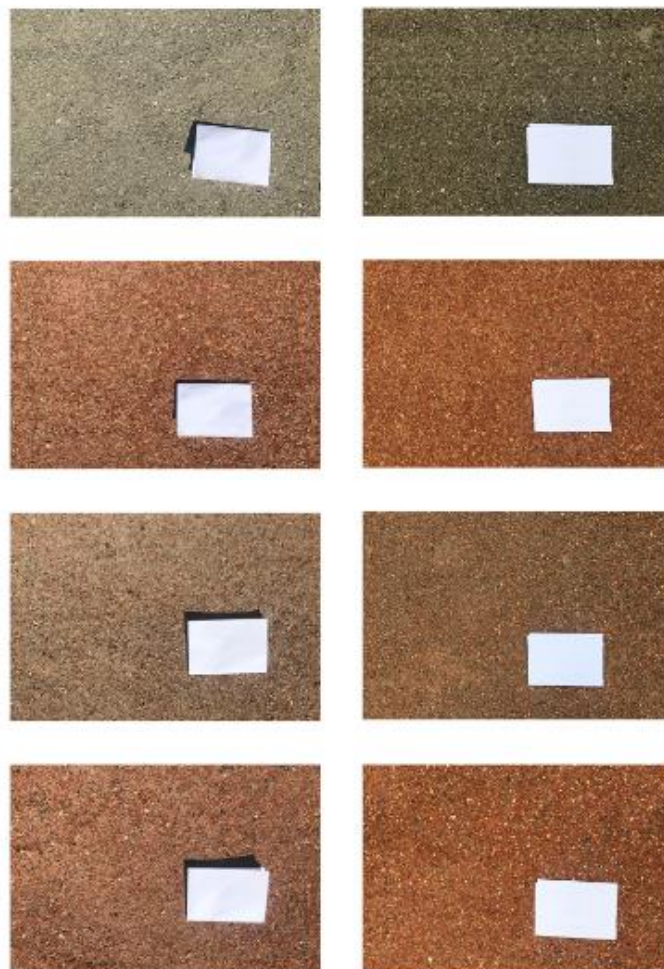


Fra byggeaffald til ressource

- et InnoBYG spireprojekt



Fra byggeaffald til ressource

- et InnoBYG spireprojekt

Projektteam:

Teknologisk Institut

LYTT Architecture

Malmos

Out Of Office Architecture

Norrecco



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

LYTT Urban & Landscape
Architecture

MALMOS
LANDSKABER



Forfattere:

Thilde Fruergaard Astrup og Anke Oberender (Teknologisk Institut)

Henrik Dixen Dausell og Torben Møbjerg (LYTT Architecture)

Per Malmos (Malmos Landskaber)

Martin Hedevang Andersen (Out Of Office Architecture)

Peter Arevad (Norrecco)



NORRECCO
GØR EN FORSKEL

Et spireprojekt udarbejdet i regi af Innovationsnetværket for bæredygtigt byggeri (InnoBYG)

14. december 2020



Indhold

1. Forord, perspektiver og læsevejledning	4
2. Sammenfatning og konklusion.....	5
3. Begrebsoversigt	7
4. Baggrund og formål	9
5. Indledning	10
6. Metode.....	13
7. Vidensindsamling om relevante affaldsstrømme	15
8. Vigtig lovgivning og standarder	18
9. Case 1: Anlægskonstruktioner som ressourcebank – hvad kræver det at kunne anvende opgravet sten og grus på stedet?	20
10. Case 2: Anvendelse af sekundære råstoffer i anlægsarbejder – hvordan kan affald af beton og tegl anvendes i landskabsarkitekturen?	28
11. CO ₂ -opgørelser	38
Bilag 1 – Håndtering af sten	44
Granitskærver	44
Makadam og gartnermakadam	46
Bilag 2 – Håndtering af grus	49
Stigrus	49
Afretningsgrus/sættegrus/brolæggergrus.....	51
Stabilt grus	53
Bundsikringsgrus	55
Bilag 3 – Håndtering af beton	57
Genbrug af intakte betonfliser/belægningssten.....	57
Betonkonstruktioner – udskæring og anvendelse som belægningsmateriale	59
Betonkonstruktioner – nedknusning og anvendelse i gabioner	61
Betonkonstruktioner – nedknusning og anvendelse af den fine fraktion	63
Bilag 4 – Håndtering af tegl.....	66
Tegl – nedknusning (til grov fraktion) og anvendelse som bunddække	66
Tegl – nedknusning (til fin fraktion) og anvendelse som toplag på stier og pladser	68
Mursten – hele eller brækkede anvendt i gabioner	70

1. Forord, perspektiver og læsevejledning

Forord

Denne publikation er udarbejdet i regi af InnoBYG-spireprojektet ”Fra byggeaffald til ressource”. Projektet blev gennemført i perioden juni 2019 til november 2020 og er et samarbejde mellem LYTT Architecture as, Malmos A/S, Norrecco A/S, Out of Office Architecture og Teknologisk Institut.

Der er stort fokus på råstoffer og den påvirkning, som råstofindvinding har på mennesker, natur og miljø. Primære råstoffer som sand, sten, grus og ler indgår i en række bygge- og anlægsprojekter og finder anvendelse ved produktion af byggematerialer. Råstofferne er dog ikke fornybare, og hvis vi skal leve op til målsætningen om at reducere vores råstofforbrug i fremtiden, skal vi se på nye løsninger, hvor vi kan erstatte vores primære råstoffer ved øget anvendelse af sekundære råstoffer i form af recirkuleret bygge- og anlægsaffald.

Perspektiver

Projektet adresserer de store samfundsmæssige udfordringer, som knapheden af primære og ikke fornybare råstoffer repræsenterer. Projektet peger på løsninger i forhold til barrierer for genanvendelse og oparbejdning af fx stedlige ressourcer i form af normkrav om materialedokumentation og slutkontrol og kommer med løsningsforslag for udnyttelse af nogle af de store affaldsstrømme fra renoverings- og nedrivningsaktiviteter.

Læsevejledning

Bygge- og anlægsprojekter gennemføres under involvering af en række aktører, fra bygherrer og rådgivere, til arkitekter, entreprenører og behandlingsanlæg. Alle skal få øjnene op for potentialerne ved bedre ressourceudnyttelse, og der skal skabes en dialog på tværs af byggeriets parter. Det kræver, at vi forstår hinanden – de krav, normer og rammer, vores arbejde er underlagt; de fagtermer, som vi benytter. Kap. 3 indeholder derfor en række begrebsdefinitioner, som er relevante for projektet og publikationen, og kap. 8 beskriver relevant lovgivning. Baggrunden for projektet beskrives i kap. 4 og uddybes i kap. 5. Den metodemæssige tilgang fremgår af kap. 6. Et væsentligt element i projektet har været at skabe et videnskatalog med information om udvalgte affaldsstrømme, blandt andet i forhold til, hvordan affaldsstrømmen håndteres i dag, alternative anvendelser, barrierer, etc. Dette arbejde er beskrevet i kap. 7 og selve videnskataloget findes i bilag 1-4. Kap. 9 og 10 indeholder en beskrivelse af de to cases, der er arbejdet med igennem projektet, og endelig indeholder kap. 11 en opgørelse af de to cases CO₂-aftryk.

2. Sammenfatning og konklusion

Denne rapport er en afrapportering af InnoBYG-spireprojektet "Fra byggeaffald til ressource". Formålet med projektet har været at belyse, hvordan nogle af de volumenmæssigt største affaldsstrømme fra bygge- og anlægsbranchen kan opgraderes og recirkuleres i bygge- og anlægsprojekter. Dette er belyst gennem to cases med hvert sit fokusområde. De to cases er valgt på baggrund af en indledende undersøgelse af, hvilke affaldsstrømme der har størst potentiale for recirkulering

Udover at pege på løsninger for anvendelse af affaldsstrømme i bygge- og anlægsprojekter har projektet haft en række mere specifikke formål:

- Vidensindsamling om relevante affaldsstrømme: typer, kvaliteter, anvendelsespotentialer, kvalitetskrav, barrierer, miljøpotentialer.
- Oparbejdning og demonstration af anvendelsen af de udvalgte affaldsstrømme
- Vurdering af miljøaftryk
- Afholdelse af to brancheworkshops med henblik på at:
 - Skabe dialog mellem entreprenører, nyttiggørelsesvirksomheder, landskabsarkitekter, arkitekter og rådgivere
 - Skabe opmærksomhed om muligheder hos bygherrer og myndigheder
- Løbende formidling om projektet i relevante tidsskrifter og fagmedier, etc.

Rapporten går ikke i detaljer med afholdelsen af de to brancheworkshops, men for begge workshops gælder, at der efterfølgende er lavet blogindlæg om dem på InnoBYGs hjemmeside. Der er ligeledes løbende blevet kommunikeret om projektet, blandt andet gennem oplæg på konferencer, artikler og opslag på LinkedIn.

Fokus for projektet har været at skabe mere cirkularitet i anvendelsen af materialer i forbindelse med anlægsprojekter, og det afspejler valg af cases.

Case 1 – anlægskonstruktioner som ressourcebank

Den første case, Case 1, betragter anlægskonstruktioner som en ressourcebank, og undersøger, hvad det kræver at genindbygge opgravet stabilt grus i stedet for at transportere det bort og anvende det som for eksempel fyldmateriale i andre projekter. Case 1 tager udgangspunkt i et konkret anlægsarbejde i Hestemøllestræde i Helsingør.

Erfaringerne fra Case 1 viser, at der er en række barrierer, der skal overvindes, hvis den nuværende praksis i forbindelse med anlægsprojekter skal ændres, så en større del af de opgravede materialer genbruges i stedet for at blive kørt bort. Disse barrierer er forbundet med byggepladslogistik, normer, økonomi, tid, udbudsprojektets indhold og den menneskelige faktor. Dog viser Case 1, at det ikke nødvendigvis er dyrere at genbruge frem for at anvende nye materialer, hvilket ellers ofte kan være tilfældet. I dette tilfælde var økonomi ikke en barriere for genbrug, hvilket især skyldes reducerede transportomkostninger.

På trods af, at der i casen blev taget hånd om de nævnte barrierer, og der blev udført prøvegravninger og prøveboringer i projekteringsfasen, hvoraf nogle viste tilstedeværelse af stabilt

grus, viser den første del af opgravningen af Hestemøllestræde, at omfanget af rent stabilt grus er meget begrænset. Det er derfor besluttet, at stabilt grus alligevel ikke skal genbruges på første del af strækningen, da der er for lidt materiale tilgængelig til at det giver mening. Ud fra denne erfaring er det forventningen, at eksisterende bundopbygning på resten af strækningen heller ikke er egnet til direkte genbrug. På baggrund heraf er anbefalingen, at hvis man i andre tilsvarende anlægsprojekter ønsker at genbruge stabilt grus, bør der udføres flere prøvegravninger eller -boringer for at skabe et mere repræsentativt billede af vejens eller områdets opbygning. Endelig må det forventes, at der i ældre vejanlæg ikke er genanvendelige forekomster af stabilt grus, med mindre der på et senere tidspunkt har været udført gennemgribende fornyelser af bundopbygning.

Case 2 – anvendelse af sekundære råstoffer i anlægsarbejder

Den anden case, **Case 2**, undersøger, hvordan der kan anvendes beton og tegl fra nedrivning i bygninger i anlægsarbejder. Fokus er på restprodukter fra nedknusning af beton og tegl, da en stor del af beton og tegl allerede i dag anvendes i ubundne bærelag i forbindelse med vejbyggerier. Fokus er desuden på synlige anvendelser for at øge bevidstheden blandt aktører inden for landskabsarkitektur og anlægsgartnere om mulighederne for at anvende genanvendte materialer.

Arbejdet med Case 2 viser, at der er et potentiale for at øge anvendelsen af genanvendte materialer i anlægsarbejder, idet der blev fremstillet et produkt til anvendelse som toplag på stier. Toplaget er fremstillet i forskellige varianter bestående af forskellige blandinger af nedknust beton og tegl for særligt at undersøge produktets æstetiske udtryk. Blandingen af 50 % tegl og 50 % beton vurderes som den variation, der vil have størst potentiale, idet den farvemæssigt forekommer varm, dog uden at syne alt for rød.

En vigtig lære fra arbejdet med Case 2 er, at når man påtænker at anvende sekundære råstoffer, dvs. genanvendte materialer, i stedet for de traditionelle råstoffer som f.eks. sand og grus, skal man være opmærksom på den lovgivning, affaldsmaterialer er omfattet af. Særligt er det vigtigt at være opmærksom på, at nedknuste materialer som beton og tegl som udgangspunkt vil være at betragte som affald, på trods af de minder om traditionelle råstoffer. Det betyder blandt andet, at det kan kræve en tilladelse at anvende materialerne i anlægsarbejder, medmindre man kan godtgøre, at materialerne er sorteret og uforurenede. Det kan variere fra kommune til kommune, hvilken form for dokumentation der lægges til grund for at vurdere, at materialerne er uforurenede.

Opgørelse af CO₂

For begge de to cases er der udført en opgørelse af CO₂-aftrykket forbundet med det konkrete anlægsarbejde. For begge cases er det opgjort, hvor stort CO₂-aftrykket er ved business as usual (i kap. 11 omtalt som den normale tilgang/procedure) og ved en tilgang, hvor der er fokus på henholdsvis genbrug på stedet (Case 1) og genanvendelse af affaldsmaterialer (Case 2).

Opgørelserne viser, at for begge cases er det forbundet med en CO₂-besparelse, hvis genbrug og genanvendelse tænkes ind i projekterne. Opgørelserne viser også, at transport er en vigtig parameter, særligt fordi energiforbruget forbundet med at udvinde sand og grus er forholdsvis beskedent. Det er derfor vigtigt at være opmærksom på, at materialerne ikke transporteres for langt, idet CO₂-besparelsen forbundet med at genbruge eller genanvende ellers forsvinder.

3. Begrebsoversigt

I det følgende beskrives en række begreber og definitioner, som er relevante at kende, når man arbejder med affald og ressourcer.

Primære råstoffer: En betegnelse, der anvendes om råstoffer, når de anvendes første gang. Ofte ses også betegnelsen "virgine" eller "jomfruelige" råstoffer anvendt. Eksempler på mineralske råstoffer er sand, grus, ler, sten.

Sekundære råstoffer: En betegnelse, der anvendes, når materialer anvendes igen, f.eks. når nedknust beton anvendes som tilslag i ny beton eller i anlægsprojekter. Andre betegnelser er genanvendte eller genbrugte materialer/råstoffer. Sekundære (eller genanvendte/genbrugte) råstoffer er således affaldsstrømme, der er blevet oparbejdet eller behandlet på en sådan måde, at de igen kan indgå i ressourcekredsløbet.

Affaldsbekendtgørelsen¹ definerer en række begreber knyttet til affald såvel som behandling af affald:

Affald: "Ethvert stof eller enhver genstand, som indehaveren skiller sig af med eller agter eller er forpligtet til at skille sig af med."

Genbrug: "Enhver operation, hvor produkter eller komponenter, der ikke er affald, bruges igen til samme formål, som de var udformet til". Nogle gange ser man betegnelsen "direkte genbrug" anvendt. Denne betegnelse anvendes typisk for at vise, at der ikke skal ske nogen forarbejdning af materialerne. Direkte genbrug svarer til affaldsbekendtgørelsens definition af genbrug.

Forberedelse med henblik på genbrug: "Enhver nyttiggørelsesoperation i form af kontrol, rengøring eller reparation, hvor produkter eller produktkomponenter, der er blevet til affald, forberedes, således at de kan genbruges uden anden forbehandling."

Genanvendelse: "Enhver nyttiggørelsesoperation, hvor affaldsmaterialer omforarbejdes til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten de bruges til det oprindelige formål eller til andre formål. Heri indgår omforarbejdning af organisk materiale, men ikke energiudnyttelse og omforarbejdning til materialer, der skal anvendes til brændsel eller til opfyldningsoperationer."

Nyttiggørelse: "Enhver operation, hvis hovedresultat er, enten at affald opfylder et nyttigt formål ved at erstatte anvendelsen af andre materialer, der ellers ville være blevet anvendt til at opfylde en bestemt funktion, eller at affaldet bliver forberedt med henblik på at opfylde den bestemte funktion i anlægget eller i samfundet generelt."

Anden endelig materialenyttiggørelse: "Enhver nyttiggørelsesoperation, bortset fra de operationer, hvor affald forberedes til genbrug, genanvendes, energiudnyttes ved forbrænding eller forbehandles."

¹ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

Materialenyttiggørelse: ”Forberedelse til genbrug, genanvendelse eller anvendelse til anden endelig materialenyttiggørelse eller forbehandling med henblik på en af de nævnte behandlingsformer.”

I det reviderede affaldsdirektiv² (endnu ikke implementeret i Danmark) defineres derudover begrebet ”opfyldning” – eller backfilling:

Opfyldning: ”En nyttiggørelsesoperation, hvor egnet ikke-farligt affald anvendes til reetablering af udgravede områder eller til ingeniørtekniske formål i forbindelse med landskabsudformning. Affald, der anvendes til opfyldning, skal erstatte materialer, som ikke er affald, være egnet til ovennævnte formål og være begrænset til den strengt nødvendige mængde til at opfylde disse formål”.

Udover ovennævnte autoritative definitioner ses nedenstående begreber også ofte anvendt i forbindelse med genanvendelse eller genbrug af affaldsmaterialer. Begreberne har ikke ophæng i affaldslovgivningen, og vi bruger dem ikke i denne publikation.

