

# Teknisk notat

## MILJØPÅVIRKNINGEN FRA INDVINDING AF VAND I TIL GRUSVASK.

10. marts 2011  
Projekt: 30.5402.99

---

Udarbejdet : Jakob Qvortrup Christensen  
Kontrolleret : Anna Glarbo Tvedegaard de Vos  
Vedlagt :  
Kopi til :

---

### 1 FORMÅL

I forbindelse med den regionale råstofplanlægning har Region Syddanmark ønsket at få beskrevet udvalgte miljøpåvirkninger fra råstofindvinding.

På grundlag af de diskussionspunkter der erfaringsmæssigt opstår ved råstofplanlægningen, er der lagt vægt på følgende miljøforhold:

- Råstofindvindingens kvantitative påvirkning af grundvandet.
- Råstofindvindingens kvalitative påvirkning af grundvandet.
- Miljøpåvirkningen fra indvinding af vand til grusvask.
- Risiko for grundvandsforurening i forbindelse med råstofindvinding.

Dette notat behandler miljøpåvirkningen fra indvinding af vand til grusvask.

Indledningsvist beskrives formålet med at anvende vand ved forarbejdning af råstoffer, herunder for hvilke materialekategorier det er påkrævet. Herefter beskrives generelt, hvorledes vandet anvendes og recirkuleres.

### 2 SPULING, VÅDSORTERING, GRUSVASK – FORMÅL OG TEKNOLOGI

Produktion og forædling af råstoffer, især betonmaterialer, er en vandintensiv proces. Hvis vandet ikke anvendes hensigtsmæssigt, er der risiko for et stort vandforbrug og heraf medfølgende tab af vand. Tabet af vand kan være omkostnings- og energitungt. Desuden vil tabet af vand også kunne påvirke vandbalancen i unødigt grad.

Formålet med forædling af råstofferne er at opnå den ønskede kornstørrelsessammensætning og mineralogiske sammensætning. Desuden kan kornenes form og evt. kvalitet også forædles. Graden af forædling afhænger af i hvilket omfang der er overensstemmelse imellem råstoffet og det marked, som i sidste ende skal anvende materialerne.

Forædlingen foregår ved

- Sortering af materialerne og eventuel vask. *Her adskiller man råstoffet efter kornstørrelse og evt. mineralogisk sammensætning.*
- Knusning. *Her ændrer man på de enkelte korns størrelse og form.*
- Dosering. *Her blander man de enkelte fraktioner i det ønskede forhold.*

Derudover kan man oparbejde sine råstoffer ved

- at blande råstoffer fra forskellige dele af råstofgraven
- at blande med råstoffer fra andre råstofgrave,
- at blande med f.eks. sømaterialer og affaldsprodukter (knust beton og tegl)

Endelig er det i en række tilfælde muligt i forbindelse med indvindingsprocessen i selve råstofgraven at udnytte den naturlige sortering af materialerne ved at grave bestemte horisonter og områder af graven.

Processerne er nærmere beskrevet i bl.a. /1/ og /2/.

## 2.1 Kornstørrelsessortering

Sortering af materialerne foregår med tromle- eller vibrationssigter og for de finere fraktioner med sandsnegl, sandhjul eller aquamator.

For tromle- og vibrationssigternes vedkommende bevæges råstofferne mekanisk over net med forskellige maskevidder. Nettene er lavet enten af metaltråd eller gummi. Dette har betydning for, hvor meget nettene tilstoppes.

I en sandsnegl udskilles de fineste partikler (0-1 mm) centrifugalt med vaskvand. I et sandhjul skylles og drænes sand i en række "spande", der roterer som et vandmøllehjul. Under processen fjernes uønsket fint materiale samt evt. organisk materiale. I en aquamator fjernes lette materialer, herunder planterødder, fra råstofferne ved en simpel vaskeproces, hvor materialer føres ned på vibrerende bånd i et kar med vand, der kører op igen i en skrå vinkel.

Anvendelsen af vand i forbindelse med sorteringen beskrives nærmere i de følgende afsnit 2.1.1, 2.1.2 og 2.1.3.

### 2.1.1 Spuling

I de fine sigtenet sker der let en tilstopning af maskerne, hvorfor man ikke kan sortere finere fraktioner (<4-6 mm) på denne måde. Grænsen afhænger dog i høj grad af materialets fugtighed og indhold af lerminerale.

