra bæredygtige materialer. Af typiske anvendelsesområder kan nævnes:

- Store som små vejprojekter
- Byggeprojekter fra enfamiliehuse til super sygehuse
- Rør- og ledningsopgaver
- Landskabs- og voldarbejder
- Parkeringsarealer og jordopfyld.

Hvor kan kalkstabilisering ikke anvendes?

Jordtyper med højt indhold af organiske materialer kan ikke kalkstabiliseres, og effekten på friktionsjord er begrænset.

Hvis pladsforholdene er meget snævre, og hvis der arbejdes i beboelsesområder eller andre støv-følsomme miljøer, kan det være problematisk at udføre in-situ nedfræsning. Her vil det være nødvendigt at lave opblandingen på blandeværk – evt. foretaget andetsteds.

Ved kalkstabilisering øges jordens pH til ca. 11, og det kan bl.a. give problemer med dårlige vækstbetingelser for dyr og planter.

Iblanding af kalk i lerjord

Iblanding af kalk sker typisk på stedet med maskiner, som er udviklet til samme formål. Etablering af centrale og decentrale blandestationer er endnu ikke set i Danmark, men det er en metode, som anvendes i store dele af Europa.

Grunden til at der anvendes specialmaskiner og/eller blandestationer er, at støvdannelsen derved minimeres, da brændt kalk ikke er helt ufarligt. Der henvises til sikkerhedsdatablad hos Faxe Kalk A/S og Vejdirektoratets Almindelige betingelser for anvendelse af kalk, se <http://vejregler.lovportaler.dk/>.

Til udlægning af kalk findes der en del forskellige maskiner med varierende størrelser. Det er svært at forestille sig et projekt, som er så stort, at der ikke findes kapacitet til at foretage kalkstabilisering - de største maskinsæt (strøer og fræser) kan således udlægge/fræse op til 20.000 m² i 40 cm's dybde på én dag.

I den anden ende af skalaen, hvor der er tale om forholdsvis små projekter, findes mindre maskiner, som egner sig til projekter ned til 5000 m².

Hvad gør den brændte kalk?

Når der tilsættes kalk til lerholdig jord, øges pH-værdien kraftigt, og lerminerallerne "pakkes ind" i Ca-ioner. Dermed gøres lerminerallerne vandskyende og klumper sig sammen (flokkulerer), hvorved plasticitetsegenskaber og komprimeringsegenskaber ændres med kraftig forøgelse i bæreevne og stivhed til følge. Efter komprimeringen er afsluttet, vil materialet cementere og vinde yderligere bæreevne. Det er normalt muligt at færdes med tung trafik direkte på kalkstabiliseret jord umiddelbart efter komprimering.

Det vil, såfremt der ikke forefindes stoffer, som modarbejder processen, være muligt at anvende teknikken på forurenede jord, og det vil i mange sammenhænge give god mening at anvende den eksisterende lettere forurenede jord på stedet fremfor at flytte problemet. Der skal dog i hvert enkelt tilfælde tages hensyn til det miljømæssige aspekt.

Hvordan tilrettelægges arbejdet?

Såfremt kalkstabilisering indarbejdes i projektet helt fra starten, er der mange penge og megen tid at spare. Jo tidligere i projektet teknikken indarbejdes – jo større bliver den økonomiske gevinst.

Det kræver forholdsvis lidt at foretage en forhånds-screening af arealet – mange gange er en opringning til den lokale geolog nok.

De fleste byggepladser vil ved en fornuftig disponering kunne opgrave, forarbejde og anvende den lokale gode lerjord og opnå en positiv effekt.

Det vil med kalkstabilisering ofte være muligt at arbejde hele vinteren, såfremt den kalkstabiliserede jord håndteres korrekt – dette giver en mere kontinuerlig drift og produktion. De største forhindringer ved dette vinterarbejde er frost og vand, som dog sagtens kan håndteres med rigtig planlægning og den korrekte kalkdosering.

Lerjord, som er oparbejdet med kalk, bevarer sine egenskaber og kan derfor ved korrekt opbevaring ligge på byggepladsen, indtil den skal anvendes.