Upcycling: Bruges om processen med at omdanne affaldsmaterialer til nye materialer eller produkter af (formodentlig) bedre kvalitet og miljøværdi.

Downcycling: Bruges om processen med at omdanne affaldsmaterialer til nye materialer eller produkter af (formodentlig) lavere kvalitet og miljøværdi.

² Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv (EU) 2018/851 af 30. maj 2018 om ændring af direktiv 2008/98/EF om affald

4. Baggrund og formål

Baggrund

Anlægsprojekter som veje, broer, havne mv. kræver store mængder mineralske råstoffer, særligt i form af grus, sand, sten og jord. Råstoffer, der langt overvejende indvindes i Danmark fra land og hav. Omkring 70 % af de mineralske råstoffer anvendes i anlægsprojekter, mens de resterende 30 % anvendes til bygninger³. Det betyder, at vores anlægskonstruktioner og bygninger kan betragtes som en form for ressourcebank med en stor mængde indlejrede råstoffer.

De seneste år har der været stor fokus på forbruget af mineralske råstoffer, særligt fordi disse råstoffer er ikke-fornybare, og de bliver sværere at indvinde over tid. Det skyldes, at der er pres på Danmarks arealer, da næsten hele Danmarks areal er i brug. Det betyder, at råstofindvinding skal prioriteres i forhold til andre anvendelser af arealerne, f.eks. landbrug, byer, skove, veje, rekreative områder, etc. Lokalt kan der også opstå råstofmangel. Danske Regioner estimerer f.eks., at der med de nuværende indvindingsstilladelser og den forventede efterspørgsel er råstoffer tilbage til mellem 14 og 43 års indvinding⁴ afhængig af, hvilken region man befinder sig i.

Der er forskellige måder, hvorpå råstofindvinding kan blive mere bæredygtig: Forbruget af mineralske råstoffer bør minimeres, der skal kun bruges råstoffer af høj kvalitet hvor der er behov, råstofindvindingen skal styres intelligent, og endelig skal bygge- og anlægsaffald genbruges og genanvendes som erstatning for jomfruelige råstoffer⁵.

Netop det sidste punkt – genbrug og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald – er fokus for dette projekt.

Formål

Formålet med projektet er at belyse, hvordan nogle af de volumenmæssigt største affaldsstrømme fra bygge- og anlægsbranchen kan opgraderes og recirkuleres i bygge- og anlægsprojekter.

Dette er belyst gennem to cases med hvert sit fokusområde. De to cases er valgt på baggrund af en indledende undersøgelse af, hvilke affaldsstrømme der har størst potentiale for recirkulering.

I den første case undersøges det, hvordan brugte grusmaterialer kan oparbejdes på stedet og blive brugt igen.

Den anden case undersøger, hvordan beton- og murstensaffald kan opgraderes og indgå i anlægs- og landskabsarbejder.

Casene beskrives i detaljer i henholdsvis kap. 9 og 10.

³ Teknologisk Institut (2020): Fremtidens byggematerialer – har vi mangel på råstoffer? Grundejernes Investeringsfond.

⁴ https://www.regioner.dk/media/5365/copenhageneconomics_raastofferer-der-behov-for-en-national-strategi_2017.pdf

⁵ Teknologisk Institut (2020): Fremtidens byggematerialer – har vi mangel på råstoffer? Grundejernes Investeringsfond.

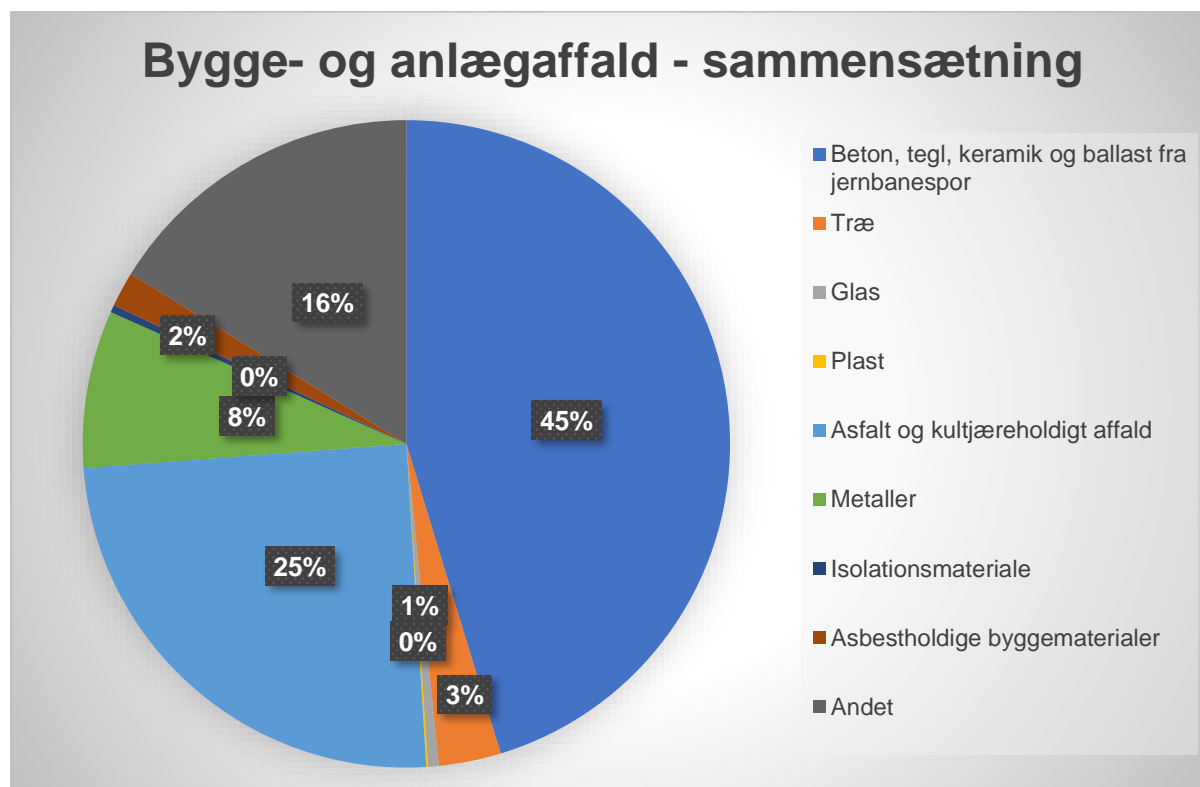
5. Indledning

Håndtering af affald fra bygge- og anlægsbranchen

Bygge- og anlægsaffald er affald, der stammer fra renovering, nedrivning og nybyggerier.

Der generes hvert år store mængder bygge- og anlægsaffald, og bygge- og anlægsbranchen står for omkring 40 % af den samlede affaldsproduktion i Danmark. I 2018 blev der genereret ca. 5 mio. tons bygge- og anlægsaffald (ekskl. jord)⁶. Hvis jord medtages, er tallet i stedet 12 mio. tons.

Sammensætningen af bygge- og anlægsaffald fremgår af **Figur 1**.

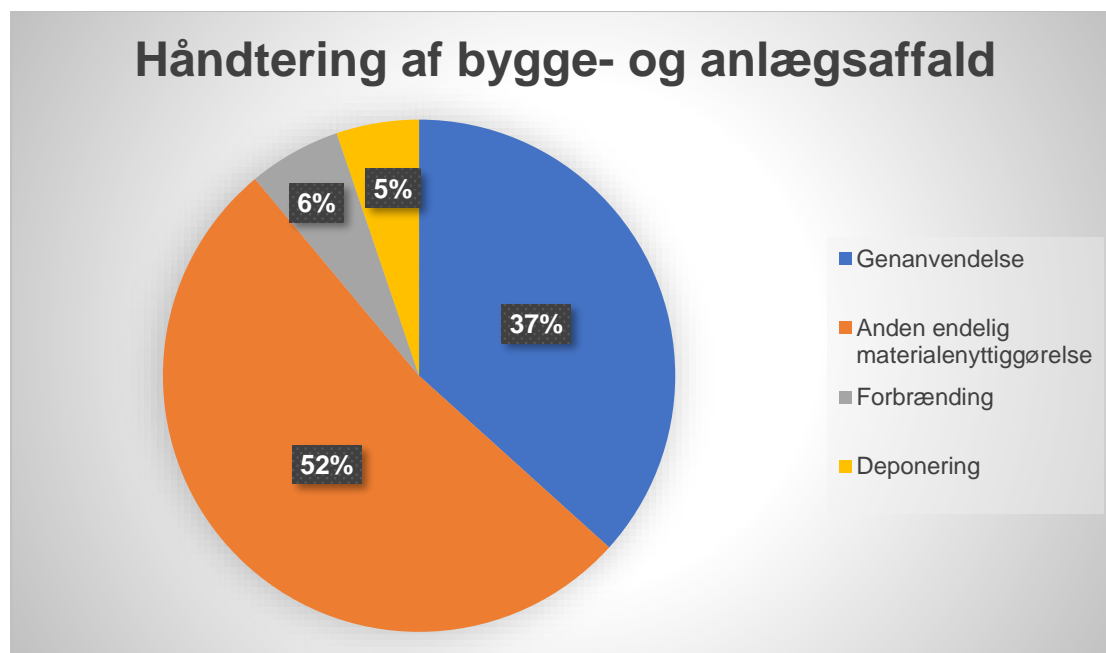


Figur 1. Sammensætning af bygge- og anlægsaffald i 2018 (ekskl. jord). Kilde: Affaldsstatistik 2018.

Det fremgår af figuren, at den største andel udgøres af beton, tegl, keramik og ballast fra jernbanespor (45 %), mens den næststørste andel udgøres af asfalt samt kultjæreholdige materialer (25 %). Herudover er der en række forskellige affaldsmaterialer såsom metaller (8 %), træ (3 %) og asbestholdigt affald (2 %).

Det fremgår af **Figur 2**, hvordan bygge- og anlægsaffald blev håndteret i 2018.

⁶ Baseret på oplysninger i Affaldsstatistik 2018, Miljøprojekt nr. 2133 fra Miljøstyrelsen



Figur 2. Håndtering af bygge- og anlægsaffald i 2018 (ekskl. jord). Kilde: Affaldsstatistik 2018.

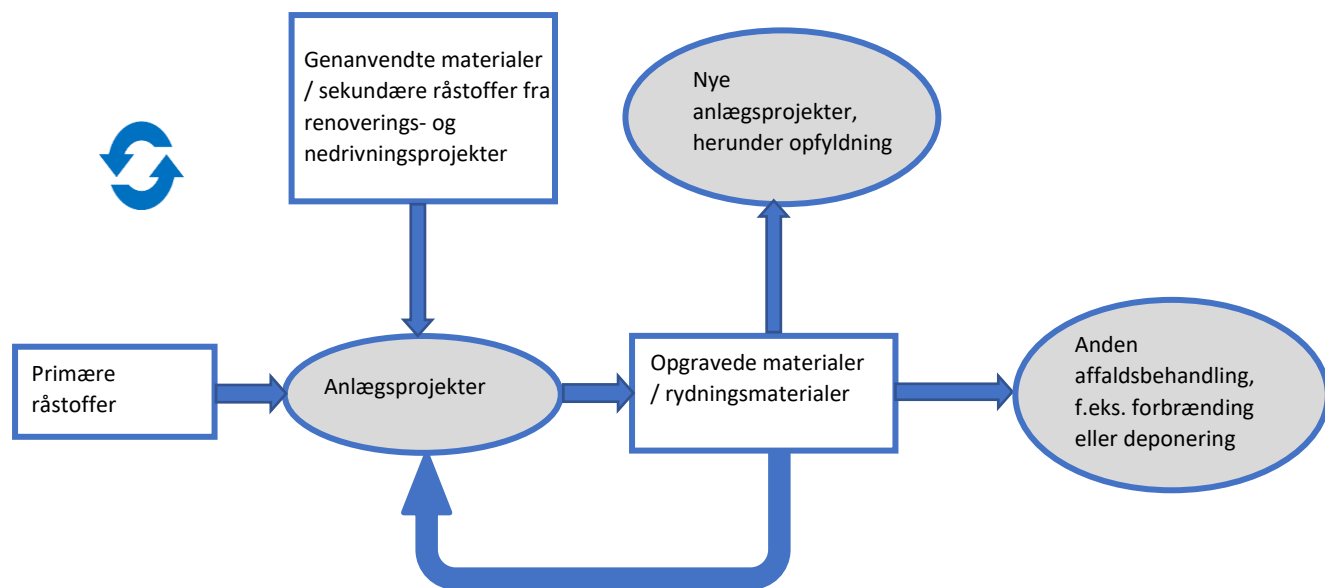
Som det ses af figuren, er der kun en mindre del, der bliver enten forbrændt (6 %) eller deponeret (5 %). Resten af affaldet bliver enten genanvendt (37 %) eller anden endelig materialenyttiggjort (52 %). Med genanvendt menes, at affaldet er blevet brugt til at fremstille nye materialer, f.eks. metalaffald, der omsmeltes til nyt metal. Anden endelig materialenyttiggørelse er f.eks. når affaldsmaterialer nedkuses og anvendes til vejbyggeri eller i støjvolde. I Danmark er der en lang tradition for at udnytte mineralske affaldsfraktioner som erstatning for primære råstoffer, hvilket er årsagen til, at det kun er en begrænset del, der enten forbrændes eller deponeres.

Øget grad af ressourceudnyttelse i anlægs- og landskabsarbejder

På byggeprojekter er der et stort men endnu ikke udnyttet potentiale for at 1) udnytte affaldsmaterialer fra renoverings- og nedrivningsprojekter som erstatning for primære råstoffer som sand, grus, sten osv. til anlægsarbejderne omkring den nye bygning og 2) opgradere og recirkulere affaldsmaterialer fra anlægsarbejder direkte i nye anlægs- og landskabsarbejder.

Anlægsarbejderne omkring en ny bygning er ofte kendetegnet ved et stort ressourceforbrug til transport af især jord og grusmaterialer. Stedlige og ofte velegnede ressourcer udskiftes med nye materialer pga. fastlåste normkrav til dokumentation.

Figur 3 viser massestrømmene i forbindelse med udførelse af et anlægsprojekt.



Figur 3. Massestrømme i forbindelse med anlægsprojekter. Pilenes tykkelse er vist som ens, og afspejler dermed ikke nødvendigvis størrelsen af de enkelte flows, da de kan variere.

Det fremgår af figuren, at der i forbindelse med etablering af nye anlæg anvendes primære råstoffer (f.eks. sand, grus og jord), genanvendte materialer (sekundære råstoffer, f.eks. nedknust beton) og oparbejdede stedlige materialer. Det vil afhænge af det konkrete projekt, hvor stor en andel de forskellige typer materialer udgør, men i mange projekter, vil de primære råstoffer udgøre størstedelen af de materialer, der anvendes.

Figuren illustrerer ligeledes, at der er ved etablering af et anlæg, f.eks. en vej, også vil opstå materialer, der skal håndteres. Det kan være i form af jord der graves op, og som efterfølgende kan indgå i nye anlægsprojekter, herunder opfyldningsprojekter. Det kan også være affald, der skal forbrændes (f.eks. opgravede rødder og stød), komposteres (f.eks. træer) og deponeres (f.eks. stærkt forurenede jord). Nogle gange anvendes det opgravede materiale på stedet, dvs. det indgår i det nye projekt. De fleste materialer vil dog typisk gå til opfyldning (nyttiggørelse).

6. Metode

Projektets overordnede formål er – som tidligere nævnt - at belyse, hvordan nogle af de volumenmæssigt største affaldsstrømme fra bygge- og anlægsbranchen kan opgraderes og recirkuleres i bygge- og anlægsprojekter.

Udover at pege på løsninger for anvendelse af affaldsstrømme i bygge- og anlægsprojekter har projektet haft en række mere specifikke formål:

- Vidensindsamling om relevante affaldsstrømme: typer, kvaliteter, anvendelsespotentialer, kvalitetskrav, barrierer, miljøpotentialer.
- Oparbejdning og demonstration af anvendelsen af de udvalgte affaldsstrømme
- Vurdering af miljøaftryk
- Afholdelse af to brancheworkshops med henblik på at:
 - Skabe dialog mellem entreprenører, nyttiggørelsesvirksomheder, landskabsarkitekter, arkitekter og rådgivere
 - Skabe opmærksomhed om muligheder hos bygherrer og myndigheder
- Løbende formidling om projektet i relevante tidsskrifter og fagmedier, etc.

Vidensindsamlingen om relevante affaldsstrømme er foregået løbende gennem projektet, men afgrænsningen i forhold til identificering af, hvilke affaldsstrømme, der skulle være udgangspunktet for projektet, fandt sted i første del af projektet.

Oparbejdning og demonstration af anvendelsen af de udvalgte affaldsstrømme er foregået med udgangspunkt i to forskellige cases. Den første case, **Case 1**, undersøger, hvordan brugte grusmaterialer kan oparbejdes på stedet og blive brugt igen, og særligt LYTT Architecture og Malmos har været involveret. Fokus for casen var normkrav, oplagringsmuligheder, udbud og økonomi, og casen har ophæng i et konkret projekt. I skrivende stund (december 2020) er arbejdet på første del af strækningen gået i gang, og opgravningen her har vist, at omfanget af rent stabilt grus er meget begrænset på trods af prøveboringer, der indikerede det modsatte.

