

# Bergmaterial- användning i praktik och teori

---

Hantering av bergmaterial-  
produkter

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>BERGMATERIALKVALITET</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBUNDNA MATERIAL</b>	<b>1</b>
2.1	Separation	1
2.2	Vattenkvot	2
2.3	Lagring	3
2.4	Upplagshantering	3
2.4.1	Byggande av upplag	3
2.4.2	Bevattning	5
2.5	Materialhantering efter lagring i täkt	5
2.5.1	Utlastning och transport	5
2.5.2	Utläggning	5
2.5.3	Packning	7
2.5.4	Nedkrossning	7
2.5.5	Nedsmutsning	8
<b>3</b>	<b>BALLAST TILL BITUMENBUNDNA PRODUKTER</b>	<b>8</b>
3.1	Separation	9
3.2	Bristfällig packning av underliggande lager	9
3.3	Fri glimmer och lermineral	10
3.4	Vidhäftning	10
3.5	Poleringseffekt	11
3.6	Överkorn	11
3.7	Kornform	11
<b>5</b>	<b>BETONGBALLAST</b>	<b>12</b>
5.1	Alkalisilikareaktion (ASR)	12
5.2	Fri glimmer	13

5.3	Övriga egenskaper av betydelse för betongprodukter	14
5.3.1	Alkalikarbonatreaktion (ACR)	14
5.3.2	Andra betydande materialegenskaper	14
<b>6</b>	<b>KONTAKTUPPGIFTER</b>	<b>18</b>

# Förord

Bergmaterial är en oundgänglig förutsättning för byggnade och anläggning och materialet är den största byggprodukten i vikt räknat näst efter vatten.

På grund av vikten är bergmaterial mycket dyrt att transportera och redan cirka tre mils transport kostar lika mycket som materialet i sig.

Det innebär att bergmaterial alltid kommer att vara en regionalt producerad råvara och användaren måste känna till regionens förutsättningar och eventuella begränsningar.

De största mängderna bergmaterial används för att bygga och underhålla den fysiska infrastrukturen. Vägar och gator grundläggs med bergmaterial som sedan täcks med asfalt, d.v.s. bergmaterial och bitumen. Järnväg anläggs på bankar av bergkross. Betong består till största delen av bergmaterial. Användningsområdena är många.

För alla dessa tillämpningar finns det krav på bergmaterialets tekniska prestanda. En del av det bergmaterial som finns på marknaden är av hög kvalitet och klarar tillämpningar med höga krav, medan en del håller lägre kvalitet (och pris) och är fullgott för vissa användningsområden, men undermåligt för andra.

Kunskap om kvalitetskrav på bergmaterial för olika användningsområden är något som alla konstruktörer måste ha när de projekterar ny infrastruktur, men även den som leder bygge av väg och järnväg måste veta hur materialet ska hanteras, hur det inte får hanteras och vilka konsekvenserna blir om det hanteras olämpligt.

Även den som ska välja råvara till asfalt (som till 93,96 % består av ballast) eller betong (där ballast utgör ca 80 %), bör veta vilka egenskaper hos bergmaterialet som kan vara skadliga för slutprodukten och som man bör vara vaksam på.

Den här skriften tar kortfattat upp många viktiga aspekter på bergmaterialanvändning och den tillhandahålls kost-

nadsfritt för högskolestudenter som kan komma att behöva denna kunskap.

Fördjupande kursmaterial som beskriver bergmaterialproduktion har tidigare producerats av SBMI för högskolestuderande. Det heter »Bergmaterialindustrin i praktik och teori« och finns också att tillgå kostnadsfritt via [www.sbmi.se](http://www.sbmi.se).

Stockholm 2019-06-26



Björn Strokirk  
Sveriges Bergmaterialindustri

# 1. Bergmaterialkvalitet

Beroende på till vilket ändamål bergmaterialprodukter ska användas ställs olika mekaniska och fysikaliska kvalitetskrav, t.ex. motstånd mot nötning (micro Devalvärde, kulkvarnsvärde) och motstånd mot fragmentering (Los Angelesvärde). Många av kvalitetsparametrarna är starkt beroende av bergmaterialets petrografiska egenskaper. Andra produktkrav är produktionsberoende, exempelvis kornstorleksfördelning och kornform. Vid vissa tillfällen, i synnerhet beträffande betongballast, ställs även krav på kemiska egenskaper, t.ex. alkalisilikareaktivitet (ASR) och kloridinnehåll.

I syfte att hushålla med naturresurser är det lämpligt att välja materialkvalitet utifrån det avsedda ändamålet och de kvalitetskrav som ställs för bähförmåga, beständighet och funktion. Ett ur kvalitetssynpunkt överkvalificerat material är både miljömässigt och ekonomiskt omotive-

rat, medan ett underkvalificerat material kan medföra bristfälliga konstruktioner med ekonomiska konsekvenser i form av höga underhålls-, reparations- eller ombyggnationskostnader till följd. Utöver kvalitetsparametrar bör även transportavstånd och tillgänglighet vägas in vid val av material.