Kalk på byggepladsen

Kalken leveres primært som løspulver ved bulk transport. Alternativt kan leveringen ske i big bags, småsække eller i palletanke (slurry). Opbevaringen af kalk skal altid være tør og uden vandpåvirkning. Ved levering i løsvægt blæses kalken direkte over i "strøer" eller op i siloer placeret på byggepladsen.

Forbrug

Normalt anvendes 2-4 vægtprocent kalk til jordoparbejdning og kalkstabilisering. Selve doseringen bestemmes oftest i udbudsmaterialet eller ved direkte forsøg på byggepladsen med den kalkstabiliserede lerjord. Det er udfaldskravene, vandindholdet, lerjordens plasticitet og indholdet af organisk materiale i lerjorden, der afgør, hvor stor en dosering der skal til.

Skal et kalkstabiliseret areal anvendes som kørevej, anbefales det, at der stabiliseres til en større bæreevne (f.eks. 90 MPa) end de 60 MPa, der er sat som krav til det færdige planum. Den større bæreevne gør, at overfladen ikke er så følsom over for vand og frost og derved heller ikke så nemt køres i stykker.

Ønskes det at gøre kalkstabiliserede materialer mindre følsomme over for variationer i bæreevne som følge af årstiderne samt mindre følsom over for sætninger og krybninger, kan der stabiliseres med 0,5 % højere kalkindhold end nødvendigt for at opfylde styrkekrav. Det samme gør sig gældende for områder med dårlig afvanding, da en højere dosering med brændt kalk gør jorden mindre vandfølsom. Ved tilsætning af et blandingsprodukt af brændt kalk og cement til sandet ler kan der opnås kraftigere stabilisering, end ved tilsætning af de enkelte bindemidler hver for sig.

Ulemper ved kalkstabilisering

Såfremt et kalkstabiliseret landskabs- og voldarbejde ønskes beplantet, bør der vælges planter, som tåler en høj pH-værdi omkring rødderne.

Normalt vil den kalkstabiliserede lerjord have en lav permeabilitet, hvilket i nogle tilfælde vil være et problem.

Der kan være et højt indhold af sten i jorden, der skader materiel til stabilisering. Normalt må der ikke være mere end ca. 0,5 % sten > 125 mm i jorden. Større sten bør grubbes væk.

Den høje pH udgør et potentielt arbejdsmiljøproblem, der skal tages hensyn til inden en eventuel udførelse. Dette gælder både for personale, der arbejder med stabilisering, og for personer og værdier på tilstødende arealer og det lokale dyre- og planteliv.

Fremtidsperspektiver

Vi må forvente, at kalkstabilisering og jordforædling vil blive mere og mere anvendt i fremtiden - hvilket primært skyldes 3 ting:

- Den økonomiske gevinst
- Mangel på konstruktionsmaterialer så som grus
- Optimering af byggetid.

Kalkstabilisering er en teknik, som er gennemprøvet over adskillige årtier, og som har en hel række fordele frem for traditionel opbygning med grus. Dette faktum gør, at mange entreprenører, rådgivere og bygherrer arbejder målrettet på at anvende denne teknik på endnu flere områder.

Vi må derfor i fremtiden forvente, at "brændt kalk" vil blive endnu mere brugt i den danske byggebranche.

Vejdirektoratet har udgivet et sæt dokumenter i form af almindelig arbejdsbeskrivelse (AAB) og særlig arbejdsbeskrivelse (SAB) med tilhørende vejledning. Disse publikationer er udgivet i revideret form i 2013 med fællesbetegnelsen jordstabilisering.

Publikationerne findes under <http://vejregler.lovportaler.dk/>

6.5 SÆRLIGE FORHOLD VED FORÆDLING MED CEMENT

Stabilisering/forbedring af friktionsjord med cement er en metode til at forædle sand og grus.

Metoden bruges i Danmark, primært hvor der stilles særlig store krav til sand og grusmaterialer. Dette kan være ved meget tung trafik, eller hvor der er særlig sætningsfølsomhed.