Den anden case, **Case 2**, undersøger, hvordan beton- og murstensaffald kan opgraderes og indgå i anlægs- og landskabsarbejder, og her har det særligt været Out of Office Architecture, Norrecco og Malmos, der har været udførende. Affald af beton og mursten er blevet oparbejdet og udlagt hos Malmos for demonstration af materialernes egenskaber.

Vurdering af miljøaftryk har taget udgangspunkt i de to cases, og CO₂-aftryk er blevet bestemt for begge cases.

Et centralt mål for projektet var at **skabe dialog på tværs af byggeriets parter**, og der blev derfor afholdt to workshops i løbet af projektperioden. Temaet for begge workshops var, hvordan anlægs- og landskabsarbejder kan bidrage til den cirkulære økonomi, samt hvilke potentialer og udfordringer, der er forbundet med øget cirkularitet. I den første workshop deltog flere end 50 personer, i den anden omkring 30 personer. I begge workshops blev potentialer og udfordringer flittigt drøftet af en bred skare af repræsentanter fra byggeriets parter.

Igennem hele projektperioden er der blevet **formidlet viden og resultater fra projektet** gennem blogindlæg, LinkedIn-opslag, artikler, oplæg på konferencer og de to ovennævnte workshops.

7. Vidensindsamling om relevante affaldsstrømme

I projektet har vi brugt følgende kriterier til at identificere de affaldsfraktioner, vi ville fokusere på:

- Affaldsfraktioner, der er relevante i forhold til landskabsarbejder
- Affaldsfraktioner, der har et stort potentiale (mængde, efterspørgsel, etc.)
- Affaldsfraktioner, der kan anvendes højere oppe i affaldshierarkiet⁷
- Affaldsfraktioner, hvor transport reduceres.

På baggrund af kriterierne blev det valgt at fokusere på følgende affaldsfraktioner:

- Opgravet materiale af sten og grus
- Affald af beton og tegl

Materialer i fokus - opgravet materiale af sten og grus

Det fremgår af **Tabel 1**, hvilke opgravede fraktioner af henholdsvis sten og grus, vi indledningsvist vurderede som relevante i forhold til øget recirkulering.

Tabel 1. Oversigt over opgravede materialefraktioner.

Opgravet materiale af sten og grus	
Sten	Grus
Granitskærver	Stigrus
Blandingsmateriale (f.eks. makadam)	Afretnings- og sættegrus
	Stabilt grus
	Bundsikringsgrus

En fællesnævner for materialefraktionerne i **Tabel 1** er, at det er materialer, der anvendes i forholdsvis store mængder i anlægs- og landskabsarbejder. De største mængder vil udgøres af blandingsmaterialer, stabilt grus og forskellige grusfraktioner anvendt som bundsikringsgrus. Ved rydning af flise- og granitbelægninger kan der forekomme forholdsvis store mængder afretnings- og sættegrus.

I Bilag 1 og Bilag 2 er den indsamlede viden om materialerne nævnt i **Tabel 1** samlet. Følgende parametre er belyst:

- Materiale og kornstørrelse
- Primær anvendelse i dag i anlægsarbejder

⁷ Affaldshierarkiet er et prioriteringsværktøj for affaldspolitikken i Danmark og EU. Affaldsforebyggelse skal prioriteres højest, herefter kommer forberedelse med henblik på genbrug, så genanvendelse, dernæst anden nyttiggørelse (f.eks. forbrænding med energiudnyttelse) og til sidst bortskaffelse (f.eks. deponering). Kilde: <https://vcob.dk/vc%C3%B8b/cirkulaer-nedrivning/hvad-er-byggeaffald/affaldshierarkiet/>

- Håndtering og anvendelse, når materialet bliver til affald
- Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse
- Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse
- Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse
- Barrierer knyttet til alternativ anvendelse
- Miljømæssigt potentiale

På baggrund vurderingen af materialerne ud fra ovennævnte parametre, er det vurderet, at det er stabilt grus, som har det største potentiale for recirkulering.

Materialer i fokus - affald af beton og tegl

Det fremgår af **Tabel 2**, hvilke affaldsfraktioner af beton og tegl, vi indledningsvist vurderede som relevante i forhold til at pege på alternative anvendelser af materialerne.

Tabel 2. Oversigt over affaldsfraktioner af beton og tegl med potentiel alternativ anvendelse.

Alternative anvendelser af beton og tegl i landskabsarbejder	
Beton	Tegl
Genbrug af intakte betonfliser/belægningssten	Mursten – nedknusning (til grov fraktion) og anvendelse som bunddække
Betonkonstruktioner – udskæring og anvendelse som belægningsmateriale	Mursten – nedknusning (til fin fraktion) og anvendelse som toplag på stier og pladser
Betonkonstruktioner – nedknusning og anvendelse i gabioner	Mursten – hele eller brækkede anvendt i gabioner
Betonkonstruktioner – nedknusning af anvendelse af den fine fraktion og anvendelse som f.eks. topmateriale.	

Det gælder for affald af både beton og tegl, at nyttiggørelsesgraden i dag er høj i form af anvendelse som ubundne bærelag i vejbyggeri. Vi har derfor tænkt i alternative anvendelser og særligt haft fokus på landskabsarbejder.

I Bilag 3 og Bilag 4 er den indsamlede viden om materialerne nævnt i **Tabel 2** samlet. Følgende parametre er belyst:

- Håndtering og anvendelse, når materialet bliver til affald
- Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse
- Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse
- Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse
- Barrierer knyttet til alternativ anvendelse

- Miljømæssigt potentiale

På baggrund af vurderingen af materialerne ud fra ovennævnte parametre, er det vurderet, at det for betons vedkommende er anvendelse som topmateriale (nedknust og evt. blandet med et andet materiale) eller brolægningssgrus (blandet med grusgravsmateriale), som har det største potentiale for en alternativ anvendelse. For tegl er vurderingen at anvendelse som topmateriale (nedknust og evt. blandet med et andet materiale) har det største potentiale.

8. Vigtig lovgivning og standarder

Alternative anvendelser af de udvalgte materialer kræver indsigt i tekniske såvel som lovgivningsmæssige krav forbundet med anvendelsen. I det følgende ses en kort gennemgang af de bekendtgørelser og standarder, vi har vurderet som værende de mest relevante. Det skal dog slås fast, at gennemgangen ikke er en fuld juridisk gennemgang.

Miljø, affald og jord – vigtig regulering

Miljøbeskyttelsesloven⁸ er en central lov i miljølovgivningen, og formålet med loven er at beskytte natur og miljø. Centrale paragraf: § 19 siger, at stoffer, produkter og materialer, der kan forurene grundvand, jord og undergrund, ikke uden tilladelse må nedgraves i jorden, udledes eller oplægges på jorden eller afledes til undergrunden.

Affaldsbekendtgørelsen⁹ er relevant for affaldshåndtering og har hjemmel i miljøbeskyttelsesloven. Affaldsbekendtgørelsen indeholder de vigtigste regler om kommuners og privates indsamling og håndtering af affald. Det fastslås blandt andet, at affald er ethvert stof eller enhver genstand, som indehaveren skiller sig af med eller agter eller er forpligtet til at skille sig af med (§ 2). Det fremgår desuden, at det er kommunen, som afgør, om genstand er affald, og hvilken type det er (§ 4).

Restproduktbekendtgørelsen¹⁰ fastsætter regler om anvendelse af restprodukter (slagter fra affaldsforbrænding samt bundaske og flyveaske fra kulfyrede kraftværker), jord og sorteret bygge- og anlægsaffald til bygge- og anlægsarbejder. Restproduktbekendtgørelsen definerer, hvad der i bekendtgørelsen forstås ved bygge- og anlægsarbejder (§ 2 (5)), jord og restprodukter (bilag 1) og sorteret, uforurenet bygge- og anlægsaffald (bilag 2). Det fremgår af § 2 (11), hvilke sorterede fraktioner af bygge- og anlægsaffald, der er omfattet af bekendtgørelsen. Det er f.eks. beton og uglaseret tegl. Restproduktbekendtgørelsen fastsætter regler om, under hvilke betingelser f.eks. jord og bygge- og anlægsaffald må anvendes uden tilladelse fra kommunen. For jord og restprodukter er der fastsat grænseværdier for farlige stoffer, som bruges til at bestemme, hvilken kategori materialerne tilhører. For bygge- og anlægsaffald er der endnu kun fastsat en grænseværdi for PCB, men ikke for de øvrige farlige stoffer (f.eks. tungmetaller). Det betyder, at det kan være svært at vurdere, hvornår bygge- og anlægsaffald kan betragtes som uforurenet. I mangel af bedre benytter en række kommuner jordkvalitetskriterierne til at vurdere, om affaldet kan betragtes som uforurenet. Der kan læses mere herom i "Forvaltningsgrundlag for bygge- og anlægsaffald" udarbejdet af en række sjællandske kommuner.¹¹

Jordforureningsloven¹² skal medvirke til at forebygge, fjerne eller begrænse jordforurening og forhindre eller forebygge skadelig virkning fra jordforurening på natur, miljø eller menneskers sundhed. Opgravet jord, herunder f.eks. opgravet bærelag, skal håndteres efter jordforureningsloven, og alle, der flytter jord uden for den ejendom, hvor den er opgravet, og enhver, der anvender jorden, skal sikre sig, at jorden ikke skader natur, miljø eller menneskers sundhed (§ 50).

⁸ Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse (LBK nr. 1121 af 03/09/2018)

⁹ Bekendtgørelse om affald (BEK nr. 224 af 08/03/2019)

¹⁰ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr. 1672 af 15/12/2016)

¹¹ <https://dakofa.dk/oevrige/baaps/>

¹² Bekendtgørelse af lov om forurenet jord (LBK nr. 282 af 27/03/2017)

Jordflytningsbekendtgørelsen¹³ har hjemmel i jordforureningsloven. Bekendtgørelsen fastsætter regler om anmeldelse og dokumentation ved flytning af jord, herunder f.eks. opgravet bærelag. Alle flytninger af jord fra potentielt forurenede grunde skal godkendes af miljømyndigheden.

Overskudsjord fra bygge- og anlægsprojekter vil som udgangspunkt blive betragtet som affald uanset om jorden er ren eller forurenede. Det afgørende i den forbindelse er, om indehaveren af jorden skiller sig af med den (hvormed jorden betragtes som affald), eller er der tale om et biprodukt¹⁴. Når man håndterer overskudsjord, skal man derfor både forholde sig til regler, der vedrører affald og jord.

Anvendelse af nedknuste såvel som naturlige materialer som ubundne bærelag eller til brolægning og belægningsarbejder

Når nedknuste materialer som beton, tegl og asfalt eller blandinger heraf anvendes som ubundne bærelag i vejbygning skal de overholde Vejdirektoratets vejtekniske forskrifter¹⁵. Det samme gælder naturlige materialer som f.eks. stabilt grus produceret af udvundet sand og grus. I de vejtekniske forskrifter stilles der krav til blandt andet komprimerbarhed og bæreevne. Specifikationerne fremgår af **DS/EN 13285: 2018** ("Ubundne blandinger – Specifikationerne"), **DS/EN 13242 + A1: 2008** ("Tilslag til ubundne og hydraulisk bundne materialer til vejbygning og andre anlægsarbejder"), **DS/EN 13286-5:2003** ("Vejmaterialer – Ubundne og hydraulisk bundne blandinger – Del 5: Prøvningsmetoder til laboratoriebestemmelse af referencedensitet") og **DS/EN 933-1:2013** ("Metoder til prøvning af tilslags geometriske egenskaber – Del 1: Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling – Sigteanalyse"). I forhold til udførelseskrav refereres til Vejdirektoratets udbuds- og anlægsforskrifter for bundsikring af sand og grus (**Vejdirektoratet 203b**).

Når naturlige eller nedknuste materialer anvendes i forbindelse med udførelse af brolægning og belægningsarbejder skal det ske i henhold til **DS 1136:2013** ("Brolægninger og belægningsarbejder"). Standarden fastlægger krav til projektering, udarbejdelse af udbudsmateriale og udførelse af brolægning.

Normer og vejledning for anlægsgartnerarbejde 2015 er central i forhold til udførelse af anlægsgartnerarbejde, idet den samler alle relevante normer (retningslinjer) for f.eks. dimensionering af belægningsarbejder, mv.

¹³ Bekendtgørelse om anmeldelse og dokumentation i forbindelse med flytning af jord (BEK nr. 1452 af 07/12/2015)

¹⁴ <https://jurainfo.dk/artikel/nyttiggoerelse-af-jord-i-en-krydsild-af-tilladelseskrav>

¹⁵ Nedknuste materialer af beton, tegl og asfalt er omfattet af affaldsreglerne.

9. Case 1: Anlægskonstruktioner som ressourcebank – hvad kræver det at kunne anvende opgravet sten og grus på stedet?

Formål med case

Formålet med denne case er at undersøge, hvad det kræver at genindbygge opgravet stabilt grus i stedet for at transportere det bort og anvende det som for eksempel fyldmateriale i andre projekter.

Fokus er på normkrav, oplagringsmuligheder, udbud og økonomi.

Der indgår desuden en undersøgelse af, hvordan "genbrugsmateriale" af knust beton kan anvendes som alternativt sætte- og fugemateriale i granitbelægninger.

Problemstilling

Anlægskonstruktioner indeholder en stor mængde ressourcer som grus, sand, sten og jord, som – når konstruktionen ikke længere skal bruges, eller den skal ændres – potentielt kan bruges igen. I denne case er fokus stabilt grus.

Stabilt grus er valgt, fordi materialet i de fleste anlægsprojekter indgår i betydelige mængder og er et materiale, som ofte allerede forefindes indenfor projektområderne som eksisterende indbygget materiale.

En stor del af de opgravede ressourcer bliver ofte genanvendt i nye anlægsprojekter, herunder anvendt som opfyldningsmateriale eller bundsikringsmateriale. Kun undtagelsesvist bliver de opgravede ressourcer anvendt på stedet med samme funktion som oprindeligt (direkte genbrug), og i stedet anvendes der jomfruelige materialer eller oparbejdede, genanvendte materialer (dvs. sekundære råstoffer) fra andre renoverings- eller nedrivningsprojekter. Årsagen til, at det opgravede materiale ikke anvendes på stedet, skyldes især normkrav til f.eks. dokumentation af bæreevne og renhed, oplagringsmuligheder (byggepladslogistik) og økonomi. Vurderingen er, at med en god beskrivelse af opgravningsprojektet, vil det være muligt at holde stabilt grus adskilt fra f.eks. jord, afretningsgrus eller bundsikring som det ellers ofte blandes sammen med, når det opgraves.

Der er en risiko for, at de involverede parter i tilfælde, hvor der kan rejses tvivl om bærelagets egenskaber, automatisk reagerer ved at anbefale, at der anvendes nye materialer frem for genbrugte, for at undgå ansvarspådragelse. Vi ser åbenhed, samarbejde og gensidig forståelse mellem entreprenør, rådgiver og bygherre som forudsætninger for, at bygherren tør udvise en risikovillighed, ved en vurdering af grusets egnethed, hvis bærelaget ved eftervisning af komprimering viser sig ikke helt at overholde normerne.

Udover direkte genbrug af bærelagsmaterialer ligger der ved belægningsarbejder et potentiale i genanvendelse af knust beton som alternativt sætte- og fugemateriale. I casen arbejdes der med at blande 0/4 mm knust beton, der er en restfraktion ved nedknusning af beton, som ikke umiddelbart finder anden anvendelse, med granitskærver og anvende blandingen som alternativt sætte- og fugemateriale.

Beskrivelse af testlokalitet

Helsingør Kommune og Forsyning Helsingør er bygherrer på et renoverings- og klimatilpasningsprojekt for den historiske gade Hestemøllestræde i Helsingør, hvor LYTT Architecture

er hovedrådgivere. Det blev med bygherres accept muligt at anvende projektet for Hestemøllestræde som konkret case igennem såvel projektering, udbud og udførelse.

Anlægsprojektet i Hestemøllestræde omfatter store ledningsarbejder og efterfølgende belægningsarbejder i hele gaden, hvor gadens profil ændres, så regnvand kan håndteres på overfladen. Den fremtidige belægning i strædet udføres med granitmaterialer. Det fremgår af **Figur 4**, hvordan gaden forventes at se ud, når anlægsprojektet er færdiggjort.



Figur 4. Hestemøllestrædes fremtidige forhold. Visualisering.

Forudsætningerne for bygherres accept var, at rådgiverhonorar ikke måtte belastes af den udvidede projektering med hensyn til genbrug af bærelag. Det var ligeledes et krav, at anlægsøkonomien ikke måtte belastes.

Det er målet, at eksisterende stabilt grus i bærelag skal genbruges direkte som bærelag. På baggrund af forundersøgelser, er det skønnet at lagtykkelse og kvalitet af bærelag gør det muligt med direkte genbrug på omkring halvdelen af gadens samlede areal.

Ud over genbrug af bærelag, anvendes der alternativt sætte- og fugemateriale af knust beton/skærver på udvalgte testfelter. På den øvrige del af belægningen anvendes en skarpkantet grus/skærveblanding.

I skrivende stund (december 2020) har projektet været i udbud og anlægsprenøren er fundet. Ledningsarbejder er i gang og eksisterende asfaltbelægning er ryddet på ca. halvdelen af vejstrækningen. Rydning af eksisterende bærelag er opstartet på strækningen tættest på bymidten.