En täkt består inte alltid av helt homogent berg. Det är inte ovanligt att berggrunden består av två eller flera bergarter med olika kvaliteter eller att den omfattar partier med berg som har utsatts för deformationer på grund av tektoniska rörelser i jordskorpan, t.ex. kross- och sprickzoner. Om täkten uppvisar stora kvalitetsvariationer rekommenderas det att brytning (alternativt lastning till kross) om möjligt utförs selektivt för att inte försämra en högkvalitativ produkt. Material av sämre kvalitet kan användas för ändamål med måttliga eller låga kvalitetskrav.



## 2. Obundna material

Lagring och materialhantering är av stor betydelse för att bevara produktkvaliteten. När produkterna lämnar slut-siktningsteget i tillverkningsprocessen är det av största vikt att materialet hanteras på rätt sätt för att bibehålla kvaliteten ända fram till slutanvändning och önskad funktion över tid. Produktkvaliteten kan också försämrats väsentligt genom felaktig hantering när materialet har lämnat täkten. Ovarsam materialhantering kan förstöra en kvalitetsprodukt så att den blir oanvändbar.

### 2.1 Separation

Separation innebär att små korn rinner nedåt genom materialet medan större korn blir kvar högt upp och den producerade kornstorleksfördelningen blir heterogen. Separationsrisken ökar med ökande kornstorlek och kornstorleksspann (långa sorteringar som omfattar kornstorlekar från mycket små till stora partiklar).

I figur 1 visas ett typiskt exempel på när de grövre partiklar separerar från de finare och faller på utsidan av upplaget. Grovt material ligger som en krans runt upplaget. Om materialet körs ut på ett transportband med hög fallhöjd kommer ungefär av upplaget räknat från botten att bestå av grovt material.

Separation kan uppstå i upplagshögar i tækten, men även när en lång sortering läggs ut som bär- eller förstärkningslager i en väg och flyttas fram och tillbaka med maskiner. Torrt material är extra separationsbenäget. Om utlagt material eftervattnas i stora mängder kan finmaterialet spolas ner i konstruktionen och delar av konstruktionen kan bli tjälfarlig.

Konsekvenser av materialseparation kan bli försämrad produktkvalitet med exempelvis otillfredsställande packning med bärighetsproblem som följd, d.v.s. materialets förmåga att bära och fördela tyngd från fordon försämrats och med att kornen i separerat material inte samverkar på avsett vis. Dessutom kan vattengenomsläpplighet (per-

meabilitet) och vattenuppsugningsförmåga (kapillaritet) förändras, vilket i sin tur kan bidra till tjälskador.



Figur 1. Exempel på materialseparation i upplag.

### 2.2 Vattenkvot

Materialets fuktighet har stor betydelse, inte minst med avseende på packningsegenskaper. Enligt europastandard SS EN 13285 ska maximal densitet och optimal vattenkvot deklareraras och provning ska utföras i enlighet med standardmetod SS EN 13286 2 (Proctor).

Det finns inga bestämda kravgränser för optimal vattenkvot, men ett erfarenhetsvärde om 4,6 % anses ge tillfredsställande packningsgrad under förutsättning att korrekt packning utförs.

Övriga fördelar med fuktigt material är minskad damning och separation, vilket i sin tur medför god arbetsmiljö och bra slutprodukter. Det bör observeras att fuktigt bergmaterial kan frysa vid temperaturer under 0°C, vilket leder till bildning av tjälklumpar som behöver sönderdelas och/eller tinas upp. Därmed kan separation mellan produktens fin- och grovpartikulära beståndsdelar uppstå.

Materialet ska hålla rätt fuktkvot när det läggs ut. Om vatten tillsätts så att materialet uppfyller optimal vattenkvot, t.ex. 40–60 ton vatten per 1000 ton bärlager, bör det främst ske innan eller under utläggning av obundet lager. Om bärlagret vattnas efter utläggning kan bergmaterial-

produkten förstöras genom att finmaterialet spolats (tvättas) ner i konstruktionen.

## 2.3 Lagring

Lagerhållning av bergmaterialprodukter kan ske i silos, fickor och/eller i upplag. Risk för separation, damning, klimatpåverkan och underlagets bärighet är viktiga faktorer som bör beaktas vid lagring.

Lagring i silo är kostsamt, men medför många fördelar jämfört med markupplag, exempelvis:

- Silos är självtömmande och inga lastmaskiner behövs.
- Silos medför mindre problem med damning än vad lagring i öppna upplag utgör.
- Silos skyddar för nederbörd och om de är utrustade med uppvärmningsanordning skyddar de för kyla och frysning.
- Silos är nödvändiga för lagring av filler.

Lagerlagt material som utsätts för regn, snö och kyla kan förorsaka problem med ökade kostnader till följd, varför det är lämpligt att använda exempelvis tält, täckplast eller presenningar som skydd. Upplagens underlag bör ha en fast och ren yta och materialhögar får inte placeras så tätt att produkterna rinner ihop och blandas. Olika sorteringar och produkter ska märkas upp med skyltar. Lastmaskinen som används för lagerläggning ska vara ren så att inte t.ex. lera i skopan förorenar produkterna och vid tippning är det viktigt att tippa rätt produkt till avsedd lagringsplats.

