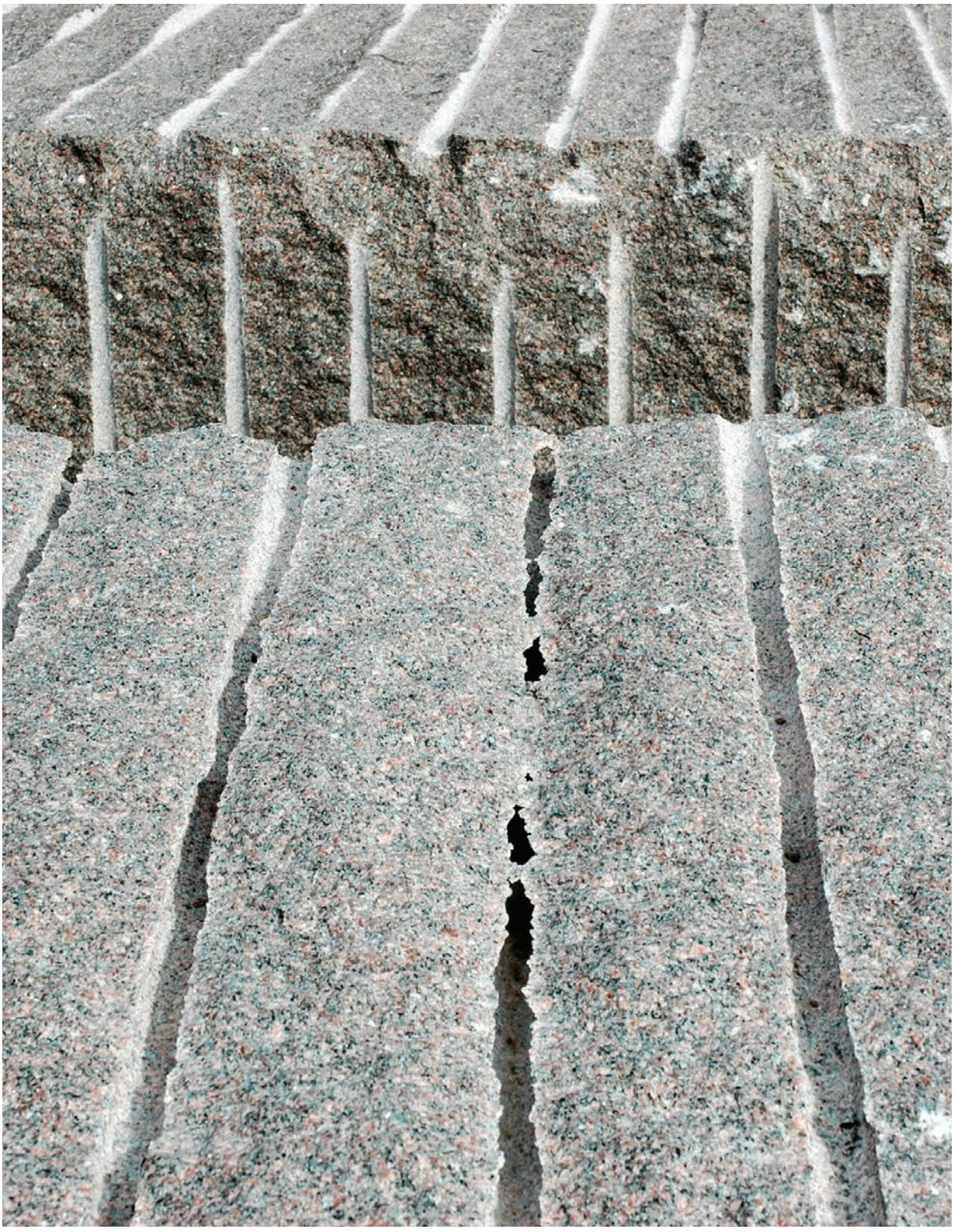
ALLMÄNT

OKTOBER 2023



ALLMÄNT

Detta häfte ”Allmänt” ingår i Sveriges Stenindustriförbunds serie ”En handbok om - Natursten”.

Följande delar ingår:
- Allmänt
- Stenkartotek
- Terminologi och toleranser (CD)
- Inomhus
- Skötsel inomhus
- Fasader
  Riktlinjer för montering av fasadplattor i fästmassa
- Utemiljö
  Riktlinjer för montering av plattor på terrasser och altaner, mm i fästmassa eller bruk.
- Restaurering
- Gravvårdar
- Skötsel utomhus
- Miljövarudeklarationer för vissa stensorter
- Ur berg (film, DVD)

I detta häfte refererar vi till vissa av ovanstående delar. För otförligare information om provning av natursten se bilagan: ”Allmänt, Tekniska egenskapar, provning och krav”.

Se www.sten.se för aktuell information

INLEDNING

Detta häfte ger en allmän grund om natursten, dess estetiska och tekniska egenskaper, vad man bör tänka på vid val av sten och kort om hur naturstensprodukter produceras.

I första hand är informationen relevant när det gäller svenska förhållanden och svenska stensorter. Principerna är dock allmängiltiga och kan vanligen tillämpas även på importerad sten.

Denna beskrivning behandlar stensorter, som åtminstone i viss utsträckning, är funktionellt valda för sin applikation i den skandinaviska miljön.

Natursten är inget entydigt begrepp. Olika stentyper har vitt skilda egenskaper som bestäms av de mineral de är uppbyggda av och hur dessa mineral är sammanfogade.

När natursten används för bygg- och anläggningsändamål, måste den aktuella naturstenprodukten betraktas och bedömas som just ett sådant material. Detta sammanfaller inte alltid med ett renodlat, geologiskt synsätt.

Texten kan ses som principiell och ger en förenklad beskrivning för att underlätta förståelsen för användning och val av olika naturstenssorter, samt ge en viss uppfattning om naturstens fördelar och begränsningar.

Informationen grundar sig på branschens samlade erfarenthet och många har bidragit till häftets innehåll. Huvudmedverkande har varit Kurt Johansson, Björn Schouenborg och Christer Kjellén.

Sveriges Stenindustriförbund
Industrigatan 6, 291 36 Kristianstad. Telefon 044-20 97 80. Fax 044-20 96 75.
www.sten.se
info@sten.se

Producerad av Sveriges Stenindustriförbund 2023
© Sveriges Stenindustriförbund

INNEHÅLL

NATURSTENENS VÄRDE 6

1 NATURSTEN, DEFINITION, ANVÄNDNING 8

1.0 INLEDNING 8
1.1 DEFINITION 9
1.2 ANVÄNDNINGSOMRÅDEN 9

2 NATURSTENENS EGENSKAPER 11

2.0 INLEDNING 11
2.1 ESTETETISKA/VISUELLA EGENSKAPER 11
2.2 TEKNISKA EGENSKAPER 13
2.2.1 Gruppering efter gemensamma egesnskaper 14
2.2.2 Viktiga tekniska data 15
2.2.3 Erfarenheter 15
2.4 VAL AV STENSORT 18
3.4.1 Användningsområden för de olika grupperna 18
2.5 PROVNING AV TEKNISKA EGENSKAPER 18
2.5.1 När och var provar man? 18
2.5.2 Teknisk egenskaper och provningsmetoder 19
2.5.3 Petrografisk analys 19
2.5.4 Böjhållfasthet 20
2.5.5 Utspjälkningshåfffasthet 21
2.5.6 Slaghållfasthet 21
2.5.7 Tryckhållfasthet 21
2.5.8 Frostbeständighet 22
2.5.9 Vattenabsorption 22
2.5.10 Densitet 22
2.5.11 Missfärgning 23
2.5.12 Fläckkänslighet 23
2.5.13 Nötningsmotstånd 23
2.5.14 Halkmotstånd 24
2.5.15 Övriga egenskaper 24
2.5.16 Vad betyder egenskaperna? 25
2.6 ALLMÄNNA KRAV PÅ NATURSTEN 25
2.7 TEKNISKA KRAV 25
3.7.1 Krav enligt haarmoniserade produktstandarder 25

3 SVERIGES GEOLOGI OCH STENFÖREKOMSTER 27

3.0 INLEDNING 27
3.1 MINERALSAMMANSÄTTNING 29
SVERIGES GEOLOGI 30
3.3 STENTYPER 30
3.3.1 Granit 30
3.3.2 Kalksten 31
3.3.3 Marmor 31
3.3.4 Skiffer 32
3.3.5 Sandsten 32

4 BRYTNING AV NATURSTEN 33

4.0 INLEDNING 33
4.1 AVGÖRANDE FAKTORER VID STENBRYTNING 33
4.1.1 Marknad 33
4.1.2 Tekniska egenskaper 33
4.1.3 Åtkomlighet 33
4.1.4 Homogenitet 34
4.1.5 Miljökrav 34
4.1.6 Arbetskraft 34
4. .2 BRYTNINGSMETODER 34
4.2.1 Sågning med diamantvajer 35
4.2.2 Sågning med diamantklinga 36
4.2.3 Sprängning 36
4.2.4 Kilning 36
4.3 GRANITBRYTNING 37
4.4 MARMORBRYTNING 38
4.5 KALKSTENSBRYTNING 39
4.6 SKIFFERBRYTNING 40
4.7 SANDSTENSBRYTNING 41

5 BEARBETNING AV NATURSTEN 42

5.0 INLEDNING 42
5.1 NEDDELNING AV BLOCK 43
5.1.1 Ramsågning 43
5.1.2 Klingsågning 43
5.1.3 Vajersågning 44
5.1.4 Kilning 44
5.2 FORMATSÅGNING/KANTSÅGNING 44
5.3 CNC TEKNIK 45
5.3.1 Skärning med vattenjet 45
5.3.2 Profilfräsning, kantslipning 46
5.4 KILNING OCH HUGGNING
5.4.1 Kilning och huggning av stenprodukter 46
5.4.2 Ytbearbetning med huggning 47
5.5 KLIPPNING 48
5.6 HYVLING 48
5.6.1 Ytbearbetning med hyvling 48
5.6.2 Profilhyvling 48
5.7 BLÄSTRING 49
5.8 JETFLAMNING 49
5.9 KRYSSHAMRING 49
5.10 SLIPNING OCH POLERING 50
5.11 BORSTNING 50
5.12 FRÄSNING 51

6 ÄLDRE STENPRODUKTION 52

7 YTBEARBETNINGAR 54

INNEHÅLL

7.0 INLEDNING 54
7.1 YTBEARBETNINGAR 55
7.2 YTBEARBETNING SOM UTTRYCKSMEDEL 56
7.2.1 Taktila plattor och kontrastmarkering 56
7.2.2 Estetiska uttryck 57
7.3 HISTORISKA YTBEARBETNINGAR 58
7.4 BILDER PÅ YTBEARBETNINGAR 59
7.4.1 Bilder på aktuella ytbearbetningar 59
7.4.2 Bilder på historiska ytbearbetningar 67

8 ANSLUTANDE MATERIAL 70
8.0 INLEDNING 70
8.1 CEMENTBASERADE MASSOR 70
8.1.1 Avjämningsmassor 70
8.1.2 Läggbruk 70
8.1.3 Fästmassor 70
8.1.4 Cementbaserade fogmassor 71
8.2 ELASTISKA FÄSTMASSOR 71
8.3 JÄRN OCH STÅL 71
8.3.1 Rostande material 71
8.3.2 Rostfritt stål 71
8.4 ANDRA METALLER 71
8.4.1 Aluminium 71
8.3.2 Koppar 71
8.5 LAGNINGSMASSOR 71
8.5 INJEKTERINGSMASSOR 71

SAMVERKAN OCH KOMPETENS FÖR GOTT RESULTAT

För att stenmaterialet ska komma till sin fulla rätt i konstruktionen krävs samverkan i alla led. Stenleverantören måste förstå hur stenprodukten ska användas; vilka krav som ställs och vilken produkt som bör rekommenderas.

Beställaren/projektören måste veta vilka krav som ska ställas på produkten avseende estetik, hållbarhet, funktion, miljöpåverkan och livscykelkostnad, det vill säga göra ett klokt materialval. Monteringen är ett viktigt led för ett gott slutresultat. I andra delar av Stenhandboken redovisas rekommendationer om hur monteringen ska utföras.

Entreprenören måste förstå bygghandlingar och ha tillräckliga kunskaper för att utföra sitt åtagande fackmannamässigt.

Sist i ledet kommer förvaltaren som har ansvar för skötsel och underhåll av det färdiga projektet. På denne ställs krav på kompetens vid val av rätt metoder för att stenen i projektet ska få lång livslängd med låg underhållskostnaden och så att stenen åldras med behag.

Sveriges Stenindustriförbunds handböcker är en informationsbas som leder till samsyn, god samverkan och gott slutresultat.

Senaste versionen av respektive del i Stenhandboken finns på www.sten.se.

Vid referens till Stenhandbokens olika delar i bygghandlingar, etc, ange alltid vilken version som det refereras till!

NATURSTENENS VÄRDE

VÄRDERINGSGRUNDER

Värden av de ingående byggmaterialen i ett objekt är en del av objektets totala, samlade värde. Detta värde ställs sedan mot objektets totala kostnad/ belastning.

Arkitekten/ingenjören Vitruvius formulerade redan c:a år 30 f.Kr i skriften ”Om arkitektur” med den ”Klassiska triaden: Utilitas, Firmitas och Venustas” principer för att ange värden och krav på en anläggning/byggnad. Dessa principer anammades av renässansens arkitekter/ ingenjörer, och är tillämpliga än i dag för de flesta konstruktioner och anläggningsobjekt.

VITRUVIUS TRIAD

Ett objekts ingående material kan bäst värderas enligt principerna Utilitas, Firmitas och Venustas. Innebörden i dessa principer har tolkats olika varierat genom åren, men kan täckas in med följande synonymer och beskrivning:

FUNKTION (UTILITAS)

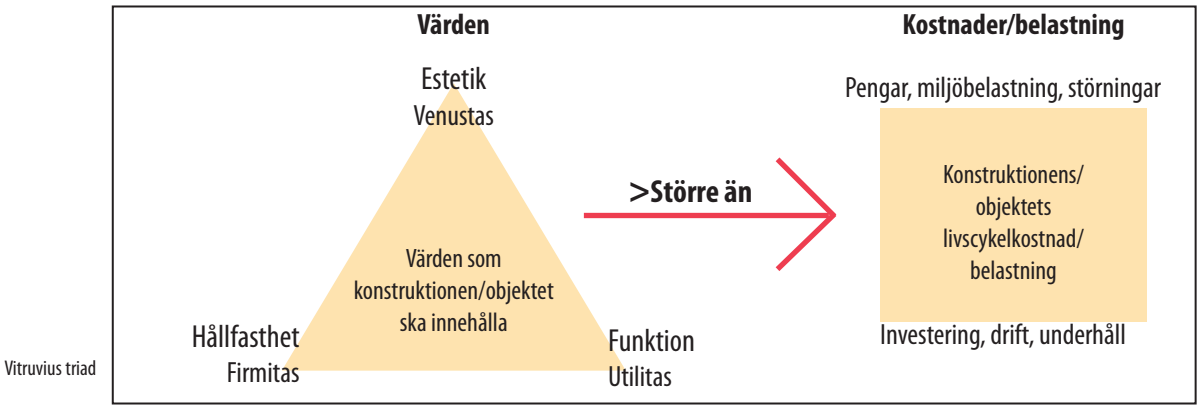
Funktion, med synonymerna nytta/användbarhet/ändamålsenlighet/behovsuppfyllan, är i vissa avseenden kvantitativ och tekniskt mätbar och anges genom nationella eller lokala föreskrifter och anvisningar, som är satta utifrån människors uppfattning om vad som är bra funktion. De människor som direkt berörs av anläggningsobjektet lägger dessutom in sina personliga, kvalitativa värderingar av funktionen.

HÅLLFASTHET (FIRMITAS)

Hållfasthet är en rent tekniskt egenskap och möjlig att ange i kvantitativa termer, alltså mätbart tekniskt och ekonomiskt. Det är viktigt att den valda stenprodukten klarar både statiska och mekaniska laster som de utsätts för i den färdiga konstruktionen under hela dess livslängd. Det senare kallas beständighet och är svårare att förutse eller kvantifiera.

SKÖNHET (VENUSTAS)

Venustas är mer komplext då det omfattar människors upplevelse av objektet, och kan därmed innefatta upplevelser av många slag, som form, färg, skönhet, känsla, trygghet, oro, kultur, tradition, historia, nationalitet, hembygd, natur, feng-shui-energi, m.m. Det är alltså ett vidare begrepp än det vi normalt avser med estetik. Lite poetiskt: Venustas uttrycker objektets själ.



PROJEKTETS SAMMANLAGDA VÄRDE

Summan av de tre värdeprinciperna ger anläggningsobjektets totala värde. Värderingens problem är att finna användbara gemensamma värderingsmått, t.ex. att värdera estetik i förhållande till funktion och hållbarhet. Trots denna svårighet måste dessa tre värderingsprinciper seriöst beaktas och på något sätt vägas samman för att ge en balanserad konstruktion. Tyngden och behovet av de enskilda värdeprinciperna kan variera för olika typer anläggningar och balansen mellan dem kan variera stort. Ofta ställs de mot varandra t.ex. beständighet mot estetik. Det kan dock finnas positiv samverkan t.ex. då det gäller vissa tekniska konstruktioner. Det finns stor skönhet i en välkonstruerad smäcker stålbro eller en gammal välbyggd stabil valvbro av sten.

HÅLLBARHET (KOSTNAD/BELASTNING/STÖRNING)

Det som Vitruvius inte uttryckte stor tanke eller skrivande åt var värdering av hållbarheten (kostnad/belastning/störningar), eller möjligen fanns dessa där underförstådda. I dag är detta mycket aktuella krav, väl synade och kanske avgörande för material- eller konstruktionsvalet.

All positiv värdering och kostnad/belastning måste ses i ett livscykelperspektiv. Då avses inte bara kostnad i kronor utan även resursbelastning som t.ex. klimatpåverkan och andra störningar och består av: Investering/produktion samt drift och underhåll under livscykeln.

VÄRDE STÄLLT MOT KOSTNAD/BELASTNING

Anläggsobjektets totala, sammanlagda värde ska ställas mot dess kostnader, miljöbelastning och störningar. Rättfärdigar anläggningsobjektet sin existens genom att dess totala värde överstiger dess totala kostnad/belastning? Frågan kan också utryckas på detta sätt: Vilka krav ska ställas på ett anläggningsobjekt för att rättfärdiga dess tillblivelse och existens? Vilken roll spelar det ingående materialet?

Detta kan illustreras med ovanstående figur.

1 NATURSTEN, DEFINITION, ANVÄNDNING

Fig 1.1 Från berggrund till uttrycksmedel i arkitekturen

1.0 INLEDNING

När natursten används för bygg- och anläggningsändamål, måste den betraktas och bedömas som just ett bygg- och anläggningsmaterial eller som sten för monument t.ex. gravstenar. Det är de tekniska och estetiska egenskaperna som är viktiga.

Natursten är inget entydigt begrepp. Det indelas i stentyper (synonymt med bergarter) med vitt skilda egenskaper som bestäms av ingående huvudmineral mikrostrukturer. Inom varje stentyp finns olika stensorter, som ofta benämns efter brytningsorten.

Stentyper med likartade egenskaper för användning som bygg- och anläggningsmaterial sammanförs i totalt fyra grupper.

Denna skrift behandlar stensorter, som är lämpliga för användning i den skandinaviska miljön och dess klimat.

Beskrivningen här är principiell och förenklad. Den är avsedd att ge en viss uppfattning om naturstenens fördelar och begränsningar, och därmed underlätta förståelsen för användning och leda till klokt val av naturstenssort.

Några begrepp

Bergarter är de fasta, oorganiska ämnen som ingår i berggrunden och som bygger upp jordskorpan.

Stentyper är de olika huvudgrupperna av stensorter och liktydigt med bergarter, indelade med utgångspunkt från geologisk tillhörighet och egenskaper vid användning. Exempel: Granit, kalksten, marmor och, skiffer

Stengrupper är en indelning av stentyper med likartade kemiska, mekaniska och fysikaliska egenskaper som är viktiga för stenen som bygg- och anläggnings material

Stensort avser specifik benämning av en natursten från fyndplats eller stenbrott och ibland områden eller regioner. I vissa fall avses en speciell variant av en stensort från ett enskilt stenbrott.
Exempel: Röd Jämtlandskalksten, grå Bohus Tossene, Ljus Ekebergsmarmor.

Mineral är de oorganiska korn och andra beståndsdelar som bygger upp stenen.

Naturstensprodukt är en produkt tillverkad av natursten tagen som ett helt stycke från ett helt block ur berggrunden

Faktaruta 1.2 Stenbegrepp

Fig 1.3 Torg, markbeläggning

Fig 1.4 Murar

Fig 1.5 Skulptur

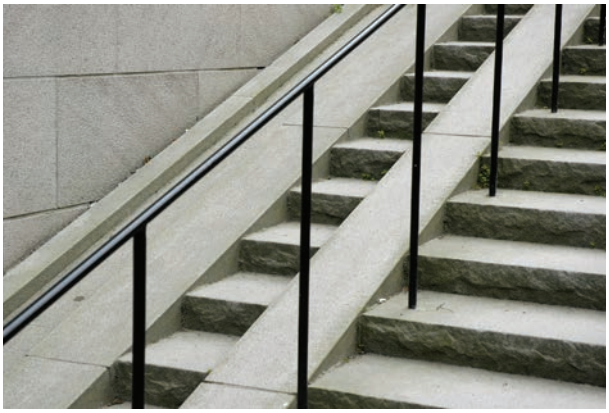


Fig 1.6 Terrängtrappa

1.1 DEFINITION AV NATURSTENSPRODUKT

Orden natursten och sten är positivt värdeladdade. Därför är det många som vill associera sina produkter till dessa ord. På marknaden kan man finna mer eller mindre artificiella produkter som betecknas som stenmaterial. För att klargöra vad som menas med natursten har vi därför i den europeiska sammanslutningen för naturstensbranschen, EUROROC, enats om en gemensam definition:
En naturstensprodukt är tillverkad av natursten tagen som ett helt stycke från ett helt block ur berggrunden.

Definition av naturstensprodukt

En naturstensprodukt är en produkt tillverkad av natursten tagen som ett helt stycke från ett helt block ur berggrunden

1.2 ANVÄNDNINGSOMRÅDEN

Natursten har under årtusenden använts på många olika sätt och idag är användningen mer mångsidig än någonsin.
Bilderna ovan och på motstående sida visar några exempel.

NATUR
STEN

Fig 1.7 Av EUROROC framtagen logotyp för natursten

Fig 1.8 Fasad

Fig 1.9 Inredning

Fig 1.10 Fönsterbänk

Fig 1.11 Golv

Fig 1.12 Badrum

2 NATURSTENENS EGENSKAPER

2.0 INLEDNING

Natursten är inget entydigt begrepp. Olika stentyper har vitt skilda egenskaper som bestäms av de material de är uppbyggda av och hur dessa mineral är sammanfogade.

När natursten används för bygg- och anläggningsändamål, måste den aktuella naturstenprodukten betraktas och bedömas som just ett bygg- eller anläggnings*material*. Detta sammanfaller inte alltid med ett renodlat, geologiskt synsätt.

Denna beskrivning behandlar stensorter, som åtminstone i viss utsträckning, är funktionellt valda för sin applikation i den skandinaviska miljön.

Texten kan ses som principiell och ger en förenklad beskrivning för att underlätta förståelsen för användning och val av olika naturstenssorter, samt ge en viss uppfattning om naturstens fördelar och begränsningar.

Stensortens lämplighet som bygg- och anläggnings-material bestäms av dess estetiska och tekniska egenskaper.

2.1 ESTETISKA/VISUELLA EGENSKAPER

Naturstenens estiska/visuella egenskaper samman sätts av kulör, struktur, textur och ytbearbetning.

Kulör

Det allmänna färgintrycket hos en stenens yta är ofta ett komplicerat och oregelbundet mönster, där olika kulörer och texturer griper in i varandra. Endast fysiska prover kan ge en rättvisande uppfattning om de olika skiftningarna i detta mönster. Ett foto ger endast en ungefärlig bild av kulören. Vid beskrivning av en stensorts kulör anger man som regel endast det allmänna kulörintrycket, röd, grå, svart o.s.v. eller nyanser som rödgrå, gråsvart etc. Det är med andra ord det kulörintryck som stenytan ger, då den ses på sådant avstånd, att de enskilda kornen inte framträder.

Nyansen kan påverkas av ytbearbetningen, se nedan.

Struktur

Med stenens struktur avses det sätt, på vilket stenen är uppbyggd och hur de olika mineralkornen i stenen är sammanfogade. De strukturella egenskaperna beskrivs med beteckningar som kornig, linjärstruktur, fjällig etc. och med storleksbeteckningar kornigheten som grov, medel- och finkornig samt tät. Strukturen kan vidare vara jämnkornig eller ojämnkornig. Den kan vara riktningslöst kornig eller ha skiktstruktur, slirstruktur etc. Ofta kan

en stensort samtidigt ha flera av dessa egenskaper. Strukturen är både en visuell och teknisk egenskap.

Textur

Med stenens textur avser man det mönster eller ljusspel stenytan uppvisar då ett sågsnitt läggs genom stenen. Texturen beror på strukturen och är för stensorter med riktningslös struktur oberoende av i vilken riktning som snittet läggs.

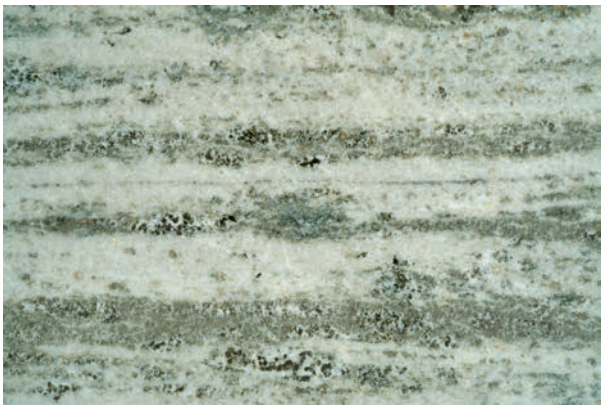


Fig 2.1 Marmor med randig textur/ådring

Fig 2.2 Kalksten med tandhuggen textur/ytstruktur

För stensorter med skiktstruktur eller slirstruktur skiftar texturen ofta avsevärt med sågsnittets riktning. Texturen beskrivs med beteckningar som glasig, tät, kornig, flammig.

Texturen påverkas i hög grad av ytbearbetningen, se nedan

I begreppet textur kan också läggas begreppet taktil, dvs. den känsla stenytan ger av ytbearbetning när den berörs med handen.

Ytbearbetning

En unik positiv egenskap och estetisk kapacitet hos natursten är att olika ytbearbetningar på samma sten får olika estetiska uttryck och påverkar ovanstående beskrivningar av estetiska/visuella egenskaper. Den kontrastverkan som då uppstår kan vara mycket effektfull.

Olika ytbearbetningar ger stenen unika estetiska möjligheter och beskrivs ingående i kapitel 5. Ytbearbetning

Vid kulör och texturbeskrivning är det viktigt att ange vilken ytbearbetning som avses. Polerad yta ger stenen stor färgmättnad och vanligtvis är det sådan yta som avses vid beskrivning av stensortens allmänna utseende.

Vid kommunikation med prover är det viktig att ange vilken ytbearbetning som avses. En polerad provyta ger exempelvis endast en begränsad uppfattning om hur stensortens krysshamrade yta skulle se ut.