Parametre og barrierer

I den tidlige del af case-forløbet identificerede vi følgende vigtige parametre og mulige barrierer, som efterfølgende blev forsøgt adresseret i projekterings- og udbudsfasen:

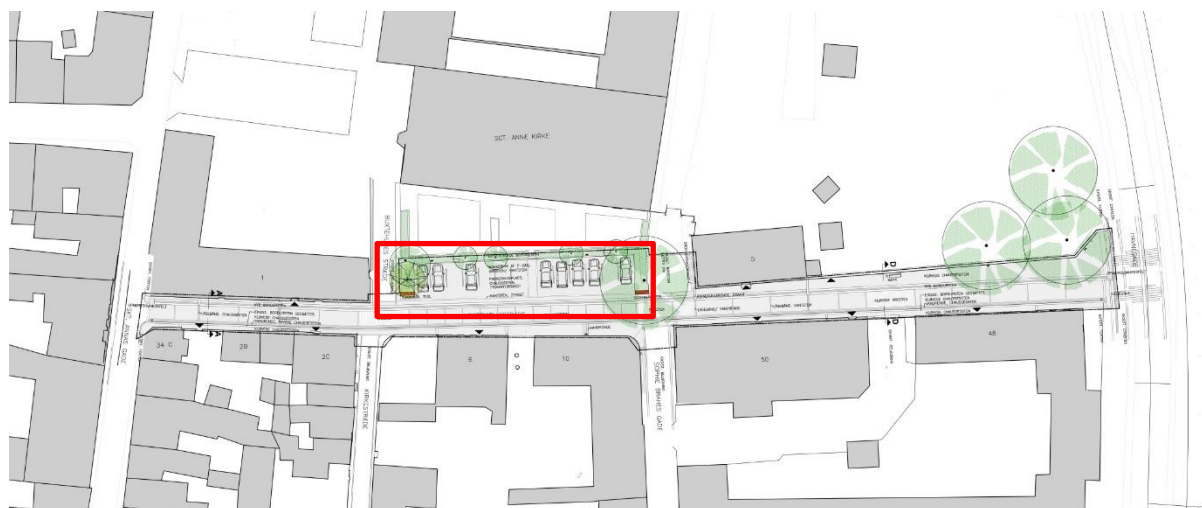
- Byggepladslogistik
- Normer
- Økonomi
- Tid
- Udbudsprojekts indhold
- Den menneskelige faktor

Nedenfor er arbejdet med de enkelte parametre beskrevet kort, herunder status og hidtidige erfaringer.

Byggepladslogistik

Muligheden for direkte genbrug af stabilt grus til bærelag afhænger af, at der er tilstrækkeligt plads på byggepladsen til etablering af et depot, hvor afgravet grus kan opbevares, til det skal genindbygges. Det vil ofte være et problem på vejprojekter, hvor der i sagens natur er tale om lange, smalle entrepriseområder.

På Hestemøllestræde indgår en eksisterende parkeringsplads i entrepriseområdet, og den kan anvendes til materialeoplag i en del af anlægsperioden (se **Figur 5**). Derudover stiller Helsingør Kommune et areal i 1,5 km afstand til rådighed som materialedepot. Forudsætningerne for etablering af depot fremgår tydeligt af udbudsmaterialet, så det kan indgå i entreprenørens prissætning af opgaven.



Figur 5. Oversigt over området omkring Hestemøllestræde.

I praksis udgør de snævre arbejdsarealer en barriere for etablering af depot inden for entreprisegrænsen, hvilket til dels skyldes de omfattende ledningsarbejder i projektet. Etablering af dybtliggende kloakledning udføres ved gennempresning hvilket medfører etablering af store, dybe pressegruber og tilstedeværelsen af stort maskineri på pladsen.

Normer

Normer for komprimering af stabilt grus er svære at dokumentere på eksisterende bærelag, der genindbygges. Efterprøvning af komprimeringsgraden ved isotopsondemåling på udlagt bærelag kræver, at man har en referenceværdi på det indbyggede materiale. Ved anvendelse af nyt stabilt grus direkte fra grusgrav oplyses denne referenceværdi af leverandøren. Ved direkte genbrug af stabilt grus kan en referenceværdi opnås ved at få foretaget en laboratorietest på en materialeprøve taget af det blotlagte, ensartede bærelag, der ønskes genindbygget.

Udbudsmaterialet skal klart beskrive krav til omfang af prøver, så det kan indgå i entreprenørens prissætning af opgaven.

Økonomi

Anlægsudgifter til genbrug omfatter håndtering af eksisterende materiale, herunder oplægning i depot, afdækning og tørholdelse. Afstand til depot har afgørende betydning for anlægsudgifterne idet transport af materialer typisk udgør en væsentlig udgiftspost. Udgifter til genbrug skal holdes op imod udgifter til borttransport af afgravet materiale, bortskaffelse, indkøb af nye materialer og transport af nye materialer, hvis eksisterende bærelag bortskaffes og erstattes med nyt.

I projektet for Hestemøllestræde forudsættes, at cirka halvdelen af bærelaget kan genbruges. Derfor indeholder tilbudslisten også poster for traditionel håndtering af eksisterende bærelag i form af bortskaffelse og erstatning med nyt materiale.

Licitationsresultatet viser, at gennemsnitspriserne for genbrug ligger omkring 70 % lavere end priserne for udskiftning. Det er vores vurdering, at prisforskellen primært skyldes, at transportudgifter minimeres ved genbrug i forhold til udskiftning. Byggepladsens beliggenhed i forhold til grusgrav, skønnes derfor at have afgørende betydning for balancen mellem udgifter til genanvendelse og udskiftning.

Der skal desuden medregnes udgifter til indstampningsforsøg (laboratorietest) af bærelagsmaterialet. Ved licitationen lå gennemsnitsprisen pr. prøve på 1.500-1.600 kr. inkl. prøveudtagning og laboratorietest. Der skal udføres i alt 3 prøver.

Tid

Ved genbrug af bærelag skal udførelsestidsplanen tage højde for udførelse af indstampningsforsøg (laboratorietest). Selve laboratorieforsøget tager omkring en uge.

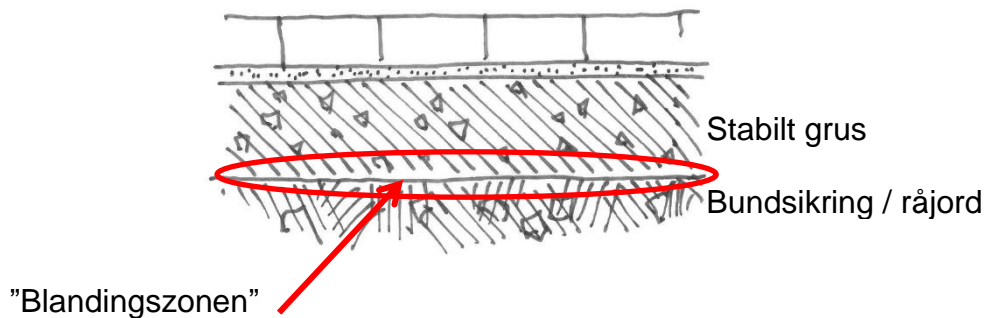
Desuden skal indregnes tid til eventuelt ekstra håndtering af opgravet grusmateriale afhængig af depotets beliggenhed i forhold til byggepladsen.

Udbudsprojekts indhold

Udbudsmaterialet bør ud over forhold vedr. økonomi og tid beskrive følgende:

- Specielle byggepladsforhold, herunder depotforhold

- Håndtering af materiale ved afgravning så opblanding undgås, herunder håndtering af "blandingszonen" i bunden af bærelaget, hvor en vis opblanding med underliggende materiale må forventes (se **Figur 6**).
- Korrekt håndtering af genindbygningseget materiale
- Efterprøvning af eksisterende materiale ved laboratorietest
- Eventuelle forundersøgelser



Figur 6. Skitse af opbygning af vej.

Tilbudslisten bør sikre at nødvendige ydelser prissættes, herunder:

- Afgravning af bærelag til depot for senere genindbygning inkl. vedligeholdelse af depot og tørholdelse
- Reguleringsmængder for udskiftning med nye materialer og genindbygning af eksisterende materialer
- Indstampningsforsøg

Den menneskelige faktor

I anlægsfasen er det vigtigt, at alle involverede personer er blevet informeret og gerne draget aktivt ind i løsningen af opgaven i forhold til genbrug.

Alle gode intentioner kan glippe, hvis maskinføreren ikke har fået den nødvendige viden om arbejdets art, før skovlen sættes i jorden!

Foreløbige erfaringer fra Hestemøllestræde

Konkret er der i projektet for Hestemøllestræde en løbende dialog mellem entreprenørens formand og tilsynet for at vurdere omfang og tilstand af eksisterende bærelag.

Asfaltbelægning er ryddet på den del af gaden, der ligger tættest bymidten. Her har det vist sig, at omfanget af rent stabilt grus er meget begrænset. Det findes udelukkende i en smal rende over en tidligere udført ledningsgrav, dimension ca. 40 cm bredde og 20-25 cm dybde (se **Figur 7**).



Figur 7. Smal rende af rent stabilt grus som bærelag over tidligere udført ledningsgrav.

Den øvrige bærelags-/bundopbygning består i overvejende grad af mørkt, sandet materialet blandet med sten, herunder brosten. Over tidligere etablerede kabler er der desuden indbygget genbrugsbeton for bærelag. **Figur 8** viser det opgravede, blandede materiale.



Figur 8. Opgravet, blandet materiale.

Prøvegravninger udført i projekteringsfasen viste tilstedeværelsen af stabilt grus. Det svarer ikke til det generelle billede beskrevet ovenfor, hvilket sandsynligvis skyldes, at prøvegravninger er sammenfaldende med steder, hvor der tidligere er udført ledningsarbejder.

Den sparsomme forekomst af rent stabilt grus, som en smal rende i gadens længderetning vurderes ikke at kunne opgraves uden væsentlig opblanding med andre materialer. Den samlede mængde rent stabilt grus på strækningen vurderes desuden kun at udgøre maksimalt 3-4 m³. På den baggrund er det besluttet, at forekomsten ikke lægges i separat depot med henblik på direkte genbrug. Med udgangspunkt i erfaringen fra den første del af gaden, er der en forventning om, at billedet er det samme på den resterende del af strækningen. Skulle der mod forventning vise sig større forekomster af rent stabilt grus vil dette blive genbrugt direkte.

Der foretages en vurdering af det øvrige opgravede, blandede materiale med henblik på eventuel genanvendelse som bundsikring og/eller opfyld.

Alternativt sætte- og fugemateriale

Ved sætning af brosten og chaussésten på grusunderlag anvendes typisk brolægninggrus som ubundet sætte- og fugemateriale.

Normen for 0/8 brolæggergrus foreskriver et maksimumindhold af uknuste/runde korn på 30 %. Det brolæggergrus, der findes på markedet, lever typisk ikke op til normkravet. En høj andel af knuste korn har betydning for, hvor godt materialet pakker og dermed afgørende for belægningens holdbarhed.

Det er derfor relevant at undersøge muligheden for at finde et alternativ, der kan opfylde normkrav. Det kan blandt andet ske ved at tilsætte granitskærver til grus for at øge andelen af knuste korn.

I denne case anvendes en blanding af 70 % knust beton 0/4 mm og 30 % granitskærver 2/8 mm. Knust beton indeholder i sagens natur udelukkende knuste korn, men 0/4-fraktionen lever ikke op til normen for brolæggergrus i forhold til kornstørrelse. Derfor tilsættes granitskærver for at sikre at sættematerialets kornstørrelse ligger inden for normens kornkurve.

Det alternative sætte- og fugemateriale anvendes i tre testfelter på Hestemøllestræde (markeret med rødt på **Figur 9**). På den resterende del af strækningen anvendes en blanding af rørgrus 0-6 mm, granitstenmel 0-3 mm og granitskærver 2-8 mm, der ligeledes overholder normkrav til indhold af uknuste korn.



Testfelter; anvendelse af alternativt sætte-/fugemateriale

Figur 9. Testfelterne på Hestemøllestræde.

10. Case 2: Anvendelse af sekundære råstoffer i anlægsarbejder – hvordan kan affald af beton og tegl anvendes i landskabsarkitekturen?

Formål med case

Formålet med denne case er at undersøges, hvordan affald af beton og mursten kan anvendes i landskabsarkitekturen – gerne som et synligt bygningskomponent.

Problemstilling

Anlægs- og landskabsarbejder forbruger en stor mængde ressourcer i form af grus, sand, sten og jord. Hvor der i anlægsarbejder ofte anvendes en vis andel sekundære råstoffer, f.eks. knust beton eller blandinger af knust beton og tegl som ubundne bærelag ved vejbyggeri, er andelen af sekundære råstoffer i landskabsarbejder ofte meget lille.

Samtidigt er der i landskabsbranchen en efterspørgsel på materialer af genbrugte ressourcer, der kan substituere konventionelle produkter af jomfruelige ressourcer. Det øgede fokus på klimabevidsthed og potentiel ressourceknaphed har gjort bygherrer, såvel som arkitekter, interesserede i nye metoder, hvor der anvendes genanvendte eller genbrugte materialer. Desværre fordrer de ganske få produkter på markedet i øjeblikket ikke et brug, der har en betydelig effekt på den samlede klimabelastning.

Derfor er der i denne case fokuseret på at udvikle et simpelt og lavteknologisk produkt af affaldsfraktionerne beton og tegl. Begge affaldsfraktioner udgør i dag en væsentlig andel af den samlede affaldsmængde fra byggeriet. Foruden separate fraktioner af det enkelte materiale findes en stor mængde, hvor fraktioner er sammenblandede, hvorfor det giver mening at analysere potentialerne for produkter af rene og blandede affaldsfraktioner.

Potentielt kan der findes en række forskellige anvendelser for affald af beton og tegl i landskabsprojekter, men det har været ønsket at arbejde med en anvendelse, der ville være synlig for lægperson såvel som fagperson. Dette ønske har været begrundet i behovet for at italesætte de æstetiske og kommunikative potentialer i anvendelse af genbrugte ressourcer. Ved at vælge et synligt produkt, kan resultatet direkte aflæses i det givne landskabsprojekt. Derfor blev det tidligt i projektforsøget besluttet at forsøge at udvikle et materiale til anvendelse på stier, som alternativ til fx. grusstier.

Beskrivelse af testlokalitet

I Nordre Fælled Kvarteret i København har Out of Office Architecture udviklet et midlertidigt landskabsprojekt for By & Havn. Landskabsprojektet har til formål at skabe naturoplevelser på tre tomter, indtil der skal bygges på disse. Præmissen for projektet er, pga. dets midlertidige karakter, at begrænse materialetilførelsen og genbruge så mange ressourcer som muligt.

Afprøvning af nedknust beton og tegl som stimateriale var derfor i tråd med bygherrens ambitioner og det blev derfor accepteret, at projektet kunne bruges som testområde. Fra bygherres side blev der stillet krav om, at anvendelsen ikke øgede de samlede omkostninger ifbm. udlægning af stier, og at det udlagte materiale nemt ville kunne fjernes igen ifbm. med nedlægning af landskabsprojektet.

Målet blev at afprøve et stimeriale af nedknust beton og/eller tegl som toplag på ca. 150 meter stiforløb. Stiens opbygning skulle etableres med et bundsikringslag af stabilgrus. Formålet med at lave en storskalatest var at afprøve æstetiske kvaliteter (ensartethed, tilpasning til omgivelser, mv.) og lade produktet blive udsat for brug fra områdets beboere.

Status er, at landskabsprojektet er færdiggjort, men produktet af nedknust beton og/eller tegl endte med ikke at blive udlagt. I stedet blev stien fremstillet af konventionelle materialer. Da der var tale om et produkt fremstillet af affaldsmaterialer, opstod et uforudset dokumentationskrav fra myndighedernes side om renhed, så sent i processen, at det umuliggjorde anvendelsen. Det vurderes, at dokumentationen kunne have været fremskaffet, og produktet kunne have været anvendt, hvis tidsplanen havde tilladt det.

Det blev i stedet besluttet at teste anvendelsen af materialerne hos Malmos Landskaber i Roskilde, som stillede deres parkeringsplads til rådighed.

Parametre og barrierer

I den tidlige del af case-forløbet identificerede vi følgende vigtige parametre og mulige barrierer for udviklingen af et stimeriale af nedknuste affaldsmaterialer. Disse blev grundlaget for det efterfølgende testforløb.

- Ressourcestrømme og eksisterende anvendelser
- Affaldsfraktionernes beskaffenhed og egenskaber
- Renhed og dokumentation
- Normer
- Æstetik
- Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse
- Økonomi

Parametrene og de mulige barrierer gennemgås på de følgende sider.

Ressourcestrømme og eksisterende anvendelser

For denne case har følgende affaldsfraktioner været interessante:

- Beton
- Mursten
- Tegl og keramik
- Blandinger af ovenstående

Forundersøgelserne er derfor lavet på baggrund af ovenstående, som viste et potentiale for at arbejde med knusning af fraktionerne, da dette er den nuværende behandling af disse fraktioner.

Herefter tog vi udgangspunkt i Norreccos eksisterende behandling og arbejdsgange. Ren beton nedkneses i dag til fraktionen 0-32mm, og anvendes som ubundne bærelag. I fremtiden forventes det dog, at en større del af betonen vil kunne bruges som tilslag i ny beton. Det vil kræve nedknusning til størrelsen 0-16mm, hvor fragmentstørrelsen 0-4mm skal sorteres fra, da kun 8-16mm på nuværende tidspunkt er ønskelig.

Ren tegl nedkneses i dag til en fragmentstørrelse på 0-16mm, hvorefter den fine del (0-4mm) frasorteres. Fraktionen 8-16mm anvendes til fremstilling af "taghavejord", som er et vækstmedie iblandet knust tegl, for at gøre jorden lettere ved brug på konstruktion.