## 2.4 Upplagshantering

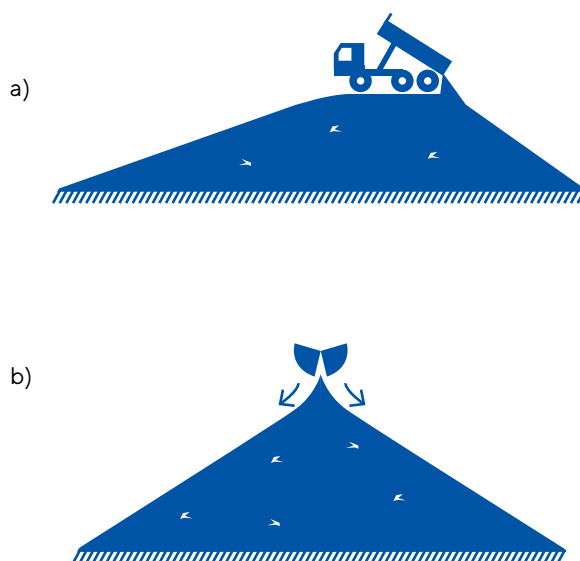
Placering av upplag kräver god täktplanering, eftersom upplag är utrymmeskrävande samtidigt som de ska vara lättillgängliga för lastning.

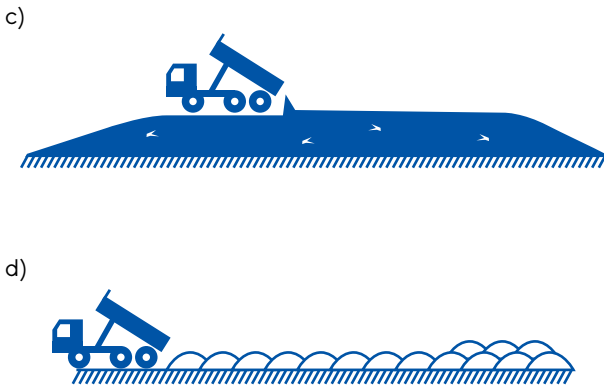
### 2.4.1 Byggande av upplag

Upplagsbyggande kan ske på flera olika sätt:

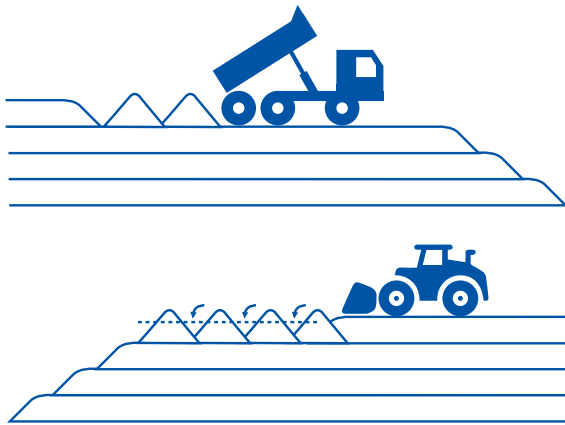
- Materialet tippas från ett fordon nedför en slänt och lägger sig i sneda skikt som motsvarar rasvinkeln (figur 2a).
- Materialet faller fritt från en transportör eller släpps från en gripskopa över samma punkt. Det bildade upplagets form är konisk (figur 2b).
- Materialet sprids i ett tämligen tunt, horisontellt skikt från ett rullande fordon eller en svängande transportör/gripskopa (figur 2c).
- Materialet tippas från fordon lassvis bredvid varandra i ett eller flera lager och med hänsyn till den naturliga rasvinkeln (figur 2d 3). För att bygga flera lager krävs att en uppkörningsramp anläggs i takt med ökande antal lager. Lagerbädden bör inte vara tjockare än en meter eller den tjocklek som tippning av ett lass bygger.
- Materialet sprids i horisontella lager med hjälp av svängande, teleskopiska transportörer. Metoden har visat sig ge goda resultat med avseende på separation och degradation.

**Figur 2.** Schematiska bilder över fyra metoder för upplagsbyggande genom a) tippning från fordon nedför en slänt, b) fritt fallande material, c) spridning i tunt, horisontellt skikt och d) lassvis tippning.





**Figur 3.** Principerna för metoden lassvis tippning i flera lager genom a) tippning och b) utplanering av tippade lass.



Tippning från fordon nedför en slänt och fritt fallande material ger stora separationseffekter, varför de är mest lämpade vid lagring av korta sorteringar. Lassvis tippning är den mest vedertagna metoden i branschen.

Ett annat sätt att förhindra separation (och damning) vid upplagsläggning är att använda olika typer av uppochnervända trattar (hattar) vid avlastning från transportband till upplag (figur 4a). Även teleskopstup (figur 4b) är bra hjälpmedel i syfte att minska risken för materialseparation och skydda fina fraktioner från vindsiktning och dammspridning.

**Figur 4.** Exempel på a) uppochnervänd tratt och b) teleskopstup som hjälpmedel för att minimera dammspridning och separation vid upplagsläggning.



## 2.4.2 Bevattning

Genom att vattenbegjuta materialet i tåkten, gärna redan vid avlastningsänden på sista transportbandet efter slutsiktning, reduceras dels separationsrisken, dels damningsproblematiken. Fuktiga produkter blir mer hanterbara och mindre separationsbenägna vid lastning, transport samt utläggning och packningsegenskaperna förbättras avsevärt jämfört med en torr produkt. Vattning bör dock inte ske under siktningprocessen, eftersom bergmaterialet lätt klumpar ihop, finmaterial fäster på grövre stenar och rensiktning försvåras.