Ytliga porer i polerad yta

Natursten är uppbyggt av mineralkorn. I samband med sågning klyvs dessa . När ytan slipas eller poleras kan resterna av söndersågad kristall lossna från ytan och mycket små porer bildas i den polerade ytan. Betraktas en polerad stenyta med ljus uppifrån uppfattas inte dessa, men vid släpljus blir porerna tydliga. Detta är alltså inget fel i stenen utan en naturlig företeelse. Det går inte att slipa eller polera bort porer eftersom nya bildas efterhand som de tidigare slipats bort.

Förekomsten och tydligheten av dessa porer varierar från stensort till stensort.

Porer kan också uppstå vid lokala ansamlingar av kristaller med avvikande, grövre, struktur eller vid mineralkorn som är mjukare än övriga mineralkorn i stenen och därför inte ”tar polering”.

I Stenhandbokens Stenkartoteket finns klassningstabeller för de stensorter som presenteras där

Visuella uttryck genom format och storleksvariation

Förutom stora estetiska möjligheter genom variationer i kulör, stensort och ytbearbetning ges ytterligare en estetisk/visuell fördel genom möjligheten att variera storlek och form på de olika stendetaljerna. Detta ger bl.a. stora möjligheter att skapa olika rumsliga uttryck.

Fig 2.3 Variation i plattformat och kulör ger dekorativ mönsterverkan

Fig 2.4 Fiskbensmönster på trafikerad yta ger fin mösterverkan och bra funktion

Naturliga, visuella variationer

Natursten är ett naturmaterial, varför det är naturligt med visuella variarationer, som hos vissa stensorter kan vara stora. Det är därför viktigt att beställare och stenleverantör kommer överens om vilka variationer som får, eller bör förekomma. Visuella variationer kan inte återges korrekt på en fotografisk bild varför det är nödvändigt att kommunicera genom prover som redovisar stenens variation. Hur många prover som behövs beror på stenens variation i kulör och textur. Vid normal variation kan det vara bra med tre prover som visar ytterligheter och normalt utseende.

Däremot är det lämpligt med fotografisk dokumentation av hela sågskivor eller block av stormönstriga stensorter där handprover inte kan ge tillräcklig visuell information, även om de är många. Så kan till exempel en del av ett block vara helt vit och en annan del helt svart. För att ge en komplett visuell beskrivning av denna stensort rekommenderas ett foto av hel råskiva för mönstervariationen i stort och prover för grundkulören.

Fig 2.5 Råskiva av marmor som visar stenens variation i kulör och textur i stort

Beständighet i ytutseende

En teknisk egenskap som kan vara avgörande ur estetisk synpunkt är stensortens färgbeständighet eller hur stenytan med dess bearbetning åldras. Detta kan anses vara en oönskad förändring men kan också anses vara en positiv patina.

De flesta stentyper är mycket stabila då det gäller visuella egenskaper, det finns dock några där ytans utseende över tid förändras. Detta har sin grund i stenens tekniska egenskaper. Se avsitt 2.2 och 2.3

Utomhus kan en kulörändring bl.a. bero på att stenytan påverkas av solljus, surt regn och kemisk påverkan från smuts. Således kan ljusa stensorter gulna medan gröna och svarta stensorter blekna.

Om stenen innehåller rostbenägna kismineral kan dessa, även i mycket liten mängd i fuktig miljö, ge upphov till missfärgningar i form av rostutfällning på stenytan.

Ett normalt provningsprotokoll av tekniska egenskaper ger oftast ingen information om hur karaktären hos stenens yta förändras med tiden. Detta kan endast utvärderas genom studier av samma stensort åldrad i aktuell miljö och applikation. Därför är det viktigt att före val av ny okänd stensort ta dessa referenser.

En mer detaljerad beskrivning av detta finns i Stenhandboken Restaurering avsnitt 3.

Missfärgningar och skador kan orsakas av material för montering samt material i anslutning till stenen. Se kap 8, Anslutande material

Stenkvalitet

Begreppet stenkvalitet används ofta utan att vara specificerat. Inom stenbranschen avses då vanligen stenens estetiska egenskaper som kulör, textur och struktur. Underförstått är då att de tekniska egenskaperna måste vara tillfredställande. När ordet stenkvalitet används bör innebörden därför kontrolleras för att undvika missförstånd.

2.2 Tekniska egenskaper

Nedan redovisas de vanligaste och viktigaste tekniska egenskaperna hos natursten på ett översiktligt och förenklat sätt. Det bör påpekas att kemiska och fysikaliska egenskaper ofta samverkar för att ge stenen dess funktionsegenskaper.

En stensorts tekniska egenskaper är avgörande för dess funktion och hållbarhet som material i en viss miljö/applikation. För att kunna välja lämplig sten som bygg- eller anläggningsmaterial spelar bildningssättet, bergartsbildningen, oftast en underordnad roll. Viktigast är stenens materialegenskaper. I vissa fall kan det dock vara viktigt att känna till attbildningssättet indirekt har en avgörande betydelse för stenens egenskaper.

Viktiga tekniska parametrar

De viktigaste tekniska parametrarna som bestämmer stenmaterialets användbarhet som bygg- och anläggningsmaterial finns angivna faktaruta 2.8

	SILIKATSTEN	Stentyp	Huvudmineral	Struktur	Bergartstyp
GRUPP	Granitliknande Silikatmineral (SiO2 -del) Hårda med god mekanisk och kemisk beständighet	Granit	Kvarts, fältspat*, glimmer	Massformig, fin-, medelkornig	Magmatisk
		Gnejs	Kvarts, fältspat*, glimmer	Ådrig, fin-, medelkornig	Omvandlad granit
		Diabas	Fältspat*, pyroxen, glimmer	Massformig, finkornig	Magmatisk
		Kvartsit	Kvarts	Bandformig, finkornig	Omvandlad sandsten

	SKIFFER (silikat)	Stentyp	Huvudmineral	Struktur	Bergartstyp
GRUPP	Silikatmineral (SiO2 -del) Hårda med god kemisk beständighet				
	Hård	Kvartsitskiffer	Kvarts, fältspat*, glimmer	Lagrad med klov, finkornig	Omvandlad sandsten Omvandlad lerskiffer
	Mjuk	Lerskiffer	Lermineral	Lagrad med klov, finkornig	Sedimentär

	KARBONATSTEN	Stentyp	Huvudmineral	Struktur	Bergartstyp
GRUPP	Karbonatmineral (CO3- del) Mjuka och påverkas av sura medel. Vissa tål inte salt	Kalksten	Kalkspat	Lagrad med klov, finkornig	Sedimentär
		Marmor	Kalkspat, dolomit	Massformig, finkornig	Omvandlad kalksten
		Travertiin	Kalkspat	Lagrad, finkornig, öppen	Sedimentär

	SANDSTEN	Stentyp	Huvudmineral	Struktur	Bergartstyp
GRUPP	Mycket porös, hög vatten-absorption.				
	Silikatbunden tål surt	Sandsten	Kvarts	Massformig	Sedimentär
	Karbonatbunden tål ej surt	Lerskiffer	Kvarts	Massformig	Sedimentär

Tabell 2.6. De vanligaste stentyperna grupperade efter tekniska egenskaper. *Fältspat: alkalifälspat, plagioklas

SVENSKA STENSORTER PROVADE ENLIGT SS-EN - STANDARD									
SS-EN			Granit Gnejs	Diabas	Kvartsit	Kvartsit-skiffer	Kalksten	Marmor	Sandsten kvartsb
12407 begränsad	**Petrografisk sammansättning Huvudmineral**		Fältspat/ plagioklas kvarts glimmer	Fältspat pyroxen glimmer	Kvarts	Fältspat kvarts glimmer	Kalcit	Kalcit dolomit	Kvarts
	"Kemisk karaktär"		kiselsyrerik	kiselsyrerik	kiselsyrerik	basisk	basisk	basisk	kiselsyrerik
	Hårdhet mineral	Vickers	100 - 10	....50 - 10	100	100 - 10	9	..9 - 20	100
12372	**Böjhållfasthet**	(MPa)	13 - 20	21 - 34	25	42	...10 - 20	13 - 20	6
1926	Tryckhållfasthet	(MPa)	170 - 240	230 - 265	190	300	100 - 200	140 - 180	120
DIN 52108	Nötningsmotstånd	(cm^3/50cm^2)	...5 - 6	6	5	12	16 - 27	13 - 21	22
13755	**Vattenabsorption**	(vikt%)	0,1 - 0,2	0,1	0,1	0,1	0,2 - 1,4	0,1	0,1
1936	Densitet	(kg/m^3)	2630-2680	2970-3010	2650	2730	2620-2690	2640-2850	2250
13364	Utspjälkningshållf.	(N)	2340-4350	3550-4700		4350	1750-2500	2050-3600	
14158	Slaghållfasthet	(J)	..3 - 7	..3 - 5		7	..2 - 4	..2 - 3	
	Elasticitetmodul Gamla värden	GPa	C:a 40- 80	C:a 100	C:a 60?	C:a 75	C:a 50 -90?	C:a 60-100?	

* där det förekommer flera stensorter har den de med högsta och lägsta värdet tagits bort. Siffrorna har avrundats.
Tabell 2.7. Översiktlig sammanställning av de vanligaste tekniska värdena för svenska stentyper.

Viktiga tekniska parametrar vid val av uthållig natursten

- **Kemisk resistens**
  Motstånd mot luftföroreningar, sur nederbörd, salter, rengöringsmedel, kemikalier, biologisk nedbrytning, etc
- **Mekanisk resistens, hållfasthet**
  Böjhållfasthet, utspjälkningshållfasthet, motstånd mot nötning och repor, mekanisk rengöring, etc
- **Andra fysikaliska egenskaper**
  Vattenabsorption, porositet, permeabilitet, densitet
  Påverkan av frost, nedsmutsning etc
- **Mineral med oönskade egenskaper**
  Risk för vittring, rostning, missfärgning, etc
- **Bearbetbarhet**
  Möjlighet att få polering, flamning, klovyta/råkopp, etc

Faktaruta 2.8, Bildtext

Stenmaterialet är uppbyggt av mineralkorn. Dessa kan uppdelas i två slag; huvudmineral och accessoriska mineral (mineral i liten, men karaktäristisk mängd). Huvudmineralen ger huvudkaraktären och klassificerar stentypen, t.ex. granit, och utgörs hos denna av fältspat, kvarts och glimmer. Accessoriska mineral kan i vissa fall ställa till pro blem, t.ex. pyrit som kan oxidera och, i fuktiga miljöer, bilda omfattande rostutfällningar, trots sin ringa mängd.

En stensorts egenskaper bestäms av de ingående mineralen, men också av hur mineralkornen är hopfogade. Detta gör att stensorterna även inom samma stentyp kan ha olika egenskaper.

De kemiska egenskaperna hos stensorten bestäms av den kemiska karaktären hos de ingående mineralen och ibland hos den bindning som fogar samman dem.

Mineralens hårdhet

Ett minerals *ritshårdhet* är det motstånd en slät yta hos ett mineral har mot ritsning. Ritshårdheten kan relativt enkelt bestämmas genom att undersöka hur mineralet repar eller repas av andra mineral eller material med känd hårdhet. I detta sammanhang används ofta Mohs hårdhetsskala, en relativ ickelinjär hårdhetsskala där tio mineral inordnats från det mjukaste (talk) till det hårdaste (diamant), se tabell xx. De vanligaste bergartsbildande mineralen är markerade med fetstil. Kvantitativa mätningar av hårdheten hos skalans mineral har visat att hårdheten växer regelbundet i Mohs ritshårdhetsskala. Eftersom Mohs hårdhetsskala är relativ kan det vara svårt att förstå hur mycket hårdare ett mineral är jämfört med ett annat. Då kan man använda Vickers hårdhet som är en absolut skala.

Båda skalorna har sina användningsområden, varför vi redovisar en tabell med båda skalorna bredvid varandra.

Ett sandkorn av kvarts repar en kalkstensyta som ju utgörs av kalcit. Det är något att tänka på när man väljer material för en entré där det finns risk att man drar in halkgrus som ofta utgörs av granit, dvs mycket kvarts och fältspat med hårdare mineral än kalcit. Se mer om detta i Stenhandboken Inomhus.

Sammanfogningen har också betydelse för hållfasthet och slitstyrka (nötningsresistens). Sten med mjuka mineral har alltid låg nötningsresistens, däremot har en sten med hårda mineral inte alltid hög

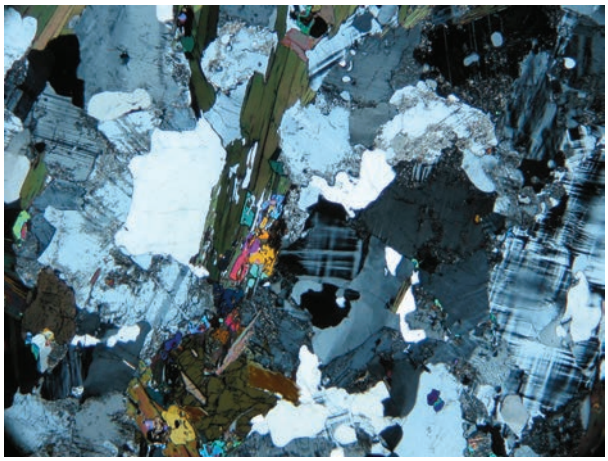


Fig 2.9. Granitens tre huvudmineral fältspat, kvarts och glimmer. Denna granit är massformig, dvs mineralen är regellöst orienterade

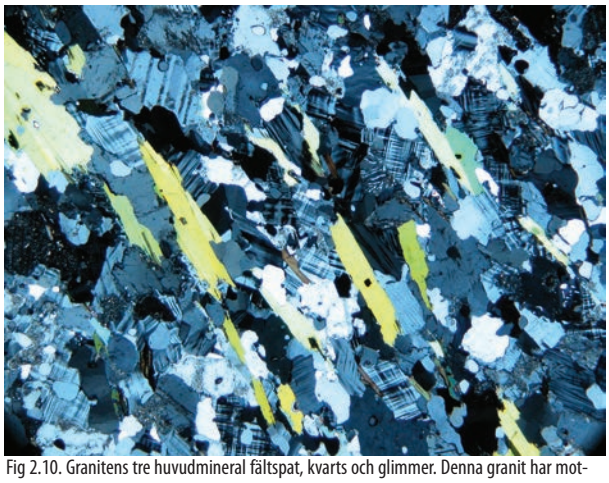


Fig 2.10. Granitens tre huvudmineral fältspat, kvarts och glimmer. Denna granit har motsvarande mineralogi som graniten i bild 2.9 men uppvisar en stänglighet, dvs mineralen är orienterade åt ett håll. Detta påverkar dess egenskaper.

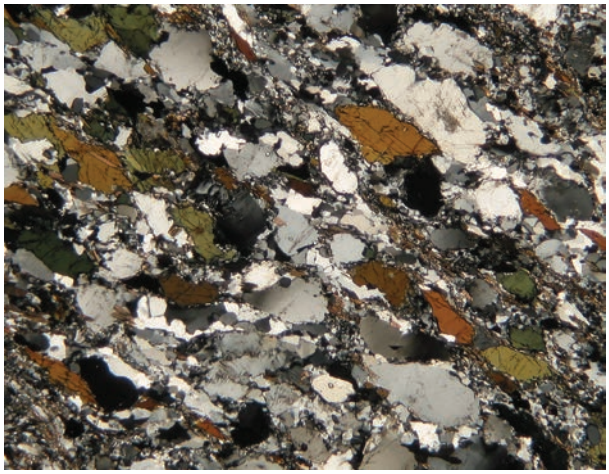


Fig 2.11. Även mineralkristallernas hopfogning och eventuell förekomst av enskilda skadliga mineral har stor betydelse för stenens användbarhet. Se även figur 2.18

nötningsresistens. Detta kan till stora delar beror på hur mineralkornen är sammanfogade.

Hur en stenyta ser ut efter åratal av användning beror inte bara på nötningsmotståndet. Det estetiska kvaliteterna påverkas även av t ex porositet och permeabilitet. På så sätt kan en stensort med högre nötningsmotstånd se smutsig och mer sliten ut jämfört med en tätare stensort med lägre nötningsmotstånd.

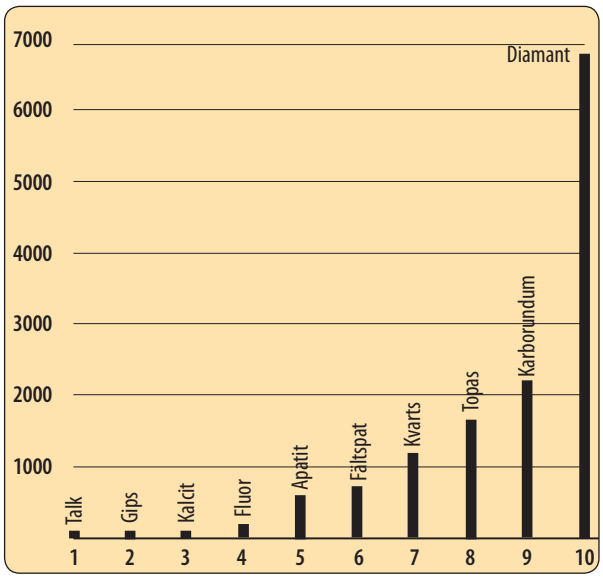
2.2.1 Gruppering efter gemensamma egenskaper

Det finns på världsmarknaden tiotusentals stensorter och ännu fler handelsnamn på dessa. För att bedöma olika stenarnas användbarhet som bygg- och anläggningsmaterial krävs ett rationellt och enkelt sorteringssystem där den första grupperingen sker efter de tre översta grundkraven i fig XX.

Notera att detta är ett mycket förenklat synsätt för natursten som bygg- och anläggningsmaterial, men tillräckligt bra som en enkel bedömningsgrund vid val av sten för olika applikationer, men också för val av rengörings- och underhållsmetod.

Det finns många exempel på att denna översiktliga bedömningsmetod skulle ha lett till ett bättre stenval, än vad som varit fallet, även på mycket hög beslutsnivå.

För bearbetningskostnaden kan mineralinnehållet vara avgörande. För en djupare analys av materialegenskaperna är detta otillräckligt, då krävs en mera omfattande undersökning.



Mohs	Mineral	Kännetecken	Vickers hårdhet (kg/mm²)
1	Talk (mjukast)	Repas av nagel	30
2	Gips	Repas av nagel	60
3	**Kalcit, Glimmer**	Repas av koppartråd	160
3,5 – 4	**Dolomit**	Repas av knivspets	
4	Flusspat	Repas av knivspets	300
5	Apatit	Repas av knivspets	550
5 - 6	Amfibol (t ex ***Hornblände***)	Repas av knivspets/stålfil	
6	**Kalifältspat**	Repas av härdad stålfil	850
7	**Kvarts**	Repar stål	1200
8	Topas	Repar stål	1600
9	Korund	Repar stål	2000
10	Diamant (hårdast)	Repar alla andra mineral	7000

Fig 2.12. Mineralens absoluta hårdhet enligt Vickers där hårdheteten för diamant har bestämts till 7000 kg/mm².

Silikatsten, granitliknade stentyper

Silikatstenar är uppbyggda av silikatmineral med en SiO_2-del, som är hård med god mekanisk och kemisk beständighet. Vattenabsorption är låg. Inom stenbranschen kallas dessa för enkelhets skull graniter. Denna grupp tål tösalter och har låg vattenabsorption. Diabas, ofta kallad svart granit, inkluderas också i denna grupp. Det är viktigt att känna till att alla ”svarta graniter” inte har samma goda egenskaper som t ex en svensk diabas.

Silikatsten, skiffrar

Skiffer karaktäriseras av tydliga klyvplan, s.k. klov. Stenen är uppbyggd av silikatmineral med en SiO_2- del med kemisk beständighet, men för övrigt är skiffer inget entydigt begrepp då hårdheten varierar beroende på omvandlingsgraden. Skiffrar har låg vattenadsorption.

Karbonatsten, kalksten/marmor

Dessa stensorter är uppbyggda av karbonatmineral med en CO_3-del. De är mjuka, mindre reptåliga än graniter och påverkas av sura medel. Vissa stensorter i denna grupp påverkas av tösalt. De har oftast låg vattenabdsorption.

Begreppen marmor och kalksten är inte enhetliga i den internationella stenvärlden. I Sverige har vi en geologisk gräns mellan karbonatstenarna och endast de som är helt omkristalliserade kallas för marmor och resterande för kalksten. I sydeuropa kallar man

SILIKATSTEN - SiO_x ”sur”		KARBONATSTEN -CO_3 ”basisk”	
	Hårda, tål sura medel		**Mjuka, tål ej sura medel**
Stentyp	”Granitlika” kan poleras		**Vissa sorter tål ej salt**
	Granit, gnejs, diabas		Kan poleras
	Kvartsit	Stentyp	Marmor
	Kvartsitskiffer, glimmerskiffer		Kalksten
			Travertin
	Mjuka, tål sura medel		
	Kan ej poleras		
Stentyp	Lerskiffer		

Tabell 2.13. Förenklad men praktisk grovuppdelning i block av stentyper efter mineralsammansättning och stentypers liknande egenskaper.

alla karbonatstenar som är tillräckligt hårda för att kunna poleras och få en speglande yta för marmor och övriga för kalksten.

Sandsten
Sandsten har vanligen mycket hög vattenabsorption och låg böjhållfasthet men kan vara hård, beroende på att den är uppbyggd av kvartskorn (vanligen). Om dessa är sammanfogade med kiselbindning, har stenen hög kemisk beständighet, men med karbonatbindning, är de känsliga för syror och salter.

Älvdalskvartsit, som har utomordentlig goda egenskaper som bygg- och anläggningsmaterial, förväxlas ibland med sandsten. Den har dock inga tekniska egenskaper lika sandstenen, utom utseendet. Den hänförs därför till gruppen graniter.

2.2.2 Viktiga tekniska data

Exempel på vanligen förekommande svenska stentyper i tabell 2.7 på sida 14. Observera att denna tabell inte är heltäckande! I tabellen har de viktigaste egenskaperna markerats med fet stil. Där framgår, att förutom sandsten har fler stentyper likvärdiga egenskaper avseende böjhållfasthet, tryckhållfast, vattenabsorption och densitet. Det som skiljer silikatstenar från karbonatstenar är kemisk och mekanisk motståndsförmåga (mineralinnehåll)

2.2.3 Erfarenheter

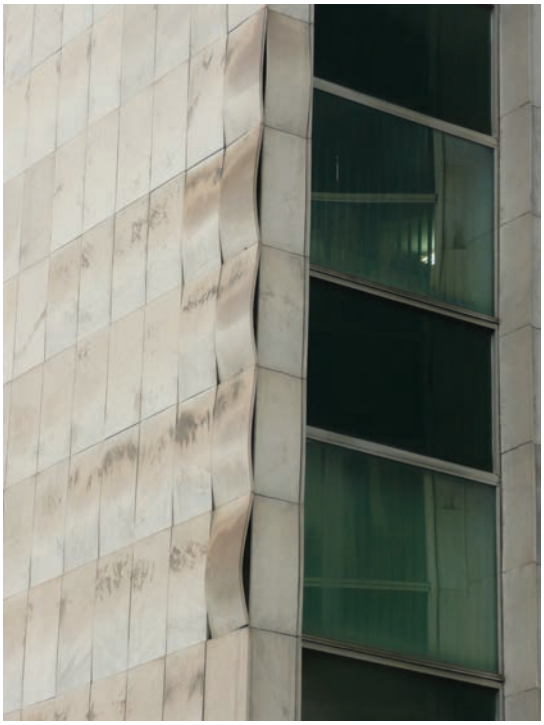


Fig 2.14. Marmorfasad utsatt för deformation och styrkeförlust

Deformation, styrkeförlust i marmor
Marmor har genom åren använts som fasadmaterial på flera prominenta byggnader världen över. I några få fall har olämplig marmor använts, vilket lett till oönskat snabb vittring, deformering och styrkeförlust. Vi pratar då oftast om ”buktande” marmor (se bild xx). Eftersom det ofta handlar om prominenta byggnader får det också stor medial spridning de få gånger det verkligen blir fel.

Idag finns det god kunskap om vad som karakteriserar en marmor som passar för utomhusmiljö och hur man kvalitetssäkrar den ända fram till och på byggnaden. Det kan dessutom kännas tryggt att veta att den svenska Ekebergmarmorn är mycket beständig

Missfärgning
Det har förekommit missfärgning av natursten. Som regel handlar det om externa orsaker till missfärgningen. Viktigt att tänka på vid montering av sten i bruk eller fästmassa är att ensidig uppfuktning leder till migrering av komponenter igenom stenen och risk för avsättning på ytan. I värsta fall kan känsliga stensorter även utsättas för ytskador av denna orsak. Detta är dock något man bör tänka på för de flesta material.

Fig 2.15 Granit med missfärgande mineral

Undantagsvis förekommer det emellertid komponenter inne i stenen som kan orsaka missfärgning. Det handlar då vanligen om olika järnföreningar som lätt oxideras och kan bilda rost. När det gäller marmor finns standardiserade provningsmetoder. I andra fall kan den petrografiska analysen indikera om det finns risk eller inte.

Etsning av stenytan
Det finns dedikerade provningar för att säkerställa om en stensort är extra känslig för t ex utspillt vin, påverkan av sura kemikalier eller livsmedel. De flesta vet att karbonatsten är känslig för syror. Alla vet dock inte att det finns en del s k ultrabasiska stensorter som inte heller tål syror, trots att de är silikatstenar. Även dessa saluförs som svart granit.

Av denna anledning är det bra att säkerställa att den svarta graniten verkligen är en diabas och därmed beständig.

Krökning vid ensidig anfuktning
När stenen monteras i bruk eller fästmassa fuktas undersidan temporärt. Vissa stensorter innehåller mineral som sväller något vid fuktning. Den ensidiga fuktningen leder till temporär buktning och överytan blir konkav. De som levererar och monterar sådana stensorter är vanligen medvetna om problemet och hur man motverkar det.

Andra oönskade effekter
Andra oönskade effekter är vanligen kopplade till vittring, frostbeständighet och motståndskraft mot salt, t ex tösalt. Med rätt val av stensort och relevant provningsunderlag är detta idag en icke-fråga.

Under en period var det populärt att använda varmt gultonade graniter utomhus, både på mark och hussocklar. Det avråder vi starkt ifrån eftersom det då handlar om granit som är vittrad och inte beständig i utemiljöer med tösalter och frystöcykler. Risken är stor för fortsatt vittring och missfärgning.

2.4. VAL AV STENSORT

2.4.1 Användningsområden för de olika stengrupperna

Silikatsten
Hård silikatsten med låg vattenabsorption och bra kristallstruktur kan användas i alla miljöer ute som inne. OBS det kan förekomma stensorter som rostar, vittrar, ”sandar” eller missfärgas.

Karbonatsten
Inomhus: Kan användas inne, men försiktighet i duschutrymmen då vissa stensorter påverkas av fästmassan. Golv i offentliga rum ska ej vara polerade utan slipade eller grövre bearbetning p.g.a. mekaniskt slitage

Utomhus: Vissa stensorter kan fungera bra även som marksten (t.ex. ytor utan biltrafik) men måste kontrolleras mot referenser. Kontrollera känslighet för salt. Rätt val av ytbearbetning är viktigt. Polerade ytor som fasad är inte uthålliga p.g.a. surt regn. Slipade eller grövre bearbetning ska användas.

Sandsten
Sandsten bör undvikas som bygg- och anläggningsmaterial. Blir mycket snabbt smutsig, på grund av hög vattenabsorption. Kan möjligen användas på väggar inomhus och på fasader. Silikatbunden sandsten är mer beständig än karbonatbunden

2.5 PROVNING AV TEKNISKA EGENSKAPER

I detta avsnitt redovisas kortfattat om metoder för provning av stenens tekniska egenskaper och vad det innebär vid praktisk användning. För utförligare information se bilagan ”Allmänt, Provning av natursten”.