Ved at spule kraftigt over nettene kan man sortere de fine fraktioner ned til 3 mm. Endvidere opnås en reduktion i produktets fillerindhold.

### 2.1.2 Vådsortering

Ved fraktioner under 3 mm anvender man en egentlig vådsortering hvor man udnytter de enkelte kornstørrelses overflademodstand, når de er opslemmet.

Vådsorteringen kan ske bl.a. på sandsnegl, sandhjul eller aquamator. Tilbage bliver sand (0-2 mm), med en kornfordeling, som kan anvendes til betonfremstilling.

### 2.1.3 Grusvask (Vaskesortering)

Ved grusvask vaskes de grovere materialer fri for humus, organiske materialer og lerminerale. Disse vil i høj grad klæbe fast på de grovere fraktioner.

Dette sker ved at vand spules hen over nettene. I en tromlesorterer kan materialerne også ledes igennem et lukket skrubbekar hvor den sorterende bevægelse får kornene til at skrubbe mod hinanden. Endelig kan det også ske i et særskilt anlæg, knivvaskere, hvor lerklumper slås i stykker og leret opslæmmes og føres bort med skyllevandet og andre urenheder.

## 2.2 Mineralogisk sortering

Ud over at råstofferne skal sorteres efter deres kornstørrelsesmæssige sammensætning, er det også muligt at sortere dem efter deres mineralogiske sammensætning. Herved kan man frasortere porøse korn, som har ringe styrke og frostbestandighed. Endvidere kan opløselige mineraler, såsom organiske materialer og kalk, frasorteres. Det samme gør sig gældende for flint, som kan forårsage alkalikiselreaktioner.

Frasorteringen sker enten ved massefyldebestemte eller optiske forskelle. Det er den massefyldebestemte frasortering, som er relevant i nærværende sammenhæng, idet der i denne proces anvendes vand.

### 2.2.1 Massefyldesortering

Ved massefyldesortering udnytter man, at skadelige korn har en anden massefylde end de ikke-skadelige korn. Råmaterialerne opslemmes i en vibrerende væske (jig-metoden) eller i en væske, hvis massefylde ligger imellem de materialer, der ønskes adskilt (tungvæskeseperation).

Mht. nærværende arbejde er det jig-metoden, som er relevant.

Renheden afhænger af materialernes kornstørrelse og form og af massefyldeforskellen mellem de skadelige korn og de ikke skadelige korn.

Massefyldesorteringen er omkostningskrævende. Det kan således i langt de fleste tilfælde i stedet betale sig, at finde andre forekomster af egnet kvalitet eller at tilføre materialer f.eks. sømaterialer eller knust granit

### 3 PRODUKTERS KVALITETSKRAV

Visse materialer stiller store krav til de råstoffer som anvendes. Herunder er det især tilslag til beton, som stiller store krav /3/ til såvel kornstørrelsesfordeling som mineralogisk sammensætning.

#### 3.1 Betontilslag

Det er især betontilslaget krav til humus, chlorid og indhold af alkalikiseltreaktive korn, som er væsentlige. Dertil kommer for stenfraktionens vedkommende indholdet af lette korn, dvs. korn under 2400 kg/m<sup>3</sup>. Naturlige, uforarbejdede råstoffer overholder ikke disse krav, og det er således nødvendigt med en vis forarbejdning. Ved at vaske materialerne er det muligt at fjerne humus, chlorid og lerpartikler. De lette korn herunder kalk og den lyse opalholdige flint fjernes ved jigning.

Ud over den mineralogiske sammensætning spiller indholdet af fint materiale også ind, hvilket betyder at indhold af filler, dvs. korn mindre end 0,25 mm er uønsket i betonsand. Det er derfor være nødvendigt med spuling af sigter og evt. vådsortering.

Det er derfor en forudsætning for produktion af betontilslag, såvel i sand som i stenfraktionen, at det er muligt at vaske materialerne.

#### 3.2 Mørtelsand

Mørtelsand skal overholde kravene i DS/EN 13139 Tilslag til mørtel /4/. Det er i høj grad de samme forhold som gør sig gældende for mørtelsand som for betontilslag. Desuden er der krav til mørtelsandets sortering.