## 2.5 Materialhantering efter lagring i täkt

Varje gång bergmaterialprodukter lastas eller transporteras finns det risk att materialet separerar. Det gäller både för lastning/omlastning och transporter inom täkten samt för hantering och behandling av produkter efter leverans. Onödig materialhantering ska därför undvikas.

### 2.5.1 Utlastning och transport

För att minimera risk för försämring av produktkvaliteten vid lastning inför transport bör lastmaskinens skopvolym vara stor. När skopan fylls är det bra att låta den skära genom flera lager. Separationsrisken minskar om lastat material avjämnas. Ett jämnt underlag för upplaget underlättar hög lastningsprecision så att bara produkten och inget material från underlaget följer med. Material från marken sänker produktkvaliteten. Andra bra rutiner är att inte lasta ut materialet som ligger närmast marken eller att lägga fiberduk under upplaget.

Många gånger utgör transporten som sådan viss omlagring och separation av materialet. Olika utformningar av flak och lastutrymmen kan ha inverkan på separationsbenägenheten. Om bergmaterialprodukterna är fuktiga vid såväl lastning som transport minskar risken för materialseparation och damning.

### 2.5.2 Utläggning

Ett bra sätt att bibehålla produktkvaliteten och undvika separation när materialet ska läggas ut på väg är att tippa lasset och sedan med hjälp av väghyvel eller traktor breda ut och avjämna ytan (figur 5).

Ett bättre alternativ är att sprida lasset direkt från lastbilsflaket. Det minskar behovet att skyffla materialet fram och tillbaka. För varje gång det flyttas ökar risken för separation, särskilt i torrt material. Ett jämnt lager från början ger det bästa resultatet.

En tredje och ännu bättre variant är att använda läggare, vilket ger hög och jämn precision i bäddtjocklek och önskad tjocklek uppnås utan onödig materialhantering.

För bästa resultat ska inte bär- och förstärkningslager levereras torrt. Det går inte att få ett helt bra resultat genom att vattna på utlagt material (figur 6). Risken för separation av finmaterial ökar och vattnet fördelas sällan jämnt, utan vissa partier blir våta medan andra förblir torra.



Figur 5. Exempel på utläggning av bärlager



Figur 6. Separation av bärlager beroende på ovarsam utläggning och torrt material.

### 2.5.3 Packning

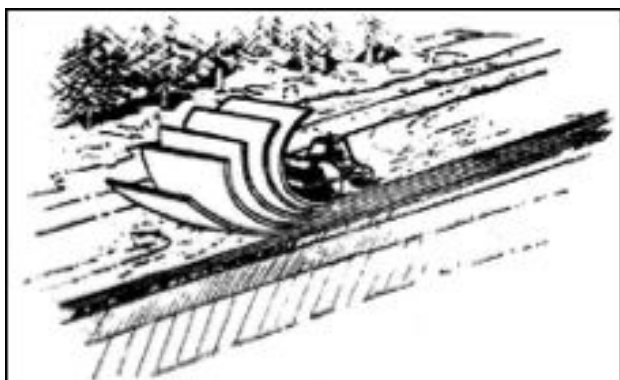
Alla lager i en väggropp ska packas väl (figur 7a) för att uppnå tillräcklig bärighet och för att undvika framtida sättningar. Varje väglager byggs upp av tunna lager som packas var för sig (figur 7b). Exempel på största tillåtna lagertjocklek efter packning visas i figur 8 som gäller för obundet bärlager till belagd väg. Packning ska ske till dess att bärigheten inte längre ökar. Enligt AMA Anläggning ska bärlagrets vattenkvot mätas under packning och den optimala vattenkvoten ska bestämmas. Beträffande för-

stärkningslager är bestämning av optimal vattenkvot inte ett krav.

a)



b)



**Figur 7.** Exempel på a) packning av bärlager och b) schematisk skiss över packning i flera lager.

Vält	Vattenkvot $\geq$ Optimal vattenkvot minus 1,5 %		Vattenkvot $<$ Optimal vattenkvot minus 1,5 %	
	6 överfarter	8 överfarter	6 överfarter	10 överfarter
linjelast > 15 kN/m	0,08	0,15	—	0,10
> 25 kN/m	0,20	0,25	0,10	0,13
> 35 kN/m	0,25	0,30	0,12	0,15

**Figur 8.** Största tillåtna lagertjocklek (m) efter packning av obundet bärlager till belagd väg med hänsyn till vattenkvot, packningsredskap och antal överfarter enligt AMA Anläggning.

## 2.5.4 Nedkrossning

Nedkrossning är en vanlig orsak till att en levererad kva-

litetsprodukt inte håller samma kvalitet när den ligger på vägen som när den lämnade tåkten. Frekvent tung byggtrafik direkt på bärlager (utan slitlager) kan krossa ner det utlagda materialet. Det medför att kornstorleksfördelningen förändras och produkten kanske inte längre uppnår önskad kvalitet.

Nedkrossning kan även förekomma i samband med packning av bär- och förstärkningslager (figur 9a).