2.5.1 När och varför provar man?

Provning av natursten kan utföras av en rad olika anledningar där det finns behov av att analysera material och/eller produkt. Även materialets väg fram till produkt kräver ofta viss provning. I tabell xx visas vilka provningar som är obligatoriska för olika användningsområden.

Det finns många provningslaboratorier och sätt att säkerställa kvaliteten hos dessa. Den lägsta nivån har ingen extern granskning av kvaliteten. Nästa nivå är att man har en s k ISO 9000 certifiering, dvs man har ett dokumenterat kvalitetssäkringssystem som bedöm av ett externt certifieringsorgan. Den högsta nivå är ackrediterat provningslaboratorium där såväl kvalitetssystem som varje provningsmetod granskas av externa experter och det krävs att man delta i jämförelseprovningar.

Sveriges Stenindustriförbund brukar rekommendera att man använder ackrediterat provningslaboratorium. Värden redovisade för resp stensort i Stenkartoteket är framtagna av ackrediterat laboratorium.

Den inledande provningen är förknippad med prospektering och platsundersökning där materialets potential undersöks tillsammans med utvärdering av alla andra relevanta parametrar som brytvärdhet, lokalisering med transportmöjligheter, närhet till bebyggelse mm. Se vidare i kapitel 4.

Provning av tekniska egenskaper utförs idag vanligen på materialet när det kommit en bit in i förädlingsprocessen men kan även förekomma direkt på färdig produkt och prov tagna från råblock.

Det senare har blivit allt vanligare för marmor av utländskt ursprung.

Provning av materialets tekniska egenskaper i tidigt skede i förädlingskedjan utförs dels för att säkerställa lämplig kvalitet, så att man inte lägger en massa pengar och tid på att vidareförädla ett bristfälligt material, dels för att ha som underlag till produktdeklaration, CE-märkning mm.

Provning av tekniska egenskaper blir relevant igen när den färdiga produkten är klar. CE-märkning (se kapitel 3.7) är en produktdeklaration även om flera av de tekniska egenskaperna mer har karaktären av materialegenskaper än produktegenskaper.

Provning av tekniska egenskaper förekommer dessutom i samband med handel, t ex av uppköparen som vill ha en oberoende, s k tredje part, som säkerställer att de levererade produkterna har de egenskaper som leverantören hävdar och deklarerar.

Slutligen förekommer provning av tekniska egenskaper då något blivit fel. Produkten uppfyller inte köparens krav eller behov.

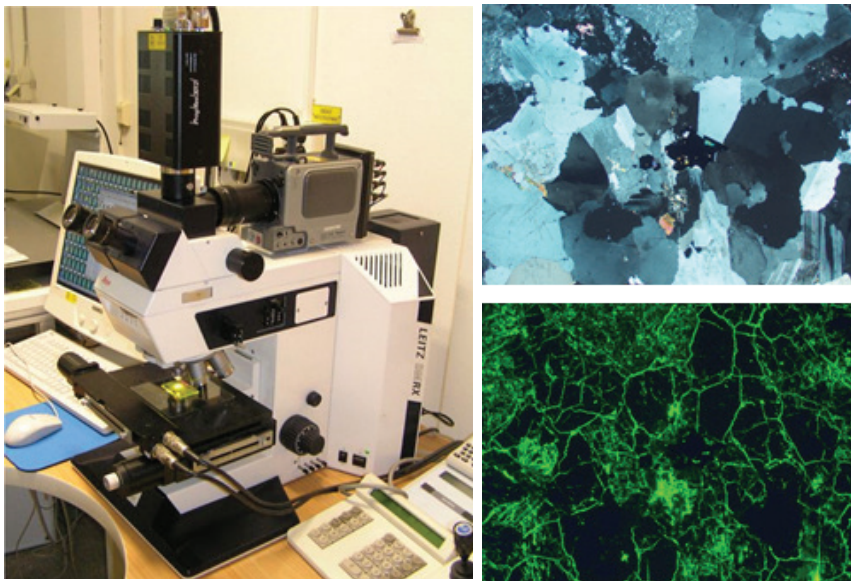
2.5.2 Tekniska egenskaper och provningsmetoder

Nedan redovisas en kort översikt över de vanligaste tekniska provningarna och hur de utförs. Vilka som är relevanta för respektive tillfälle redovisas på andra ställen i häftet.

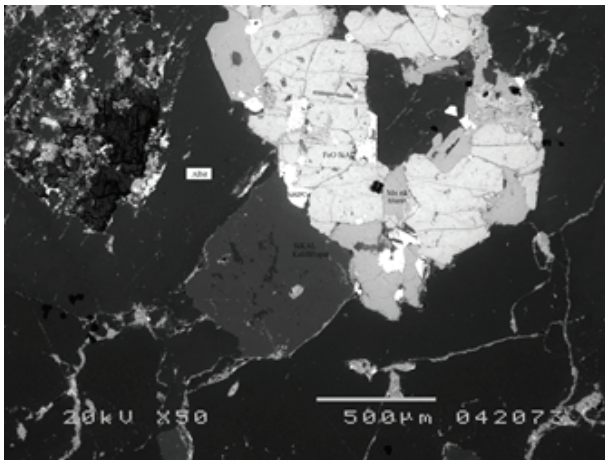
De vanligast använda, standardiserade provningsmetoderna redovisas samt även sådana som tagits fram inom ramen för olika FoU-projekt. Några av dem är föreslagna som framtida europeiska standarder.

Stensortens tekniska egenskaper anges antingen som medelvärde eller som lägsta förväntade värde. I synnerhet gäller det mekaniska egenskaper såsom böjhållfasthet, tryckhållfasthet och utspjälkningshållfasthet, dvs egenskaper som använde för dimensionering. I det lägsta förväntade värdet inkluderar man provningsdata för spridning, dvs variationer i materialet. Om det är mycket stor spridning i materialet och provningsdata så kommer det att skilja mycket mellan medelvärde och det lägsta förväntade värdet. Vanligt för en medelgod granit är att det lägsta förväntade värdet är i storleksordning 2 MPa lägre än dess medelvärde.

Ett olyckligt problem uppstår dock om t ex 9 av 10 provningsresultat ligger över ett kravvärde medan det tionde värdet ligger långt över. Då är spridningen hög och det lägsta förväntade värdet kan vara lägre än kravgränsen. Rekommendationen är då att karakterisera det positiva extremvärdet som en outlier och helt enkelt inte inkludera den i beräkningen.



Figur 2.16. Polarisationsmikroskop med 25 m tunt preparat som genomlyses (se pilen) i. Till höger ses resultatet av olika filtreringsteknik, bl a fluorescens som avslöjar mikrosprickor.

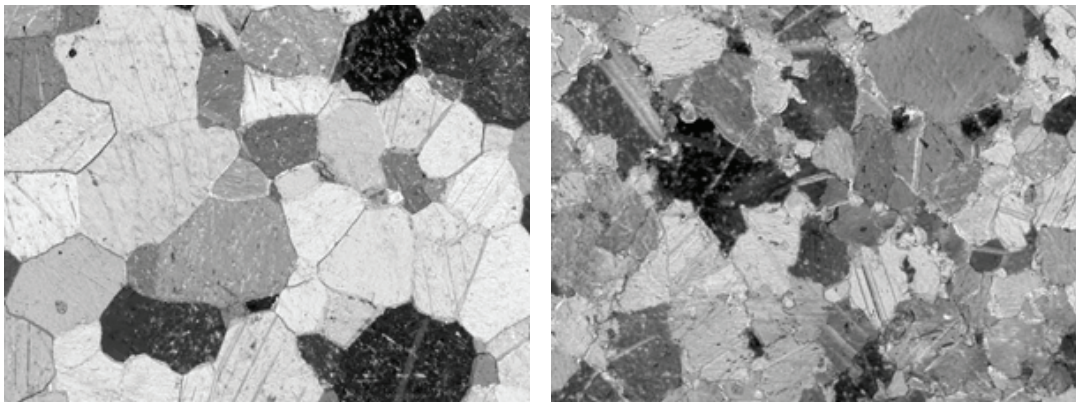


Figur 2.17. SEM bild av granit. Femtio gångers förstoring. Huvuddelen av de mörka partierna är olika fältspater. Ljusgrå är pyroxen och mellangrå är biotit och titanit

2.5.3 Petrografisk analys (SS-EN 12407)

Den petrografiska analysen är den i särklass viktigaste provningen som kan göras på stenmaterial. En komplett petrografisk analys utförd av en kunnig berggrundsgeolog med erfarenhet av branschen och produkternas användning kan många gånger användas för att säga om en stensort är lämplig eller inte för avsedd användning.

Man gör en visuell/okulär granskning av stenmaterialet för att få en första indikation på vad det är för en bergart, om den är vittrad eller frisk samt



Figur 2.18. Mikroskopibilder av två olika marmorsorter från samma distrikt. Den till vänster med raka korngränser är olämplig för användning på fasader medan den till höger med mer komplexa korngränser är beständig utomhus.

dess mineralkornstorlek. Denna inledande granskning visar också hur homogent provmaterialet är. Därefter väljs en eller flera representativa delar ut för tillverkning av mikroskopipreparat. Dessa är ca 30 x 40 mm stora och endast 25 µm tunna för att kunna genomlysas i en speciell sorts mikroskop som kallas polarisationsmikroskop (figur 4.1). Ofta används fluorescerande färg, tillsatt den epoxi man impregnerar stenen med. Då kan man tydligare se porösa partier som t ex vittring och sprickor och även kvantifiera dem.

Vid den mikroskopiska analysen kan man kvantifiera mineralinnehållet och bestämma bergarten.

Vidare, kan man se om mineralkornen är friska och även om det förekommer mikrosprickor och mineral som t ex kan ge missfärgning av stenen. Många andra egenskaper kan också detekteras vid denna analys.

Den petrografiska analysen görs inte alltid enbart okulärt eller med hjälp av polarisationsmikroskop. Ibland krävs att man går ett steg till och använder t ex svepelektronmikroskop (SEM) med röntgenutrustning inkopplad för att se skillnader i sammansättning hos olika mineral.

2.5.4 Böjhållfasthet (SS-EN 12372 och SS-EN 13161)

Böjhållfastheten (tidigare ofta benämnd böjdraghållfasthet) bestäms vanligen på prismor, ofta 50x50x300 mm.

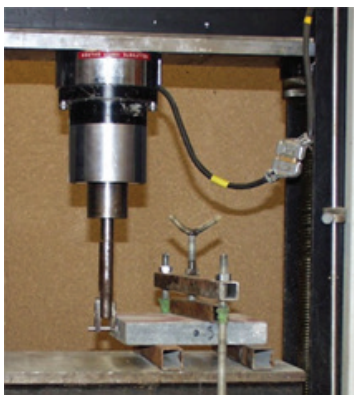
Provningen är betydligt mer utslagsgivande och användbar för att bedöma olika stensorters lämplighet för olika applikationer än tryckhållfasthet. Böjhållfastheten är nämligen dimensionerande för plattor/hällar och balkar, t ex kantsten. Egenskapen används ofta för dimensionering av fasadplattornas yta och tjocklek då den provas tillsammans med utspjälkningshållfasthet för infästning med dubb.

Det finns emellertid några avgörande problem med provningen och de slutsatser som kan dras av resultaten. Idag finns två olika europeiska standarder för provning av böjhållfasthet och dessa ger olika resultat (bilder x och y). Dessutom så ger ofta provning av olika dimensioner olika resultat.

Tekniska data som redovisas i Stenkartoteket är samtliga provade på provkroppar med dimensionen 50x50x300 mm och med s k trepunktlast. Sammantaget ger detta en möjlighet att jämföra olika material på ett relevant sätt. Det är alltså viktigt att veta både vilken provningsmetod som är används som vilken dimension på provkropparna som använts.

Den sista och kanske största utmaningen är att gå ifrån provningsresultat för en liten provkropp till dimensionering av en fullstor produkt. Natursten och flera andra produkter är inte homogena och följer därför normalt inte de lagar man ställt upp för homogena material där man relativt enkelt kan räkna om brottlasten hos en liten provkropp till densamma hos en betydligt större produkt, t ex en

Figur 2.19. A. Provning av böjhållfasthet hos kalksten. Traditionell 3-punktsbelastning till överst och B. provning av granit med 4-punktsbelastning till höger.



Figur 2.20. Provning av utspjälkningshållfasthet vid infästning med dubb.

Figur 2.21. Tryckhållfasthetsprovning av cylinderformad kalksten.

Figur 2.22. Provning av slaghållfasthet med kalibrerad stålkula. Till höger, en provkropp efter provning.

platta. Dessutom är det ytterst sällan som den verkliga belastningen hos produkten i konstruktionen är känd. Vilka laster kan en häll utsättas för?

Idag dimensionerar man endast för en statisk last. I själva verket är det den dynamiska lasten som är viktigast.

2.5.5 Utspjälkningshållfasthet (SS- EN 13364)

Egenskapen används för att kontrollera hållfasthet hos sten för användning som fasadpanel/platta och används för dimensionering av plattans area och tjocklek gentemot Eurokoder. Provningen utförs i regel på 30 mm tjocka plattor (figur 4.8) för att få jämförbara data men för byggprojekt är det viktigt att produktens tjocklek provas.

Inom parentes kan man notera att infästning med kramlor och dubbar är vanligast i Europa medan t ex infästning med s k vinkelskena (kerf anchor) är den metod som används mest i USA. Ett antal andra system förekommer naturligtvis också men måste då provas i s k objektform, dvs enligt konstruktörens anvisningar.

2.5.6 Slaghållfasthet (SS- EN 14158)

En typ av mekanisk påfrestning som flera stenprodukter skall klara är slag från hårda föremål (figur 4.9). Hur väl ett t ex stengolv klarar av en fallande vinflaska eller andra typer av hårda stötar provas med en fallande stålkula om 1 kg vikt (figur 4.10), . Det kan även röra sig om ”slag” från hårda metallhjul på mark- eller golvplattor eller ett snö- röjningsskär som slår emot en kantsten, en cykel som välter mot en hussockel osv.

2.5.7 Tryckhållfasthet

Egenskapen bestäms på kubiska eller cylindriska provkroppar med 50 eller 70 mm kantlängd, respektive radie och höjd (figur 4.11). Provningsresultatet ger en grov indikation på kvaliteten. Tidigare användes tryckhållfastheten som direkt avgörande egenskap vid bedömning av stenkvalitet eftersom mycket sten användes i bärande konstruktioner. Det har dock visat sig att egenskapen inte på tillfredsställande sätt går att knyta

Figur 2.23. Kantsten som inte klarat hårda stötar från packningsmaskin

Figur 2.24. Frostskadade markplattor av kalksten

Figur 2.25. Frostskadade markplattor av gatsten av basalt till höger.

Figur 2.26. Missfärgning av granitmur och granithällar i Köpenhamn (foto Bent Grelk).

till någon annan funktion, av vilken anledning den efterfrågas alltmer sällan. Den är dock fortfarande relevant att prova där stora laster skall tas upp av stenplattor. Tryckhållfastheten hos natursten är i regel så stor att man inte kan utnyttja den.

Resultatet uttrycks i megapascal (MPa) och ger mest en indikation om stenen är frisk eller inte, dvs ovittrad och har, för bergarten, normala värden.

2.5.8 Frostbeständighet

God motståndsförmåga mot upprepad frys-töväxling är av naturliga skäl en helt avgörande egenskap hos natursten som skall användas utomhus i Sverige. Många produkter blir dessutom utsatta för olika typer av salt, t ex från salta vindar i närheten av havet och från tösalter på vintern. Golv och trappor är inte alltid belägna inomhus och om det är risk för frost och väta i kombination är det relevant att prova även denna egenskap och då enligt SS-EN 12371. I vissa fall är gränsdragningen mellan golv och markbeläggningsplattor svår, t ex i entréer, och det kan även vara så att golvplattorna blir utsatta för tösalt. Kombinationen av salt och frost är en mycket aggressiv miljö för alla byggnadsmaterial

2.5.9 Vattenabsorption (SS-EN 13755)

Denna egenskap tjänar som ett indirekt mått på beständighet, framför allt frostbeständighet. I de äldre tyska standarderna har man angivit att stensorter som har en vattenabsorption mindre än 0,5 vikt % skall betraktas som frostbeständiga och därför inte behöver provas ytterligare för den egenskapen.

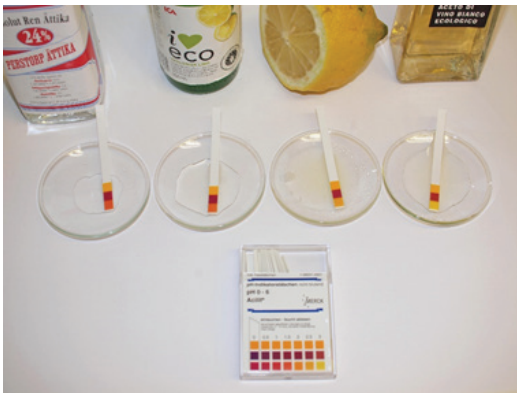
Tillsammans med permeabilitet har vattenabsorptionen även en stor betydelse för om stenen kommer att ta upp eller absorbera vatten, smuts och även biologisk påväxt.

2.5.10 Densitet (SS-EN 1936)

Densitet [28] erhålls ofta i samband med provning av vattenabsorptionen (se nedan) och berättar

Figur 2.27. Oxidering av järn (sannolikt ifrån finkornig pyrit) i marmor har gett upphov till brunfärgade slöjor.

Figur 2.28 Exempel på fläckar som återstår efter rengöring. Kvarstående fläckar klassas i grupperna marginell, tydlig och kraftig. Längst till vänster ses referensprovet som inte är nedfläckat.



Figur2.29. Kvarstående fläckar kan även vara resultat av frätskador. Vanliga hushållskemikalier och livsmedel kan därför också ingå i provningen. Detta är speciellt viktigt för t ex köksbänkskivor.

mest om bergarten är ovittrad eller ej. Något som bättre kan detekteras genom en petrografisk analys. Densiteten används ibland för att beräkna volymen och vikten hos stenprodukter som skall transporteras. Även för dimensionering av t ex fasadstensplattor behövs densiteten för att beräkna egenlasten.

2.5.11 Missfärgning (SS-EN 16140)

Den vanligaste typen av missfärgning är att olika komponenter i stenen rostar (figur 4.13). Här handlar det enbart om stenens inbyggda mineralers reaktion med omvärlden.

På våra bilar ser vi att salt accelererar uppkomsten av rost. Vid provning av sten kan man därför titta på eventuella bieffekter i samband med provning av salt-frostbeständigheten och saltkristallisationstest (SS-EN 12370),

Det finns dock bättre metoder som accelererar oxidationen av känsliga mineral genom att prova åldringsbeständigheten med värmechock (SS-EN 16140). Provkroppar värms upp till 105 °C och kyls ned i vatten. Detta upprepas 20 gånger och mineral i ytan som har en benägenhet att rosta gör vanligtvis detta vid denna provning.

Provning av motståndsförmåga mot värmechock har även visat sig kunna indikera färgförändringar i vanliga mineral som t ex plagioklas.

En del stensorter som har större porer i ytan behandlas ofta med något fyllnadsmedel. Om inte detta är värmebeständigt, kan det både krympa och ändra färg när det åldras, något som upptäckts i samband med provning enligt denna metod.

För att prova om det är risk för att en marmor kommer att uppvisa de näst intill klassiska, ljusbruna slöjorna (figur 4.14) kan ett modifierat värmechockstest användas. Istället för vatten använder man då 1M $NaHCO_3$ och en lägre temperatur, 55 °C.

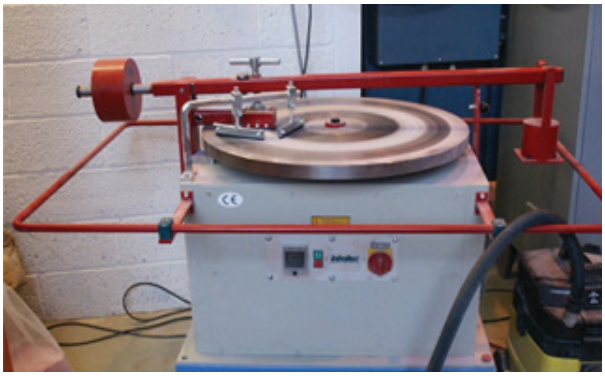
2.5.12 Fläckkänslighet (SS-EN 16140)

Det finns en standardiserad provningsmetod för fläcktestning av natursten. (figur 4.15 -4.17). Metoden beskriver hur känslig stenen är för olika ämnen som kan ge fläckar såsom vin, matolja, kaffe, blod, kolsyrade drycker och ketchup. Det är även möjligt att prova om ett kemiskt skydd är effektivt.

2.5.13 Nötningsmotstånd (SS-EN 14157)

Egenskapen nötningsmotstånd används för att bedöma slitagebeständighet hos stensorten för användning till golv- eller markbeläggning. Det bör noteras att de flesta stensorter har utmärkt nötningsmotstånd och det är endast i mycket utsatta miljöer som det är relevant att ställa krav på nötningsmotstånd. I de flesta fall är det mer intressant att känna till hur stenen förändrar sitt estetiska uttryck vid användning. Detta beror även på mikrostruktur och sammansättning.

Det finns två metoder, och maskiner, som tillåts enligt europastandarden. Böhme (figur 2.31) har tyskt ursprung och har använts under många år i Sverige, Tyskland och fler länder. Där finns de mest relevanta jämförelsedata. Europastandarden tillåter även en annan metod, den sk Wide Wheel (figur 2.32) som är en modifiering av en tidigare metod för tegel (Capon). Metoden ger inte pålitliga data, varför vi inte heller kan rekommendera den.

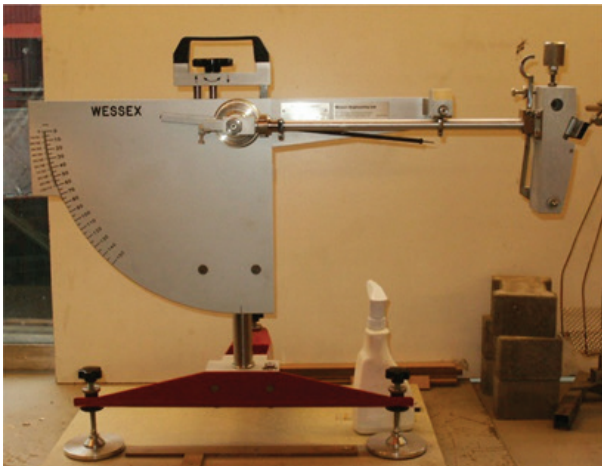


Figur 2.31. Provning av nötningsmotstånd med Böhmemaskin (Metod B).

Figur 2.30. "Tvättmaskin". Efter att olika fläckar applicerats på stenprovets yta och har fått verka i angiven tid, tvättas ytan av maskinen. En våt wettexduk med såpa som enda rengöringsmedel motsvarar vanlig städning. OBS! Detta skall inte jämföras med fläckborttagning!

Figur 2.32. Provning av nötningsmotstånd med Wide wheel (Metod A)

2.5.14 Halkmotstånd (SS- EN 14231)



Figur 2.33. Provning av halkmotstånd med pendelmetod.

En stenyta skall ha tillräckligt hög friktion för att bland annat gående inte skall riskera att halka och detta oavsett om ytan är torr eller våt. Friktion är en egenskap som gäller mellan två ytor. Därför är egenskapen hos skosulan av lika stor vikt för halksäkerheten som stenens halkmotstånd. Detta avspeglas av naturliga skäl inte av provningsmetoden.

Friktionen provas mellan stenyta och en gummikloss monterad på en pendel i en standardiserad utrustning (figur 2.33). Provningen utförs på både torr och våt yta.

Den stora fördelen med metoden är att utrustningen är portabel, vilket möjliggör uppföljande mätningar på plattor i konstruktionen, även flera år efter installation. Det kan vara motiverat för att se om underhållsmetoderna är lämpliga och om slitaget gjort ytan hal

En riktigt grov yta, t ex krysshamrad eller huggen yta, är inte meningsfull att prova med denna metod. En grov yta har mycket god friktion men på grund av den lilla anläggningsytan mellan gummiklossen på pendeln och stenen så kan en sådan yta t o m ge sämre resultat (lägre värden).

Ytbearbetningar som kan vara meningsfulla att prova är, slipad, polerad, borstad och möjligen flammad (ex i figur 4.22). Skillnaden i friktionstal mellan t ex en slipad och en borstad yta är mycket tydlig. Några exempel på halkmotstånd hos olika ytbearbetningar och stensorter redovisas i tabell 4.1. Ett rekommenderat minimivärde på halkmotståndet ligger kring 35 (jämför tabell 5.3).

Ett intressant och viktigt resultat som åskådliggörs i tabellen är att en polerad granityta inte nödvändigtvis är halare än en slipad (se Uggleboda). Tydligt är dock att polerade och finslipade ytor är mycket hala när de är blöta och bör därför undvikas i sådana miljöer, t ex entréer, bad- och duschrum.

Bergart	Stensort och ytbearbetning	Torr	Våt
Kalksten	Kalksten 1 (normalslipad)	52	34
	Kalksten 1 (borstad)	69	46
	Gråbrun Borghamnskalksten (slipad)	49	12
	Gråbrun Borghamnskalksten (hyvlad)	64	56
Granit	Uggleboda (finslipad)	51	15
	Uggleboda (flammad)	80	57
	Uggleboda (krysshamrad)	88	71
	Uggleboda (polerad)	60	6
	Granit 1 (Sågad)	50	-
	Granit 1 (Slipad med 100 korn)	46	-
	Granit 1 (Slipad med 500 korn)	28	56
	Granit 2 (Slipad med 100 korn)	47	-
	Granit 2 (Slipad med 500 korn)	25	45

Tabell 2.34. Provningsresultat för några stensorter med olika ytbearbetningar

Olika typer av ytbehandling påverkar halksäkerheten som kan bli bättre eller sämre. Detta avser huvudsakligen slipade och polerade ytor. All sten med sådan ytbehandling bör provas med denna metod. Halkmotståndet ändras dessutom sannolikt så fort ett golv städas, beroende på vilken städkemikalie och städrondell (innehåller ju slipmedel) som används. För ansvarsfrågan är det dock viktigt att känna till produktens halkmotstånd vid tiden då den installeras.

Viktigt är också att känna till hur länge en grovt bearbetad yta behåller sin friktion. Det har med nötningsmotståndet att göra, alltså bör dessa båda egenskaper bedömas tillsammans.

2.5.15 Övriga egenskaper

Endast ett fåtal andra tekniska egenskaper kan behöva deklareras i undantagsfall, såsom brandrisk, permeabilitet av vattenånga och kapillaritet.

Det finns dock egenskaper som har avgörande betydelse för hur en sten kan eller bör användas men som ändå inte finns med i det stora paketet av standarder. En sådan egenskap är något vi kan kalla kemisk resistens. Till viss del hanteras detta med metoden fläckkänslighet (se även 2.5.12). Här provas om stensorten är känslig för olika starka syror, i form av hushållskemikalier och sura livsmedel.

Kalkstenar och till viss del marmor, speciellt kalcitmarmor, är av naturliga skäl mer känsliga för syror än de silikatbundna graniterna och diabaserna. En dolomitmarmor är mer motståndskraftig mot syror än kalcitmarmor. Geologer har ofta med sig 10 % HCl (Saltsyra) för att snabbt kunna avgöra om det finns kalk/karbonat i en sten. Det fungerar dock inte på dolomitmarmor där man måste värma saltsyran först för att göra den mer aggressiv.