Både når beton skal bruges som tilslag i ny beton, og tegl anvendes som vækstmedie, skabes der et restprodukt (af fraktionen 0-4mm), som i dag ikke finder anvendelse. Det blev derfor besluttet at fokusere på dette restprodukt i den videre proces.

Affaldsfraktionernes beskaffenhed og egenskaber

For både beton og tegl gælder det, at det oprindeligt er naturressourcer, som har gennemgået forskellige typer behandling¹⁶. De besidder derfor en række egenskaber, som er sammenlignelige med konventionelle stimaterialer, fx. udseende og kornstørrelser.

Begge materialer vil dog blive nedbrudt med tiden, hvilket muligvis udfordrer bæreevne og udtryk, og kan stille særlige krav til konstruktion og anvendelse. Nedknust tegl kan desuden optage vand, hvilket gør det til et mere porøst materiale end beton.

Renhed og dokumentation

Da materialerne stammer fra nedrevne bygninger, kan de potentielt være forurenede med farlige stoffer. Hvis nedknust beton og tegl skal anvendes i bygge- og anlægsarbejder uden tilladelse som erstatning for primære råstoffer, skal de i henhold til "Restproduktbekendtgørelsen¹⁷" være sorteret og uforurenede. Vi betragter materialerne som rene og anvendelige til brug i landskabsprojekter, da Norrecco løbende fører kontrol med deres produkter, og dokumentation kan fremskaffes.

Normer

Anvendelse af nedknust beton og tegl som topmateriale til etablering af stier er, så vidt vides, ny og der findes der for ikke konkrete retningslinjer for disse specifikke produkter. Vi sidestiller derfor produkterne med andre stimaterialer og har indbygget dem som sådanne.

¹⁶ Hovedbestanddelene i beton er: sand, sten, vand, cement, flyveaske og additiver.
Hovedbestanddel i tegl: ler.

¹⁷ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr. 1672 af 15/12/2016)

Æstetik

Produkternes endelige udtryk har stor betydning for, hvorvidt produktet kan finde anvendelse i fremtidige landskabsprojekter. I den henseende har særligt farve, struktur og ensartethed betydning. Dertil ligger der nogle potentialer i at blande affaldsfraktionerne med hinanden og andet materiale for at frembringe særlige udtryk. **Figur 10** viser et indledende forsøg med at blande beton og tegl.



Figur 10. Som en del af forundersøgelsen blev der eksperimenteret med forskellige blandingsforhold af nedknust beton og tegl. (Foto: Martin Hedevang)

Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse

Som nævnt i ovenstående under ”Renhed og dokumentation” skal nedknust beton og tegl, der anvendes til bygge- og anlægsarbejder, være sorterede og uforurenede, hvis de skal kunne anvendes uden tilladelse. Disse krav gælder ikke for almindeligt grusmateriale.

Anlægsøkonomi

Vi har primært valgt at fokusere på anlægsøkonomien, som ikke vurderes at overstige omkostninger ved udlægning af eksisterende, sammenlignelige produkter. Det kræver ikke særlige metoder at udlægge produktet, som kan udlægges som toplag. Hvis materialerne skal ligge permanent, bør driftsøkonomien også vurderes. F.eks. omkostninger forbundet med vedligehold. Det vides ikke på nuværende tidspunkt, om produktet kræver mere vedligehold end produkter fremstillet af almindeligt grusmateriale.

Test og demonstration

Som en del af den fysiske afprøvning blev der anvendt fire materialesammensætninger. Formålet med afprøvningen var at få viden og erfaring med udlægning af materialerne, materialernes egenskaber samt vurdere deres æstetiske potentialer. Materialerne blev udlagt 15/7-2020 og forventes at ligge på pladsen indtil begyndelsen af 2021.

Testfelter og materialesammensætninger

Testfelternes størrelse er ca. 5x5m, og produkterne blev udlagt som toplag i en tykkelse på ca. 4 cm. Afprøvningen bestod af følgende fire sammensætninger:

1. Knust beton
2. Knust tegl
3. Blanding af knust tegl og beton (50/50)
4. Blanding af knust tegl og perlesten (80/20)

Derudover blev der udlagt stigrus som referencemateriale. **Figur 11** viser de udlagte materialer.

Årsagen til indblanding af perlesten i den knuste tegl var at undersøge, om dette kunne forbedre teglens styrke og skabe en mere slidstærk overflade.



Figur 11. Testfelterne hos Malmos Landskaber.

Parametre, der løbende blev observeret og dokumenteret

Der blev løbende observeret for tre æstetiske parametre, som fremgår af **Boks 1**. Disse vurderinger blev lavet over en periode på tre måneder.

Boks 1. Æstetiske parametre.

- ❖ Ensartethed: Er materialernes overordnede udtryk ensartet ved udlægning og beholdes dette udtryk over tid?
- ❖ Farve: Materialernes farver dokumenteres og sammenholdes med andre produkter på markedet.
- ❖ Ukrudt: Forekomsten af ukrudt dokumenteres og sammenlignes med den øvrige belægning.

Herudover blev en række mere tekniske parametre vurderet og dokumenteret. Disse fremgår af **Boks 2**

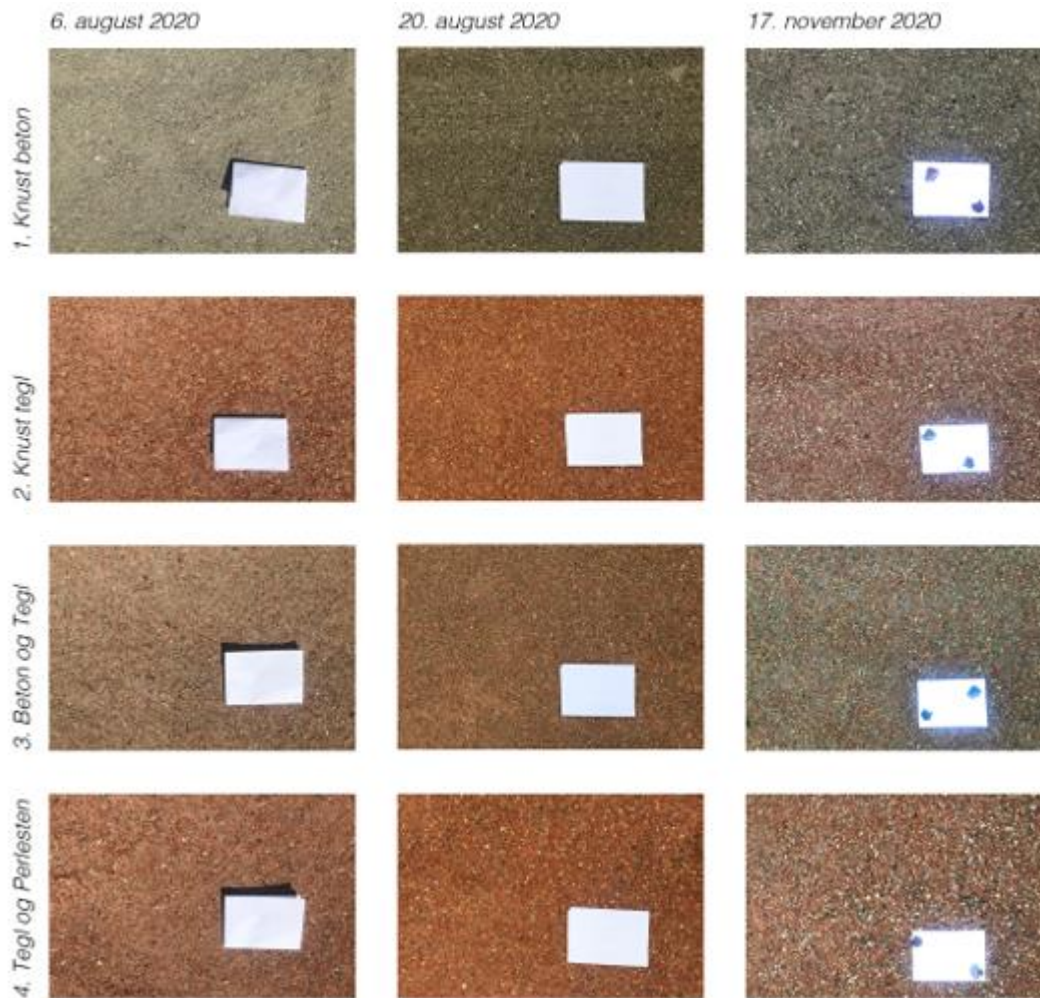
Boks 2. Tekniske parametre.

- ❖ Komprimering: Tåler materialerne komprimering?
- ❖ Udlægning: Opfører materialerne sig som andre grusmaterialer ved udlægning og er ikke nævneværdigt mere besværligt at arbejde med?
- ❖ Fasthed og modstandsdygtighed: Bliver materialerne liggende, hvor de er udlagt og spredes ikke? Opstår der spor efter kørsel med forskellige typer køretøjer?
- ❖ Afsmitning: Forekommer der afsmitning fra materialerne til sko, køretøjer, mm.? Svarer afsmitningen i niveau til sammenlignelige konventionelle grusmaterialer?
- ❖ Permabilitet: Leder materialerne vandet på en hensigtsmæssig måde?

Resultater

Der er foretaget tre inspektioner af materialerne hhv. 6/8-2020, 20/8-2020 og 17/11-2020.

Til hver inspektion er der foretaget affotografering af materialerne (jf. **Figur 12**).



Figur 12 Fotos af de udlagte materialer. Fra top til bund er det: 1) knust beton, 2) knust tegl, 3) blanding af beton og tegl, 4) blanding af tegl og perlesten.

Æstetiske parametre

Ensartethed

Det vurderes, at der på testfeltets areal er opnået at skabe en ensartet og sammenhængende overflade. Der er ikke forskelle i struktur eller farve for nogen af de fire produkter.

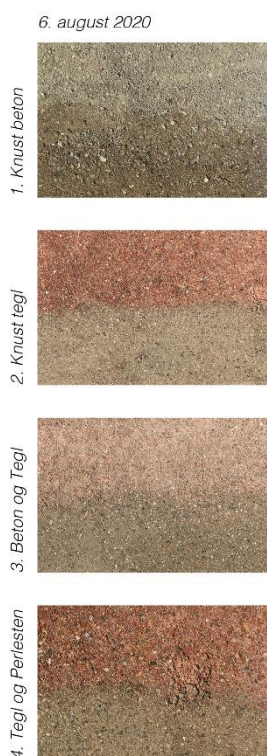
Farve

1. Knust beton - fremstår som den lyseste af de fire produkter og kan i udtryk sammenlignes med lyst stenmel. Det er desuden det produkt, som er mest sammenligneligt med referencematerialet (stigrus) (se **Figur 13**). Det vurderes dog ikke at have samme *naturlige* udtryk, som denne.

2. Knust tegl - fremstår med en klar og markant rød farve, som henleder tankerne på tennisbaner. Et produkt, der med sin særlige farve har en berettigelse, men som, i modsætning til referencematerialet, skal tænkes ind i sine omgivelser og ikke nødvendigvis matcher andre naturmaterialer.

3. Blanding af knust tegl og beton (50/50) - fremstår lysere end den rene tegl, dog domineret af teglens røde farvetoner. Farven er ikke så markant, og det vurderes at den nemmere kan indbygges med andre materialer. Fremstår dog ikke med et naturligt udtryk.

4. Blanding af knust tegl og perlesten (80/20) - fremstår ikke væsentlig anderledes en den rene tegl, hvilket ifht. afprøvningsdesignet er en god ting. Perlestenen står dog frem og giver overfladen en smule mere spil, som dog ikke vurderes til at være ubetinget hensigtsmæssig. Det kan overvejes at tilsætte en rød granit for at opnå et mere homogent udtryk.



Figur 13 Sammenligning af nedknuste materialer med referencematerialet (stigrus).

Ukrudt

Ved de første to inspektioner er der ikke observeret ukrudt i nogen af de fire prøvefelter og ej heller i prøvefeltet med referencematerialet. Ved den tredje inspektion fandtes meget lidt krudt, sporadisk over alle flader. Der var samme mængde ukrudt i referencematerialet, som på testfelterne.

Tekniske parametre

Komprimering

Materialerne blev komprimeret ved udlægning, og der har ikke været nogle bemærkninger til denne arbejdsgang. Overfladernes udtryk var sammenlignelige med referencematerialet.

Udlægning

Materialerne agerede som andre grusmaterialer ved udlægning og var ikke nævneværdig mere besværlige at arbejde med. Anlægsgartnerne, som udlagde materialerne, har ikke haft yderligere bemærkninger til udlægningen.

Fasthed og modstandsdygtighed

Produkterne er blevet liggende, hvor det de er udlagt. Der kan endda observeres en tydelig adskillelse mellem de forskellige testfelter, ved observationernes afslutning. Der er observeret kørespor i produkterne (jf. **Figur 14**), som vurderes dybere end i referencematerialet. Hvad styrken af produkterne præcist er, kræver yderlige tekniske undersøgelser. Det vurderes, at alle produkterne kan klare lette belastninger fra fx. gang og lette køretøjer (cykler, barnevogne, etc.).



Figur 14. Kørespor i det udlagte materiale.

Afsmitning

Der har ikke være rapporteret problemer med afsmitning eller støvproblemer fra produkterne. Produkterne vurderes dog at støve mere end referencematerialet.

Permabilitet

Der er ved de to første observationer ikke identificeret lavninger, lunger eller render, hvor vand har samlet sig og ej heller eroderet belægningerne.

Generelt har resultaterne fra testperioden været positive, og det vurderes umiddelbart, at der findes et stort potentiale for brugen af nedknust beton og tegl som stimateriale. Der gøres dog opmærksom på, at testperioden har været forholdsvis varm og tør, og at materialerne har endnu ikke været udsat for frost. Tegl er et porøst materiale, der kan opsuge vand, og det vides ikke, hvordan det vil reagere, hvis det bliver udsat for frost og efterfølgende for tøj.

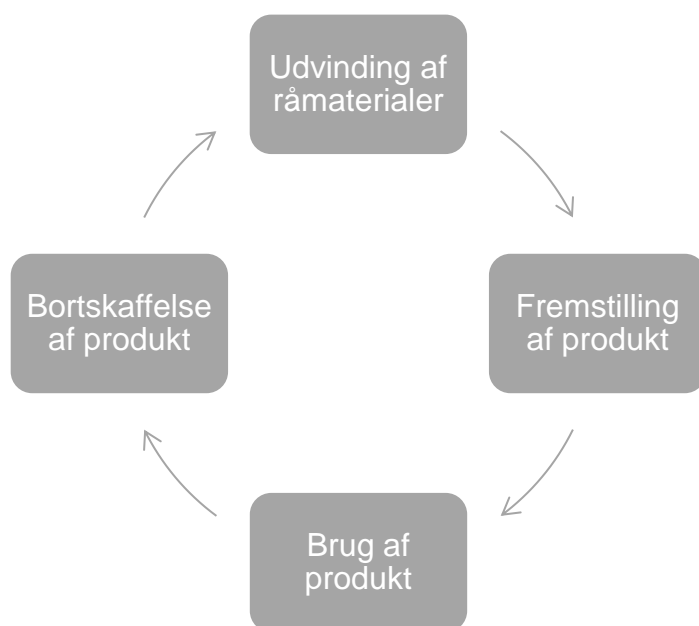
11. CO₂-opgørelser

På grund af global opvarmning og ambitionerne om at reducere udledningen af drivhusgasser er der i dag stort fokus på produkters og systemers CO₂-aftryk.

CO₂-aftrykket for de to cases er derfor beregnet, og gennemgås i det følgende.

Afgrænsning

Der er taget udgangspunkt i principperne i udførelse af livscyklusvurderinger (LCA, på engelsk Life Cycle Assessment), men der er ikke udført en fuld LCA, men en screening. **Figur 15** viser de faser, der skal medtages, hvis der udføres en fuld LCA.



Figur 15. Livscyklus af et produkt.

I en fuld LCA vil man desuden medtage en række forskellige miljøpåvirkninger. I denne opgørelse opgøres kun udledningen af drivhusgasser (opgjort som CO₂-eq./ton materiale).

I screeningen er der medtaget udvinning af råmaterialer og fremstilling af produkt. Der inkluderes desuden transport. Til gengæld er brugsfasen og bortskaffelsesfasen ikke inkluderet, idet der ses bort fra levetiden af produktet. Dette vurderes at have størst betydning for resultaterne af Case 2 (anvendelse af nedknust beton og tegl som topmateriale på stier), idet der muligvis er brug for mere

vedligeholdelse af de udlagte materialer, hvis levetiden skal være sammenlignelig med en sti etableret med almindeligt grusmateriale. Topmaterialet skal muligvis også håndteres forskelligt, hvis stien i fremtiden nedlægges, og materialerne skal bortskaffes. I Case 1 (genbrug af stabilt grus) vurderes brugsfasen såvel som bortskaffelsesfasen at være sammenlignelig med de respektive faser, hvis der i stedet for genbrugt stabilt grus var anvendt nyt grusmateriale.

Enhedsdata

De enhedsdata, der er anvendt til beregning af CO₂-aftryk i de to cases, fremgår af **Tabel 3**.

Tabel 3. Anvendte enhedsdata for transport og udvinding af materialer fra grusgrav.