Det vil således for en stor dels vedkommende være en forudsætning for produktion af mørtelsand, som skal overholde kravene i DS/EN 13139, at det er muligt at vaske materialerne.

#### 3.3 Anlægsmaterialer

Kravene til anlægsmaterialer, herunder stabilgrus og bundsikring er beskrevet i DS/EN 13285 /5/ og i DS/EN 13242 /6/.

Kravene til stabilgrus og bundsikring er anderledes end kravene til tilslag til beton og mørtelfremstilling, idet kravene til anlægsmaterialer i høj grad styres af kornkurven, indholdet af knuste korn, sandækvivalent (SE) og modstandsevne overfor knusning. Kravene til kornkurven er forskellige fra kravene til kornkurven for betontilslag, idet der i såvel stabilgrus som bundsikring kan accepteres et vist indhold af fint materiale.

I langt de fleste tilfælde vil råstofferne således kunne oparbejdes til de færdige produkter udelukkende vha. tørsigtning, knusning og dosering, hvilket ikke kræver forbrug af vand. Der vil derimod være behov for anvendelse af vand i forbindelse med spuling af sigter og evt. vådsortering. Ulempen herved er, at man herefter bliver nødt til at tilsætte de helt fine fraktioner igen, idet disse forsvinder ved vådsorteringen.

Kravene til asfaltmaterialer beskrives i DS/EN 13043 /7/. Som for kravene til stabilgrus og bundsikring er det især kornkurven, indholdet af knuste korn og kornform, som er styrende for kvaliteten. Der vil således ikke være behov for vand ved oparbejdelse af råstoffer til asfaltmaterialer.

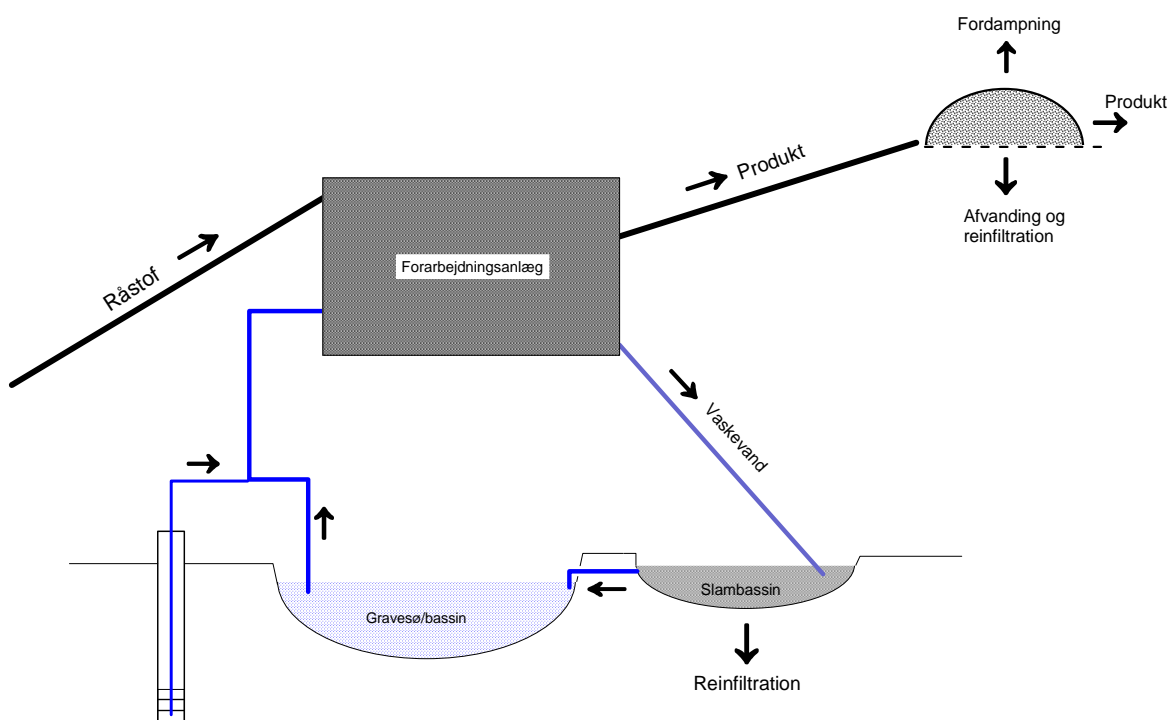
### 3.4 Andre materialer

Fra råstofgrave oparbejdes der en lang række andre produkter, herunder faltsand og filtersand. I en række tilfælde stilles der særlige krav til produktens kornstørrelse og renhed. F.eks. er der krav til afsmitning fra faltsand. Det vil således i en række tilfælde være nødvendigt at kunne sortere sandfraktionen eller vaske materialerne.