Det gäller även att vara uppmärksam på om en sandsten har silikat eller karbonat som bindemedel

Egenskap	Högt eller lågt samt ev kommentar
Petrografisk sammansättning	Här finns inga direkta värden att gå på utan man bör kräva ett utlåtande som indikerar om stenen är lämplig för sitt ändamål. Vissa mikrostrukturer går dock att kvantifiera och ställa krav på. Se bl a kapitel 4.1
Böjhållfasthet	Högre värden betyder starkare sten.
Utspjälkningshållfasthet	Högre värden betyder starkare sten.
Slaghållfasthet	Högre värden betyder starkare sten.
Tryckhållfasthet	Högre värden betyder starkare sten. Sten är normalt så starkt att värdet i sig saknar betydelse. Endast onormalt låga värden bör man se extra på. En granit bör nog inte ha en tryckhållfasthet under 150 MPa som exempel.
Frostbeständighet	Man jämför oftast någon styrkeegenskap före och efter frostprovning, vanligen böjhållfasthet. Ju mindre skillnad desto bättre.
Vattenabsorption	En låg vattenabsorption är bäst ur frostsynpunkt. Kan det inte komma in mkt vatten i stenen så kan den heller inte frysa sönder. För graniter och marmor är det vanligt med < 0,2 vikt %. En hög vattenabsorption medför ökad risk för nedsmutsning och biologisk påväxt
Densitet	Här är det inte heller bra eller dåligt med högt eller lågt värde. Men, onormalt låga värden bör man se extra på. Om en granit endast har en densitet på 2500 kg/m3 så är den sannolikt vittrad.
Nötningsmotstånd	Ju lägre värde desto bättre, se tabell 5.2
Halkmotstånd	Ju högre värde desto bättre friktion. Ett vanligt förekommande lägre gränsvärde för riskfri yta är 35. Friktion är en egenskap mellan två ytor. Halksäkerheten beror därför även på vad man har för sulor som om det finns ”smörjmedel” på stenen, som vatten, olja, el dyl.

Tabell 2.35. Provning av halkmotstånd med pendelmetod.

mellan de runda sand- och fältspatkornen. De silikatbundna sandstenarna har överlägsen beständighet, både mot vittring/klimatbelastning och påverkan av syror.

Salt är en annan ”kemikalie” som flera stensorter är känsliga mot. Ofta är det lerslag i kalkstenar och delvis vittrad glimmer där saltet kan gå in och byta joner, svälla i närvaron av vatten och kristallisera. När man talar om salt är det inte bara tösalter utan även alla de salter som används som konsistensmedel i t ex duschkräm, flytande tvål mm samt sådana som finns i exempelvis cement.

2.5.16 Vad betyder egenskaperna

Det är inte alltid lätt att tolka en provningsrapport eller att förstå om ett värde är bättre om det är högt eller lågt. Detta kapitel är tänkt att tjäna som inledande vägledning. Delar av kapitlet är en uppdatering av tidigare MinBaS rapport.

Högt eller lågt

Det är inte alltid som ett högt värde är bättre än ett lågt (tabell 2.35). Det är ofta viktigare att veta att ett värde ligger inom ett rimligt intervall för den aktuella stensorten. Det faktiska värdet kan därefter användas i samband med t ex dimensionering eller kvalitetskontroll. Det senare för att säkerställa att kvaliteten i produktionen är jämn.

2.6 ALLMÄNNA KRAV PÅ NATURSTEN

Allmänna krav på natursten

- **Sprickor**
  Inga öppna sprickor som ger nedsatt hållfasthet får förekomma
- **Stick**
  Korta stick kan accepteras om inte hållfastheten nedsätts.
  ”Läkta” stick accepteras.
- **Klov**
  Klov får ej gå upp i ytan. Begränsningar förekommer beroende på användningsområde.
  ”Läkta” klov accepteras.
- **Fossil**
  Inga lösa fossil får förekomma
- **Mineral med oönskade egenskaper**
  Mineral som vittrar, ändrar färg, etc, får inte förekomma.

Faktaruta 2.35. Allmänna krav på natursten

2.7 TEKNISKA KRAV

2.7.1 Krav på redovisning enligt harmoniserade produktstandarder

I tabell 2.36, sid 26,, redovisas de tekniska egenskaper som standarderna ställer krav på redovsining av. Notera att flera kommuner/städer kräver frostprovning med 1 % NaCl för markbeläggningsprodukter.

För utförligare redovisning av rekommenderade provningar och tillägg se bilaga ”Tekniska egenskaper”.

Provnings-metoder, SS-EN	Produktstandarder, SS-EN / Egenskaper	1341 Markbeläggnings-plattor för utomhusbruk (Hällar)	1342 Gatsten	1343 Kantsten	1469 Fasadbeklädnader (utomhus)	1469 Vägg- och takplattor (Inomhus)	12057 Formatsågade plattor	12058 Golv & trappor (utomhus)	12058 Golv & trappor (inomhus)	12326-1 Skiffer och sten för tak och fasad med överlappande montering *	771-6 Mursten och murblock
13373	Samtliga produkters dimensioner ska redovisas. Standarden SS-EN 13373 är referensstandarden, dvs den används t ex vid tvistemål.										
772-1	Tryckhållfasthet										■
772-4	Densitet och total / öppen porositet										■
772-11	Vattenabsorption - kapillär										■
998-2	Skjuvhållfasthet, alt metod 1052-3										■
1052-2	Böjdraghållfasthet										■
1745	Termiska egenskaper, isolering										■
1052-2	Böjhållfasthet Mursten o murblock										■
1926	Tryckhållfasthet		■								■
1936	Reell & skenbar densitet samt total & öppen porositet		■	■			■	■	■		
12326-2	SO2									■	
12326-2	C och CO3 halt									■	
12371	Frostmotstånd (antal frys-tö-cykler**)	■	■	■	■		■	■		■	■
12372	Böjhållfasthet - 3-punkts belastning	■		■	■	■	■	■	■	■	
12407	Petrografisk undersökning	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12440	Benämningar	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13364	Brottlast dubbhål / Utspjälkning (vid ventilerad fasad/vägg - på förankringar)				■	■					
13755	Vattenabsorption vid atmosfäriskt tryck						■	■	■	■	
14066	Beständighet värmechock									■	
14157	Nötningsmotstånd	■	■				■	■	■		
14158	Slaghållfasthet (brottenergi)	■		■			■	■	■		
14231	Halksäkerhet (endast släta ytbearbetningar, < 1 mm tråhet)	■					■	■	■		
EN16306	Buktning och andra beständighetsproblem hos marmor, fasadbeklädnad, utomhus				■						
EN16301	Fläckkänslighet						■	■	■		
EN16140	Risk för missfärgning, rost…	■	■	■	■						

* Takskifferstandardens provningsmetoder finns i en separat standard betecknad EN 12326-2. Makeringarna i detta dokument anger endast egenskapen

** 12, 14 och 56 cykler anges i olika standarder.** Det är rekommenderat att prova 56 cykler oavsett vad som står i standarden.**

Tabell 2.36. Röda markeringar visar vilka tekniska provningar som olika produktstandarder ställer krav på redovisning av.

3 SVERIGES GEOLOGI OCH STENFÖREKOMSTER

3.0 INLEDNING

Här ger vi en summarisk översikt över Sveriges geologi, vanliga bergarter och mineral, huvudsakligen med fokus på vad som kan vara relevant för natursten. Detta är också en förklaring till varför en del definitioner kan kännas ovanliga för en geolog. Syftet är att skapa förståelse och kunskap hos de som jobbar med natursten på ett eller annat sätt.

Mineral och bergarter – jordskorpans byggstenar

Allt bergmaterial består av material från bergarter/stentyper (likställs i Stenhandboken). Dessa byggs i sin tur upp av olika mineral i olika kombinationer. Med bergarter/stentyper menas det fasta material som bygger upp jordskorpan och en stor del av jorden, månen och alla planeter. Mer strikt definierar man en stentyp som ett naturligt förekommande aggregat av ett eller flera mineral. De flesta av våra jordarter, de så kallade mineraljordarna så som morän, lera, sand och grus, byggs också upp av mineral – men då som nedbrytningsprodukter av stentyper.

När man tittar på en vanlig bergart, t ex granit eller gnejs, ser man korn i olika färger. Kornen är de olika mineral som bergarten är uppbyggd av. Varje mineral har en bestämd kemisk sammansättning och kristallstruktur. Det finns mer än 4500 kända mineral, men endast en handfull är vanliga och bygger upp de flesta bergarterna. Några vanliga mineral är kvarts, fältspat, kalcit, mörk och ljus glimmer (biotit respektive muskovit) och hornblände. Andra mineral förekommer rikligt i malmer (t ex magnetit och hematit i järnmalm) eller är kända som smyckestenar (t ex diamant). Bergarterna delas in i tre huvudgrupper beroende på hur de bildas:

Sedimentära bergarter

Sedimentära bergarter (t ex sandsten, lerskiffer, kalksten) bildas genom avsättning av sand och slam, vanligen på havsbottnen.

Magmatiska bergarter

Magmatiska bergarter bildas genom kristallisation från en het magma (bergartssmälta), antingen djupt nere i jordskorpan (t.ex. granit) eller vid vulkanism på jordytan (t ex basalt, porfyr).

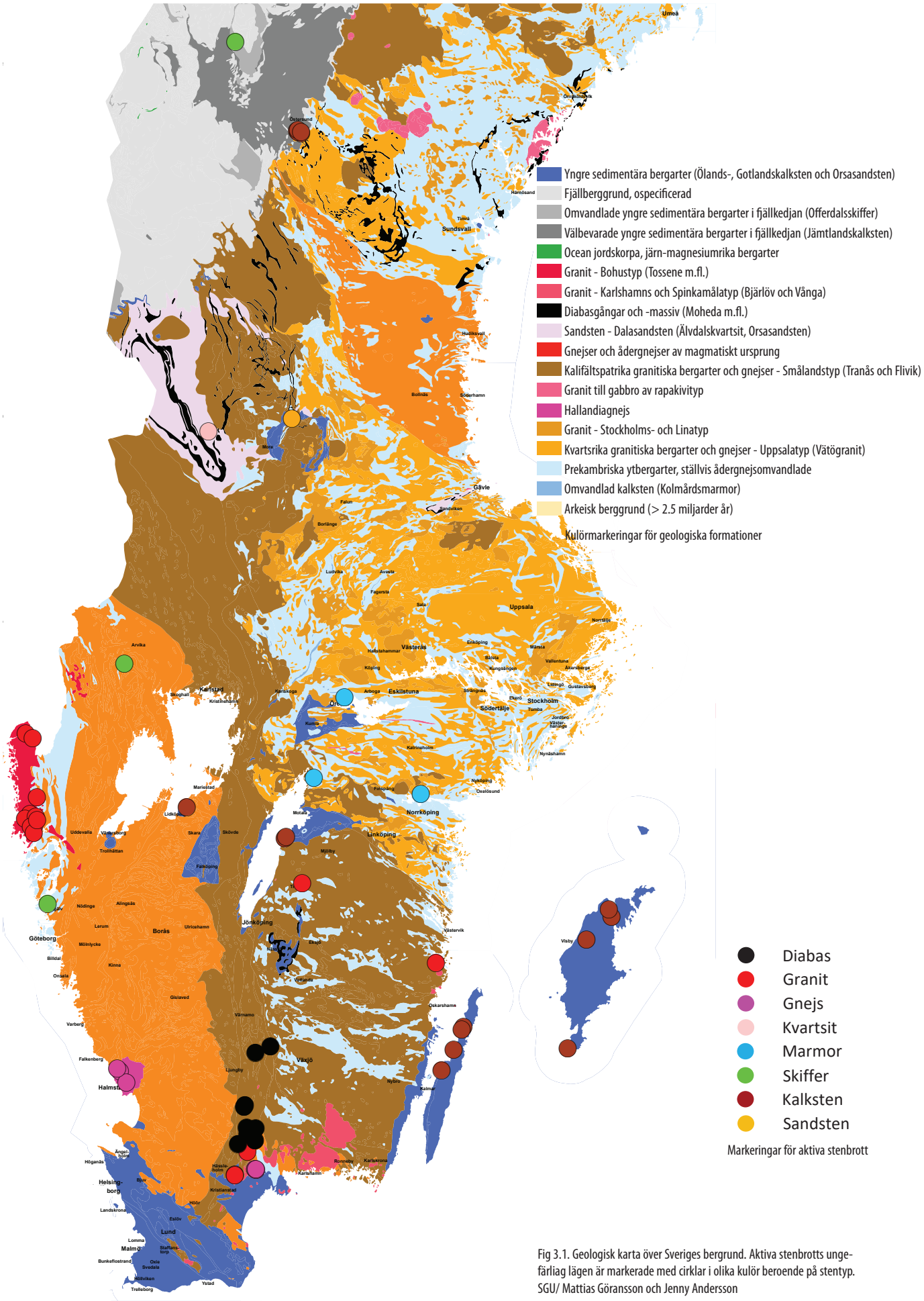


Fig 3.1. Geologisk karta över Sveriges bergrund. Aktiva stenbrotts ungefärliag lägen är markerade med cirklar i olika kulör beroende på stentyp. SGU/ Mattias Göransson och Jenny Andersson

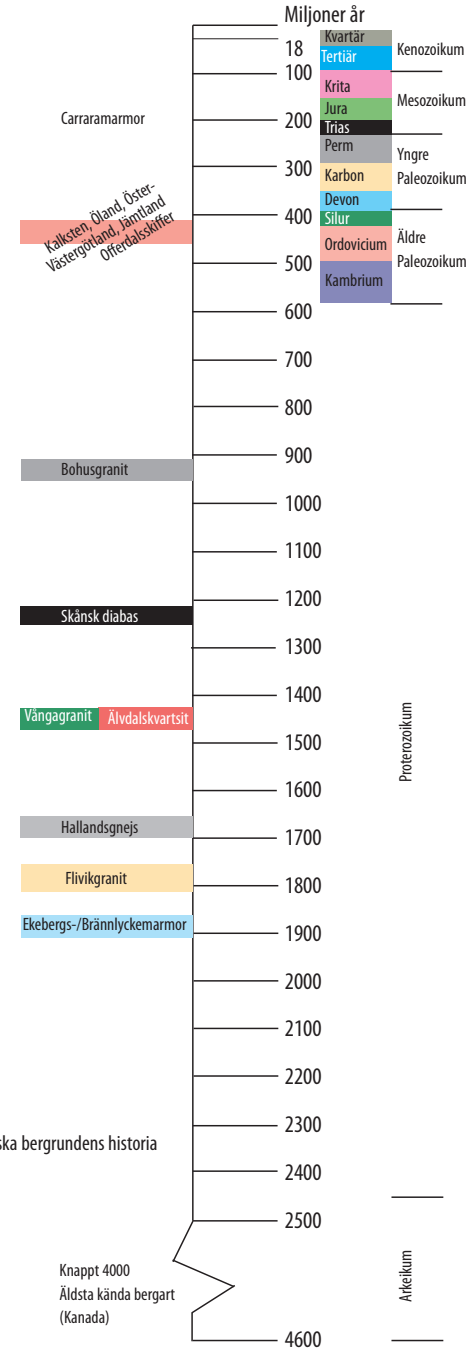


Fig 3.2. Den svenska bergrundens historia

Metamorfa bergarter

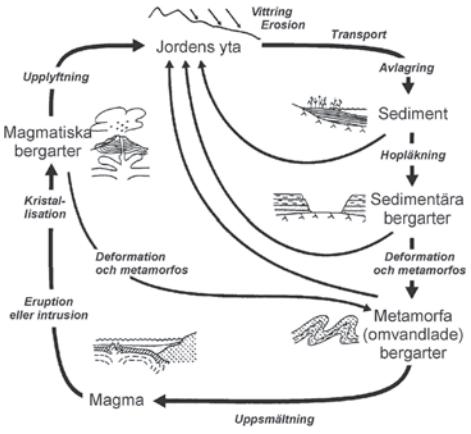


Fig 3.3. De tre huvudtyperna av bergarter övergår i varandra i ett cykliskt förlopp kallat bergartscykeln. Detta kan ske snabbt och katastrofalt, men sker oftast långsamt under miljontals år.

Metamorfa bergarter (t ex gnejs och marmor) bildas genom omvandling av sedimentära eller magmatiska bergarter vid högt tryck och hög temperatur djupt nere i jordskorpan. Bergmaterials/Stentypers allmänna hållfasthets- och beständighetsegenskaper styrs av en rad inre kritiska materialegenskaper. Några av de viktigaste egenskaperna för bergmaterialens styrka och hållbarhet är:

- mineralsammansättning
- textur *
- struktur *
- mikrosprickor
- porositet
- vittring och mineralomvandling

* OBS! Det är viktigt att känna till att den geologiska definitionen inte stämmer överens med den som användas i andra delar av detta dokument och som är mer riktad till arkitekter och beställare. Se mer under xx

En stensorts mekaniska egenskaper påverkas av den sammanlagda egenskapsprofilen. Egenskaper ovan samverkar och ska ses i ett gemensamt sammanhang. Många av dessa egenskaper studeras i mikroskop och beskrivs vanligen genom en så kallad petrografisk undersökning se kapitel xx).

De allra flesta naturstensprodukter som framställs och används i samhället härrör ursprungligen från de magmatiska (t ex granit och diabas), metamorfa (t ex marmor, kvartsitskiffer och gnejs) och sedimentära (t ex kalksten och sandsten) stensorterna. I detta kapitel beskrivs kortfattat vad mineral är. Vidare beskrivs de vanligaste stensorter som finns i Sveriges berggrund.

3.1 MINERALSAMMANSÄTTNING

En stensorts hållfasthet och beständighet beror främst på hållfastheten hos de enskilda mineral som bygger upp bergarten. Alla stensorter är fast eller löst sammanhållna kornaggregat av ett eller vanligtvis flera mineral.

Med mineral avses naturligt förekommande homogent, fast, oorganiskt material med bestämd kemisk sammansättning, kristallstruktur och fysikaliska egenskaper. Mineral bildas genom så kallad kristallisation under avsvalning av smält berg (magma). Mineral kan också kristallisera ur vattenlösningar som rör sig i sprickor i berggrunden och som utfällning av salter vid avdunstning av havsvatten. Beroende på den kemiska sammansättningen hos magman eller vattenlösningen kan nästan alla grundämnen och grundämneskombinationer bilda mineral.

Utöver huvudmineral finns mindre mängder av så kallade accessoriska mineral. Accessoriska mineral har mindre inverkan på de direkta fysikaliska egenskaperna, t.ex. hållfasthet, men de kan utgöra viktiga indexmineral som förklarar vilket ursprung en bergart har och vilken omvandling de utsatts för. Utspridda accessoriska mineral längs korngränser

kan dessutom påverka bergartens färg. Icke önskvärda accessoriska mineral kan också missfärga stenen.

Silikatmineralen är den största och viktigaste klassen av bergartsbildande mineral och utgör cirka 90 massprocent av jordskorpan. Några få av dessa silikatmineral eller silikatmineralgrupper så som kvarts, kalifältspat, plagioklas, biotit, amfibol, pyroxen och olivin är de vanligast förekommande mineralen i det kristallina svenska urberget och följaktligen viktiga beståndsdelar i bergmaterialindustrins olika produkter.

De magmatiska och metamorfa bergarterna är med andra ord huvudsakligen uppbyggda av ett fåtal silikatmineral. Lägger man till karbonatmineralen kalcit och dolomit samt lermineral och klorit har vi de mest väsentliga beståndsdelarna även i de sedimentära bergarterna i Sverige.

3.2 SVERIGES GEOLOGI

(Från SGU: Sveriges berggrund (sgu.se))
Det svenska urberget utgör en del av ett ur berggrundssynpunkt stabilt område, den så kallade Fennoskandiska urbergsskölden (se kartan nedan). Denna utgörs av bergarter som bildades under prekambrisk tid, det vill säga från tiden för jordens bildning för omkring 4 600 miljoner år sedan och fram till kambrium för omkring 545 miljoner år sedan. Den fennoskandiska urbergsskölden (av fenno- ”finsk” och Scandia ”Skandinavien”) är i sin tur en del av paleokontinenten Baltika. Den består av de äldre bergarterna i mindre delar av Norge, stora delar av Sverige, hela Finland och nordvästra Ryssland.

De äldsta bergarterna i Sverige är arkeiska, det vill säga mer än 2 500 miljoner år gamla, och har vid åldersbestämningar givit åldrar mellan omkring 2 800 och 2 600 miljoner år. Bergarter av arkeisk ålder förekommer i begränsad omfattning i nordligaste Sverige.

Bergarterna i den övriga delen av norra samt östra och sydöstra Sverige är i huvudsak omkring 2 000–1 650 miljoner år gamla. De är bildade och i många fall också omvandlade i samband med den så kallade svekokarelska bergskedjebildningen. Den senare har också påverkat de arkeiska bergarterna.

Berggrunden i sydvästra Sverige är mellan 1 700 och 1 550 miljoner år gammal och har därefter omvandlats kraftigt under den så kallade svekonorvegiska bergskedjebildningen som ägde rum för omkring 1 100–900 miljoner år sedan. I södra Västsverige och Blekinge finns även rester av omfattande omvandlingar av berggrunden för omkring 1 450–1 400 miljoner år sedan.

Ovanpå urbergsskölden förekommer fanerozoiska sedimentära bergarter som är yngre än omkring 545 miljoner år. Dessa täcker idag urberget i stora delar av Skåne, Öland och Gotland, Östgöta- och Närkeslätten, Västgötabergen, samt trakten kring Siljan i Dalarna och längs fjällranden. De yngsta bergarterna i Sverige utgörs av tertiära, omkring 55 miljoner år gamla bildningar, vilka förekommer i sydligaste och sydvästligaste Skåne.

Den yngsta bergskedjebildningen i Sveriges berggrund är den kaledoniska, som inträffade för omkring 510–400 miljoner år sedan. Då fick bergarterna i den skandinaviska fjällkedjan sin nuvarande utformning. Bergarterna i fjällkedjan är av prekambriska till siluriska åldrar, det vill säga de är äldre än omkring 420 miljoner år gamla.

3.3 STENTYPER

Stensorters kornigheten anges enligt standard SS-EN 12407 enligt följande::

Stensorters kornighet	
Mycket grovkornig	>10 mm
Grovkornig	4 mm - 10 mm
Medelkornig	1 mm - 4 mm
Finkornig	<1 mm

Anges som ”dominerande kornstorlek” vilket innebär minst ¾ av hela antalet synliga korn.

3.3.1 Granit

Beteckningen granit används inom stenindustrin allmänt för silikatstenar med granitlika egenskaper. I gruppen ingår granit, syenit, diorit, gabbro, diabas, gnejs och kvartsit. Ur byggnadsteknisk synpunkt är de huvudsakligen likvärdiga funktionsmässigt.
En stor del av den i Sverige utvunna graniten säljs på export.

Färg och textur

Den svenska berggrunden är rik på granit och erbjuder en stor variation av nyanser inom färgområdet grått, blåbrunt, rött och svart.
Texturen är, hos de egentliga graniterna, för ögat alltid mer eller mindre kornig. Gnejsen har en utpräglad slirstruktur och är oftast kraftigtådrad eller flammig. De s.k. svarta graniterna är vanligen diabaser och ger ett jämnsvart intryck men om de studeras med lupp framträder en karaktäristisk struktur med plagioklaslister orienterade i alla riktningar i grundmassan.

Utseendeprov

Granitens färg och textur varierar vanligen mycket lite inom ett och samma brott, och ett prov ger därför i allmänhet en god uppfattning om stensorternas utseende. Undantag är kvartsit och ådriga gnejser som genom sin kraftiga ådring oftast kräver flera prover för bedömning av utseendet.

Förekomst

Grå granit

Färgen varierar från ljust till mörkt grå och kornigheten kan vara fin- eller medelkornig.
Grå granit utvinns huvudsakligen i Bohuslän och Skåne.

Rödgrå, gråröd och blåbrun granit

Färgen varierar från ljust till mörkt rödgrå eller gråröd eller är relativt mörkt blåbrun i olika nyanser. Kornigheten kan vara fin-, medel- eller grovkornig.

I Bohuslän och Småland bryts huvuddelen av dessa graniter.

Röd granit

Färgen varierar från ljust till mörkt röd. Även gnejser med huvudsakligen röd färg och med grå, blågrå eller svart ådring räknas hit liksom kvartsiten med sin skiktade struktur i olika röda nyanser. Kornigheten kan vara medel- eller grovkornig.

De röda graniterna bryts i Småland, Skåne och Bohuslän. De röda gnejserna bryts i Halland och den röda kvartsiten i Dalarna. Den röda kvartsiten har utpräglade lagringsplan vilket medför att den får en blommig textur om den sågas parallellt med lagringsplanet och en markerad, randig textur när den sågas vinkelrätt mot lagringsplanet.

Svart granit, diabas

Färgen är svart, eller nästan svart. Som tidigare nämnts är beteckningen svart granit oegentlig. Oftast är de diabaser. Kornigheten är finkornig.

Dessa stensorter bryts nästan uteslutande i norra Skåne och södra Småland.

3.3.2 Kalksten

Beteckningen kalksten används för sedimentära bergarter som huvudsakligen är uppbyggda av mycket finkornigt kalk- och lerslam samt fragment av djurskal.

Kalksten är uppbyggd av täta skikt, sk ”kärnsten” med mellanliggande, porösa skikt. Skiktens tjocklek och regelbundenhet varierar mellan olika kalkstenssorter. För vissa användningsområden kan krav på användning av kärnsten ställas.

Jämför även marmor.

Kulör och textur

Färgen på den kalksten som bryts inom landet är grå, brun,röd, svart eller gulgrå. Strukturen är som regel tät och skiktad. Olika lager eller pallar, i samma brott kan ha olika kulör och textur och sorteras ofta som olika stensorter.

Kalksten sorteras i allmänhet i ett fåtal varianter med tämligen konstant färg och textur. De olika stensorterna karaktäriseras som regel av en oregelbunden, fläckig eller blommig textur. Enstaka fossil förekommer ibland. I vissa kalkstenar, t ex de från Gotland, finns så mycket fossil så att hela ytan karaktäriseras av dessa. Även i andra kalkstensarter kan vissa lager innehålla ganska mycket fossil.

Utseendeprov

Prov på viss kalksten ger en god bild av stenens utseende. Spridda fossil kan dock förekomma, vilket vanligen inte framgår av provet. Andra sorter varierar mer och kräver fler prover för att ge en rättvis bild.

Förekomst

Svart kalksten

Kulören varierar från mörkt grå till nästan svart. Texturen är tät och ibland något fläckig. Svart kalksten bryts i Jämtland.

Grå kalksten

Kulören varierar från ljusgrå till brungrå eller mörkgrå. Texturen är tät och ibland fläckig.

Grå kalksten bryts på Öland, i Västergötland, Östergötland och Jämtland.

Gråbrun och röd/grå flammig kalksten

Texturen är tät och ofta fläckig eller flammig.

Dessa kalkstenar utvinns på Öland, i Västergötland och Östergötland.

Röd kalksten

Färgen är egentligen brunröd i olika nyanser. Texturen är tät.

Brytning förekommer på Öland, i Västergötland, Östergötland och Jämtland.

Gulgrå kalksten

I grundfärgen som är ljust gulgrå, förekommer ibland rosa inslag. Stenen innehåller rikligt med fossil och är delvis kristallin.

Dessa kalkstenar bryts på Gotland.