Proces	Enhed (kg CO ₂ -eq/ton)	Kilde
Transport af 1 ton affald/råstof kørt 1 km:	0,064	14-20 ton lastbil (EURO5), der kører i gennemsnittet 80 km/t. Lastbilen er fuldt lastet. Data fra LCA-værktøjet EASETECH ¹⁸ .
Udvinding af sand og grus fra grusgrav	1,39	Udvinding og produktion af sand og grus fra grusgrav. Data fra LCA-værktøjet EASETECH.

Resultater – Case 1 (genbrug af stabilt grus)

Til beregningerne af CO₂-aftrykket for Case 1, er der taget udgangspunkt i de forventninger, der oprindeligt var til mængden af stabilt grus i Hestemøllestræde. Forventningen var, at 60 % af det opgravede materiale ville udgøres af stabilt grus, der kunne genbruges og dermed erstatte udvindingen af nyt grus og sand.

Den funktionelle enhed, dvs. den enhed, der er brugt til at sammenligne en "normal" procedure (hvor stabilt grus ikke genbruges på stedet) med en "cirkulær" procedure (hvor stabilt grus genbruges på stedet) er følgende:

- Opgravning, håndtering og genbrug af 1 ton stabilt grus.

I **Tabel 4** og **Tabel 5** fremgår antagelser og resultater for henholdsvis "normal" og "cirkulær" procedure.

¹⁸ LCA-værktøj udviklet på Danmarks Tekniske Universitet for vurdering af miljøteknologier. EASETECH står for Environmental Assessment System for Environmental Technologies

Tabel 4. CO₂-eq-regnskab for Case 1 – "normal" procedure.

Proces	Ton	Kg CO ₂ - eq/ton	Antagelser
Energiforbrug til opgravning af materiale i vej		1,39	Energiforbrug til opgravning svarer til energiforbrug forbundet med udvinding sand og grus
Transport af toplag (asfalt)		-	Ser bort fra denne. Identisk med "cirkulær" procedure
Transport af jord og stabilt grus (10 km)	1	0,64	Transport fra Helsingør til jorddepot i Skibstrup
Energiforbrug til udvinding af nyt stabilt grus		1,39	Energiforbrug forbundet med udvinding af sand og grus i grusgrav
Transport af nyt stabilt grus (70 km)	1	4,45	Transport fra grusgrav i Roskilde i Helsingør
Energiforbrug til udlægning af nyt stabilt grus		-	Ser bort fra denne. Identisk med "cirkulær" procedure
Total		7,87	

Tabel 5 CO₂-eq-regnskab for Case 1 – "cirkulær" procedure.

Proces	Ton	Kg CO ₂ - eq/ton	Antagelser
Energiforbrug til opgravning af materiale i vej		1,67	Energiforbrug til opgravning svarer til energiforbrug forbundet med udvinding sand og grus. Der bruges en mindre maskine, med mere tomgang end under "normal" procedure. 20 % højere energiforbrug end under "normal" procedure.
Transport af toplag (asfalt)		-	Ser bort fra denne. Identisk med "normal" procedure
Transport af jord og stabilt grus (10 km)	0,4	0,25	Transport fra Helsingør til jorddepot i Skibstrup
Transport af stabilt grus til depot – tur/retur (3 km)	0,6	0,11	Transport til depot i Helsingør
Energiforbrug til udvinding af nyt stabilt grus	0,4	0,56	Energiforbrug forbundet med udvinding af sand og grus i grusgrav
Transport af nyt stabilt grus (70 km)	0,4	1,78	Transport fra grusgrav i Roskilde i Helsingør
Energiforbrug til udlægning af stabilt grus		-	Ser bort fra denne. Identisk med "normal" procedure
Total		4,38	

Det fremgår af **Tabel 4** og **Tabel 5**, at CO₂-aftrykket er mindre ved den "cirkulære" procedure sammenlignet med "normal" procedure. I dette tilfælde omkring 45 % mindre. Det skyldes især den undgåede transport af nyt stabilt grus. Beregninger viser desuden, at med de antagelser, der er lagt til grund for udregning af CO₂-aftryk, kunne depotet have været placeret væsentligt længere væk, og den cirkulære procedure, ville stadig have den mindst CO₂-aftryk. Først hvis depotet ligger mere end 45 km væk, forsvinder miljøgevinsten.

Resultater – Case 2 (anvendelse af nedknust beton og tegl som topmateriale på stier)

Til beregningerne af CO₂-aftrykket for Case 2, er der taget udgangspunkt i de forventninger, der oprindeligt var om, at materialet skulle udlægges i Ørestad i København.

Den funktionelle enhed, dvs. den enhed, der er brugt til at sammenligne en "normal" procedure (hvor topmateriale produceres af nyt grusmateriale) med en "cirkulær" procedure (hvor topmateriale produceres af nedknust beton og tegl) er følgende:

- Produktion og udlægning af 1 ton topmateriale.

I **Tabel 6** og **Tabel 7** fremgår antagelser og resultater for henholdsvis "normal" og "cirkulær" procedure.

Tabel 6. CO₂-eq-regnskab for Case 2 –"normal" procedure.

Proces	Ton	Kg CO ₂ - eq/ton	Antagelser
Udvinding af topmateriale (sand/grus)		1,39	Energiforbrug forbundet med udvinding af sand og grus
Transport af topmateriale (90 km)	1	5,72	Transport fra grusgrav i Bjergsted til Ørestad
Energiforbrug til udlægning af topmateriale		-	Ser bort fra denne. Identisk med "cirkulær" procedure
Total		7,12	

Tabel 7. CO₂-eq-regnskab for Case 2 – "cirkulær" procedure.

Proces	Ton	Kg CO₂- eq/ton	Antagelser
Fremstilling af nedknust beton/tegl (fin fraktion)		-	Restprodukt fra nedknusning af beton og tegl. Den fine fraktion kræver ikke øvrig forarbejdning.
Transport af nedknust beton/tegl (9 km)	1	0,57	Transport fra Norrecco Prøvestenen til Ørestad
Energiforbrug til udlægning af topmateriale		-	Ser bort fra denne. Identisk med "cirkulær" procedure
Total		0,57	

Det fremgår af **Tabel 6** og **Tabel 7**, at CO₂-aftrykket forbundet med den "cirkulære" procedure er væsentligt lavere end for den "normale" procedure. Det skyldes, at der er stor forskel på transportafstandene i de to procedurer. Under den "normale" procedure er det antaget, at stimaterialet skal transporteres fra Bjergsted, hvor der udvindes den form for materiale (Slotsgrus), der er egnet til topmateriale. I den "cirkulære" procedure ligger Norrecco så tæt på Ørestad, at transporten kun udgør 1/10 af transporten under "normal" procedure.

Hvis transportafstandene havde været identiske, ville CO₂-aftrykket stadig have været lavere i den "cirkulære" procedure. Forskellen vil så udelukkende udgøres af den CO₂, der er forbundet med udvinding af nyt stimateriale. Med de værdier, der er anvendt for henholdsvis udvinding af nyt sand og grus og transport, vil CO₂-aftrykket være mindst for den "cirkulære" procedure, hvis transportafstanden for den "cirkulære" procedure ikke bliver mere end 20 km længere end den "normale" procedure. Dvs. det er først, når den fine fraktion af beton og tegl skal transporteres 20 km længere end nyt stimateriale, at miljøgevinsten forsvinder.

Diskussion

I begge cases resulterer de "cirkulære" tilgange, dvs. genbrug i stedet for bortkørsel, og anvendelse af affaldsmaterialer i stedet for nyt materialer, i et lavere CO₂-aftryk end de "normale" tilgange. Transport er i begge cases en vigtig parameter, hvilket skyldes, at udvinding af sand og grus er forbundet med et forholdsvist begrænset energiforbrug. Det er derfor vigtigt at have fokus på at minimere transportafstande, hvis CO₂-aftrykket ved denne type anlægsprojekter generelt skal reduceres.

I Case 2 er også forudsætningen om, at den fine fraktion af beton og tegl er et restprodukt fra nedknusning af beton og tegl, en væsentlig forudsætning. Hermed allokeres hele energiforbruget forbundet med nedknusning af beton/tegl til den grove fraktion, og den fine fraktion er "gratis". Det er vores vurdering, at det på nuværende tidspunkt er en rimelig antagelse, men hvis efterspørgslen efter den fine fraktion stiger, bør man vurdere, om en del af energiforbruget skal allokeres til den fine fraktion.

Da CO₂-emissionerne er forbundet med energiproduktion, skal man være opmærksom på, at ændrede brændselstyper, både til udvindingsmateriel og transport, vil have stor betydning for resultaterne.

Endelig bør man huske på, at CO₂-aftryk ikke er den eneste relevante miljøparameter. Besparelser af ressourcer, f.eks. de mineralske, er også vigtig, og den besparelse opgøres ikke i forbindelse med opgørelser af CO₂-aftryk.

Bilag 1 – Håndtering af sten

Granitskærver

Granitskærver	
Materiale og kornstørrelse	Granit er en natursten, der oftest stammer fra Norge, Sverige, Bornholm eller oversøiske lokaliteter (typisk Indien eller Kina). Skærver fås i mange fraktioner afhængig af den konkrete anvendelse (4-8 mm, 8-11 mm, 11-16 mm, 16 mm -> 200 mm).
Primær anvendelse i dag i anlægsarbejder	Granitskærver anvendes bl.a. som tilslag i beton- og asfaltproduktion og belægnings- og dekorationsmateriale. De små skærver (4-8 mm) anvendes ofte som løs belægning til havebede, mens mellemstørrelserne (8-11 mm og 11-16 mm) ofte anvendes i indkørsler. De store skærver (kan måle op til 100-200 mm) anvendes typisk som stenfyld i gabioner og til rodvenlige bærelag (gartnermakadam), se nedenfor. Tidligere blev større skærver også anvendt til faskiner. Faskiner anlægges i dag typisk med plastkassetter pga. større kapacitet.
Håndtering og anvendelse, når det bliver til affald	Opgraves typisk sammen med jord, og anvendes efterfølgende som opfyldningsmateriale.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Soldning (adskillelse af jord og granitskærver) og efterfølgende genbrug af granitskærver vurderes ikke at være realistisk under normale omstændigheder pga. de økonomiske omkostninger. For at gøre processen rentabel skønnes det, at mængden skal være stor og materialet af ensartet karakter. Herudover skal de logistiske forhold være gode; herunder tilstrækkelig plads til oplag og mulighed for at håndtere arbejdsmiljø (støj og støv). Kan genanvendes som drænmateriale og evt. overfladebelægning I dag ser man, at jernbaneskærver (32-48 mm) genbruges. Skærverne skal vaskes, så stenmel, jord mv. fjernes, før de kan genbruges som jernbaneskærver. Genbrugsskærver fra jernbaner kan være forurenet med olie, pesticidrester, tungmetaller mv., og en forudsætning for genbrug kan derfor være analyser for miljøfremmede stoffer.

Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	En forudsætning for at granitskærvene kan genbruges er, at de ikke er blandet med jord eller andre materialer, jf. ovenstående. Dokumentation af størrelsesfraktion kan være nødvendig afhængig af fremtidig anvendelse.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	Granitskærver, der opgraves, vil være at betragte som affald og er derfor omfattet af affaldsbekendtgørelsens regler ¹⁹ . Hvorvidt der er tale om affald efter soldning og størrelsesfraktionering vil afhænge af, om kommunen afgør, at materialet er ophørt med at være affald. Sorterede, uforurenende granitskærver, der anvendes til etablering af veje, stier, o.l. vil dog kunne anvendes frit efter reglerne i restproduktbekendtgørelsen ²⁰ .
Barrierer knyttet til alternativ anvendelse	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: opgravning af granitskærver med henblik på genbrug vil formentlig være mere omkostningstung end den nuværende håndtering, som ikke kræver sortering mv. Til gengæld kan de gamle granitskærver erstatte nye granitskærver, som er et forholdsvist dyrt materiale, og man sparer omkostningerne forbundet med at bortskaffe skærvene. • Logistik: det kræver ekstra logistik i forhold til i dag, da der er behov for oplagringsmuligheder forud for soldning og den efterfølgende anvendelse. I dag brydes materialer, oplagres ved forhandler og transporteres herfra til opfyldningslokationen. • Æstetik: det vurderes ikke, at genbrugte granitskærver adskiller sig væsentligt fra nye skærver. • Udbud: Hvis der indgår alternativ anvendelse/genbrug af granitskærver i et projekt, bør omfang og forventede arbejdsprocesser fremgå klart af udbudsmaterialet.
Miljømæssigt potentiale	Ved at genbruge granitskærver undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at udvinde og transportere nyt granit. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at håndtere de opgravede skærver (soldning, mv.), som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af opgravede skærver tages i betragtning.

¹⁹ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

²⁰ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

Makadam og gartnermakadam

Makadam og gartnermakadam)	
Materiale og kornstørrelse	<p>Makadam er et ubundet bærelag, der fremstilles af enskornede sten, som forkiles ved tromling, hvorefter mellemrummene mellem stenene udfyldes med dækgrus. Der skelnes oftest mellem bundstensmakadam (63-150 mm) og skærvemakadam (32-64 mm). Skærvemakadam består af stærke og vejrfaste bjergarter uden indhold af flint, kalksten, sandsten, skifer, o.l. Bundstensmakadam består af stærke og vejrfaste bjergarter med et beskedent indhold af kalksten, sandsten, o.l.</p> <p>Gartnermakadam er et blandingsmateriale opbygget af et stenskelet, hvor mellemrum mellem stenene fyldes med muld. Stenmaterialet skal helst være så ensartet i størrelse som muligt for at sikre størst mulig volumen mellem sten. En typisk stenstørrelse er 32-64 mm skærver eller singels. Gartnermakadam kan også opbygges med bundsten.</p>
Primær anvendelse i dag	<p>Makadam er i Danmark blevet anvendt som vejbelægning i perioden ca. 1850-1960. Fra 1960'erne blev makadam erstattet af vejbyggeri bestående af et bundsikringslag, et bærelag af stabilt grus og et slidlag, typisk asfalt. I Sverige anvendes makadam stadig til vejbyggeri.</p> <p>Gartnermakadam anvendes ved opbygning af rodvenlig befæstelse under belægninger.</p>
Håndtering og anvendelse, når det bliver til affald	<p>Opgraves typisk sammen med jord, og anvendes efterfølgende som opfyldningsmateriale.</p> <p>Opgravet vejmakadam kan være forurenset.</p>
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	<p>Soldning (adskillelse af jord og sten) og efterfølgende genbrug af stenene er under normale omstændigheder ofte ikke realistisk pga. de økonomiske omkostninger.</p> <p>For at gøre processen rentabel skønnes det, at mængden skal være stor og materialet af ensartet karakter. Herudover skal de logistiske forhold være gode; herunder tilstrækkelig plads til oplag og mulighed for at håndtere arbejdsmiljø (støj og støv).</p> <p>Kan genanvendes som drænmateriale, bundsikringsmateriale, o.l.</p>

Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>En forudsætning for at stenene kan genbruges er, at de ikke er blandet med jord eller andre materialer.</p> <p>Dokumentation af størrelsesfraktion kan være nødvendig afhængig af fremtidig anvendelse.</p>
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>Makadam-sten, der opgraves, vil være at betragte som affald og er derfor omfattet af affaldsbekendtgørelsens regler²¹. Hvorvidt der er tale om affald efter soldning og størrelsesfraktionering vil afhænge af, om kommunen afgør, at materialet er ophørt med at være affald. Sorterede, uforurenede sten, der anvendes til etablering af veje, stier, o.l. vil dog kunne anvendes frit efter reglerne i restproduktbekendtgørelsen²².</p>
Barrierer knyttet til alternativ anvendelse	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: opgravning af makadam med henblik på genbrug vil formentlig være mere omkostningstung end den nuværende håndtering, som ikke kræver sortering mv. Til gengæld kan de gamle makadam-sten, typisk de største, erstatte nye stenmaterialer, og man sparer omkostningerne forbundet med at bortskaffe makadam. • Logistik: det kræver ekstra logistik i forhold til i dag, da der er behov for oplagringsmuligheder forud for soldning og den efterfølgende anvendelse. I dag graves materialerne op og transporteres som regel direkte til opfyldningslokationen. • Æstetik: det vurderes ikke, at genbrugte makadam-sten adskiller sig væsentligt fra nye sten. • Udbud: Hvis der indgår alternativ anvendelse/genbrug af granitskærver i et projekt, bør omfang og forventede arbejdsprocesser fremgå klart af udbudsmaterialet.