## 4 INDVINDING, RECIRKULATION OG GENANVENDELSE AF VAND

I en lang række råstofgrave er det således en forudsætning for produktionen at der kan foregå vådsortering og vask af materialerne. Dette er især gældende for råstofgrave, hvor der produceres betonmaterialer. Anvendelsen af vand er således med til at sikre at der sker en oparbejdning og forædling af råstofferne, således at råstofferne anvendes bedst muligt. I mindre grad gør dette sig gældende i grave, hvor der produceres anlægsmaterialer.

Vandindvindingen foregår enten fra en boring eller fra en gravet sø eller bassin. Fra forarbejdnings/vaskeanlægget ledes overskudsvandet, der indeholder overskydende finstof og urenheder, tilbage til et slam/bundfældningsbassin, hvor finstoffet kan falde til bunds. Via et overløb løber vandet tilbage til vaskebassinet, hvorfra det atter tages ind i anlægget, Figur 1. Graves der under grundvandsspejlet vil vandet kunne tages fra gravesøen. Der er altså tale om en meget høj grad af recirkulering.



Figur 1: Oversigt over vandkredsløb ved vask af materialer.

De materialer, som forlader anlægget, indeholder vand, der afvander i lag/materialestakken, hvorfra vandet reinfiltrerer tilbage til grundvandet. Materialet indeholder herefter højst 7 % vand /8/.

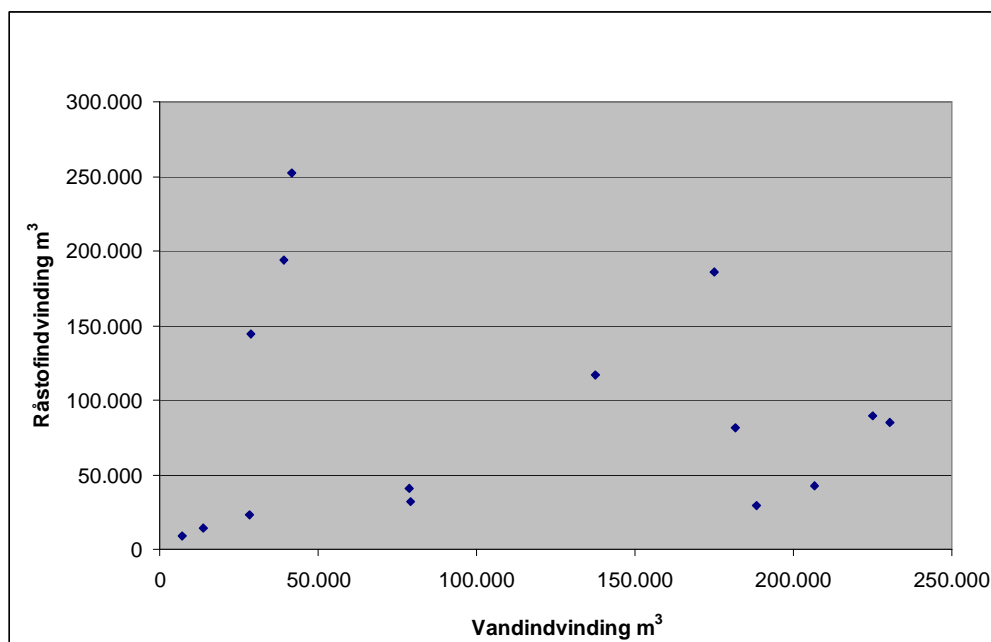
Fordampningen fra materialestakke forventes at være begrænset. Dette skyldes at vandet i materialestakke vil dræne og ikke være tilgængelige for fordampning, hvorfor den aktuelle fordampning fra materialestakken vil være meget lav. Kun i tilfælde hvor stakke vandes som følge af støvproblemer, vil den aktuelle fordampning kunne medføre et større vandforbrug.