3.3.3 Marmor

Som marmor betecknas i norra Europa metamorf kalksten som är helt omkristalliserad. Beteckningen säger ingenting om stensorternas kvalitet eller hållfasthetsegenskaper utan anger endast materialets uppbyggnad. I vissa länder betecknas alla karbonatstensorter som marmor, om de är så täta att de går att polera. Det förekommer därför import av stensorter som kallas för marmor men som enligt vårt språkbruk borde betecknas som kalksten.

Geologiskt korrekt betecknad marmor och kalksten har, eller kan ha, olika egenskaper som byggnadssten. Därför är det viktigt att veta vad man beställer och använder.

Marmor är, i huvudsak uppbyggd av kalcit och/eller dolomit. Grön serpentin utgör ibland en karaktäristisk beståndsdel.

Kulör och textur
Svensk marmor är i allmänhet begränsad till en relativt snäv färgskala i grönt, vitt och gråblått, ibland med inslag av svart, brunt och gult. Strukturen är i allmänhet finkornig och slirig och texturen som regel ådrad, ibland mer eller mindre flammig och fläckig. I ett och samma marmorbrott kan man ibland, på t ex olika nivåer, utvinna sten av olika utseende. Stenen sorteras i så fall med hänsyn till skiljaktigheterna och säljs med olika beteckningar. Som en följd av stenens livliga textur varierar marmorsorterna i utseende inom ganska vida gränser, trots de olika sorteringarna.

Om marmorn har utpräglad lagringsriktning så påverkas utseendet i hög grad av sågningsriktningen. När stenen sågas parallellt med lagringsplanet så erhålls en oregelbundet ådrad eller flammig yta, men om den sågas vinkelrätt mot lagringsplanet ”tvärsågas”, så erhålls en mer regelbundet randig yta. Styrkeegenskaperna hos den färdiga produkten påverkas också i sådana fall.

Utseendeprov
Ett prov på marmor ger oftast inte en uttömmande beskrivning av utseendet av ett större parti och därför bör alltid fler prover som visar inom vilka gränser som utseendet varierar bedömas om kulör och textur på en leverans är av stor betydelse
. Vid besök hos det producerande företaget eller vid studium av utvalt referensobjekt kan man förvissa sig om stenens utseende i större skala vid aktuell tidpunkt.

Förekomst
Grön marmor
Grön marmor bryts i Närke och Östergötland. Texturen är livlig och kulören är vanligen grön med ljusa och ibkand gråblå till svarta inslag.

Gråvit och gråblå marmor
Julören varierar från gråvit till gråblå med bruna, gröna eller svarta inslag. Dessa marmorsorter bryts i Närke.

På många håll i Östergötland, Sörmland och Uppland har marmorsorter i varierande färger tidigare brutits.

3.3.4 Skiffer
Under beteckningen skiffer sammanfattas lerskiffer och kvartsit- och glimmerskiffer.

Kulör och textur
Skiffer har tät, skiffrig struktur och utpräglade, tätt liggande klov. Klovplanen är i stort sett plana, men vanligen ojämna, småvågiga eller knottriga. Färgen är svart eller grå.

Utseendeprov
Färgen varierar obetydligt på en och samma stensort och ett prov ger därför god uppfattning om stenens utseende.

Förekomst
Den grå kvartsitskiffern från Jämtland svarar för huvuddelen av den skiffer som produceras i landet. Endast i begränsad omfattning bryts svart lerskiffer, s.k. urbergsskiffer, i Västmanland och ljusgrå till rödgrå samt blågrå glimmerskiffer i Värmland.

3.3.5 Sandsten
Kvartsiten från Älvdalen, som tidigare sorterades under sandsten klassas numera som granitliknande stensort.

Kulör och textur
Svenska sandstenar är sedimentära bergarter i huvudsak uppbyggda av kvartskorn.
Med avseende på bindemedlets sammansättning skiljer man på hård och lös sandsten. Hård sandsten har kvarts som bindemedel medan lös sandsten har kalcit- eller lerhaltigt bindemedel. För närvarande bryts inom landet grå, lös sandsten och röd, hård sandsten. Struktur och textur hos sandsten är homogent kornig.

Kornigheten anges enligt följande:
Grovkornig, dominerande kornstorlek 1-2 mm
Medelkornig, dominerande kornstorlek 0,2-1 mm
Finkornig, dominerande kornstorlek 0,02-0,2 mm
”Dominerande kornstorlek” innebär minst ∫ av hela antalet synliga korn.

Utseendeprov
Ett prov av grå och röd sandsten ger en tämligen god bild av stenens utseende.

Förekomst
Gulröd sandsten
Medelkornig kvartsitsandsten. Färgen är ljus, röd/rosa med inslag av gult. Stenen bryts i Orsa i Dalarna.

Grå sandsten
Lös finkornig kalcitsandsten. Färgen är jämn, mellangrå. Stenen bryts på Gotland.

4 BRYTNING AV NATURSTEN

4.0 INLEDNING

Vid brytning av natursten är det många faktorer man måste ta hänsyn till för att man ska få ett lyckat utfall. Stenens och bergtäktens egenskaper är av avgörande betydelse, liksom marknadens krav och värderingar för att stenbrytningen ska bli lönsam.

Trots att man använder moderna brytningsmetoder och arbetar i stentäkter som noga utvalts med hänsyn till stenens egenskaper blir utbytet av prima material relativt lågt. Det är sällsynt att över 30% av utbruten massa blir prima block och i en del brott ligger utbytet under 10%.

4.1 AVGÖRANDE FAKTORER VID STENBRYTNING

Berggrunden som råvara kan tyckas vara lättåtkomlig och billig, berg finns ju överallt. Det är dock många faktorer som måste beaktas innan en lönsam stenbrytning blir verklighet. Några sådana faktorer listas nedan.

4.1.1 Marknad

Grundläggande för en lönsam stenbrytning är självklart att det finns en marknad för den aktuella stensorten och att denna marknad är beredd att betala ett pris som täcker produktionskostnaderna och skälig vinst. En exklusiv och attraktiv sten kan naturligen bära högre produktionskostnader än en sten som marknaden inte värderar lika högt. Med rationell produktion i ett stenbrott där utbytet och brytningsförutsättningarna är goda kan god lönsamhet också uppnås.

Marknadens efterfrågan på olika stentyper och kulörer varierar över tid vilket medför att produktionen måste anpassas till marknaden. Av detta skäl bryts ibland en viss stensort under en del av året eller kanske bara vissa år. Klimatförhållanden kan också innebära att det inte är praktiskt och lönsamt att bryta vintertid.

4.1.2 Tekniska egenskaper

Stenens tekniska egenskaper har avgörande betydelse för val av brytningsmetod och för vilka produkter som är lämpliga att producera. God klyvbarhet innebär att man kan producera massiv sten med råkilade ytor och god sågbarhet är en fördel när moderna metoder med diamantverktyg används.

Stenens tekniska egenskaper är också viktiga för att avgöra stenens användningsområde och marknad.

4.1.3 Åtkomlighet

Stenfyndighetens belägenhet har stor betydelse för brytningskostnaden. Att bygga väg långa sträckor i obanad terräng är kostsamt liksom långa transportsträckor. Det är också viktigt att stenen ligger åtkomlig i berget så att inte stora mängder schaktmassor måste avlägsnas för att man ska komma åt den brytbara stenen.

Fig 4.1. Transporterna i stenbrottet sker vanligen med stora hjullastare.

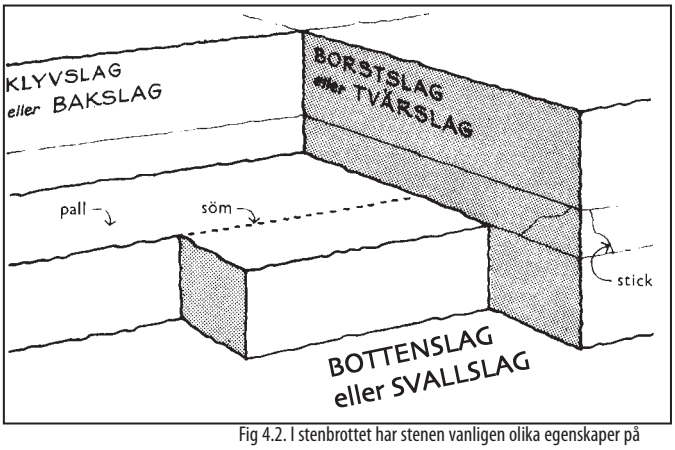


Fig 4.2. I stenbrottet har stenen vanligen olika egenskaper på olika ledd. Vanliga beteckningar i ett granitbrott.

4.1.4 Homogenitet

Ett gott utbyte i stenbrottet kräver relativt homogen sten. Viss sprickbildning kan vara fördelaktig och utnyttjas vid brytningen, medan andra sprickor gör att man inte kan få fram block med storlek och form som passar för vidare förädling till byggnad och anläggning.

4.1.5 Miljökrav

För att få bryta sten krävs täkttillstånd, som utfärdas av länsstyrelsen. Miljökrav vad gäller hantering av restprodukter och återställande efter slutförd brytning är några faktorer som har betydelse för om täkttillstånd kan beviljas.
Även om utbytet av prima blocksten inte är så stort så kommer i stort sett all sten från berget till användning. Block som inte har rätt form eller inte uppfyller kraven på kulör och enhetlighet kan användas till vattenbyggnadssten och liknande, s k tonsten. Mindre fraktioner och oregelbundna bitar krossas vanligen för användning till vägbyggen eller för tillverkning av kalk eller cement.

Fig 4.3. Trots att utbytet i form av prima block är relativt lågt så kommer istort sett all sten från brottet till användning, bland annat till makadam

4.1.6 Arbetskraft

Stenbrytning kräver yrkesskicklighet för bedömning av hur stenen ska tas ut. Tillgång av yrkeskunnig arbetskraft på orten är en fördel för att få till stånd rationell stenbrytning.
Specialiserade produktionsbolag utför också vissa arbetsoperationer och flyttar sin utrustning mellan olika stenbrott.

4.2 BRYTNINGSMETODER

Metoderna för stenbrytning har under de senaste decennierna förändrats radikalt. Arbets-miljöbelastande moment som jetbränning,

Fig 4.4. Sågning av horisontell snitt med diamantvajer i granitbrott.

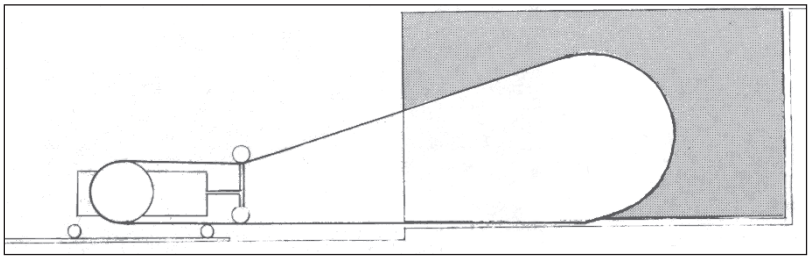


Fig 4.5. Princip för vertikal sågning i stenbrott med diamantbesatt lina. Vertikalt och horisontellt hål borras så att de möts. Linan träs igenom och slingan dras bakåt med maskinen.

Fig 4.6. Diamantvajer

Fig 4.7. Sågning med diamantvajer i marmorbrott

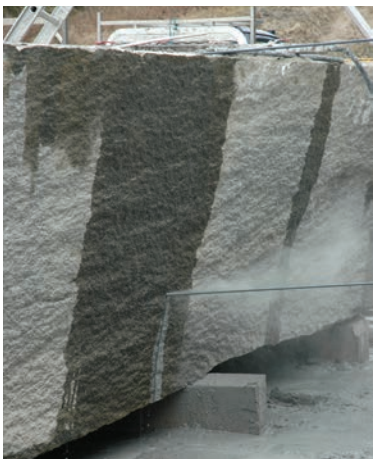


Fig 4.8. Vajersågning i granit

sprängning och borrning med handhållna maskiner är i stort sett borta. Sågning med diamantverktyg har fått en allt större roll. Även stensorter som är mycket hårda och som har goda klyvegenskaper sågas nu i stor utsträckning.

Brytningsmetoderna anpassas till lokala förhållanden i stenbrottet och den aktuella stensoertens egenskaper i form av bl a såg- och klyvbarhet.

Transportvägar ner i brotten gör att stora, effektiva hjullastare kan användas för att transportera upp block och restprodukter

4.2.1 Sågning med diamantvajer

Vid sågningen används vajer, försedd med diamantsegment. Vajern leds genom borrade hål i berget, ett precisionsarbete där vertikala och horisontella hål ska mötas. Sedan skär vajerns segment igenom stenen under vattenkylning. Både vertikala och horisontella snitt kan sågas och metoden används också för neddelning av stora primärblock till produktionsblock samt för tillpassning av oregelbundna ytor på block.

Fig 4.9. Sågning med diamantklinga i marmorbrott

Fig.4.10. Fjärrstyrd borrigg i granitbrott

Fig 4.11. Kilning av granitblock

Fig 4.12. Den svarta diabasen ligger koncentrerad i smala gångar.

4.2.2 Sågning med diamantklinga

Stora klingor med diamantsegment används i stenbrott där stenen inte är allför hård. Klingorna har en diameter på upp till ca 3 meter och sågningen utförs med vattenkylning. I första hand vertikala snitt sågas med denna metod.

4.2.3 Sprängning

Försiktig språngning med svaga laddningar, anpassade för att inte orsaka sprickor i stenen, används i vissa stenbrott. Man ”knuffar” då bara fram en pall ur berget för vidare neddelning.
Hålborrningen utförs med fjärrstyrda borriggar för att undvika buller och vibrationer.

4.2.4 Kilning

Kilning används för neddelning av primärblock i första hand vid brytning av sten med goda klyvegenskaper samt vid brytning av sten med skiktad struktur.

I granitbrott där sten till råkilade produkter bryts har stenen god klyvbarhet och kilning används i större utsträckning i hela produktionsprocessen..

Fig 4.14. Stort primärblock tippas försiktigt fram mot en stötdämpande bädd av grus och mindre stenar.

4.3 GRANITBRYTNING

Vid uttagning av block för tillverkning av sågade produkter sågas först stora primärblock ut. Dessa har vanligen en volym på mellan 50 och 100 kubikmeter, dvs en vikt på cirka 150-300 ton. Primärblocket tippas försiktigt fram från brytningsfronten och delas sedan upp i produktionsblock, anpassade i storlek till blocksågar. Sågning med diamantvajer eller kilning används för detta moment. Produktionsblocken är vanligen 2-10 kubikmeter stora med en vikt av ca 6-30 ton.

Vid brytning av granit för grövre, råkilade produkter till murar, kantsten, gatsten, etc används i stor utsträckning kilning i brott där stenen har goda klyvegenskaper.

Fig 4.15. Formning av granitblock med diamantvajersågning

Fig 4.16. Kilning används för delning av block till råkilade produkter

Fig 4.17. Tillsättning av granitblock med hjälp av kilning

Fig 4.18. Uttagning av block i marmorbrott med sågning med diamantklinga och vidamantvajer

4.4 MARMORBRYTNING

Marmorn har i allmänhet inga utpräglade klyvplan som kan utnyttjas vid brytningen. Oregelbundna slag kan dock försvåra brytningen.

Huvudmetoderna vid brytningen är sågning med diamantvajer och diamantklinga.

Primärblock frigörs genom en horisontal och två resp tre vertikala slitsar. Linan förs in i berget genom s k pilothål som borras i det tänkta slitsplanet så att de möts i en punkt. Primärblocket delas sedan ned i mindre block genom ytterligare vajersågning. Stationära vajersågar används för justering av oregelbundna sidor på blocken. Slutprodukten från brottet är ett block med så rätvinkliga sidor som möjligt.

Fig 4.20. Sågsnitt med diamantklinga i marmorbrott

Fig 4.21. Diamantvajrar leds över brythjul för olika sågsnitt

Fig 4.19. Hjullastare sköter transporterna i marmorbrott

Fig 4.22. Sågad snittyta i marmorbrott

Fig 4.23. Sågning av vertikala snitt med hjälp av diamantklinga

4.5 KALKSTENSBRYTNING

Kalksten är vanligen lagrad i relativt tunna, horisontella bankar, med 40-180 mm tjocklek med mellanliggande öppna eller täta klovslag, ”lerklov”.

En pall i kalksten består av en eller flera bankar och begränsas ofta i höjdled av de öppna klovslagen. För byggnadsändamål bryts block ur de tjocka bankarna och för markbeläggningar tar man de tunna hällarna, som kilas direkt ur pallen i brottet med minimal borrning.

Blocken för byggnadssten kan uttas på tre olika sätt: med kilsöm, med vajersågning eller med diamantklingsågning. I det horisontella bottenslaget kan man oftast kila direkt, utan borrning. I kompakta kalkstenar utan öppna bottenslag sågar man med vajersåg.

Fig 4.24. Sågning av vertikala snitt med hjälp av diamantklinga

Fig 4.25. I en del kalkstensbrott kan stenen i tunna bankar kilas ut med minimal borrning

Fig 4.26. Sågning av horisontellt snitt med hjälp av diamantvajer.

Fig. 4.27.Skifferbrott, översikt

Fig 4.28. Skifferbrott, översikt

Fig 4.29. Borrning av hål för försiktig sprängning. Vinterbild

Fig 4.30. Råblock

4.6 SKIFFERBRYTNING

Skiffer, som har en skiktad struktur och inte är ett homogent material, lämpar sig mindre bra för traditionell, blockbaserad råvaruframtagning, även om sådan förekommer.

Brytningen utförs därför med sprängning. Med försiktiga laddningar får man berget att lossna i de naturliga klovlagren i berget.

De lösgjorda, oregelbundna blocken sorteras sedan i storleksordning, grovklyvs med maskinburna hyfraulslagmaskiner och transporteras till vidareförädling genom klyvning.

Fig 4.31 Skiffern har en skiktad struktur och är inte homogen

Fig 4.32 Sandstensbrott, översikt

4.7 SANDSTENSBRYTNING

Vid brytning av sandsten avänds huvudsakligen sågning med diamantvajer i vertikala och horisontella snitt. Ur berget sågas stora primärblock som sedan delas ner till lämplig storlek för den fortsatta förädlingen. Horisontella slag och vertikala sprickor utnyttjas också vid brytningen.

Fig 4.33 Sandstensbrott, översikt

Fig 4.34 Sandstensbrott, översikt

Fig 4.35 Sandstensbrott, översikt

5 BEARBETNING AV NATURSTEN

Fig 5.1. Automatisk kantslipmaskin

5.0 INLEDNING

Råblocken som tagits ut ur berget delas med olika metoder ner till ämnen av lämpliga format.

För tillverkning av produkter till byggnader och monument används oftast olika former av sågteknik för neddelningen.

Den traditionella metoden att, med hjälp av kilar och slägga dela ner blocken till mindre bitar används huvudsakligen för framställning av granitprodukter till utemiljön, som kantsten, mursten, trappor, etc. Även skiffer och kalksten kilas ner till mursten och plattor för olika användningsområden. Uppdelning av block med hjälp av kilar är ett hantverk och kräver ingående kännedom om stenmaterialets egenskaper.

Vissa stensorter som är lagrade eller omvandlade och har en skiktad struktur kan sågas på olika ledd. Om snittet läggs parallellt med skiktningen erhålls då en blommig textur medan utseendet blir randigt om stenen sågas vinkelrätt mot skiktningen (tvärsågas). Detta gäller bland annat för gnejser, kvartsit och vissa marmorsorter. Man bör då observera att böjhållfastheten hos tvärsågade plattor ofta är väsentligt lägre än om plattorna sågats på andra ledden.

Sten är ett tungt material och hanteringen sköts därför med olika lyfthjälpmedel.

Fig 5.2. Automatiserad hantering av flödet av stenskivor i datoriserad produktion av bänkskivor

Fig 5.3. Lyftredskap för hantering av råskivor

Fig 5.4. Hanteringen av det tunga stenmaterialet sker till största delen med olika lyfthjälpmedel.

5.1 NEDDELNING AV BLOCK

Råblocken som tagits ut ur berget delas med olika metoder ner till skivor och ämnen av lämpliga format. Vissa metoder används till flera olika stentyper medan andra är mer specifikt anpassade.

5.1.1 Ramsågning

För sågning av marmor- och kalkstensblock till skivor för byggnadsändamål används ramsågar med horisontellt monterade blad med diamantsegment. Metoden används huvudsakligen för sågning av skivor med 20-40 mm tjocklek.

Fig 5.5. Sågning av kalkstensblock i ramsåg

Fig 5.6. Sågning av kalkstensblock i ramsåg

5.1.2 Klingsågning

En vanlig metod för sågning av skivor ur block är klingsågning. Maskiner med en eller flera diamantklingor används för att såga råskivor ur blocken. I granitindustrin används metoden både för sågning av tunna skivor och för sågning av tjockare skivor och ämnen. Klingorna har diameter upp till 3,5 m för att såga stora block. Sågarna är vanligen försedda med automatik så att man kan sätta upp ett antal block i rad som sågas dygnet runt.
Även sågar med vertikala och horisontella klingor kan såga plattor direkt ur blocken.

Fig 5.7. Såg med stor diamantklinga sågar skivor ur granitblock

Fig 5.8 Såg med stor diamantklinga sågar skivor ur granitblock. Automatik ser till så att sågningen kan ske dygnet runt.

Fig 5.9 Multiklingsåg för sågning av ett flertal skivor ur blocket

5.1.3 Vajersågning

Stationära diamantvajersågar används dels vid stenbrotten och dels i fabriker för att dela ner stenblock. Även vid anpassning av blockens form för att de ska passa i den fortsatta produktionen används vajersågar.

Fig 5.10. Stationär multivajersåg för neddelning av block

Fig 5.11. Detalj av diamantvajrar som skär igenom stenblocket.

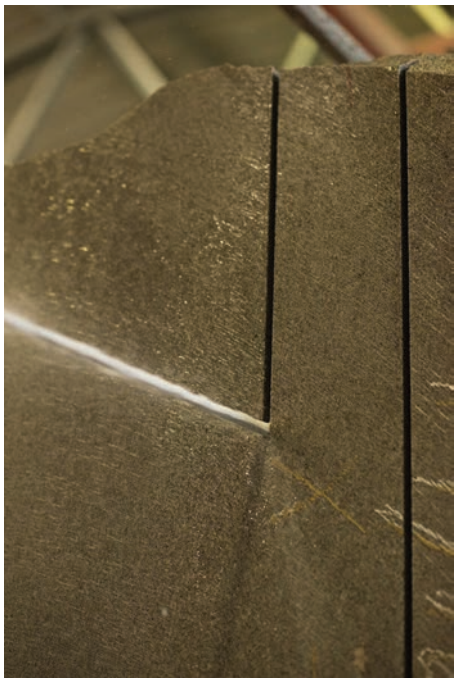


fig 5.12. Detalj av diamantvajrar som skär igenom stenblocket.

5.1.4 Kilning, klippning

Massiva granitprodukter för utemiljön, som mursten, kantsten, gatsten, m fl, kilas direkt ur blocken. Stenens klyvbarhet avgör hur långa kilhål som krävs för att stenen ska spricka på ett önskvärt sätt. För tillverkning av vissa produkter som exempelvis gatsten av granit samt mursten av kalksten och skiffer, används även hydrauliska klippmaskiner för den fortsatta neddelningen. Se 5.4.

Fig 5.13. Neddelning av granitblock med kilning

5.2 FORMATSÅGNING /KANTSÅGNING

För tillverkning av plattor ur råskivor används sågar med diamantklingor med diameter vanligen mellan ca 300 och 600 mm. Sågarna har blivit allt mångsidigare genom datastyrning där format och former kan läggas in i en dator. Anläggningar med ett flertal klingor vid ett löpande band kan också stå för en rationell produktion av plattor med standardformat.

Fig 5.14. Kantsågning med diamantklinga

Fig 5.15. Ett batteri med diamantklingor i bredd svarar för rationell tillverkning av standardplattor.

Fig 5.16. Även tjocka stenelement sågas till med diamantklingor.

Fig 5.17. Klingsåg där formaten programmeras in i dator.

5.3 CNC TEKNIK

CNC (Computer Numerical Control) är ett datorsystem för att styra verkstadsmaskiner. Sådan teknik används för att styra maskiner i stenindustrin där maskinella moment har ersatt komplicerade manuella metoder. Former och arbetsmoment programmeras in i en dator och sedan sköter maskinen alla moment inklusive byte av verktyg. Systemet kan användas för styrning av olika typer av verktyg för stenbearbetning.

Vid bland annat rationell tillverkning av köksbänkskivor har tekniken fått stor betydelse. Som underlag för skivans utformning kan man göra en digital mätning av utrymmet i köket. I datorn kan man sedan lägga in kantprofiler, urtag, mm till en färdig datafil för CNC-maskinen. Om man dessutom har fotograferat den ytbearbetade råskivan som ska användas kan man i datorn lägga in de olika bänkskivedelarna på skivan med anpassning till ev ådring etc. Detta underlag kan också presenteras för kunden för godkännande. Maskinen gör sedan hela arbetet med skivan förutom ev montering av diskho och andra detaljer.

CNC-tekniken har även fått användning vid restaureringsarbeten. Komplicerat formade stendetaljer kan 3D-scannas och läggas in i datorn. Skador kan ”lagas” digitalt för att skapa underlag för produktion av ersättningssten. Den slutliga bearbetningen kräver vanligen en del handarbete av stenhuggare, men det stora arbetet klarar maskinen.

5.3.1 Skärning med vattenjet

Högt vattentryck med tillsats av nötningsmedel används i stenindustrin för att skära i sten och för att åstadkomma ytbearbetning. Vattenstrålen med ca 3-4000 bars tryck pressas genom ett smalt munstycke, som koncentrerar strålen.

Tekniken har sådan precision så den passar utmärkt till att göra intarsia med olika stensorter i dekorativa mönster.

Fig 5.18. CNC-styrd maskin med vattenjet som kan skära former i sten efter dataprogrammering. Används i första hand för att skära till bänkskivor och urtag i dessa.

Fig 5.19. Detalj av vattenjetmunstycke som skär urtag i stenskiva.

Fig 5.20. Detalj av vattenjetmunstycke som skär urtag i stenskiva.

5.3.2 Profilfräsning/kantslipning

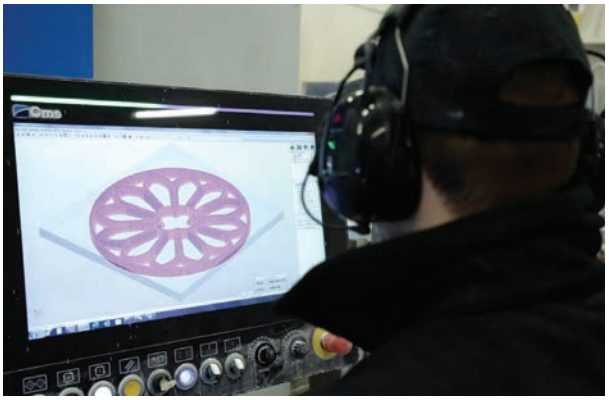


Fig 5.21. Vid restaurering kan komplicerade avbildningar skapas digitalt och användas som mall vid räsning av kopia.

Fig 5.22. Bildtext

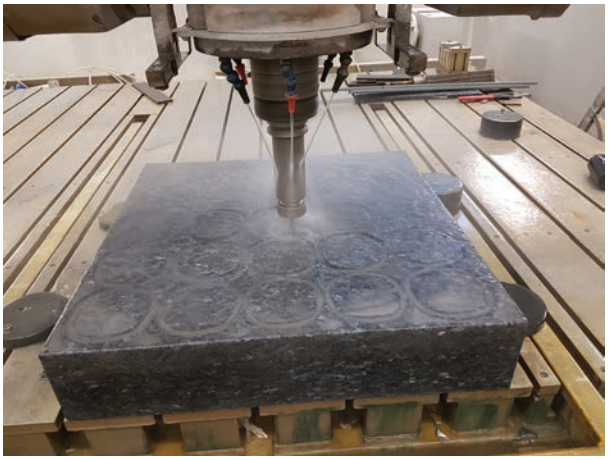


Fig 5.23. Bildtext

Fig 5.24. Fräsning av urtag med profilerad kant i bänkskivor sköts med CNC-teknik.