Ytterligare en parameter som kan förorsaka nedkrossning är att bergmaterialet är heterogent och innehåller linser av bergarter med lägre hållfasthet, t.ex. förskiffrad, glimmerrikt gnejs. Vid byggtrafik och packning tenderar materialet att smulas sönder (figur 9b), varvid finandelen

inklusive friglimmerhalten, ökar och bärigheten minskar. Hög andel fria glimmermineral i finfraktionen medför ökad frostkänslighet i obundna överbyggnadslager. Av denna anledning är den finandel som uppmäts i den färdigbyggda vägen inte alltid enbart orsakad av de utlagda massorna, utan även av byggtrafik och hantering av massorna.

a)



b)

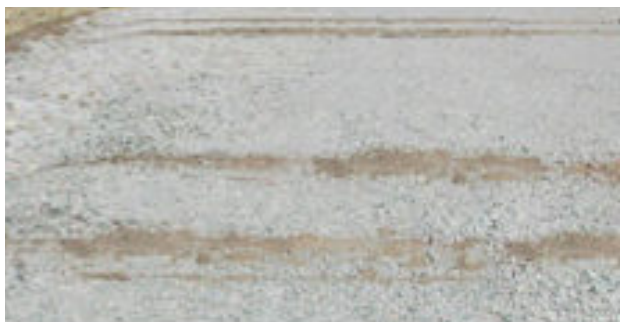


**Figur 9.** Exempel på a) nedkrossning från packning och b) skiffrigt, glimmerrikt bergmaterial som har krossats ned av byggtrafik och packning.

## 2.5.5 Nedsmutsning

Vissa bergmaterialprodukter har höga krav på renhet och produkterna kan förorenas genom inblandning av icke önskvärt material, ofta lera från smutsiga maskiner och däck. Det är därför viktigt att hålla fordon och däck rena och att vara uppmärksam på inblandning av andra oönskade material, t.ex. trädrötter, jord eller petroleumprodukter. Nedsmutsning av färdigpackade ytor (figur 10) får inte förekomma på oskyddade lager. Jord försämrar vidhäftning mellan lagren och ytor som har smutsats ned ska tunnfräsas eller på annat sätt avlägsnas, ersättas med nytt material och åtgärdad yta ska genomgå acceptanskontroll.

a)



b)



**Figur 10.** Exempel på nedsmutsning av färdigpackat bärlager genom a) spill av jord och b) upplag med jordmassor.

# 3. Ballast till bitumenbundna produkter

Asfaltbetong, asfalt i dagligt tal, består till 93-96 vikt% av krossat bergmaterial beroende på typ av asfaltmassa. Resterande del utgörs av bitumen och en liten mängd vidhäftningsmedel för att förbättra vidhäftningen mellan bergmaterialet och bindemedlet och därigenom öka bitumenproduktens beständighet.

Till skillnad från bitumen utgör ballastmaterialet en förhållandevis billig och ofta lokal produkt, vars betydelse har underskattats under många år. På senare tid har materialet kommit i fokus, främst beroende på dess stora inverkan på dubbslitaget. I modern tid har även bergmaterialets relevans för beständigheten hos asfaltbeläggning uppmärksamats.

Eftersom den huvudsakliga beståndsdelen i bitumenbundna produkter utgörs av bergmaterial är det uppenbart att kvaliteten på och egenskaperna hos krossprodukterna har en avgörande betydelse för slutprodukten samt dess bärformåga, beständighet och funktion.

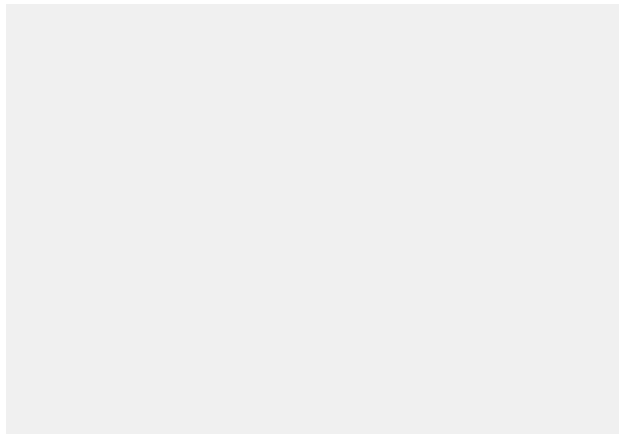
Nedanstående avsnitt beskriver några problem med bitumenbundna produkter och deras produktion, relaterade till hantering av det ingående bergmaterialet.

## 3.1 Separation

Under transport av asfaltprodukter kan bergmaterialet separera från bitumen. Om asfaltmassan är för varm eller har för hög bitumenhalt kan bitumen rinna av stenarna och hamna i botten på flaket. Då separerar de större stenarna och rullar på utsidan av lasten och lägger sig i botten runt lasten (figur 11a). Lastbilar med rundbottnade flak minimerar separation och idag används alltid rundbottnade flak för asfalttransporter (figur 11b).

a)

b)



**Figur 11.** Exempel på a) schematisk skiss över separerat material på flak täckt och b) isolerat och rundbottnat flak för varma bitumenbundna massor på lastbil och vagn.