Der vil desuden ske en tilslamning af slambassinet, således at reinfiltrationen fra slambassinet bliver mindre med tiden. Når slambassinet ikke kan modtage mere vaskevand, oprenses bassinet.

Langt størstedelen af det oppumpede vand vil derfor føres tilbage til gravesøen med recirkulering, mens kun en mindre del føres væk i færdigvaren eller fordamper. Det vil være mere end 90 % af det anvendte vand, der vil blive recirkuleret /9/. Vandet suppleres med vand fra enten boring eller gravesø.

At der sker en høj grad af recirkulation ses også på indberettede vandmængder til Jupiterdatabasen, idet indvindingstilladelserne til grusvask gennemsnitligt kun udnyttes 40-50 %.

Der er foretaget en sammenstilling mellem indberettede indvindingsmængder for hhv. råstoffer og vandindvinding for en række råstofgrave for perioden 2006-2008. De udvalgte grave indvinder mellem 10-250.000 m<sup>3</sup>/år. For råstofindberetningen er der udelukkende sammenstillet med betonmaterialer. Vandmængden der kræves til produktion af 1 m<sup>3</sup> råstoffer varierer betydeligt, og ligger imellem 0,17 m<sup>3</sup> vand pr. m<sup>3</sup> råstoffer og 6,5 m<sup>3</sup> vand pr. m<sup>3</sup> råstoffer, Figur 2. Gennemsnittet ligger på ca. 2 m<sup>3</sup> vand pr m<sup>3</sup> råstoffer (betonmaterialer).



**Figur 2: Sammenstilling mellem indberettet vandmængde og produktion af betonmaterialer for udvalgte råstofgrave.**

Forskellen skal i høj grad ses som et udtryk for, hvor effektivt vandet anvendes, herunder graden af genbrug. Analysen er behæftet med en vis usikkerhed omkring indberetning af data, idet der ikke er oplysninger om målepunkt for de indberettede vandmængder. Det er således ikke muligt at fastlægge hvor stor en del af vandmængden, der reelt bliver genbrugt.

## 5

### MILJØPÅVIRKNINGEN FRA INDVINDING AF VAND TIL GRUSVASK

Den primære miljøpåvirkning ved anvendelse af vand til grusvask er påvirkning af vandbalancen i området. I forbindelse med grusvask sker der en høj grad af reinfiltration. Tabet af vand skyldes fordamning fra materialestakke og, adsorberet vand på de produkter som transporteres bort fra graven. Tabet vurderes som begrænset, under 10 % af den anvendte mængde. Resten recirkuleres og/eller reinfiltrerer. Andelen af det som recirkuleres i forhold til det som reinfiltrerer afhænger af, hvorledes slambassinet er udformet. I de tilfælde hvor slambassinet er tæt i bunden, vil kun en begrænset andel reinfiltrere.

Der sker dog en intern omfordeling af vand. Hvis der anvendes vand fra en gravesø vil langt det meste vand løbe tilbage til søen. Hvis der derimod anvendes grundvand, sker der en omfordeling af overfladevand og grundvand, såfremt der ikke er hydraulisk kontakt grundvand og overfladevand.

Ud over vand til vådsortering og grusvask anvendes vand til støvdæmpning af interne veje, materialebunker mv. Vandmængden, som anvendes til støvdæmpning mv., er særdeles begrænset, og det vurderes, at der ikke er behov for at beskrive dette yderligere.

## 6

**BEDST ANVENDELIG TEKNOLOGI (BAT) OG ANBEFALINGER FOR REDUKTION AF VANDBEHOV**

I forbindelse med oparbejdning af råstoffer er der mulighed for at reducere tabet af vand betragteligt. Der har været udført en del arbejde i at reducere vandforbruget, herunder indføre BAT i råstofproduktionen /10/, /11/. Især genbrug og recirkulation af vand er et af de steder, hvor der kan opnås store besparelser i vandforbruget.

Herunder følger en række anbefalinger.