5.4 KILNING OCH HUGGNING

Traditionell stenhuggning där klubba eller slägga och någon form av mejsel används förekommer fortfarande inom stenindustrin, men dessa moment har till stor del ersatts av mekaniserade utrustningar med tryckluftsdrivna maskiner.

5.4.1 Kilning/huggning av stenprodukter

Stensorter med goda klyvegenskaper kan formas till färdiga produkter genom kilning eller med hjälp av hydrauliska klippmaskiner.

Gatsten, kantsten, blocksteg och mursten är traditionella granitprodukter som fortfarande till stor del produceras genom kilning. Stensortens klyvegenskaper avgör hur långa kilhål som krävs för att ge tillräckligt raka ytor. Ytornas planhet med storlek på knölar och pottor beror också på granitsortens egenskaper.

För att ge produkterna raka kanter utförs ofta kanthuggning med slägga och speciell mejsel, kantjärn.

Fig 5.25. Slägga och kilar används för delning av granitblock.

Fig 5.26. Granit med god klyvbarhet formas till färdiga produker med kilning.

Fig 5.27. Handslägga och kantjärn används för att hugga till stenkanterna.

Stensorter med utpräglad skiktning, som skiffrar och vissa kalkstenar kan kilas till tunna plattor/hällar med nautrlig klovyta. Plattorna kan användas i oregelbundna format eller sågas till bestämda format med hjälp av klingsågning.

Fig 5.28. Klyvning av skiffer med slägga och mejsel .

5.4.2 Ytbearbetning med huggning

Vid traditionell, hantverksmässig tillverkning av stenprodukter utgick man oftast från kilade block med rå, ojämn yta. För att jämna till denna och göra den plan användes olika huggtekniker. Ofta skapade man på detta sätt även dekorativa mönster.

Vid dagens stenproduktion görs vanligen grovformningen med någon form av sågteknik Den plana ytan ges sedan en dekorativ yta med olika verktyg, antingen för hand eller maskinellt.

Tand- och lågerhuggning är traditionella ytbearbetningar på marmor och kalksten. De skapas med hjälp av slägga och speciella mejslar. Varje slag mot mejseln ger bara ett kort märke i stenen så huggningen är tidsödande. Sådan huggning används därför i första hand i samband med restaurering av äldre stenarbeten eller på små ytor, till exempel synliga kanter på skivor. Maskinella metoder finns i dag för att efterlikna det trandionella hantverket.

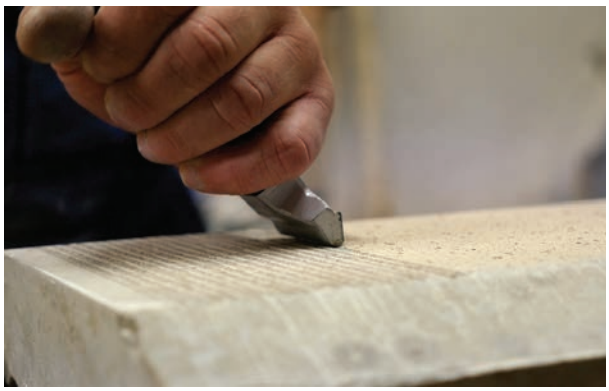


Fig 5.29. Med handslägga och speciella mejslar skapas dekorativa ytbearbetningar som tand- och lågerhuggning.

Vanlig ytbearbetning på graniter är krysshamring i olika grader. Plattor för byggnads- och anläggningsändamål tillverkas genom maskinell huggning av sågade råskivor som sedan sågas ner till plattor. Kantsidor och små detaljer, exempelvis ornament på gravvårdar, krysshamras med små, handhållna trycklutftsmaskiner.

5.5 KLIPPNING

Klippning av sten med hjälp av hydraulmaskiner har till viss del ersatt den traditionella kilningen av produkter. Råkilad gatsten framställs vanligen på detta sätt.
Vissa typer av gatsten och blocksteg produceras genom att tjocka skivor sågas ur granitblock medan produkterna sedan klipps ur dessa skivor.

Fig 5.30. Klippning ....

Fig 5.31. Klippning av kalksten till mursten

Fig 5.32. Klippning av granit

5.6 HYVLING

5.6.1 Ytbearbetning

Hyvling är en traditionell bearbetning av kalksten, som inte förekommer på så många andra ställen än i Sverige. Ett hyvelstål med hårdmetallskär går fram och tillbaka och hyvlar av stenens ytskikt så att det bildas urspjälkningar, gropar i ytan. Hur djupt skäret sätts an avgör hur djupa gropar som bildas och därmed ytbearbetningens finhet.

Fig 5.33. Hyvling av yta på kalkstensblock

Fig 5.34. Detalj av hyvelstål och dammutsug

5.6.2 Profilhyvling

Fig 5.35. Hyvling av listprofil

Hyvling kan vara till stor hjälp vid tillverkning av profilerade listverk och kanter. Profilstål i hyveln gör grovarbetet, sedan efterbearbetas ytan ofta med behuggning.

5.7 BLÄSTRING

Sandblästring används inom stenindustrin för att utföra texter och ornament på gravvårdar och andra monument. Anpassad, kvartsfr blästersand används. Speciell blästertejp eller -massa används för att skydda områden på stenytan som inte ska försänkas. Den blästrade ytan efterbearbetas vanligen genom fin krysshamring med liten, handhållen maskin.

Blästringen utförs i anpassade skåp med dammutsugning. Själva blästringen styrs antingen automatiskt eller för hand.

Blästring kan även utföras som ytbearbetning av hela stenytan. Ytan blir dock känslig för smutsning och används därför sällan.

Genom successiv borttagning av blästertejpen och med handhållet blästermunstycke kan skickliga hantverkare även skapa tredimensionella reliefer.

5.8 JETFLAMNING

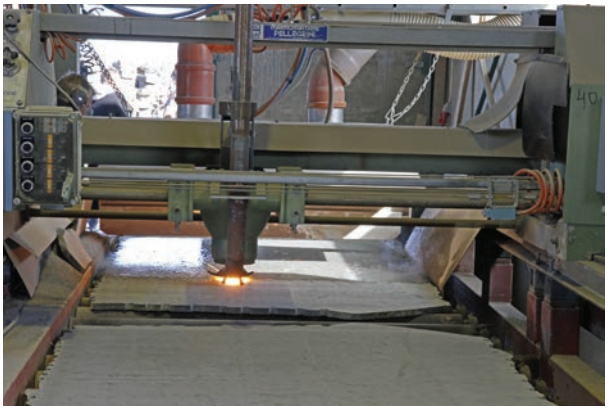


Fig 5.36. Flamning av stenyta i automatmaskin. Den kraftiga temperaturchocken från lågan gör att kristaller spjälkas loss från stenen. Vatten spolas på stenen för att kyla efter bearbetningen.

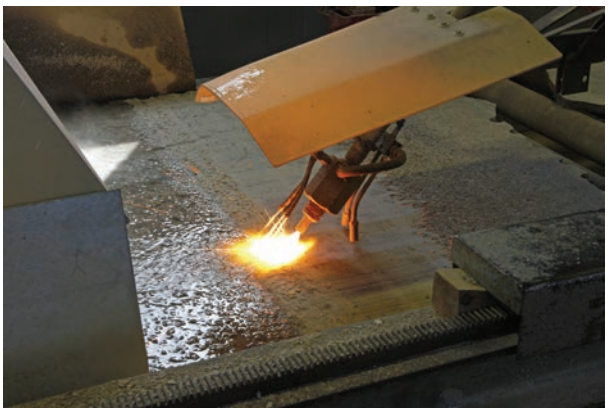


Fig 5.37. Detalj av flamningsmunstycke

Genom uppvärmning av stenytan med låga och efterföljande kylning med vatten spjälkas kristaller i stenytan bort och flammad yta skapas.

Bearbetningen utförs oftast i automatmaskiner på sågade råskivor, som sedan kapas till plattor. Upphettningen gör att bearbetningen inte kan utföras nära plattkanter utan att de spjälkas av.

Traditionellt har flämning utförts på graniter men numera används bearbetningen även på kalksten och andra stensorter.

5.9 KRYSSHAMRING

Tryckluftmaskiner med verktyg med hårdmetallddänder skapar krysshamnrad yta. Storleken på och avstånden mellan tänderna avgör, tillsammans med maskingens slagkraft hur grov krysshamringen blir. Som ytbearbetning på plattor utförs huggningen vanligen på sågade råskivor i automatmaskiner av samma slag som vid flamning.

Fig 5.38. Krysshamring i automatmaskin med tryckluftmaskin och fem stycken verktyg med hårdmetalltänder.

Fig 5.39. Krysshamring i automatmaskin.

Fig 5.40. Verktyg med hårdmetalltänder för krysshamring.

5.10 SLIPNING OCH POLERING

Slipning av olika finhetsgrad utförs på i stort sett alla typer av natursten. Arbetstekniken varierar beroende på produktslag och stensortens egenskaper. Diamantverktyg med vattenkylning används för i stort sett alla slipmoment. Man startar med fräsning eller grovslipning och går vidare med finare och finare segment tills man når den finaste graden, polering. Vid grövre slipgrad avbryts slipningen efter rätt station.

Standardplattor av marmor och kalksten slipas i slipautomater där stenen passerar på ett löpande band under ett antal slipstationer.

Tunna plattor av granit slipas i automatmaskiner som råskivor som sedan kapas till plattor. Tjocka skivor till gravvårdar och liknande läggs upp i rad och en programmerad automatmaskin flyttar sig sedan mellan de olika stenarna, byter slipsegment och utför de olika slipstegen.

Även kantytor på plattor, både raka och profilerade, kan slipas i automatmaskiner med löpande band.

För specialprodukter utförs slipningen med handhållna maskiner. Vid slipning av marmor och kalksten sker slipningen torrt med utsugningsanordning.

Fig 5.41. Slipautomat med löpande band för marmor och kalksten.

Fig 5.42. Automatmaskin som flyttar sig mellan olika stenar och utför de olika momenten. Maskinen känner av var plattorna ligger.

Fig 5.43. Kantslipning av rundad kant på granitskiva med handhållen maskin.

Fig 5.44. Kantslipning av specialprodukt med handhållen maskin.

5.11 BORSTNING

Med roterande borstar, impregnerade med diamanter skapar man en slät, len yta med viss relief. Borstarna gröper ur mjukare partier i stenytan mer än de hårda. Stenens uppbyygnad ger ooika karaktär på ytan beroende på stensort. Kallas även för ”leather finish” vilket beskriver den mjuka karaktären. Ytbearbetningen utförs vanligen i samma typ av automatmaskiner som används för slipning och polering

Fig 5.45. Borstar med diamantbeläggning monterade i automatmaskin.

5.12 FRÄSNING

Planfräsning av plattor utförs med olika diamantverktyg för att skapa jämntjocka plattor, som ett första steg i slipning/polering samt som ytbearbetningsmetod.
För att göra profiler på listverk, plattkanter och liknande används profilerade fräsverktyg.

Fig 5.46. Fräsning av stenens baksida för snäv tolerans på tjocklek

Fig 5.47. Fräsning av profil med hjälp av diamantklinga i CNC-styrd såg.

6 ÄLDRE STENPRODUKTION

Fig 6.1. Stenhuggarmiljö i Bohuslän där gat-, kant-, och mursten höggs för hand. Stenhuggarmuséet, Hunnebostrand, Bohuslän.

6.0 ÄLDRE STENPRODUKTION

Stenproduktionen i äldre tider innebar mycket handarbete och tunga lyft. Som lyfthjälpmedel användes tidigt enkla kranar med winschar som vevades för hand. Därför blev stenbrotten ofta djupa med förhållandevis liten utbredning, jämfört med dagens brott.

Stensorter med god klyvbarhet, som skiffer och kalksten var naturliga, lokala byggmaterial som lätt kunde kilas fram med slägga och mejsel direkt i berget. Andra stensorter togs fram genom manuell borrning där en man slog med slägga på borrstålet som hölls för hand och vreds av medarbetare.

Även ytbearbetningen utfördes manuellt med slägga och olika typer av mejslar. Först jämnades ytan av genom att knölar kilades bort och sedan jämnades ytan till med allt finare verktyg. Ybearbetningar som kyrsshamring, lågerhuggning, etc blev slutresultatet av denna bearbetning.

För slipning till finare yta användes tidigt lokalt

Fig 6.2. Jordhamn, Öland, museimiljö. I förgrunden oxvandring och i fonden skurkvarn. I båda fallen lades råa, kilade stenar upp i en cirkel och en stenplatta drogs runt ovanpå med sand och vatten som slipmedel för att åstadkomma en slipad (skurad) yta. Oxar respektive vindkraft från väderkvarn stod för energin

Fig 6.3. Detalj från skurkvarn som drivs med vindkraft.

Fig 6.4. I gamla tider användes kranar för att lyfta upp stenblock och restprodukter ur stenbrotten. Bild från Hägghults museums vattenfyllda stenbrott i Skåne.

på Öland vinddrivna skurkvarnar och oxvandringar, där plattor lades ut i cirkel och en annan platta drevs runt ovanpå. Vind- och muskelkraft från oxar stod för drivningen.

Vid industrialiseringens början drevs mekaniska maskiner i verkstäder med ångdrift.

Stenproduktionen drevs vanligen i lokala stenbrott för användning i närområdet. För längre transporter användes först skutor och så småningom även järnväg.

En del stora företag med långa traditioner har gett ut jubileumsskrifter där man kan finna beskrivningar av historisk stenproduktion.

Se 7.4.2 Historiska ytbearbetningar, sid 67-69

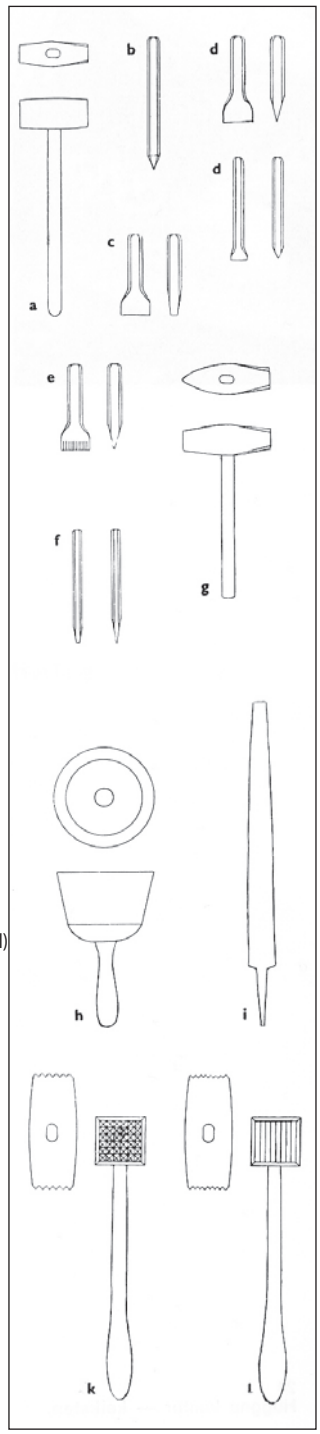


Fig 6.7. Traditionella stenhuggarverktyg
a. Sättstamp (sätt, sätthammare)
b. Spetsmejsel (pikmejsel)
c. Kantjärn (sättmejsel, avsticksjärn)
d. Bredmejsel (skräd-, låger-, narvmejsel)
e. Tandmejsel
f. Inskriptionsmejsel
g. Slägga
h. Träklubba
i. Rasp
k. Krysshammare

nr	c/c kryss, mm
1	12
2	7
3	5
4	4
5	3

l Räffelhammare

nr	c/c räfflor, mm
1	12
2	7
3	5
4	4

Fig 6.5 Interiör från kalkstensindustri där hyvel och andra maskiner drevs av ångmaskin via remmar. Råbäcks Mekaniska stenhuggeri, museum., Västergötland.

Fig 6.6. Stenhuggarmiljö på Gotland, där slipstenar höggs för hand. Stenhuggarmuséum, Sundre.

7 YTBEARBETNINGAR

7.0 INLEDNING

Naturstenens karaktär varierar mycket beroende på dess ytbearbetning. Kontrastverkan mellan olika ytbearbetningar ger unika möjligheter att med en stensort få helt olika estetiskt intryck. Stenens kulör och textur framträder klarast på polerad yta medan exempelvis krysshamrad yta ger en mer diffus bild, där kulören träder fram först då ytan väts. Den polerade ytan kan å andra sidan reflektera omgivningen så att stenens kulör helt försvinner. Val av ytbearbetning är därför viktigt ur estetisk synvinkel. Vid valet måste man även göra tekniska och praktiska överväganden. Hur ytan åldras i aktuell miljö och hur skötsel och underhåll påverkas av ytans karaktär är faktorer som måste beaktas.

Bearbetningstekniken och dess utveckling har påverkat stenytors struktur genom tiderna. Förr utgick man i allmänhet från block och plattor som kilades direkt ur berget. För att få släta ytor krävdes då en relativt stor arbetsinsats. I dag utgår man vanligen från sågade block och skivor när man tillverkar stenprodukter. Det är förhållandevis lätt att åstadkomma släta ytor, särskilt som bearbetningstekniken med diamantverktyg utvecklats mycket under senare år. Grova, rustika ytor kräver ofta en större arbetsinsats. Modern maskinteknik åstadkommer dessa ytor. Stensorter med goda klyvegenskaper kan genom kilning få en mycket ekonomisk råkilad yta eller klovyta. Stenprodukter kan också, om den synliga ytan kan vara råkilad, kilas fram snabbt och till låg kostnad och låg energibelastning. Observera dock, att detta gäller endast om stensorten har mycket god klyvbarhet

De ytor som åstadkommes med klubba och mejsel för hand kommer huvudsakligen i fråga vid restaurering av äldre byggnader eftersom arbetet är tidsödande och kostnaderna därmed blir höga.

VIKTIGT!
Kommunicera alltid med prover med önskad ytbearbetning från tilltänkt leverantör!

Den ökande importen av sten från främmande länder medför att man måste vara mycket medveten och noggrann vid beskrivning av bland annat ytbearbetningar då producenterna oftast inte är insatta i vår traditionella stenbearbetning. Prover som visar variation i sten och bearbetning samt referensprojekt är till god hjälp i kommunikationen. Risken är annars stor för att man inte får den produkt som man har förväntat.

På sid 9-16 visas foton med exempel på olika

ytbearbetningar på olika stensorter. För mer information se *Stenkartoteket* med olika stensorter.

7.1 YTBEARBETNINGAR

Råkilad, kallas även för naturyta. Obearbetad, kilad yta med knölar som får skjuta ut över fogarnas plan. Pottor under detta plan på upp till 50 mm får förekomma. Borrpipor eller märken efter kilning får inte förekomma. Mejselmärken får förekomma i begränsad omfattning. Utföres på granit liknande stensorter med goda klyvegenskaper.

Råkopp. En råkilad yta där kanterna tillsats så att fogkanterna ligger i samma plan. Pottor under detta plan får ej förekomma.

Klovyta. Den naturligt kilade ytan hos skiktade stensorter som skiffer, kalksten, kvartsit och vissa gnejser.

Spårkilad yta utföres genom att parallella spår sågas i stenytan med regelbundna avstånd och mellanliggande sten kilas bort. Ytan får ett karaktäristiskt, randigt utseende. Bearbetningen utföres med olika avstånd mellan sågspåren beroende på stensort och leverantör. Det är viktigt att kommunicera med prover för att få god uppfattning om estetiskt uttryck.

Utföres i första hand på importerade graniter med klyvegenskaper som inte medger kilning.

Flammad yta. Utgår från sågad eller fräst yta och utföres med en låga som sveper över stenytan och får kristaller i stenens ytskikt att spjälka loss vid temperaturchocken. Ytan blir småvågig med fria kristallytor. Grovleken hos ytan varierar beroende på stenens kristallstorlek och intensiteten hos flamningen. Plana, sågade ytor med bristfällig flamning får ej förekomma. Utföres på flertalet stensorter.

Krysshamrad yta kallas även gradhuggen eller gradad. Bearbetningen utföres med tryckluftmaskin och verktyg (krysstans) med hårdmetalltänder. Kan utföras med olika grader, 1-5, för olika ändamål där lägre nummer anger grövre yta. Verktyg med olika avstånd mellan tänderna ger de olika graderna. Hela den synliga ytan ska vara krysshamrad. Plana, sågade ytor samt pottor och knölar efter råkilning får ej förekomma i annan utsträckning än vad som anges nedan vid resp grad.

På byggnadssten används huvudsakligen grad 3. De grövre graderna, 1 och 2, utförs huvudsakligen

Rekommenderade ytbearbetningar för olika användningsområden	Inomhus					Utomhus						
•• mycket lämplig • lämplig	Golv och trappor med kraftig trafik	Golv och trappor med liten trafik	Väggbeklädnader	Inredning, bänkskivor, fönsterbänkar	Restaurering	Fasader	Socklar	Markbeläggningar, endast gångtrafik	Markbeläggningar, fordonstrafik	Trappor	Murar	Restaurering
Granit och liknande (även gnejs, kvartsit, diabas)												
Råkopp, råkilad			•				••			•	••	
Klovyta (viss gnejs och kvartsit)	•		••			••	••	••		••	••	••
Spårkilad			••			••	••				••	
Flammad	•		••			••	••	••	••	••	••	
Krysshamrad			••			••	••	••	••	••	••	••
Borstad	••	•		••		•	•					
Slipad	••	••	••	••		••	••					
Polerad		••	••	••		••	••					
Marmor												
Krysshamrad			••			••		••		•	••	
Behuggen (tandhuggen, lågerhuggen)			••		••	••						••
Borstad	••	••	••			•						
Slipad, diamantfräst	••	••	••	••	••	••						•
Polerad		•	••	••	•							
Kalksten												
Klovyta						•	•	••		•	••	
Krysshamrad			••			••	•	••			••	
Flammad			••			••	•	••		••	••	
Behuggen (tandhuggen, lågerhuggen)			••		••							••
Hyvlad	••	••	••	•	••	••	•	••		••	•	•
Borstad	••	••	••	••		••						
Slipad, diamantfräst	••	••	••	••	••	••						
Polerad			••	••								
Sandsten (kvartsbunden)												
Krysshamrad, behuggen			••			••						••
Blästrad			••			••						••
Slipad			••			••						
Skiffer												
Klovyta	••	••	••	•		••	••	••	•	••	••	
Slipad/polerad	••	••	••	••		••	••					

Tabell 7.1

Fig 7.2 Sten med olika kulör och struktur ger kontrastmarkering och dekorativ mönstereffekt.

på sten till utemiljö. De finare graderna, 4 och 5, används mest vid huggning av ornament och liknande och ytan kallas då ofta finhuggen.
För att få en god bild av de olika huggningsgraderna rekommenderas kommunikation med stenleverantören.

Hyvlad yta erhålls genom att ett hyveljärn skrapar stenytan. Beroende på hur järnet ansätts uppstår olika grov yta med repad, randig struktur med olika stora utspjälkningar. Hyveljärnens bredd är vanligen upp till 200 mm. Där järnen överlappar varandra bildas en slätare, mörk rand, som ger en dekorativ effekt. Hyvling utförs endast på plana ytor av. Hyvlingstekniken kan också användas till att framställa profilerade kanter.
Topphyvlad. Större knölar hyvlas av från klovytan. Cirka 50% av ytan blir hyvlad/plan och resterande yta är kvarstående gropar/pottor från klovytan. Utförs endast på råhällar av kalksten och ej på krökta ytor.
Grovhyvlad. Spjälk med upp till ca 2 mm djup i ytan.
Normalhyvlad. Spjälk med upp till ca 1 mm djup i ytan.
Finhyvlad. Spjälk med upp till 0,2-0,3 mm djup i ytan.
Släthyvlad. Hyvlad yta utan utsjpjälkningar.

Borstad yta åstadkoms med roterande, diamantbelagda borstar. Ytan blir slipad, men i allmänhet med viss vågighet beroende på stentyp och föregående bearbetning. På karbonatstenar gröper borstarna ur stenens mjukare partier så att strukturen framträder med reliefverkan. På skiffer utförs bearbetningen vanligen på klovyta, vars kanter, hopp i ytan blir mer avrundade. På graniter bearbetas vanligen flammad yta med borstning. De flammade, ”vassa” kristallerna i ytan blir då avrundade.

Blästrad yta, kallas även sandblästrad. En småknottrig yta som åstadkomms genom att en speciell blästersand blåses mot stenen med tryckluft. Lämpar sig bäst på kvartsit och sandsten beroende på dessa stensorters korniga struktur. På andra stensorter blir ytan matt utan lyster och den är känslig för nedsmutsning. Blästring används huvudsakligen för att skapa dekor, text och mönster i naturstensytor.

Diamantfräst yta utförs som första steg vid slipning. Ytan planas av med ett roterande diamantverktyg. Ringformade slipränder syns i ytan.

Grovslipad yta är finare än diamantfräst, men relativt grov där tydliga slipränder förekommer. Används sällan.

Normalslipad yta är slät med obetydliga slipränder. Var förr den vanligaste bearbetningen på golv. Vid normalt slitage på golv av karbonatsten blir ytan med tiden något finare. Används på de flesta stensorterna.

Finslipad yta är slät, men ej speglande. Den vanligaste ytbearbetningen på golv. Vid normalt slitage på golv av karbonatsten blir ytan med tiden något grövre.

Polerad yta är slät och speglande. Glansen ska bestå även efter tvättning med lösningsmedel.

Lågerhuggning, tandhuggning är gamla bearbetningar som utföres för hand med klubba och mejsel på kalksten och marmor. Används huvudsakligen för dekorationer och synliga kantsidor.

Maskinlågerhuggning och -tandhuggning (maskinlågrad, -tandad) är ytor där man med maskinella metoder efterliknar de äldre, handhuggna varianterna. Utföres på kalksten och marmor.

Dubbelstucken yta används främst som muryta på kalksten. Kantsidan på plattor ”sticks” (huggs) av från två håll så att en konvex yta bildas.

Klippt yta kan sägas vara en modern form av råkilad yta på granit och dubbelstucken yta på kalksten. Utföres med hydraulisk klippmaskin som spjälkar stenen. Den råa ytan får både fördjupningar och förhöjningar vars storlek varierar beroende på stensort. Användes som muryta på granit och kalksten, som gång-/köryta på gatsten samt som fram-/kantsida på blocksteg.

Bräckt yta är den råa kantytan på skiffer som uppstår när stenen knäcks. Bildar muryta på murar med staplade skivor. Kan bara utföras på vissa skiffersorter.

Antikbearbetad yta är inget enhetligt begrepp. Olika stenleverantörer använder olika metoder för att efterlikna en sliten yta. En grov yta, vanligen hyvlad, slipas eller borstas för att se sliten ut. Bearbetningen utförs främst på kalksten.

Fig 7.3 Kontrasten mellan olika ytbearbetningar på samma stensort kan ge intressanta mönstereffekter. Flammad, spårkilad och polerad yta på en fasad av svart granit.

7.2 YTBEARBETNING SOM UTTRYCKSMEDEL

Stenens variation i kulör och textur beroende på ytbearbetning kan användas på olika sätt i arkitekturen. Kontrastmarkeringar som hjälp för synsvaga är ett exempel och dekorationer i byggnader och på monument är ett annat.