## 3.2 Bristfällig packning av underliggande lager

Otillfredsställande packning kan bero på många olika faktorer såsom icke godtagbar korn-storleksfördelning,



slarvig utläggning, torrt material, materialseparation, otillräckligt många överfarter etc. En konsekvens av bristfällig packning är spårbildning som ger sig till känna i både slitlager och underliggande överbyggnadslager (figur 12). Dåligt packade obundna lager medför också att asfaltmassan vid packning har svårt att "få fäste" och studsar på det obundna lagret, eftersom underlaget inte svarar på packningen. Resultatet blir en dåligt packad vägkropp med sättningar som följd.

a)



b)



**Figur 12.** Exempel på spårbildning förorsakad av sättningar i vägkropp med a) uppsprickning av bitumenbundet slitlager och b) sättningar i överbyggnadslager.

### 3.3 Fri glimmer och lermineral

Glimmerrika, folierade bergarter med tydlig mineralorientering är ur vägteknisk synpunkt tveksamma att använda som ballast i bitumenbundna lager, främst beroende på dålig hållfasthet, benägenhet till nedkrossning och negativa effekter förbundna med glimmerrikt finmaterial.

Glimmerförande bergarter som utsätts för mekanisk påfrestning, t.ex. krossning, lösgör fria glimmerpartiklar som kan anrikas i krossprodukternas finfraktion. Fri glimmer har förmåga att absorbera och kvarhålla vätskor såsom vatten och bitumen.

De vanligast förekommande glimmermineralen är muskovit och biotit, men även klorit kan räknas till glimmergruppen, eftersom mineralet i detta sammanhang har liknande egenskaper som glimmer.

Konsekvenser av hög andel fria glimmermineral i beläggingsmaterial kan vara torrmasa med stensläpp som följd samt asfaltblödning, vilken kan ge upphov till svår halka under varma förhållanden. Asfaltblödning kan under varma sommardagar innebära åtgärder i form av halkbekämpning. Alltför mycket fri glimmer i vägens överbyggnad kan förorsaka stora och kostsamma frostsador.

Lermineral ansamlas, i likhet med fria glimmerpartiklar, i krossprodukternas finfraktion och egenfiller. Vissa lermineral är svällande och kan medföra sönderfall vid fukt och torka samt vid frysning och upptining.

### 3.4 Vidhäftning

Vidhäftning mellan bitumen och bergmaterialet beror av komplexa kemiska/ytkemiska egenskaper i vardera mediet. Erfarenheter visar att exempelvis ballast av kvartsit (figur 13) kan ge upphov till undermålig vidhäftning. Om fenomenet förekommer på asfaltbeläggningens yta kan stensläpp med efterföljande potthål uppstå. Konsekvenser av dålig vidhäftning längre ner i asfaltlagret orsakar spårbildning.

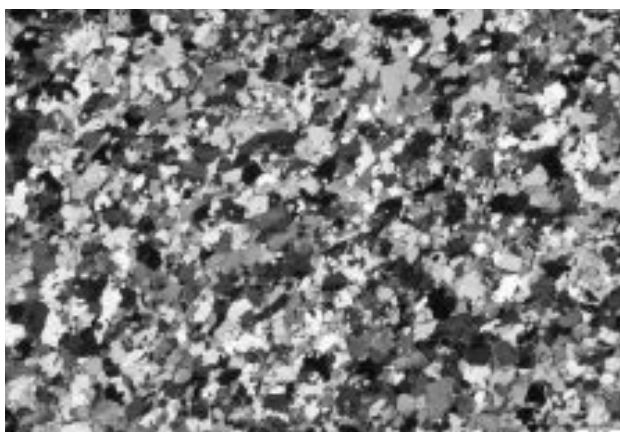
För att uppnå fullgod vidhäftning måste vidhäftningsmedel tillsättas i massan. Asfalt som utsätts för vatten stående i vägkonstruktionen, t.ex. på grund av kvarstående vatten i diken, kan börja strippa (bitumen släpper från stenarna). Asfalten förlorar då sin bärighet och blir som ett obundet bärlager. Asfaltslitlager utsätts även för tvättning när vägbanorna blir våta av regn eller på vintern när vägsalt töar is och snö.



a)



b)



**Figur 13.** Exempel på a) kvartsit och b) kvartsit avbildad genom polarisationsmikroskop med 100x förstoring

### 3.5 Poleringseffekt

Hårda, slitstarka bergarter, t.ex. kvartsit och porfyr är eftertraktade som ballast i slitlager på högt trafikerade vägar. Det har dock visat sig att bergmaterialens hårda yta kan poleras av intensiv trafik och ge låg friktion med halka som följd, i synnerhet vid fuktig väderlek. Poleringseffekten uppstår främst på vägsträckor med frekvent inbromsning, i cirkulationsplatser och i vägkorsningar, särskilt i storstadsområden.

### 3.6 Överkorn

Om ballasten innehåller stora överkorn kan dessa, under

utläggning av asfaltmassa, fastna under asfaltläggarens skrid och dras med vid utläggning. Stenen kan då åstadkomma skrapspår i den utlagda beläggningen.

### 3.7 Kornform

Det är allmänt känt att ett kubiskt (avrundat) bergmaterial vanligen ger bättre resultat från mekaniska provningar av ballast, t.ex. motstånd mot nötning från dubbdäck (kulkvarnsvärde). Kraftigt kubiserat material kan dock ge negativa konsekvenser.

Vid krossning och kubisering kommer svaga mineral och beståndsdelar från bergarten att anrikas i krossproduktens finfraktion och filler, varvid finmaterialkvaliteten kan försämrans och ge upphov till en potentiellt vattenkänslig asfaltmassa.