**Generelt**

- Anvend tørsortering hvor det er muligt frem for vådsortering. Det er generelt ikke nødvendigt at anvende vand ved produktion af anlægs- og asfaltmaterialer. I en række tilfælde vil det også være muligt at oparbejde betontilslag uden anvendelse af vand. Dette afhænger i høj grad af selve råstoffet.
- Når der er påkrævet anvendelse af vand i produktionsprocessen, anvend så kun den mængde vand, der er nødvendig. Dette vil ofte kræve en tilpasning af udstyret.

Udskift evt. til højtryks-, lavvolumen spraydyser. Installer flowbegrænser på ventiler, hvor store mængder vand ikke er nødvendigt og installer automatiske afspærringsventiler på materiellet.

- Opstil et vedligeholdelsesprogram. Inspicer rutinemæssigt udstyr, vandrør, spraysystemer og ventiler for utætheder, tilstopning, slidte dele og fejlfunktioner. Indfør overvågning på strategiske steder i anlægget. Dette vil bidrage til at registrere utætheder og opretholde minimumsdriftflow.
- Uddan medarbejdere i hvorledes der spares på vandet.

**Genbrug og recirkulation af vand**

- Indfør genbrug og recirkulation af vandet, herunder anvend bassiner eller tanke til genbrug og recirkulation af vand.
- Udformning af slambassinets har stor betydning for hvor meget vand, der tabes i processen. Fordampningen fra et lille og dybt bassin vil således være mindre end fordampningen fra et stort og lavt bassin. Det kan derfor betale sig jævnlige at uddybe bassinet for at fjerne det finkornede slammateriale. Hvis bassinet skal være tæt anbefales det regelmæssigt at inspicere bassinet for lækager. Til bassinbund og sider kan anvendes f.eks. stampet moræneler/ler fra råstofgraven.



- Begræns den tid vandet er tilbageholdt i bassinet, og inden det igen kan genanvendes. Dette vil begrænse fordampning og reinfiltration. Dette kan gøres ved, f.eks. at
  - begrænse tiden vandet er i sedimentationsbassin,
  - installere centrifugaludstyr for at fjerne finere partikler,
  - justere centrifugaludstyr til maksimal effekt på grundlag af flow og kornstørrelsesfordeling,
  - tilsætte polymerer til vandet som støtter flokkulering og hastigheden af sedimentationen af finere partikler.

## 7

### LITTERATUR

/1/ Teknologisk udvikling i grusbranchen. Råstofkontorets teknologiserie nr. 4. Fredningsstyrelsen 1981.

/2/ Forbedret ressourceudnyttelse af danske råstoffer Fase 2 (Vurdering, analyser og sammenstillinger). Udført for: Skov- og Naturstyrelsen, Hav- og Råstofkontoret. Udført af Teknologisk Institut 2001.

/3/ Dansk Standard. DS/EN 12620. Tilslag til beton. Aggregates for concrete. 2008.

/4/ Dansk Standard. DS/EN 13139. Tilslag til mørtel. 2003.

/5/ Dansk Standard. DS/EN 13285. Vejmaterialer – ubundne blandinger – specifikationer. 2003.

/6/ Dansk Standard. DS/EN 13242. Tilslag til ubundne og hydraulisk bundne materialer til vejbygning og andre anlægsarbejder. 2003.

/7/ Dansk Standard. DS/EN 13043. Tilslag til bituminøse blandinger og overfladebehandling af veje, lufthavne og andre trafikerede områder. 2003.

/8/ Regionplan 2005 - 2016, Forslag til Tillæg 11. Fortsat grusgravning i og ved Bromme plantage i Sorø Kommune. Vestsjællands Amt. Juni 2006.

/9/ VVM-redegørelse for råstofindvinding ved Kirkeby Vænge. Hvidkilde Gods og NCC Råstoffer A/S juli 2006.

/10/ Water Efficiency Practices for Quarries and Sand and Gravel Operations. Environmental Fact Sheet WD-DWGB-26-8. New Hampshire Department of Environmental Services. 2010.

<http://www.des.nh.gov/organization/commissioner/pip/factsheets/dwgb/documents/dwgb-26-8.pdf>

/11/ User's Manual to best management practices for gravel pits and the protection of surface water quality in Alaska. State of Alaska Department of Environmental Conservation. June 2006.