Ved anvendelse af cementstabilisering er det muligt, i nogen grad, at undgå at transportere færdigblandet beton fra et værk over lange strækninger for at få en belægning med høj bæreevne. Cementstabilisering giver så god bæreevne, at teknikken benyttes ved anlæg af alt fra veje og parkeringspladser til lufthavne. Med moderne metoder er det muligt, på stedet, at blande cement, vand og grus og udføre en belægning med høj bæreevne.

Der påregnes normalt ikke en volumenudvidelse ved tilsætning af cement.

Forbedring/stabilisering af friktionsmaterialer med cement giver i løbet af nogle dage en øget bæreevne, idet de enkelte partikler bindes sammen ved mineralvækst.

Der kan ikke umiddelbart påregnes frostforbedring ved stabilisering med cement.

I udlandet er cementstabilisering velkendt og har været brugt gennem årtier. (Fx: Sherwood, P.T, Soil stabilization with Cement and Lime, State of the Art Review, Transport research Laboratory HMSO, London 1993).

I udlandet bruges teknikken – ligesom i Danmark – hovedsagligt til større projekter. Der er dog intet til hinder for, at cementstabilisering kan anvendes på mindre projekter.

Cement alene egner sig som vist ovenfor i afsnit 6.2 primært til friktionsjord. I forhold til projekttyper/størrelser er rammerne vide. Metoden kan anvendes i projekter fra små parkeringspladser og køreveje til gigantiske byggepladser og lange motorvejsstrækninger.

Cement egner sig ikke til stabilisering/forbedring af:

- Kohæsionsjord
- Jord med højt indhold af organisk materiale.

Hvis pladsforholdene er meget snævre og i beboelsesområder eller andre støvfølsomme, miljøer kan det være problematisk at udføre in-situ nedfræsning. Her vil det være nødvendigt at lave opblandingen på blandeværk.

Det er vigtigt, at man i screenings- og designfasen tager hensyn til forholdene på byggepladsen, både til pladsforhold og foranstaltninger til modvirkning af støv, støj og vibrationer.

Det er vigtigt, at evt. opgravet jord, som skal have tilført cement, oplagres på en måde, så dette ikke optager vand. Dette er særligt vigtigt i vinterhalvåret. Selv optag af ganske små mængder vand vil medføre, at den beregnede mængde bindemiddel skal justeres, for at jorden kan opnå korrekte egenskaber efter iblanding.

Ved stabilisering med cement eller blandinger indeholdende cement skal materialet indbygges inden for bearbejdningstiden. Stabilisering med cement på værk må kun finde sted ved øjeblikkelig indbygning og komprimering efterfølgende.

Typisk bruges i størrelsesordenen 4-10 % cement afhængigt af sandets sorteringsgrad og evt. organisk indhold. Dette baseres på erfaringstal eller for større projekter på forsøg.

Cementstabiliseret jord kan ikke bearbejdes, når den er hærdet. Jorden vil opføre sig som en svag beton og bør derfor kun indbygges på steder, hvor dette er acceptabelt eller direkte ønskeligt.

Fremstillingen af cement er en proces, som i sig selv medfører forbrug af primære råstoffer og en vis miljøpåvirkning. Dertil kommer fræsnings- og udlægningsprocessen, som ligeledes kræver brug af stort, tungt maskinel.

Som tommelfingerregel kan det antages, at såfremt behovet for tilsætning af cement er over 8 %, vil der være en minimal økonomisk og miljømæssig gevinst ved at udføre dette frem for traditionel udskiftning af materialerne. Såfremt der er tale om lettere forurenede materialer, kan det økonomisk være rentabelt at stabilisere med endog væsentlig større mængder cement. Lokale forhold, såsom behov for sænkning af grundvand eller lettere forurening af materialer, kan resultere i mulighed for en markant besparelse/optimering.

Publikationerne findes under <http://vejregler.lovportaler.dk/>

6.6 SÆRLIGE FORHOLD VED FORÆDLING MED BENTONIT

Metoden er relativt ny i Danmark, men der er udført en række projekter med stor succes.