Även packningsegenskaperna kan försämrans i ett hårt kubiserat bergmaterial. Kornformen kan bli så rund att materialet inte håller ihop och rullar i vägkonstruktionen, jämförbart med okrossat naturgrus.

# 5. Betongballast

Betong har lång livslängd och tack vare många goda egenskaper såsom formbarhet, hög tryckhållfasthet, god slitstyrka, täthet och beständighet är användningsområdena många. Betong består i grova drag till 80 % av ballast, 14 % av cement och 6 % av vatten. Dessutom ingår normalt små doser av olika tillsatsmedel i syfte att påverka dess egenskaper i både färskt och hårdnat tillstånd.

I dagsläget utgörs nästan all grovballast (>4 mm) av krossat berg och utmaningen finns i att utveckla lämplig finballast (<4 mm) från krossberg för att minimera användning av naturgrus och tillverka betong av helkross. Ca 50 % av betongens bergmaterial utgörs av finballast.

Eftersom den huvudsakliga beståndsdelen i betongprodukter utgörs av bergmaterial är det uppenbart att kvaliteten på och egenskaperna hos ballasten har avgörande betydelse för slutprodukten samt dess bärförmåga, beständighet och funktion. För betongballast anses kornstorleksfördelning och kornform vara de mest betydande parametrarna.

Nedanstående avsnitt beskriver några problem med betongprodukter och deras produktion, relaterade till det ingående bergmaterialet.

## 5.1 Alkalisilikareaktion (ASR)

Alkalisilikareaktion (ASR) är en kemisk reaktion som beror på att ballastens silika (kvarts) delvis reagerar med betongens högalkaliska porlösningar och bildar en gel som är vattenupptagande (hydoskopisk). Lösligheten ökar med stigande pH värde. Processen medför en volymökning som kan spräcka betong (figur 14a). Sprickbildningen i sin tur kan leda till andra problem, t.ex. frostsprängning (figur 14b). Påverkande faktorer är främst fukt, temperatur och typ av reaktiv ballast. Kvarts är den kristallina formen av silika.

Bergarter som anses vara eventuellt alkalisilikareaktiva är

finkorniga och kvartsrika såsom kvartsporfyrr, kvartsit och felsisk metavulkanit. Potentiellt alkalisilikareaktiva beståndsdelar representeras av exempelvis amorf (icke kristallin), mikro /kryptokristallin och tektoniskt deformerad kvarts. Tektoniskt deformerad kvarts kan förhållandevis enkelt identifieras genom polarisationsmikroskopi, eftersom den uppvisar undulös utsläckning.

a)



b)



**Figur 14.** Exempel på sprickor i betong orsakade av a) alkalisilikareaktion och b) alkalisilikareaktion i kombination med frost.

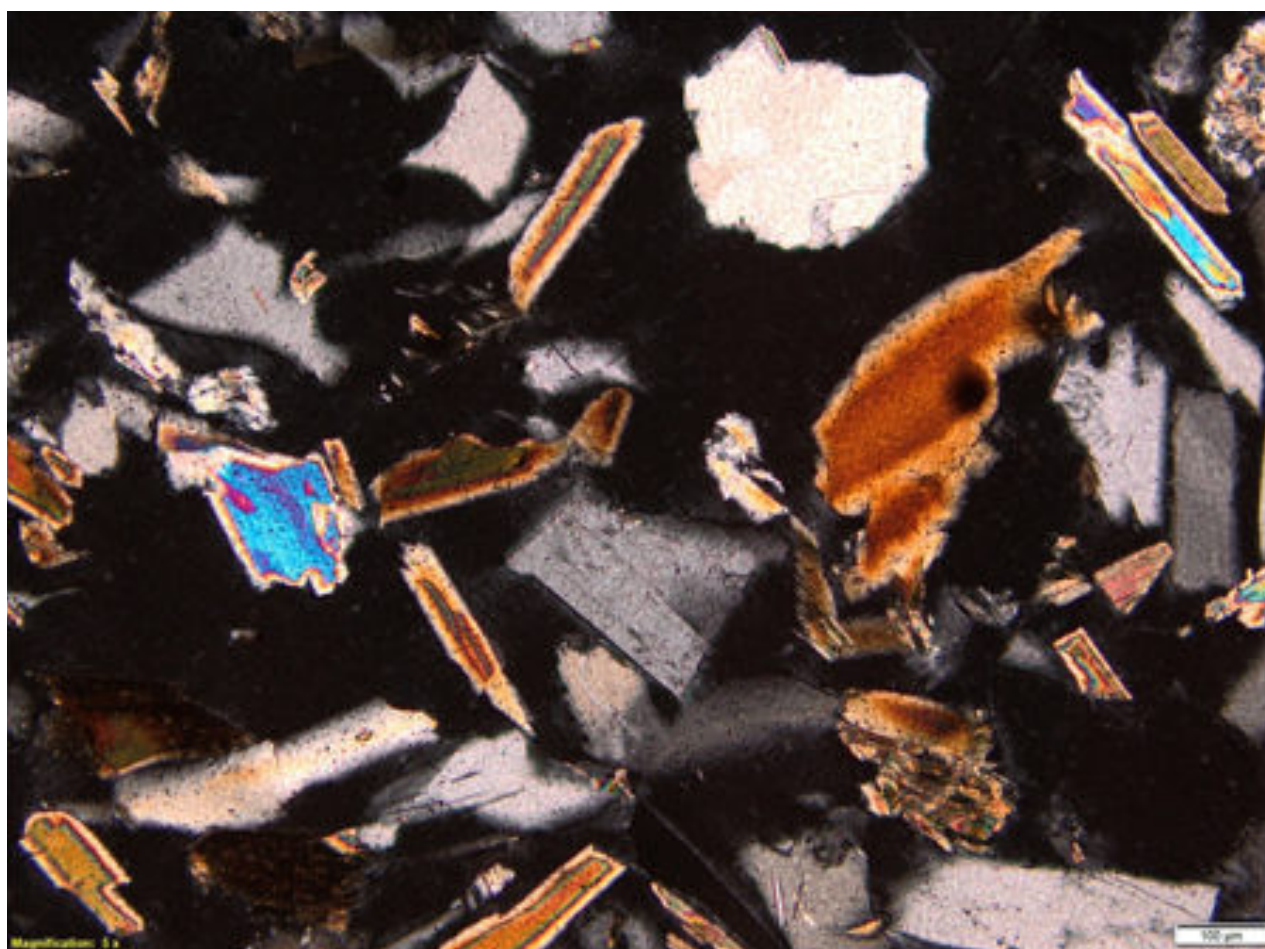
Vid bedömning av reaktivitet genomförs i första hand en kvantitativ analys i syfte att bestämma andelen potentiellt alkalisilikareaktiva beståndsdelar i enlighet med metoden RILEM AAR 1 eller likvärdig metod såsom det krävs i standard SS 137003:2015. I standarden rekommenderas det att betongballast med mer än 15 % alkalisilikareaktiva eller potentiellt alkalisilikareaktiva beståndsdelar ska provas enligt metod RILEM AAR 2 (accelererat expansions-test) och/eller RILEM AAR 3 (expansionstest över lång tid).