7.2.1 Taktila plattor, kontrastmarkering

För att underlätta synsvagas orientering kan taktila plattor utföras av natursten. Kupolplattor och taktila riktningsplattor för utemiljön utförs huvudsak-

ligen av granit. Genom fräsning eller blästring skapas mönster med reliefverkan. Ledstråk med sten i avvikande kulör eller med olika ytbearbetning kan också ge kontrastverkan för bättre visualisering.

Som kontrastmarkering i första och sista steg i trappor kan stavar eller cylindrar av sten i avvikande kulör fällas in. Alternativt kan hela dessa steg utföras med sten i avvikande kulör. I gatumiljö kan även övergångsställen, parkeringsplatser och liknande markeras med sten i avvikande kulör, särskilt i ytor lagda med smågatsten. Se häftena Inomhus och Utemiljö.

Fig 7.4 Taktila plattor av granit med frästa spår, för att markera riktningen

Fig 7.5 Trappsteg med flammad ovansida (plansteg) och råkilad framsida (sättsteg) ger kontrastverkan och markerar trappans steg.

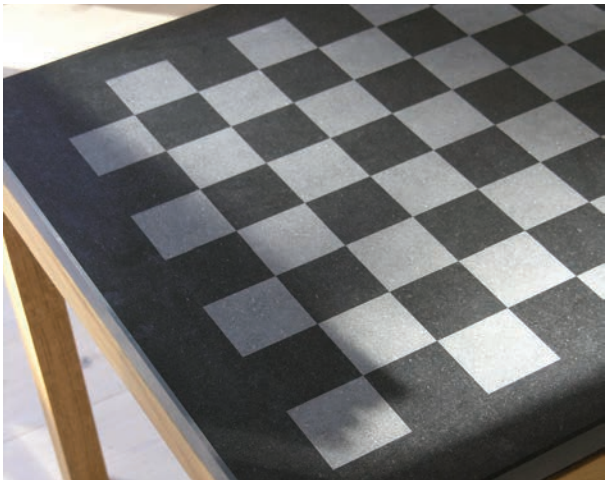
7.2.2 Estetiska uttryck

Polerad, speglande yta ger stenen en helt annan karaktär än exempelvis en råkilad yta. Möjligheten att variera stenens uttryck med olika ytbearbetning är stor. Nedan ges några exempel på hur möjligheten använts arkitektoniskt och konstnärligt.

Fig 7.6 Polerad, krysshamrad, pikhuggen och randmejslad yta på samma röda granit ger kontrast i fasadbeklädnad.

Fig 7.7 Konstnärlig utsmyckning där man utnyttjat kontrasteffekten mellan olika ytbearbetningar.

Fig 7.8 Olika ytbearbetningar på samma granitsort ger spännande skuggspel.



Foig 7.9 Elegant schackbräde som bordsskiva för utemiljön. Den svarta diabasen ger god kontrast mellan den slipade och den blästrade ytan.

Fig 7.10 Skuggeffekten ger god läsbarhet av djupblästrad text i flammad yta på svart diabas.

Fig 7.11 Mönster i golv skapat med olika ytbearbetningar, finslipning och blästring. En variant till att utföra mönsterläggning med olika plattor.

7.3 HISTORISKA YTBEARBETNINGAR

Förr utfördes en mängd olika behuggningar, som inte används i dag. Vid restaurering av stenarbeten kan det vara intressant att känna till dessa. I många fall är det möjligt att vid restaureringsarbeten återskapa dessa hantverksmässigt. Exempel på sådana ytbearbetningar, som inte längre används i löpande produktion:

Spritmejslad, prickmejslad. Grova ytor utförda med spetsmejsel på tjock granit.

Pikad. Relativt grov yta, utförd med pikhacka eller spetsmejsel på tjock granit.

Räffelhamrad. Påminner om krysshamrad yta, men har en markerad riktning, randning. Förekommer liksom krysshamring i olika grader från1 till 5. Utfördes på tjock granit.

Randmejslad. Grov, randad yta. Utfördes på tjock granit med spetsmejsel i olika grader. Grad 1 med avståndet 25-45 mm mellan ränderna.

Skrädhuggen, tandhuggen, lågerhuggen, narvhuggen. Samtliga dessa ytbearbetningar utfördes med klubba och mejsel för hand på marmor, kalksten och sandsten. Bearbetningarna används fortfarande vid restaurering av äldre byggnader samt för dekoration av detaljer.

Fig 7.12 Tre olika bilder på en hantverksmässigt återskapad/rekonstruerad ballustrad av kalksten där överliggarens ovansida är slipad medan övriga ytor har tandhuggits.

7.4 BILDER PÅ YTBEARBETNINGAR

7.4.1 Bilder på aktuella ytbearbetningar

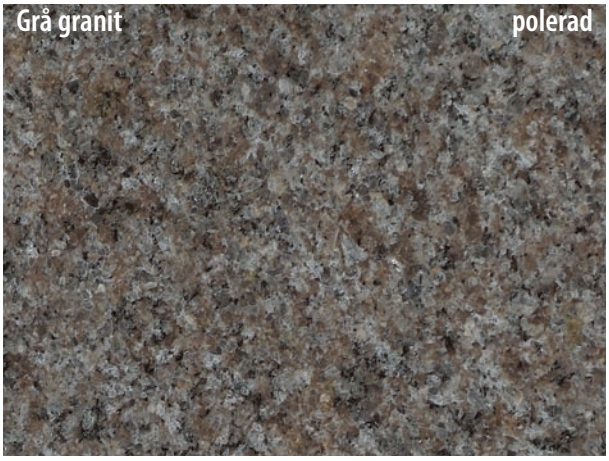
Nedan visas foton på olika ytbearbetningar på olika stensorter. Syftet är dels att illustrera hur kulör och textur varierar med olika ytbearbetningar på olika stentyper och dels för att ge intryck av bearbetningens karaktär. Se vidare i Stenkartoteket, där de flesta svenska stensorterna finns representerade.

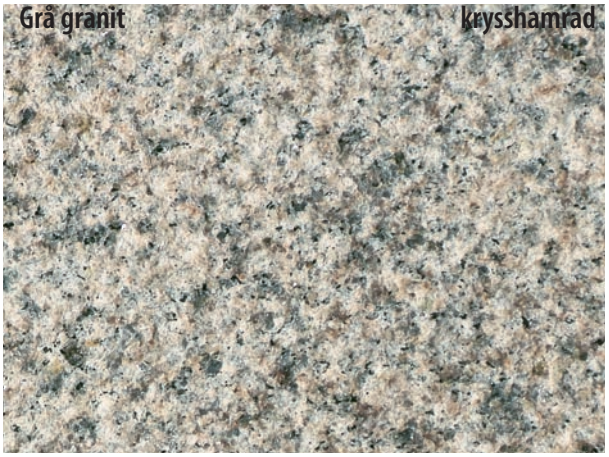
Bilderna visar stenen i naturlig skala. Sten är ett naturmaterial med variationer i färg och textur.

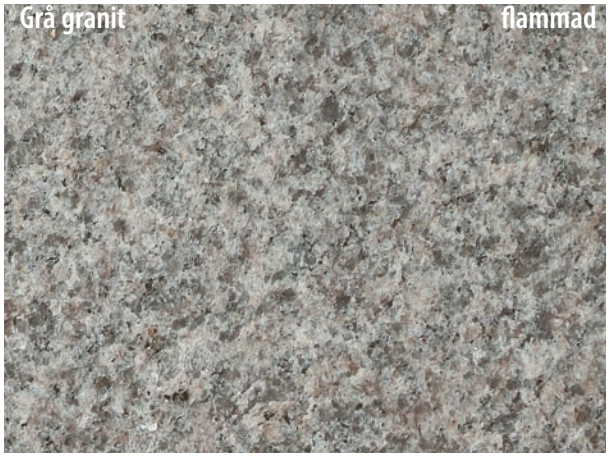
En tryckt bild kan inte ge materialet full rättvisa. Betrakta därför bilderna endast som vägledning vid val av färg. För val av stensort och ytbearbetning krävs oftast ett bättre underlag i form av prover och/eller referensobjekt.

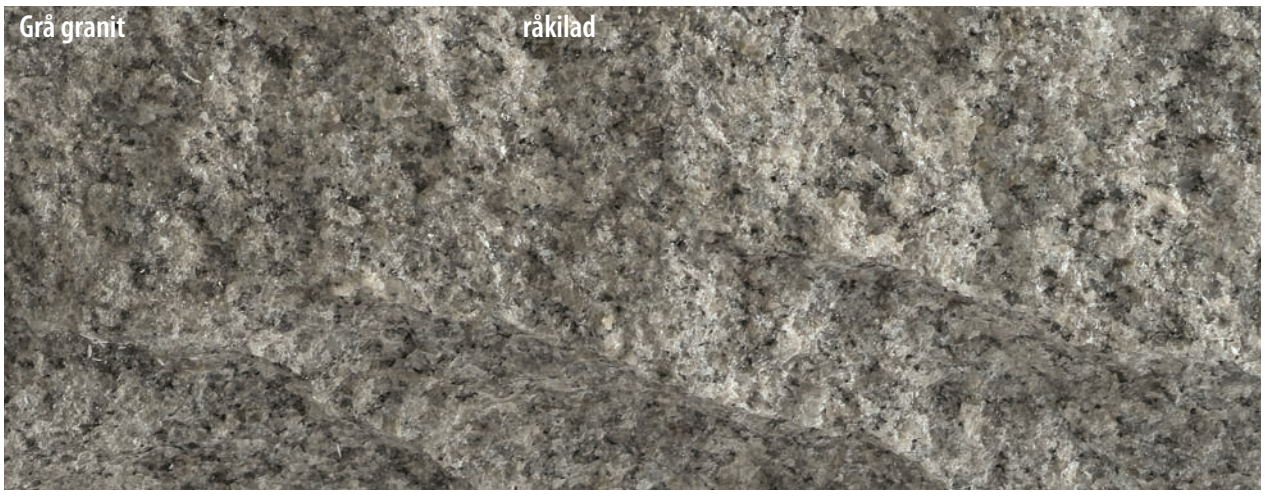
För ytterligare bilder på stensorter och uppgifter om tekniska data, se Stenkartoteket.

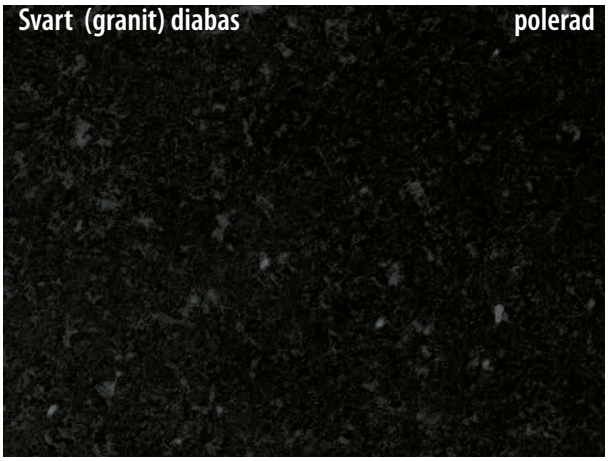
Kommunicera alltid med prover!
Stenprover måste:
- vara tillräckligt många så att de visar variation i kulör/textur
- ha rätt ytbearbetning och visa eventuella variationer i denna
- vara tillgängliga vid leveranskontroll