Teknikken anvendes ikke umiddelbart i udlandet, da bentonit ofte er relativt bekosteligt. I Danmark er bentonitprodukter relativt billige, idet bentonitler forekommer naturligt her i landet.

Bentonit kan anvendes til at tætne et relativt åbent lag. Det kan være en mager ler, der skal have bedre vandstandsende egenskaber, eller sand, der skal tætnes til membranformål.

Der er udført forskningsprojekter, f.eks. af NCC ved Kumla i Sverige, hvor der anvendes bentonit sammen med knust sten, hvorved der kan opnås et materiale, som både er vandstandsende og har stor bæreevne.

Typisk bruges i størrelsesordenen 5-7 w/w % bentonit afhængig af råjordens vandindhold og plasticitet og de egenskaber, der skal opnås. Dette baseres på erfaringstal.

Indvinding og fremstilling af bentonitprodukter indebærer forbrug af primære råstoffer og en vis miljøpåvirkning. Dertil kommer fræsnings- og udlægnings-processen, som ligeledes kræver brug af stort tungt maskinel.

Som tommelfingerregel kan det antages, at såfremt behovet for tilsætning af bentonit er over 7 %, vil der være en minimal økonomisk og miljømæssig gevinst ved at udføre dette frem for traditionel udskiftning af materialerne. Da lokale forhold, såsom grundvandsforhold og tilgængelighed af alternative materialer, varierer kraftigt, vil de lokale forhold for det enkelte projekt normalt være styrende for rentabiliteten af denne type jordforædling. Tidsmæssigt kan der dog stadig være mulighed for en markant besparelse/optimering.

6.7 SÆRLIGE FORHOLD VED FORÆDLING MED KOMBINATIONER/ANDRE BINDEMIDLER

I udlandet anvendes en lang række bindemidler både i kombinationer, som vi ikke anvender i Danmark, men også med additiver, der ikke anvendes her i landet.

Der findes en lang række special-additiver, der kan deaktivere eksempelvis sulfater, sulfider eller andre komponenter. Det mest anvendte blandingsadditiv er kalk-cement, der rutinemæssigt anvendes i store dele af verden. Kalk-cementpæle er yderst udbredt i områder med svage aflejringer af sandet silt og lignende.

Der er anvendt kalk-cementpæle i Sverige til både solidificering af tørv/gytje, men også til fundering af vejo-verførsel over dybe blødbundsaflejringer. Kalk-cementpæle er iblanding af kalk-cement med boring og nedspuling af kalkcement i jord.

I kombination med kalk kan cement anvendes til at stabilisere havnesedimenter. Der er udført et pilotprojekt i Kolding, hvor dette er anvendt. Der er i Finland anvendt kalk-cement massestabilisering ved havnekonstruktioner. Ved massestabilisering udføres en "no dig" kalk-cementstabilisering i søjler med en højde af op til 5 a 6 m. Styrken af det stabiliserede materiale afgøres af, hvor stor en procentdel af det samlede materiale der stabiliseres.

Kalk-cement skal anvendes med varsomhed ved tilstedeværelsen af sulfater (f.eks. gips i Kalundborg Havn). Organiske materialer forbruger stabiliseringsmidlet, hvorfor der skal tages højde for dette, når doseringen fastlægges.

Der skal til denne type stabilisering ubetinget anvendes specialudstyr.

Det kan forventes, at der kun er minimale støvgener, da det meste af arbejdet foregår i lukkede systemer. Der kan dog forventes en del støj.

Ved stabilisering med cement eller blandinger indeholdende cement skal materialet indbygges inden for bearbejdningstiden. Stabilisering med cement på værk må kun finde sted ved øjeblikkelig indbygning og efterfølgende komprimering.

6.8 JORDSORTERING ØGER GENANVENDELSESMULIGHEDERNE

En anden form for jordforædling indebærer, at man sikrer, at jordpartier og/eller fraktioner, som kan genanvendes, skilles fra ikke-egne jordpartier.