## 5.2 Fri glimmer

Glimmerförande bergarter som utsätts för mekanisk påfrestning, t.ex. krossning, lösgör fria glimmerpartiklar som

kan anrikas i krossprodukternas finfraktion (figur 15). Fri glimmer har förmåga att absorbera och kvarhålla vätskor såsom vatten och bitumen.

De vanligast förekommande glimmermineralen är muskovit och biotit, men även klorit kan räknas till glimmergruppen, eftersom mineralet i detta sammanhang har liknande egenskaper som glimmer. Erfarenhetsmässigt anses höga halter av fri glimmer hos betongballast (>25 %) kunna förorsaka produktionsproblem.



**Figur 15.** Exempel på fri glimmer i finfraktion 0.125/0.25 mm med glimmermineralen a) biotit och b) muskovit avbildad genom polarisationsmikroskop med 100x förstoring.

Glimmerförande bergarter i grovballast utgör inga nämnvärda svårigheter vid betong-tillverkning. Däremot förorsakar fri glimmer i finfraktionen problem med betongens arbetbarhet p.g.a. den flisiga/flakiga kornformen som ger motstånd i färsk betong.

Eftersom fria glimmerkorn suger upp och behåller vatten kan även vattencementtalet påverkas av höga halter.

### 5.3 Övriga egenskaper av betydelse för betongprodukter

Andra egenskaper hos betongballast som i vissa fall kan påverka såväl produktion som betongprodukter är alkalikarbonatreaktion, densitet, radioaktivitet, vattenabsorption samt innehåll av klorider, sulfidmineral och järnoxider.

#### 5.3.1 Alkalikarbonatreaktion (ACR)

Utöver alkalisilikareaktion är alkalikarbonatreaktion (ACR) en kemisk reaktion som kan uppträda om betongballasten innehåller rikligt med karbonatmineral. Exempel på karbonatbergarter är kalksten, dolomitsten och marmor. Pågående forskning inom området har ännu inte verifierat hypotesen till fullo, men hittills presenterade resultat indikerar att konsekvenserna av alkalikarbonatreaktion kan jämföras och likställas med alkalisilikareaktionens negativa inverkan på betong. I Sverige är användning av karbonatbergarter i betong begränsad.

#### 5.3.2 Andra betydande materialegenskaper

Hög densitet på bergmaterialet kan förorsaka separation och radioaktivitet ska kontrolleras innan ballasten används i betong för byggnader i syfte att undvika effekter från strålning och radonavgång. Materialets porositet ska vara låg, varvid vattenabsorptionen inte bör överstiga 1.0 vikt%. Den vattenlösliga kloridjonshalten måste deklarerars och sulfidinnehållet är begränsat till maximalt 1.0 vikt% totalsvavel. Järnoxider (t.ex. magnetit och hematit) i bergmaterial som används till betongballast kan förorsaka misspyrdande, ytliga missfärgningar på betongprodukter som förekommer i utomhusmiljö där de exponeras för bl.a. fukt och temperaturväxlingar.

# 6. Kontakt

Telefon: 08-762 62 28

Mail: [kansliet@sbmi.se](mailto:kansliet@sbmi.se)

Hemsida: [www.sbmi.se](http://www.sbmi.se)

Postadress: Box 556 84, 102 15 Stockholm

Besöksadress: Storgatan 19