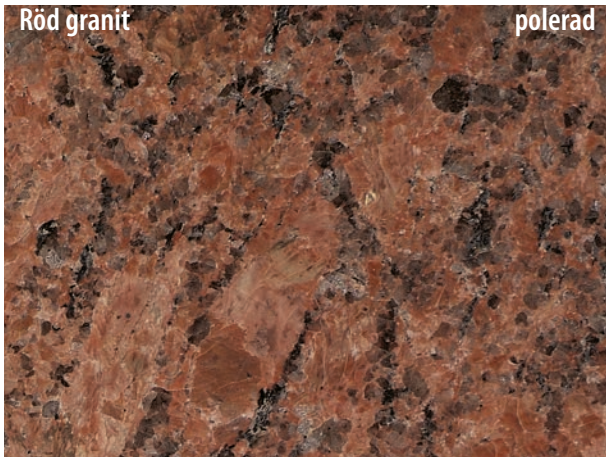


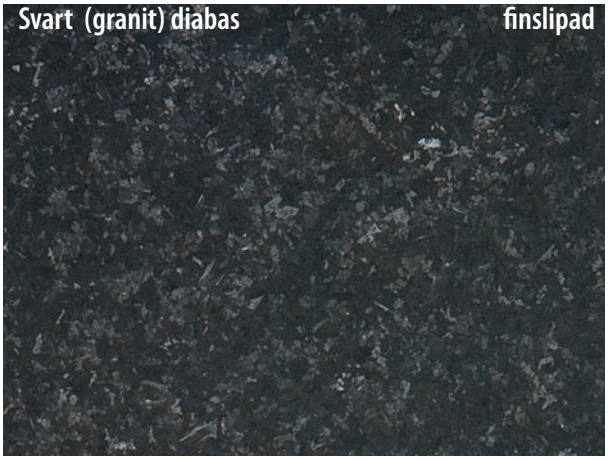


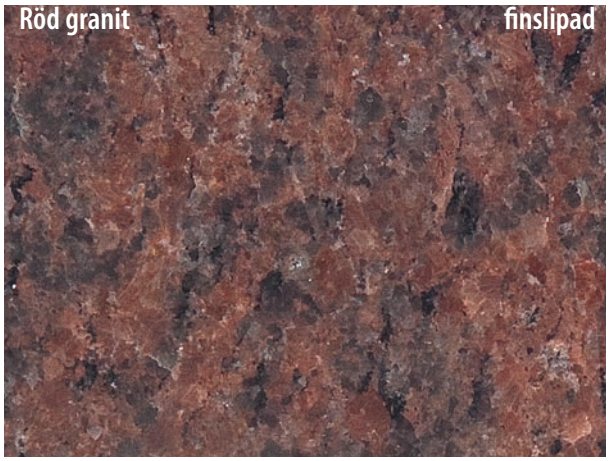


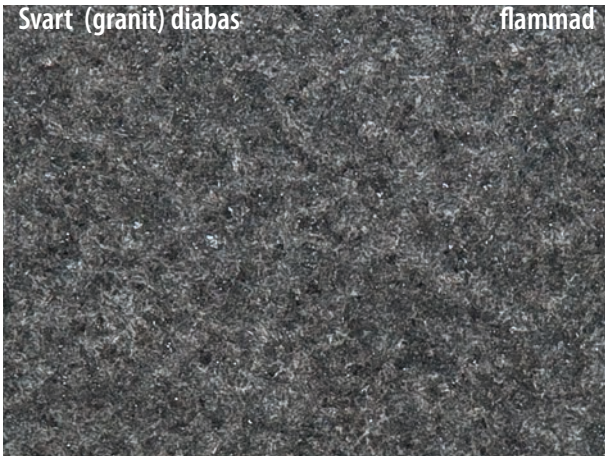


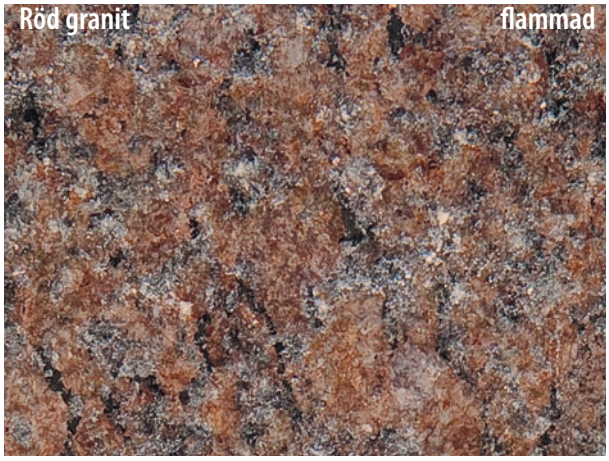

Svart (granit) diabas
polerad

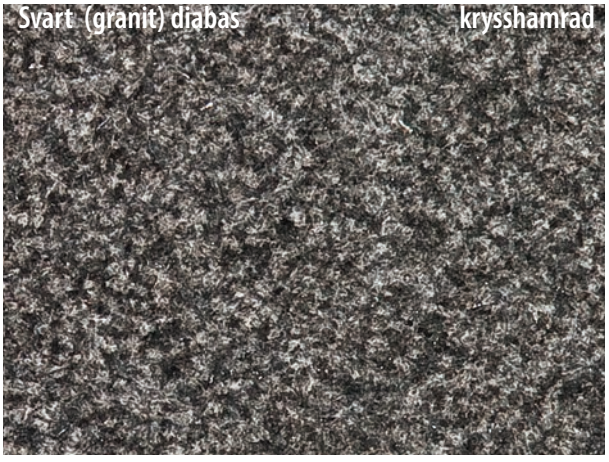

Röd granit
polerad

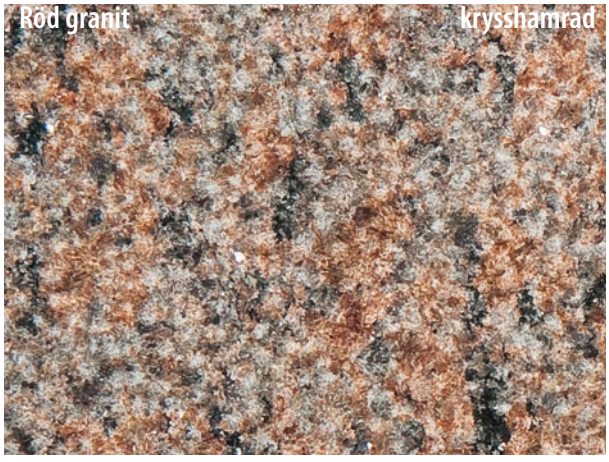

Svart (granit) diabas
finslipad

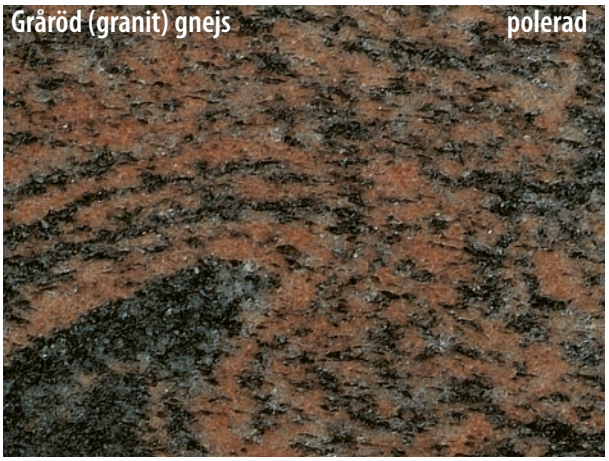

Röd granit
finslipad

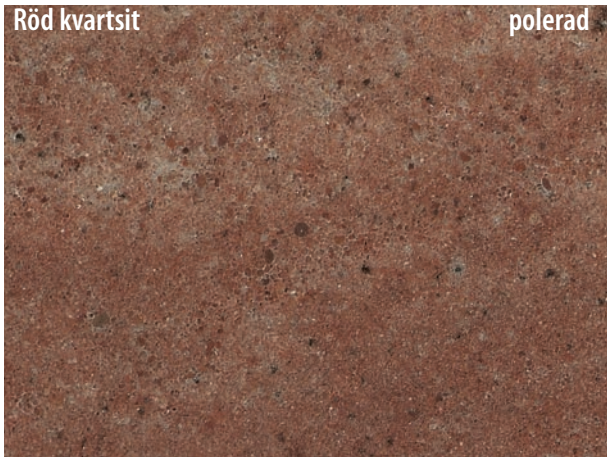

Svart (granit) diabas
flammad

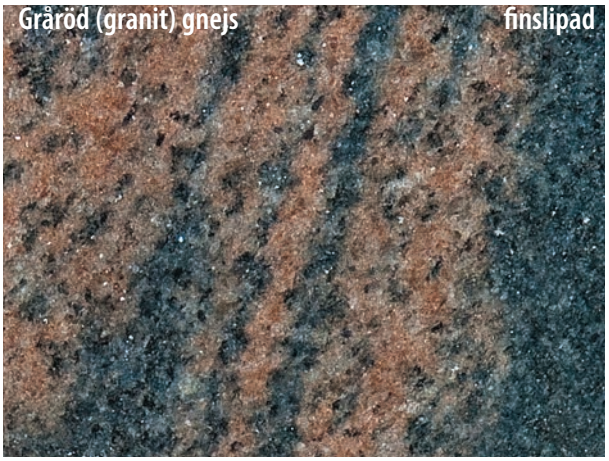

Röd granit
flammad


Svart (granit) diabas
krysshamrad

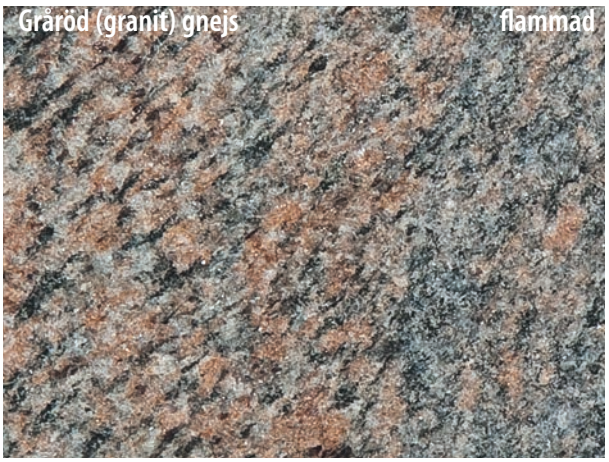

Röd granit
krysshamrad

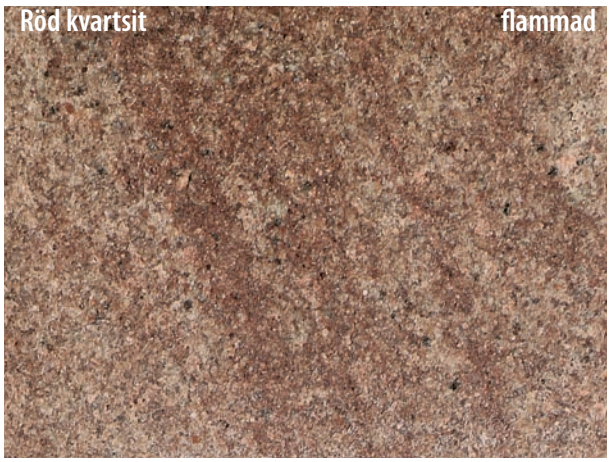

Gråröd (granit) gnejs
polerad

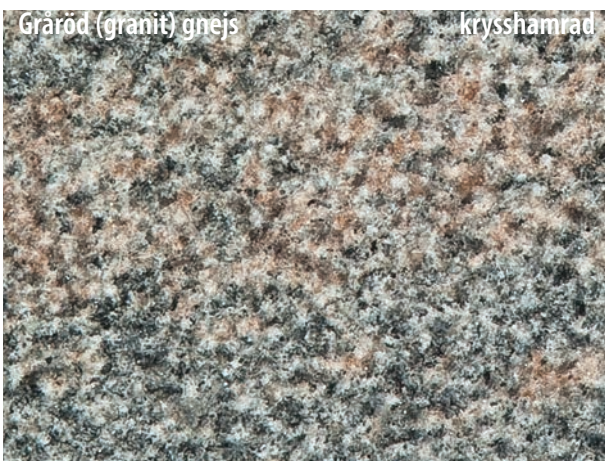

Röd kvartsit
polerad


Gråröd (granit) gnejs
finslipad

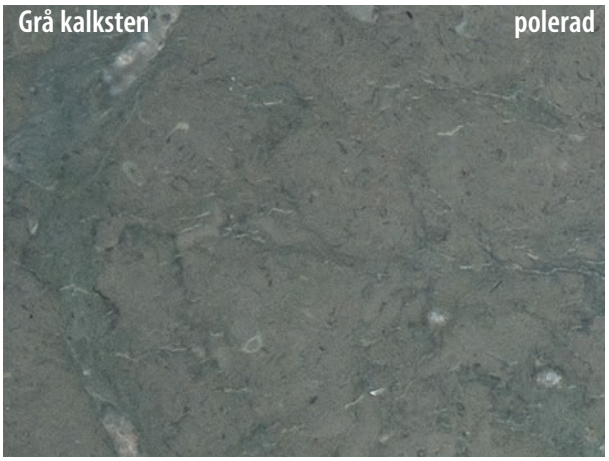
Röd kvartsit
tvärsågad, polerad

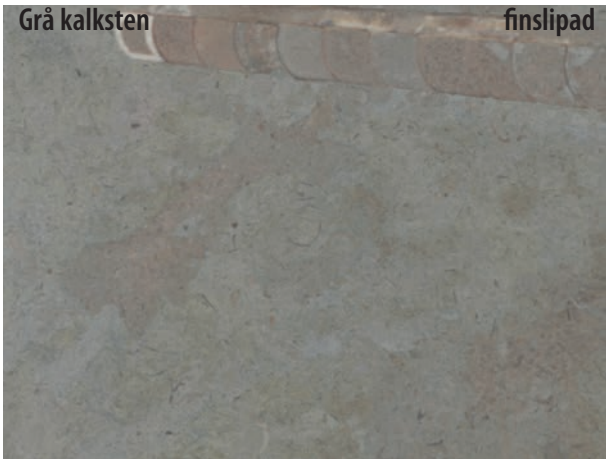

Gråröd (granit) gnejs
flammad

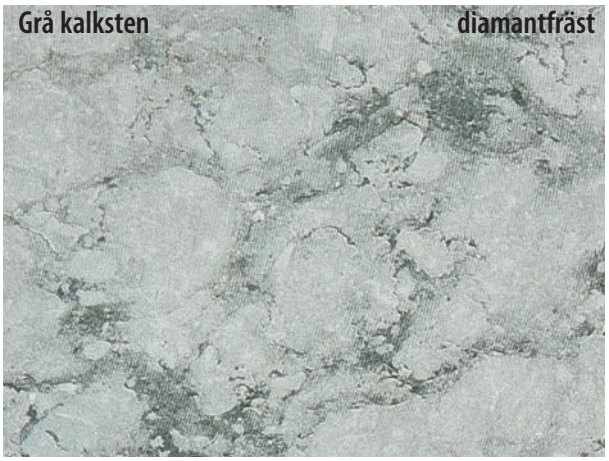

Röd kvartsit
flammad

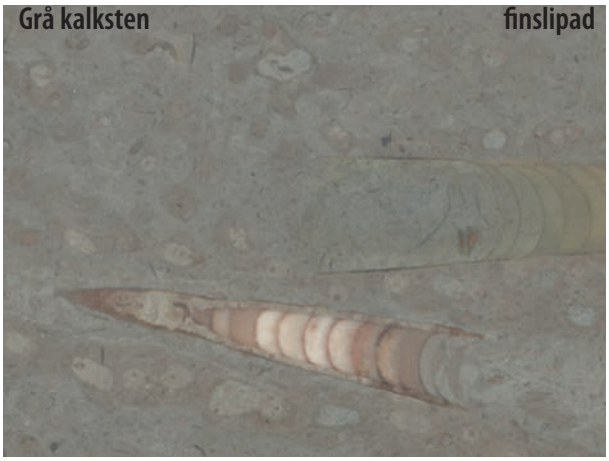

Gråröd (granit) gnejs
krysshamrad

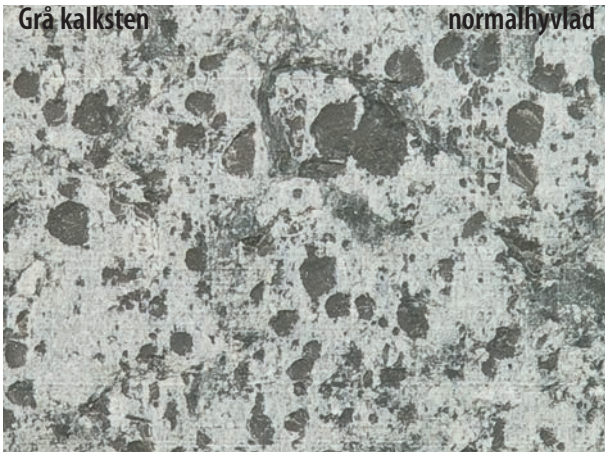
Röd kvartsit
klovyta


Grå kalksten
polerad

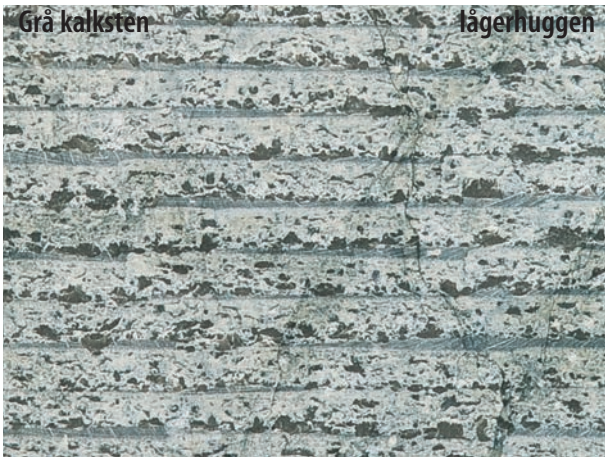

Grå kalksten
finslipad

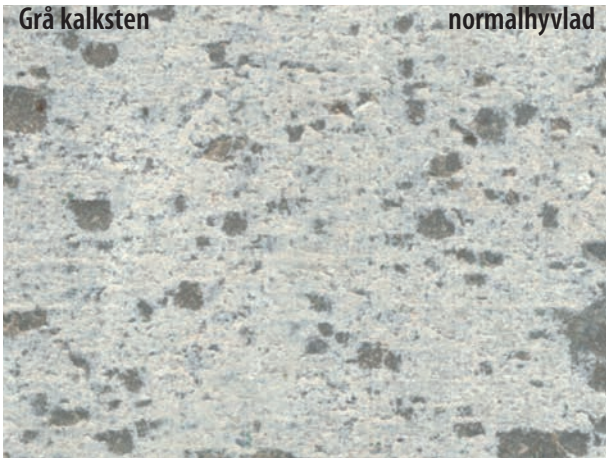

Grå kalksten
diamantfräst


Grå kalksten
finslipad

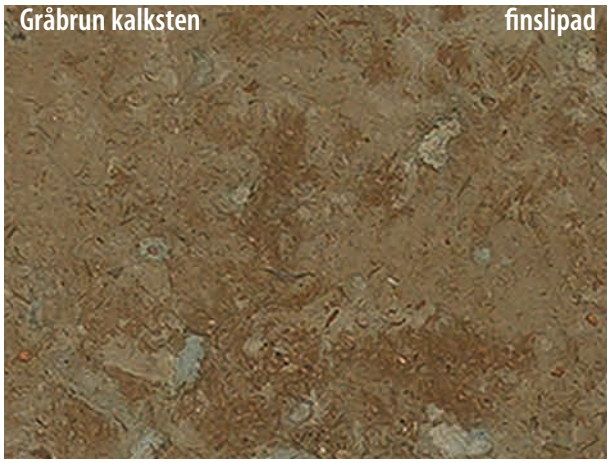

Grå kalksten
normalhyvlad

Grå kalksten
flammad

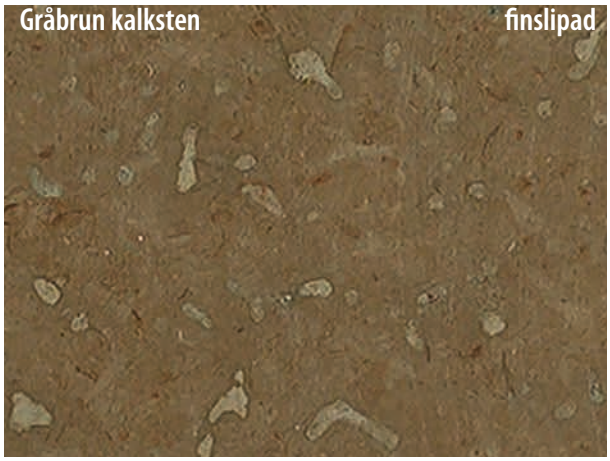

Grå kalksten
lågerhuggen

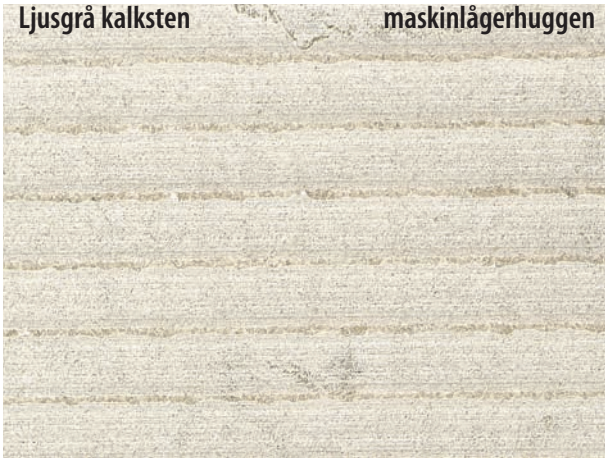

Grå kalksten
normalhyvlad

Ljusgrå kalksten
normalslipad


Gråbrun kalksten
finslipad

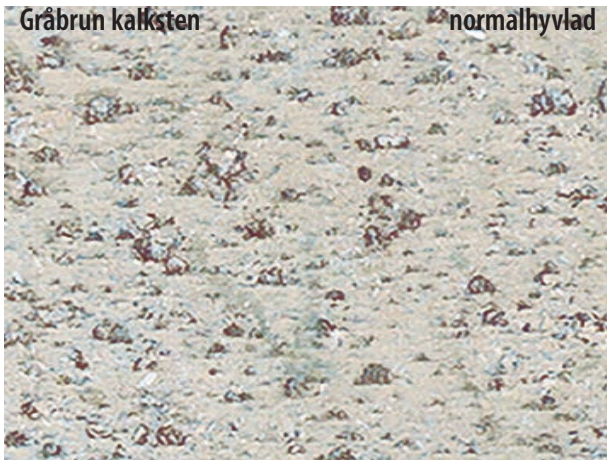
Ljusgrå kalksten
diamantfräst

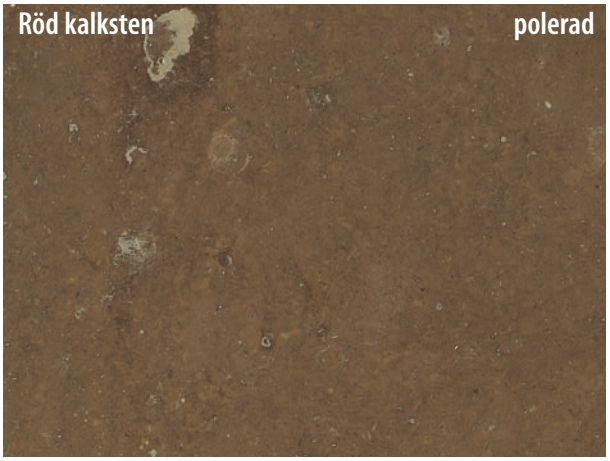

Gråbrun kalksten
finslipad

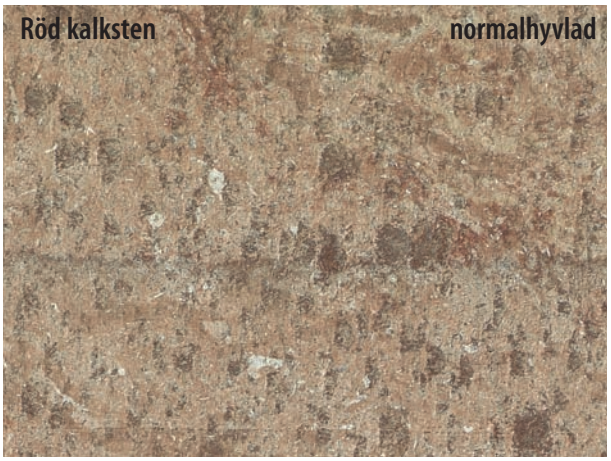

Ljusgrå kalksten
maskinlågerhuggen

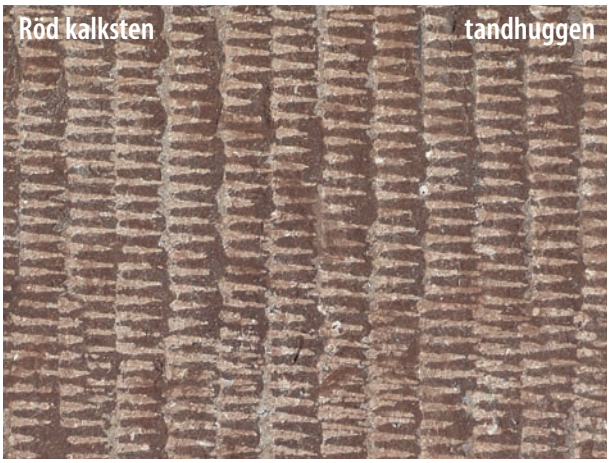
Gråbrun kalksten
borstad

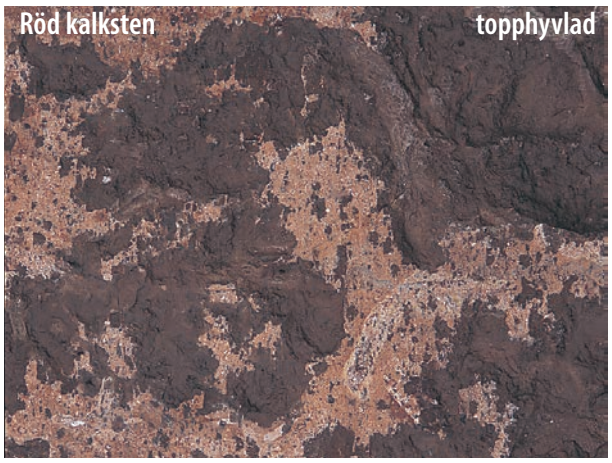
Ljusgrå kalksten
krysshamrad


Gråbrun kalksten
normalhyvlad


Röd kalksten
polerad

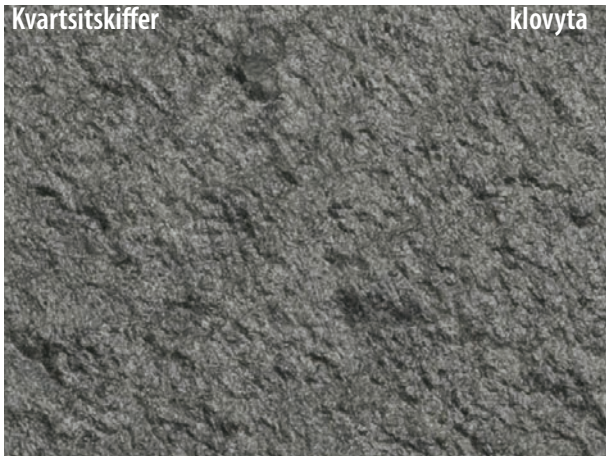

Röd kalksten
normalhyvlad


Röd kalksten
tandhuggen


Röd kalksten
topphyvlad

Röd kalksten
klovyta (naturyta)

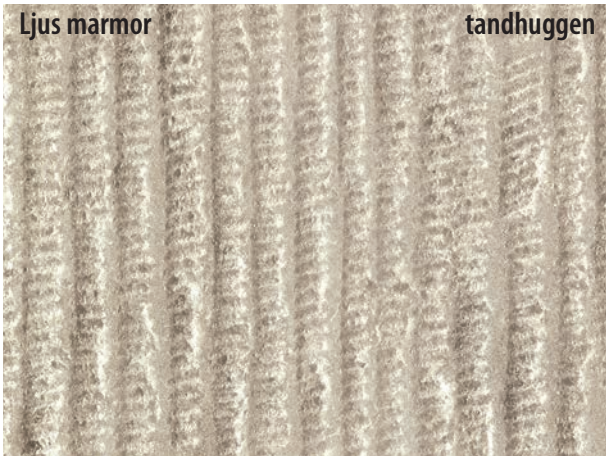
Kvartsitskiffer
slipad

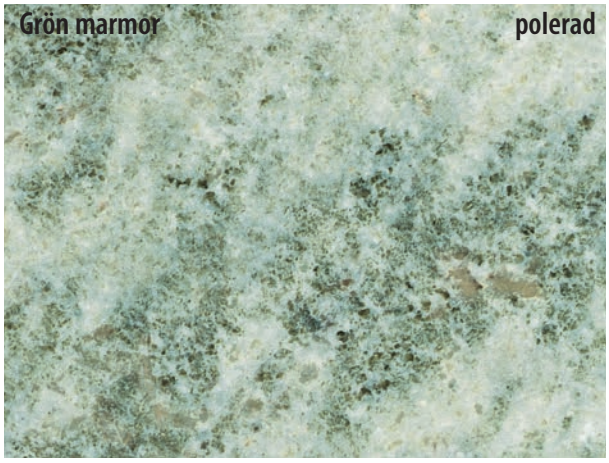

Kvartsitskiffer
klovyta

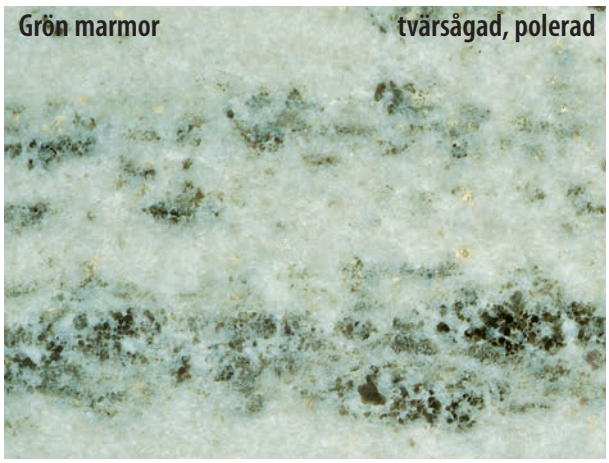
Ljus marmor
polerad

Ljus marmor
klingsågad

Ljus marmor
krysshamrad


Ljus marmor
tandhuggen


Grön marmor
polerad


Grön marmor
tvärsågad, polerad

Grön marmor
finslipad

Grön marmor
diamantfräst

Fig 7.13 Fasad uppbyggd som bruksmur av tjocka skifferskivor med bräckt kant.

Fig 7.14 Bruksmur av dubbelstucken kalksten med avtäckning där synlig kant är dubbelstucken.

Fig 7.15 Kallmur av staplade skifferplattor med bräckt kant.

Fig 7.16 Kallmur av klippt kalksten med avtäckning där synlig kant är klippt.

Fig 7.17 Blocksteg av granit med krysshamrad ovansida (plansteg) och råkilad framkant (sättsteg)

Fig 7.18 Fasad utförd som kallmur av klippt kalksten.

7.4.2 Bilder på historiska ytbearbetningar

I detta avsnitt visas foton på ett urval av byggnader med äldre ytbearbetningar, som inte är aktuella vid nybyggnad i dag. Vid restaurering av naturstensobjekt är det värdefullt att känna till dessa. Ofta har bearbetningens distinkta karaktär jämnats ut genom åren varför den inte alltid är så lätt att identifiera.

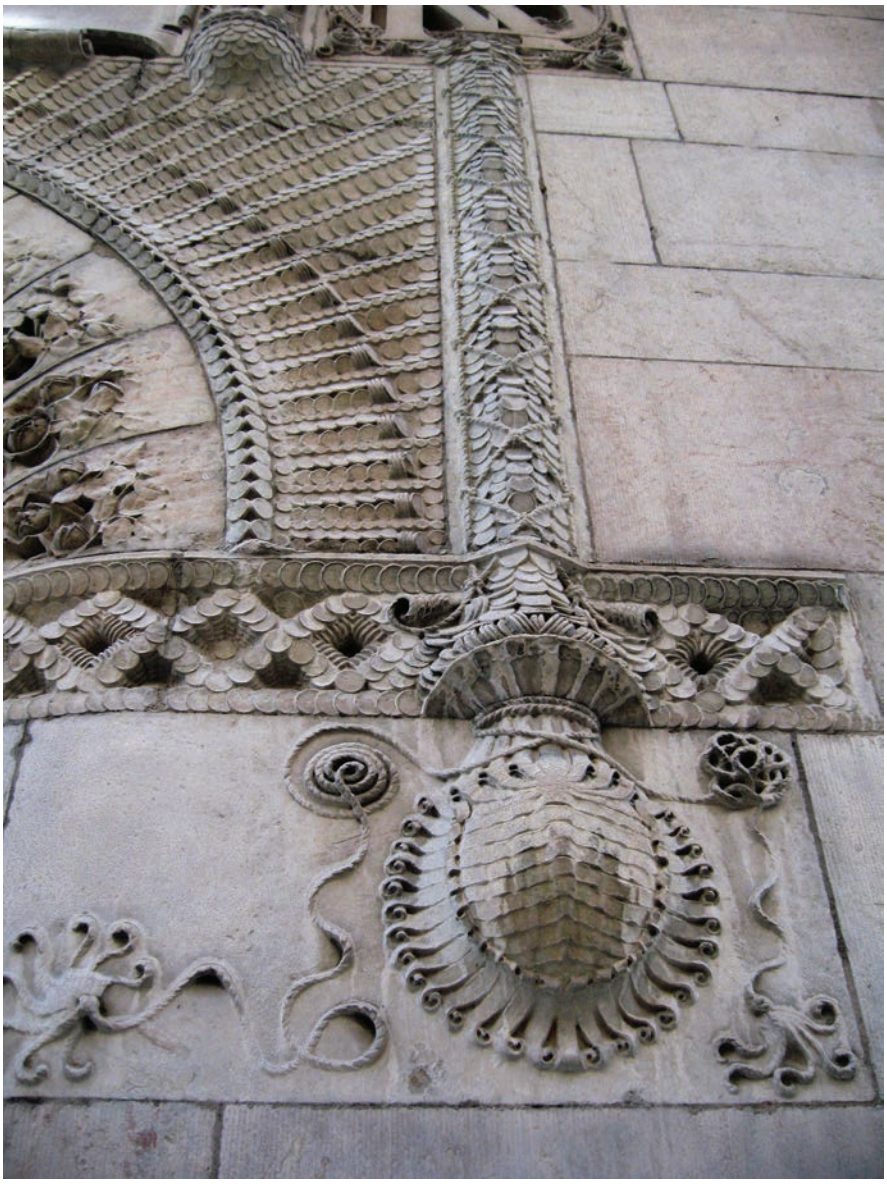


Fig 7.19 Regeringskansliet i kv Rosenbad, Stockholm, är inrymt i, bland annat, gamla banklokaler. Denna byggnads bakgrund kan avläsas i ornamenten i kalksten över portalen.

Fig 7.20 Regeringskansliet i kv Rosenbad, Stockholm, detalj.

Fig 7.21 Lågerhuggen kalksten, Rosenbad, Stockholm

Fig 7.22 Räffelhuggen granit, Riksdagshuset, Stockholm

Fig 7.25 Lågerhuggen och dubbelstucken mursten, skrädhuggen list, kalksten, Strandvägen, Stockholm

Fig 7.27 Tandhuggen sandstens-portal. Strandvägen, Stockholm

Fig 7.23 Tandhuggen kalksten i fasad, Strandvägen, Stockholm

Fig 7.24 Skrädhuggen Roslagssten i fasad, Strandvägen, Stockholm

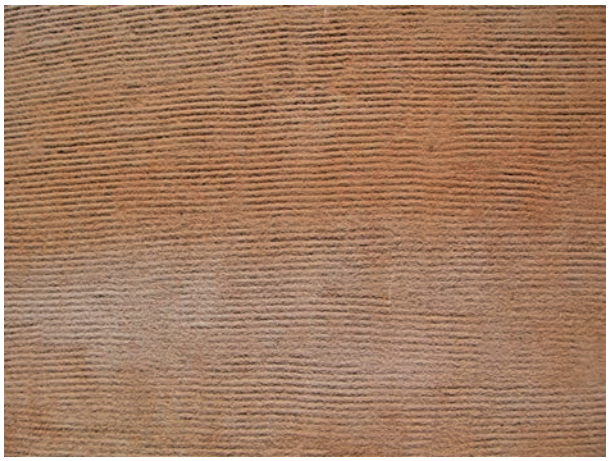


Fig 7.26 Skrädhuggen Övedssandsten, Centralposten, Vasagatan, Stockholm

Fig 7.28 Tandhuggen kalkstenslist, krysshamrad granitsockel, Strandvägen, Stockholm

Fig 7.29 Randmejslad granit, Karlavägen

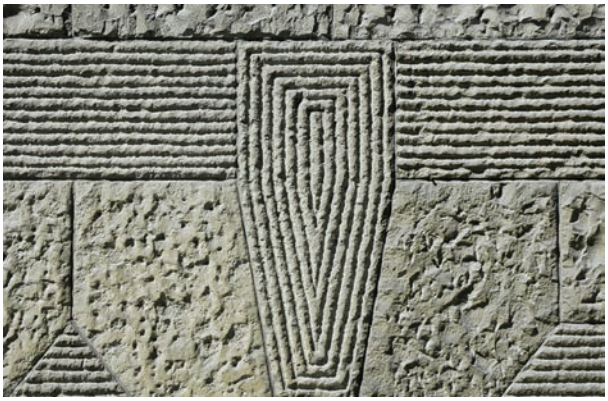


Fig 7.30 Sandstensfasad där mönsterhuggning ger speciell karaktär.

Fig 7.31 Kalkstensfasad med olika ytbearbetningar, polerade granitpelare.

8 ANSLUTANDE MATERIAL

Fig 8.1. Rostande element av rosttrögt stål, cortenstål, kan ge icke önskvärd färgning på anslutande stendetaljer

8.0 INLEDNING

Natursten är ett beständigt material med lång livslängd och låga underhållskostnader. Det är därför viktigt att man ställer höga krav på material som används vid montering av sten och material som ansluter till stenarbeten. De bör ha god beständighet och inte påverka stenen negativt. Särskilt material som döljs av stenen bör ha en livslängd som är minst lika lång som stenens.
Man bör alltid välja produkter som tillverkaren rekommenderar för användning tillsammans med natursten.
Mer om krav på material för olika användningsområden finns i resp häfte i Stenhandboken. (Inomhus, Fasader, Utemiljö. Gravvårdar, Restaurering)

8.1 CEMENTBASERADE MASSOR/BRUK

Cementbaserade massor används i många sammanhang för montering av natursten.

8.1.1 Avjämningsmassor

Cementbundna avjämningsmassor kan ha lång uttorkningstid även om de härdar snabbt. Tillsammans med salter från cementet kan detta orsaka skador på vissa stensorter om man inte väntar med läggning tills massan torkat ut.

Se rapport på www.sten.se/dokument: ”Avjämningsmassors påverkan på kalkstensbeläggningar. WSP 2011-01-31”

8.1.2 Läggbruk, sättbruk

Vid kraftig fuktvandring genom cementbundet lägg- och sättbruk kan salter och kalk lösas ut och orsaka utfällningar och skador.

Välj en konstruktion som förhindrar kraftig fuktvandring genom bruk och sten. Använd sk anläggningscement, som innehåller mindre mängder salter, vid tillredning av bruk.

8.1.3 Fästmassor

Cementbundna fästmassor finns av många typer och fabrikat. Använd massor från välkänd leverantör, avsedda för natursten och aktuell applikation. Detta är särskilt viktigt vid användning utomhus och i våtutrymmen. Vissa kombinationer av fästmassor och stensorter kan ge skador vid kraftig fuktbelastning. Följ rekommendation från stenproducenten.
Se rapport på www.sten.se/dokument: ”Undersökning av kalkstensplattor i fuktig miljö med cementbaserade fästmassor”. CBI uppdragsrapport 2006-145.

8.1.4 Cementbaserade fogmassor

Cementbundna fogmassor finns av många typer och fabrikat. Använd massor från välkänd leverantör, avsedda för natursten och aktuell applikation.

8.2 ELASTISKA FOGMASSOR

Elastiska fogmassor används till rörelsefogar och tätningar i samband med natursten. Olika massors egenskaper finns listade och massorna är klassade i AMA Hus ZSB.11.

Välj massa från välkänd leverantör, avsedd för natursten och för aktuell applikation.

Vissa massor innehåller olja, som kan ge missprydande ränder runt fogarna. De ska naturligtvis inte användas ihop med natursten!

Fig 8.2. Elastiska fästmassor som inte är anpassade till natursten kan ge missfärgning

8.3 JÄRN OCH STÅL

Järn och stål har använts till infästningar och smidesarbeten tillsammans med natursten i århundraden.

8.3.1 Rostande material

Galvanisering och/eller rostskyddsmålning av vanligt järn eller stål är ingen garanti för att de inte börjar rosta under ett stenarbetes livslängd. Sådant material duger inte i utemiljö för infästningar i natursten eller för montering av sten. Infästningar i sten som rostar expanderar och kan på sikt leda till att stenen spräcks.

Rostande material i anslutning till natursten i utemiljö leder också ofta till missfärgningar. Det behöver inte vara järn som sitter direkt i stenen utan kan även vara anslutande smidesarbeten, detaljer på närliggande konstruktioner eller möbler av olämpligt material i utemiljö. Detta gäller inte minst s k rosttrögt stål, cortenstål.

Vid bearbetning av rostande material i anslutning till stenarbeten kan även spån från bearbetningen bli liggande på stenen och ge omfattande missfärgningar.

8.3.2 Rostfritt stål

För montering av natursten utomhus samt för infästningar i sten i utemiljö rekommenderas s k syrafast, rostfritt stål med god korrossionsbeständighet.

8.4 ANDRA METALLER

8.4.1 Aluminium

Aluminium används till avtäckningar och andra plåtslageriarbeten, men även som profiler till monteringssystem för fasader.

Till fasadsystemen krävs aluminiumlegeringar med god korrossionsbeständighet som matchar stenens livslängd och att systemen dimensioneras efter aktuella laster.

8.4.2 Koppar

Plåtslageriarbeten av koppar är vanligt, särskilt i äldre byggnader. Ärg från plåten ger blågrön missfärgning på karbonatstenar om vatten rinner från plåten ut på stenen. Färgningen kan betraktas som missfärgningar eller patina beroende på betraktaren.

Fig 8.3. Avtäckningar av kopparplåt ärgar och kan ge färgning på karbonatsten.

8.5 LAGNINGSMASSOR

För lagning av skador i sten eller i samband med restaurering av naturstensarbeten används lagningsmassor med varierande sammansättning. Viktigt är att välja massor av en typ som passar den aktuella stensorten och konstruktionen.
Se vidare i Stenhandboken, Restaurering

8.6 INJEKTERINGSMASSOR

Injekteringsmassor av härdplast används för att förankra infästningar i natursten. Använd endast massor som är avsedda för natursten och med rätt egenskaper för ändamålet. Massan får inte innehålla ämnen som kan missfärga stenen och den måste ha rätt flexibilitet och hållfasthet för ändamålet.

Kontrollera även att massan uppfyller miljökrav, uppsatta för projektet!

Sveriges Stenindustriförbund
Industrigatan 6, 291 36 Kristianstad. Telefon 044-20 97 80. Fax 044-20 96 75.
www.sten.se
sten@sten.se