Har man i sit projekt f.eks. jordpartier, som er fed ler, kan disse muligvis anvendes til fremstilling af tegl, og det er i den forbindelse vigtigt, at disse jordpartier adskilles fra f.eks. sandet moræneler eller fra sand og grus. Har man fed ler som overskudsjord, vil en stabilisering/forbedring ofte kræve relativt store mængder kalk, og dette kan derfor være en ufordelagtig løsning. Derfor er det en mulighed at tage kontakt til nærmeste teglværk, som normalt relativt let (evt. med enkelte jordprøver) kan afgøre, om leret er anvendelig til teglfremstilling.

Alternativt kan der også på store byggepladser, eller hvor man skal grave jord op i dybden til f.eks. parkeringskælder eller lignende, opstå den situation, at man har både moræneler og sand i overskud. I dag er det ikke en selvfølge, at man holder de forskellige jordtyper adskilt – hvilket ofte resulterer i, at hverken sand eller ler kan genanvendes.

Genanvendelse af stabilgrus og bundsikringsand m.m.

Den åbenlyst nemmeste måde at undgå forbrug af nye råstoffer er selvfølgelig at genanvende allerede eksisterende råstoffer på pladsen eller i sit ledningstracé. Det kan f.eks. være stabilgrus og fyldsand, som tidligere er tilkørt.

For at gøre dette er det vigtigt, at man både i screenings-, design- og udførelsesfaserne holder sig for øje, om der er jord, som kan genanvendes, og sikrer, at jorden håndteres på en måde, som ikke medfører opblanding og dermed forhindrer eller besværliggør genanvendelsen.

Selektiv opgravning

Sortering af materialer, så f.eks. brugbart sand/grus adskilles fra ler/silt, eller forskellige lertyper holdes adskilt, så materialer evt. kan benyttes i industrien. Det kan dog kræve oplagring/"samling" af materialer i relativt store mængder, før industrien ser et potentiale.

Blanding/homogenisering med primære råstoffer

Der kan foretages en blanding af forskellige materialer in-situ, så materialerne får de ønskede egenskaber og kan genanvendes på stedet.

7. GENEREL LOVGIVNING - HÅNDTERING AF JORD

Ved bygge- og anlægsarbejde på arealer, der er kortlagt som forurenede eller muligt forurenede og omfattet af regionens offentlige indsats, kræves en tilladelse efter § 8 i jordforureningsloven.

Hvis forureningssituation eller risiko ikke er tilstrækkeligt belyst, kan der forud for tilladelsen kræves relevante forureningsundersøgelser, ligesom det kan kræves, at forurening, som udgør en risiko, håndteres. Disse krav tager altid udgangspunkt i det konkrete projekt og vil kun kunne omfatte arealer og forurening, der berøres af projektet.

Tilladelsen udarbejdes af kommunen, og udkastet sendes derefter i høring hos regionen, der skal sikre, at der ikke gives tilladelse til et projekt, som vil umuliggøre eller fordyre den offentlige indsats væsentligt. Den endelige tilladelse skal være i overensstemmelse med regionens udtalelse.

Næsten al byzone er områdeklassificeret, og jord, som køres væk fra område-klassificerede arealer skal, i henhold til jordforureningslovens § 50, anmeldes til kommunen. Jorden skal køres til en godkendt modtager.

Ifølge miljøbeskyttelseslovens § 19 må stoffer, der kan forurene jord og grundvand ikke tilføres jorden uden tilladelse. Ved stabilisering af jorden med kalk er tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven ikke nødvendig. Ved stabilisering med cement kan det være nødvendigt med en tilladelse.

8. ØKONOMI

Helt overordnet er der erfaringsmæssigt følgende tommelfingerregler for skøn af omkostninger forbundet med jordforædling:

- Ved mindre projekter koster det ca. 100 kr./m³ at kalkstabilisere + anstilling på min. 5.000 kr.
- Ved store projekter koster det ca. 75 kr./m³ (og eventuelt mindre) at kalkstabilisere.
- Der skal være >6-7.000 m³ jord, som skal stabiliseres, før det er rentabelt at lave forundersøgelser til optimering af bindemiddelmængden.