²¹ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

²² Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

Miljømæssigt potentiale	Ved at genbruge makadam-sten undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at udvinde og transportere nye sten. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at håndtere det opgravede makadam (soldning, mv.), som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af opgravet makadam tages i betragtning.
-------------------------	---

Bilag 2 – Håndtering af grus

Stigrus

Stigrus	
Materiale og kornstørrelse	<p>Stigrus anvendes som betegnelse for en blanding af granitskærver og leret vejgrus eller direkte udvundet lerholdigt grusmateriale fra grusgrav.</p> <p>Leret grus skal have en fraktion fra 0-4 til 0-16 mm velgraderet skarpt grus med finstofindhold på 8-12 vægtprocent, jf. Normer og vejledning for Anlægsgartnerarbejde, 2015.</p> <p>Til grusstier bør fraktionen ikke være over 0-8 mm.</p> <p>Slotsgrus er et eksempel på velgraderet skarp lergrus med en veldefineret sammensætning.</p> <p>Slotsgrus kan anvendes som "totallag" ved opbygning af grusbelægnings, hvor Slotsgrus kan erstatte bærelag af stabilt grus. Udlægges som regel i lag på min. 12 cm.</p> <p>Direkte udvundet stigrus udlægges typisk i lag af 3-5 cm på en bundopbygning af stabilt grus.</p>
Primær anvendelse i dag	Anvendes som belægning på stier og gruspladser. Kan desuden anvendes som sættegrus og fugemateriale i brolægning.
Håndtering og anvendelse, når det bliver til affald	Opgraves typisk sammen med jord, og anvendes efterfølgende som opfyldningsmateriale.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	<p>Har stigrus været anvendt som totallag kan det muligvis anvendes som direkte genbrug, hvis materialet ikke blandes med jord, humus o.l. ved opgravning.</p> <p>Direkte genbrug forudsætter, at materialet er ensartet og ikke opblandet. Jo tyndere lag, jo vanskeligere vil det være at afgrave uden opblanding.</p>
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>Krav til kornkurve: Leret grus skal have en fraktion fra 0-4 til 0-16 mm velgraderet skarpt grus med finstofindhold på 8-12 vægtprocent, jf. Normer og vejledning for Anlægsgartnerarbejde, 2015.</p> <p>Leret grus anvendt som bærelag skal kunne komprimeres til samme lejring som stabilt grus. Komprimeringsgrader for bærelag er angivet i DS/EN 13286-5.</p>

<p>Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse</p>	<p>Stigrus, der opgraves, vil som udgangspunkt være at betragte som affald og er derfor omfattet af affaldsbekendtgørelsens regler²³. Hvis det kan genbruges direkte uden nogen form for behandling, er der imidlertid ikke tale om affald. Hvis det opgravede stigrus ikke kan bruges direkte, vil status som affald eller ej afhænge af, om kommunen afgør, at materialet er ophørt med at være affald. Sorterede, uforurenede sten, der anvendes til etablering af veje, stier, o.l. vil dog kunne anvendes frit efter reglerne i restproduktbekendtgørelsen²⁴.</p>
<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: opgravning af stigrus med henblik på genbrug vil formentlig være mere omkostningstung end den nuværende håndtering, som ikke kræver sortering, oplægning i depot mv. Til gengæld kan opgravet, rent stigrus erstatte nyt stigrus, og hvis det opgravede materiale anvendes på stedet, reduceres omkostningerne forbundet med transport. • Logistik: det kræver ekstra logistik i forhold til i dag, da der er behov for oplagringsmuligheder forud for den efterfølgende anvendelse. I dag graves materialerne op og transporteres som regel direkte til opfyldningslokationen. • Æstetik: det vurderes ikke, at genbrugt stigrus adskiller sig væsentligt fra nyt grus. • Udbud: det bør fremgå klart af udbudsmaterialet, hvis der ønskes en alternativ anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Ved at genbruge stigrus på stedet undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere og transportere nyt stigrus. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at håndtere det opgravede stigrus, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af opgravet stigrus tages i betragtning.</p>

²³ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

²⁴ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

Afretningsgrus/sættegrus/brolæggergrus

Afretningsgrus/sættegrus/brolæggergrus 0/8	
Materiale og kornstørrelse	<p>Afretningsgrus anvendes som betegnelse for grusmateriale med partikelstørrelse 0-8 mm. Krav fremgår af DS/EN 13242.</p> <p>Brolæggergrus/afretningsgrus anvendes som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • afretningslag ved lægning af fliser, betonbelægningssten og belægningsklinker, tykkelse ca. 3 cm • sættelag ved brolægning, tykkelse ca. 5 cm • fugemateriale ved brolægning.
Primær anvendelse i dag	Anvendes ved lægning af fliser, belægningssten og belægningsklinker og sætning af brosten og chaussésten. Har minimal bæreevne.
Håndtering og anvendelse, når det bliver til affald	Opgraves typisk sammen med humus og planterester fra fuger samt sammen med bærelag og bortskaffes eller anvendes efterfølgende som opfyldningsmateriale.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	<p>Direkte genbrug vurderes som oftest ikke muligt, idet afretningsgrus ofte vil blive blandet med jord, plantedele o.l. ved afgravning. Pga. de forholdsvis tynde lag er det i praksis svært at holde materialet adskilt ved rydning af belægninger.</p> <p>Direkte genbrug forudsætter en præcis udførelse, og at det er regulære, større flader, der ryddes, for at opnå en vis volumen.</p> <p>Ud over direkte genbrug vurderes afretningsgrus ligeledes at kunne finde anvendelse som indhold i jordforbedringsmiddel, bundsikringsgrus o. lign.</p>
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>Afretningsgrus skal overholde kravene i Vejdirektoratets udbudsforskrift for brolægning (Vejdirektoratet 2007b).</p> <p>Kravene er baseret på DS/EN13242.</p>

<p>Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse</p>	<p>Afretningsgrus, der opgraves, vil som udgangspunkt være at betragte som affald og er derfor omfattet af affaldsbekendtgørelsens regler²⁵. Hvis det kan genbruges direkte uden nogen form for behandling, er der imidlertid ikke tale om affald. Hvis det opgravede afretningsgrus ikke kan bruges direkte, vil status som affald eller ej afhænge af, om kommunen afgør, at materialet er ophørt med at være affald. Sorteret, uforurenet grus, der anvendes til etablering af veje, stier, o.l. vil dog kunne anvendes frit efter restproduktbekendtgørelsen²⁶.</p>
<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: opgravning af afretningsgrus med henblik på genbrug vil formentlig være mere omkostningstung end den nuværende håndtering, som ikke kræver sortering mv. Til gengæld kan opgravet afretningsgrus erstatte nyt afretningsgrus, og hvis det opgravede materiale anvendes på stedet, reducere omkostningerne forbundet med transport. Realistisk set er potentialet for direkte genbrug begrænset pga. de praktiske og økonomiske udfordringer. • Logistik: det kræver ekstra logistik i forhold til i dag, da der er behov for oplagringsmuligheder forud for den efterfølgende anvendelse. I dag graves materialerne op og transporteres som regel direkte til opfyldningslokationen. • Æstetik: vil typisk ikke være relevant, idet grus indbygges under belægninger. • Udbud: det bør fremgå klart af udbudsmaterialet, hvis der ønskes en alternativ anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Ved at genbruge afretningsgrus på stedet undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere og transportere nyt afretningsgrus. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at håndtere det opgravede afretningsgrus, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af opgravet afretningsgrus tages i betragtning.</p>

²⁵ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

²⁶ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

Stabilt grus

Stabilt grus	
Materiale og kornstørrelse	Stabilt grus anvendes som betegnelse for grus i henhold til DS/EN 13285. Partikelstørrelsen er 0-32 mm. Lægges som regel i et lag på 10-30 cm.
Primær anvendelse i dag	Stabilt grus anvendes under alle typer belægninger som bærelag.
Håndtering og anvendelse, når det bliver til affald	Opgraves typisk sammen med afretnings- eller sættegrus og bundsikring eller råjord, og anvendes efterfølgende som opfyldningsmateriale.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Direkte genbrug, hvis stabilt grus ikke blandes med jord o.l. ved afgravning.
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	Stabilt grus skal overholde kravene i DS/EN 13285, DS/EN 13242 og Vejdirektoratets udbuds- og anlægsskrifter for stabilt grus (Vejdirektoratet 2003b), der definerer to kvaliteter i fraktionen 0-31,5 mm.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	Stabilt grus, der opgraves, vil som udgangspunkt være at betragte som affald og er derfor omfattet af affaldsbekendtgørelsens regler ²⁷ . Hvis det kan genbruges direkte uden nogen form for behandling, er der imidlertid ikke tale om affald. Hvis det opgravede stabilt grus ikke kan bruges direkte, vil status som affald eller ej afhænge af, om kommunen afgør, at materialet er ophørt med at være affald. Sorteret, uforurenat grus, der anvendes til etablering af veje, stier, o.l. vil dog kunne anvendes frit efter reglerne i restproduktbekendtgørelsen ²⁸ .

²⁷ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

²⁸ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægssaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: opgravning af stabilt grus med henblik på genbrug vil formentlig være mere omkostningstung end den nuværende håndtering, som ikke kræver sortering og oplægning i depot mv. Til gengæld kan opgravet stabilt grus erstatte nyt stabilt grus, og hvis det opgravede materiale anvendes på stedet, reduceres omkostningerne forbundet med transport og bortskaffelse. Den samlede økonomi afgøres i høj grad af afstand til modtagefaciliteter og grusgrav idet transport typisk udgør en væsentlig udgift. Se i øvrigt beskrivelse af Case 1. • Logistik: det kræver ekstra logistik i forhold til i dag, da der er behov for oplagringsmuligheder forud for den efterfølgende anvendelse. I dag graves materialerne op og transporteres som regel direkte til opfyldningslokationen. • Æstetik: ikke relevant, da anvendelsen af stabilt grus ikke er synlig. • Dokumentationskrav: dokumentation i forhold til komprimeringsgrad. Jf. DS/EN 13286-5. Se i øvrigt beskrivelse af Case 1. • Udbud: det bør fremgå klart af udbudsmaterialet, hvis der ønskes en alternativ anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Ved at genbruge stabilt grus på stedet undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere og transportere nyt stabilt grus. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at håndtere det opgravede stabilt grus, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af opgravet stabilt grus tages i betragtning.</p>

Bundsikringsgrus

Bundsikringsgrus	
Materiale og kornstørrelse	Bundsikringsgrus er en betegnelse for diverse typer sand og grus. Kornstørrelse: 0-63 mm.
Primær anvendelse i dag	Bundsikringsgrus anvendes som ballast til konstruktion af nye veje, stier, parkeringsarealer, havne og øvrige steder, hvor der forekommer tung trafik. Bundsikringslaget fordeler belastningen fra bærelaget, beskytter underbunden mod frost og bortleder vand fra befæstelsen. Anvendes desuden som erstatning ved fjernelse af blød bund.
Håndtering og anvendelse, når det bliver til affald	Opgraves typisk sammen med jord og andre grusfraktioner, og anvendes efterfølgende som opfyldningsmateriale.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	<p>Genbrug, hvis bundsikringsgrus ikke blandes med jord o.l. ved afgravning, er mulig.</p> <p>Der er få normkrav til bundsikringsgrus, hvorfor direkte genbrug kræver regulære arealer/voluminer og præcision ved udførelsen at undgå opblanding af materialet.</p> <p>De forholdsvis løse normkrav til bundsikringsgrus betyder, at det kan være svært at anvise anden alternativ anvendelse pga. usikkerhed omkring materialesammensætning af det opgravede materiale.</p>
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>Bundsikring af sand og grus skal overholde kravene i DS/EN 13285, DS/EN 13242 og Vejdirektoratets udbuds- og anlægskrav for bundsikring af sand og grus (Vejdirektoratet 203b)</p> <p>Herunder fremgår, at der ikke må være skadelige mængder af planterester, muld, ler- og siltklumper.</p>
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	Bundsikringsgrus, der opgraves, vil som udgangspunkt være at betragte som affald og er derfor omfattet af affaldsbekendtgørelsens regler ²⁹ . Hvis det kan genbruges direkte uden nogen form for behandling, er der imidlertid ikke tale om affald. Hvis det opgravede bundsikringsmateriale ikke kan bruges direkte, vil status som affald eller ej afhænge af, om kommunen afgør, at materialet er ophørt med at være affald. Sorteret, uforurenset grus, der anvendes til etablering af veje,

²⁹ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

	stier, o.l. vil dog kunne anvendes frit efter restproduktbekendtgørelsen ³⁰ .
Barrierer knyttet til alternativ anvendelse	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: opgravning af bundsikringsgrus med henblik på genbrug vil formentlig være mere omkostningstung end den nuværende håndtering, som ikke kræver sortering mv. Til gengæld kan opgravet bundsikringsgrus erstatte nyt bundsikringsgrus, og hvis det opgravede materiale anvendes på stedet, reduceres omkostningerne forbundet med transport. • Logistik: det kræver ekstra logistik i forhold til i dag, da der er behov for oplagringsmuligheder forud for den efterfølgende anvendelse. I dag graves materialerne op og transporteres som regel direkte til opfyldningslokationen. • Æstetik: ikke relevant. • Udbud: det bør fremgå klart af udbudsmaterialet, hvis der ønskes en alternativ anvendelse.
Miljømæssigt potentiale	Ved at genbruge bundsikringsgrus på stedet undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere og transportere nyt bundsikringsgrus. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at håndtere det opgravede bundsikringsgrus, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af opgravet bundsikringsgrus tages i betragtning.

³⁰ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

Bilag 3 – Håndtering af beton

Genbrug af intakte betonfliser/belægningssten

Intakte betonfliser/belægningssten	
Håndtering og anvendelse i dag	Typisk bortkørsel og nedknusning. Knust beton anvendes efterfølgende typisk til ubundne bærelag ved vejbyggeri som erstatning for stabilt grus i tre typer/kvaliteter: 1) ren beton - benævnt "knust beton", 2) blandinger af beton og tegl - benævnt "genbrugsballast", 3) blandinger af beton og asfalt - benævnt "genbrugsstabil".
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Genbrug af intakte betonfliser/belægningssten, evt. efter kvalitetstjek og rensning.
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	<ul style="list-style-type: none">• Nye betonfliser skal være CE-mærket i henhold til EN 1339 Betonfliser - Krav og prøvningsmetode.• Nye belægningssten skal være CE-mærket i henhold til EN 1338 Belægningssten af beton - Krav og prøvningsmetoder.• Genbrugte betonfliser/belægningssten skal som udgangspunkt overholde samme krav som nye fliser og sten, herunder krav om CE-mærkning, hvis de er omfattet af en harmoniseret standard. Der stilles krav til følgende parametre: bæreevne, frostbestandighed, dimensioner/tolerancer, visuelle krav, friktion samt at de anvendte materialer er egnede til den påtænkte anvendelse. Ved spørgsmål kan standardiseringsudvalget kontaktes.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	Hvis betonfliser/belægningssten kan genbruges direkte, dvs. uden behov kontrol, rengøring eller reparation er de ikke omfattet af affaldslovgivningen, jf. affaldsbekendtgørelsen ³¹ . Ofte må der formodes at være et vist behov for kvalitetstjek og rensning, hvilket i henhold til affaldsbekendtgørelsen betegnes som "forberedelse med henblik på genbrug". Det betyder, at betonfliser/belægningssten betragtes som affald, indtil de er blevet kontrolleret og evt. rensset, hvis der er behov for det. Herefter ophører de med at være affald, og er ikke længere omfattet af affaldslovgivningen.

³¹ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: nye betonfliser/belægningssten er forholdsvis billige, hvilket betyder, at det kan være dyrere at anvende genbrugte fliser/belægningssten. Disse vil ofte have en højere pris pga. den arbejdskraft, der skal bruges på at fjerne fliserne og evt. kvalitetstjekke og rengøre dem. • Logistik: logistikken kan være en udfordring - både hvis fliserne skal bruges på det oprindelige sted, men også hvis de skal bruges et andet sted, som vil kræve transport og evt. oplagring. • Æstetik: gamle fliser har et andet udtryk end nye fliser. Det kan både være en fordel og en ulempe - afhængigt af den tiltænkte anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Hvis gamle fliser/belægningssten kan bruges som erstatning for tilsvarende nye produkter, undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere de nye produkter. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (både af nye og gamle fliser), da lange transportafstande vil reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af nedknuste betonfliser tages i betragtning, hvor man sparer udvinding/produktion af stabilt grus.</p>

Betonkonstruktioner – udkæring og anvendelse som belægningsmateriale

Betonkonstruktioner -> belægningsmateriale	
Håndtering og anvendelse i dag	Typisk bortkørsel og nedknusning. Knust beton anvendes efterfølgende typisk til ubundne bærelag ved vejbyggeri som erstatning for stabilt grus i tre typer/kvaliteter: 1) ren beton - benævnt "knust beton", 2) blandinger af beton og tegl - benævnt "genbrugsballast", 3) blandinger af beton og asfalt - benævnt "genbrugsstabil".
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Genanvendelse som belægningsmateriale, enten som fliser eller belægningssten, som skæres ud af betonkonstruktionen.
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	<ul style="list-style-type: none"> • Betonfliser skal være CE-mærket i henhold til EN 1339 Betonfliser - Krav og prøvningsmetode. Disse krav gælder uafhængigt af om fliserne er produceret af virgine eller sekundære, dvs. genanvendte materialer. • Belægningssten skal være CE-mærket i henhold til EN 1338 Belægningssten af beton - Krav og prøvningsmetoder. Disse krav gælder uafhængigt af om stenene er produceret af virgine eller sekundære, dvs. genanvendte materialer.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>Produktion af belægningsmateriale ud fra gammel beton vil efter affaldsbekendtgørelsens³² regler formentlig være at betragte som genanvendelse. Årsagen, til ikke at betragte det som genbrug, er affaldsbekendtgørelsens definition på genbrug: "Enhver operation, hvor produkter eller komponenter, der ikke er affald, bruges igen til samme formål, som de var udformet til." Anvendelse af betonkonstruktioner til belægningsmateriale, vil formentlig ikke være at betragte som samme formål. Endvidere skal betonkonstruktionen gennem flere procestrin end blot kontrol, rengøring eller reparation, som er den grad af bearbejdning, der er tilladt i forhold til forberedelse med henblik på genbrug. I sidste ende er det kommunen, der skal foretage denne klassificering. Uanset hvad, vil betonkonstruktionen være at betragte som affald, indtil den er blevet omarbejdet til belægningsmateriale, og vil således være omfattet af affaldslovgivningen.</p>

³² Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: nyt belægningsmateriale er forholdsvis billigt, hvilket betyder, at det kan være dyrere at anvende belægningsmateriale produceret af gammel beton, da der skal bruges arbejdskraft på at rive betonen ned og efterfølgende skære fliser/sten ud. • Logistik: logistikken kan være en udfordring, da den nedrevne beton skal transporteres til et sted, hvor den kan skæres op til nye fliser/sten. • Æstetik: belægsmaterialer produceret af gammel beton kan få et andet udtryk end nyt belægningsmateriale. Det kan både være en fordel og en ulempe - afhængigt af den tiltænkte anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Hvis der kan produceres nyt belægningsmateriale ud af gammel beton, undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere nyt belægningsmateriale. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at skære sten/fliser ud, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af nedknust beton tages i betragtning, hvor man sparer udvinding/produktion af stabilt grus.</p>

Betonkonstruktioner – nedknusning og anvendelse i gabioner

Betonkonstruktioner -> anvendelse i gabioner (groft knust beton)	
Håndtering og anvendelse i dag	Typisk bortkørsel og nedknusning. Knust beton anvendes efterfølgende typisk til ubundne bærelag ved vejbyggeri som erstatning for stabilt grus i tre typer/kvaliteter: 1) ren beton - benævnt "knust beton", 2) blandinger af beton og tegl - benævnt "genbrugsballast", 3) blandinger af beton og asfalt - benævnt "genbrugsstabil".
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Genanvendelse af groft knust beton som gabionsten i gabioner.
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	Gabionsten fremstilles i forskellige størrelser, f.eks. 80-200 mm og 100-300. Gabionsten fremstillet af knust beton vil skulle produceres i tilsvarende størrelser. Hvis de anvendes i forhold til støjsikring eller for et visuelt udtryk, er der ikke særlige krav til gabionernes styrke. Det kan der være, hvis belastes under deres anvendelse.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>Beton, som nedknuses og anvendes som bærelag, er omfattet affaldsbekendtgørelsens³³ og restproduktbekendtgørelsens³⁴ regler. Beton, som nedknuses og anvendes i gabioner, vil formentlig være at betragte som genanvendelse af beton. Det vil være kommunen, der afgør, om beton nedknust til gabionsten, kan betragtes som et produkt (dvs. er ophørt med at være affald), eller om betonen fortsat er affald.</p> <p>Restproduktbekendtgørelsen fastsætter regler for (blandt andet) håndtering af sorteret bygge- og anlægsaffald i en række definerede bygge- og anlægsarbejder, f.eks. etablering af veje og stier, jf. §2, 5). Visse typer sorteret, uforurenet bygge- og anlægsaffald, herunder beton, må efter forarbejdning uden tilladelse anvendes som erstatning for primære råstoffer, jf. bilag 6. Det må ligeledes uden tilladelse forberedes til genbrug til samme eller beslægtede formål, som det hidtil har været brugt. Anvendelse i gabioner vurderes ikke at være omfattet af de definerede bygge- og anlægsarbejder, og vurderes heller ikke at kunne betegnes som genbrug. Det betyder, at hvis kommunen vurderer, at der fortsat er tale om affald, vil</p>

³³ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

³⁴ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

	<p>anvendelsen formentlig kræve en tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven³⁵.</p>
<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: gabionsten fremstilles oftest af granit, og det vurderes, at gabionsten fremstillet af nedknust betonaffald vil være billigere end sten fremstillet af granit. • Logistik: betonaffald vil skulle fragtes til et anlæg, der kan knuse affaldet til de rette størrelser. Der vurderes ikke at være særlige logistikmæssige udfordringer forbundet hermed, da det svarer til den nuværende håndtering af betonaffald. • Æstetik: gabionsten fremstillet af beton vil have et andet udtryk end gabionsten fremstillet af granit. Det kan både være en fordel og en ulempe - afhængigt af den tiltænkte anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Hvis der kan produceres gabionsten af gammel beton, undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere gabionsten af primære råstoffer. Da gabionsten ofte produceres af granit, sparer man udvinding og transport af granit. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at nedknuse betonen, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af nedknust beton tages i betragtning, hvor man sparer udvinding/produktion af stabilt grus.</p>

³⁵ Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse (LBK nr. 1121 af 03/09/2018)

Betonkonstruktioner – nedknusning og anvendelse af den fine fraktion

Betonkonstruktioner -> anvendelse af den fine fraktion	
Håndtering og anvendelse i dag	I dag indgår fint knust beton i den betonfraktion, der anvendes som erstatning for stabilt grus. Den eksisterer dermed ikke som en selvstændig fraktion, men er en del af betonfraktionen 0-32 mm. I fremtiden forventes en større del af betonen anvendt som tilslagsmateriale i ny beton, og dermed vil der opstå fint knust beton som en selvstændig fraktion.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Hvis en større del af betonaffald i fremtiden skal anvendes som tilslag i beton, opstår den fine fraktion (0-4 mm) som en restfraktion, da det kun er den grove betonfraktion (her defineret som større end 4 mm), der må anvendes som tilslag. Mulig fremtidig anvendelse: <ol style="list-style-type: none"> 1. Iblanding i grusgravsmateriale for at leve op til krav i standard vedr. brolægningegrus 0/8 (Dansk Standard DS 1136 Brolægning og belægningsarbejder). 2. Anvendelse som afretningsgrus til belægningssten samt sættemateriale til granitbelægninger. 3. Anvendelse som topmateriale (evt. i blanding med et andet produkt).
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	<ol style="list-style-type: none"> 1. Partiklerne af nedknust beton skal være skarpe og andelen af nedknust beton i brolægningegrus skal sikre, at man kan overholde kravet om, at der højst må være 30 % runde partikler i brolægningegrus, jf. DS 1136).

<p>Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse</p>	<p>Beton, der nedknuses og iblandes grusgravsmateriale for at erstatte granit i bro-lægningsgrus, vil være at betragte som genanvendelse. Det samme vurderes at være tilfældet, hvis betonen anvendes som afretningsgrus, sættegrus eller toplag. Betonen vil være omfattet af affaldsreglerne, indtil der er truffet en beslutning om, at det er ophørt med at være affald.</p> <p>Sorteret, uforurenet bygge- og anlægsaffald kan til en række definerede bygge- og anlægsarbejder anvendes uden tilladelse i medfør af restproduktbekendtgørelsen³⁶. Bro-lægningsgrus og afretningsgrus anvendes typisk til etablering af stier, veje og pladser, som er blandt de definerede bygge- og anlægsarbejder. Dermed vurderes det, at den fine betonfraktion (såfremt den er sorteret og uforurenet) kan anvendes frit, dvs. uden tilladelse, når den anvendes i bro-lægningsgrus eller som afretningsgrus eller toplag.</p>
<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: økonomien vil især afhænge af, hvilke primære råstoffer der erstattes, og hvor langt materialerne (nye som gamle) skal transporteres. Hvis det nedknuste beton erstatter granit i bro-lægningsgrus, vurderes tilsætning af beton at være en billigere løsning. • Logistik: betonaffald vil skulle fragtes til et anlæg, der kan knuse affaldet til de rette størrelser. Der vurderes ikke at være særlige logistikmæssige udfordringer forbundet hermed, da det svarer til den nuværende håndtering af betonaffald. • Æstetik: nedknust beton har en anden farve end grus fremstillet af primære råstoffer. Det kan både være en fordel og en ulempe - afhængigt af den tiltænkte anvendelse. Se mere herom i beskrivelsen af Case 2.

³⁶ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

Miljømæssigt potentiale	<p>Hvis der kan produceres et materiale, der erstatter granit i bro-lægningsgrus, undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at udvinde og transportere granit.</p> <p>Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at nedknuse betonen, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af nedknust beton tages i betragtning, hvor man sparer udvinding/produktion af stabilt grus.</p>
-------------------------	---

Bilag 4 – Håndtering af tegl

Tegl – nedknusning (til grov fraktion) og anvendelse som bunddække

Groft knust tegl (dvs. mursten/tagsten produceret af ler)	
Håndtering og anvendelse i dag	Typisk bortkørsel og nedknusning, mens en mindre andel intakte mursten efter rensning genbruges som nye mursten. Knust tegl blandet med beton anvendes efterfølgende typisk til ubundne bærelag ved vejbyggeri som erstatning for stabilt grus med benævnelsen "genbrugsballast". En vis andel tegl anvendes i vækstjord til taghaver, hvor tegl (4-16 mm) blandes med kompost.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Anvendelse af groft knust tegl til bunddække. Det vurderes dog kun at være potentiale for denne anvendelsesform i de tilfælde, hvor man ønsker et særligt visuelt udtryk. Et andet alternativ er som anvendelse under muldjord for at undgå anaerobe forhold.
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	Ingen særlige.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	Anvendelse af groft knust tegl som bunddække vil være at betragte som genanvendelse. Knust tegl vil være omfattet af reglerne i affaldsbekendtgørelsen ³⁷ , indtil der er truffet en afgørelse om, at de er ophørt med at være affald. Sorteret, uforurennet bygge- og anlægsaffald kan til en række definerede bygge- og anlægsarbejder anvendes uden tilladelse i medfør af restproduktbekendtgørelsen ³⁸ . Det er usikkert, hvorvidt anvendelse som bunddække er omfattet af de definerede bygge- og anlægsarbejder, og dermed om nedknust tegl kan anvendes frit, hvis der ikke er truffet afgørelse om, at de er ophørt med at være affald. Hvis ikke de kan anvendes frit, kræver det en godkendelse efter miljøbeskyttelsesloven ³⁹ .

³⁷ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

³⁸ Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

³⁹ Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse (LBK nr. 1121 af 03/09/2018)

<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: økonomien vil især afhænge af, hvilke primære råstoffer der erstattes. I dag anvendes typisk flis. • Logistik: tegl vil skulle fragtes til et anlæg, der kan knuse det til de rette størrelser. Der vurderes ikke at være særlige logistikmæssige udfordringer forbundet hermed, da det svarer til den nuværende håndtering af affald af tegl. • Æstetik: nedknuste mursten har en anden farve og et andet udtryk end de materialer, der typisk anvendes som bunddække. Det kan både være en fordel og en ulempe - afhængigt af den tiltænkte anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Det miljømæssige potentiale afhænger af, hvilke materialer nedknust tegl erstatter. Der undgås miljøpåvirkningen forbundet med at producere og transportere flis.</p> <p>Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at nedknuse tegl, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af nedknust tegl tages i betragtning, hvor man sparer udvinding/produktion af stabilt grus.</p>

Tegl – nedknusning (til fin fraktion) og anvendelse som toplag på stier og pladser

Fint knust tegl (dvs. mursten/tagsten produceret af ler)	
Håndtering og anvendelse i dag	Typisk bortkørsel og nedknusning, mens en mindre andel intakte mursten efter rensning genbruges som nye mursten. Knust tegl blandet med beton anvendes efterfølgende typisk til ubundne bærelag ved vejbyggeri som erstatning for stabilt grus med benævnelsen "genbrugsballast". En vis andel tegl anvendes i vækstjord til taghaver, hvor tegl (4-16 mm) blandes med kompost.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Anvendelse af fint knust tegl som toplag på stier og pladser.
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	Hvis nedknust tegl anvendes som stigrus, vil det som udgangspunkt være omfattet af de samme krav som stigrus produceret af virgine materialer. Krav til kornkurve: Leret grus skal have en fraktion fra 0-4 til 0-16 mm velgraderet skarpt grus med finstofindhold på 8-12 vægtprocent, jf. Normer og vejledning for Anlægsgartnerarbejde, 2015. Leret grus anvendt som bærelag skal kunne komprimeres til samme lejring som stabilt grus. Komprimeringsgrader for bærelag er angivet i DS/EN 13286-5.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	Anvendelse af fint knust tegl som toplag på stier vil være at betragte som genanvendelse. Knust tegl vil være omfattet af reglerne i affaldsbekendtgørelsen ⁴⁰ , indtil der er truffet en afgørelse om, at de er ophørt med at være affald. Sorteret, uforurenet bygge- og anlægsaffald kan til en række definerede bygge- og anlægsarbejder anvendes uden tilladelse i medfør af restproduktbekendtgørelsen. Etablering af stier er nævnt blandt de definerede bygge- og anlægsarbejder, og dermed vurderes det, at nedknust tegl anvendt som stimateriale kan anvendes frit efter restproduktbekendtgørelsens regler.

⁴⁰ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: økonomien vil især afhænge af, hvilke primære råstoffer der erstattes, og hvor langt materialerne (både nye og gamle) skal transporteres. • Logistik: tegl vil skulle fragtes til et anlæg, der kan knuse affaldet til de rette størrelser. Der vurderes ikke at være særlige logistikmæssige udfordringer forbundet hermed, da det svarer til den nuværende håndtering af affald af tegl. • Æstetik: nedknust tegl har en anden farve og et andet udtryk end de materialer, der typisk anvendes som stimateriale, f.eks. Slotsgrus. Det kan både være en fordel og en ulempe - afhængigt af den tiltænkte anvendelse. Dette uddybes i beskrivelsen af case 2.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Det miljømæssige potentiale afhænger af, hvilke materialer det nedknuste tegl erstatter. Der undgås miljøpåvirkningen forbundet med at udvinde og transportere de alternative materialer, typisk konventionelt stigrus.</p> <p>Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at nedknuse tegl, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af nedknust tegl tages i betragtning, hvor man sparer udvinding/produktion af stabilt grus eller produktion af nye mursten.</p>

Mursten – hele eller brækkede anvendt i gabioner

Hele eller brækkede mursten	
Håndtering og anvendelse i dag	Typisk bortkørsel og nedknusning, mens en mindre andel intakte mursten efter rensning genbruges som nye mursten. Knust tegl blandet med beton anvendes efterfølgende typisk til ubundne bærelag ved vejbyggeri som erstatning for stabilt grus med benævnelsen "genbrugsballast". En vis andel tegl anvendes i vækstjord til taghaver, hvor tegl (4-16 mm) blandes med kompost.
Alternativ fremtidig håndtering og anvendelse	Genanvendelse af hele eller brækkede mursten i gabioner.
Tekniske krav forbundet med alternativ anvendelse	Gabionsten fremstilles i forskellige størrelser, f.eks. 80-200 mm og 100-300. Gabionsten fremstillet af knust beton vil skulle produceres i tilsvarende størrelser. Hvis de anvendes i forhold til støjsikring eller for et visuelt udtryk, er der ikke særlige krav til gabionernes styrke. Det kan der være, hvis belastes under deres anvendelse.
Miljømæssige krav forbundet med alternativ anvendelse	<p>Mursten, som nedknuces og anvendes som bærelag, er omfattet affaldsbekendtgørelsens⁴¹ og restproduktbekendtgørelsens⁴² regler. Mursten, som anvendes i gabioner, vil formentlig være at betragte som genanvendelse af mursten. Det vil være kommunen, der afgør, om mursten anvendt som gabionsten, kan betragtes som et produkt (dvs. er ophørt med at være affald), eller om murstenene fortsat er affald.</p> <p>Restproduktbekendtgørelsen fastsætter regler for (blandt andet) håndtering af sorteret bygge- og anlægsaffald i en række definerede bygge- og anlægsarbejder, f.eks. etablering af veje og stier, jf. §2, 5). Visse typer sorteret, uforurennet bygge- og anlægsaffald, herunder mursten, må efter forarbejdning uden tilladelse anvendes som erstatning for primære råstoffer, jf. bilag 6. Det må ligeledes uden tilladelse forberedes til genbrug til samme eller beslægtede formål, som det hidtil har været brugt. Anvendelse i gabioner vurderes ikke at være omfattet af de definerede bygge- og anlægsarbejder, og vurderes heller ikke at kunne betegnes som genbrug. Det betyder, at hvis kommunen vurderer, at der fortsat er tale om affald, vil</p>

⁴¹ Bekendtgørelse om affald (BEK nr 224 af 08/03/2019)

⁴² Bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald (BEK nr 1672 af 15/12/2016)

	<p>anvendelsen formentlig kræve en tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven⁴³.</p>
<p>Barrierer knyttet til alternativ anvendelse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Økonomi: gabionsten fremstilles oftest af granit, og det vurderes, at gabionsten fremstillet af gamle mursten vil være billigere end sten fremstillet af granit. Dog vil det være afgørende, hvor meget arbejdskraft det kræver at håndtere de gamle mursten. • Logistik: murstenene vil skulle sorteres på stedet eller fragtes til et sted, hvor sorteringen kan foregå. Der vil være mere logistik forbundet med håndteringen i forhold til den nuværende situation, hvor tegl indsamles som en blanding af mursten og tagsten og fragtes til et anlæg, der nedknuser stenene. • Æstetik: gabionsten fremstillet af gamle mursten vil have et andet udtryk end gabionsten fremstillet af granit. Det kan både være en fordel og en ulempe - afhængigt af den tiltænkte anvendelse.
<p>Miljømæssigt potentiale</p>	<p>Hvis der kan produceres gabionsten af gamle mursten, undgår man miljøpåvirkningen forbundet med at producere gabionsten af primære råstoffer. Da gabionsten ofte produceres af granit, sparer man udvinding og transport af granit. Der vil dog være et vist energiforbrug forbundet med at håndtere murstenene, som vil reducere miljøgevinsten. Vigtigt at inkludere transport i regnestykket (af både nyt og gammelt materiale), da lange transportafstande kan reducere miljøgevinsten. Endelig skal også den nuværende anvendelse af nedknuste mursten tages i betragtning, hvor man sparer udvinding/produktion af stabilt grus.</p>

⁴³ Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse (LBK nr. 1121 af 03/09/2018)