MinBaS II

Mineral•Ballast•Sten **Område 4** **Rapport nr 4.5b: 101231**

MinBaS II Område 4 Applikationsutveckling - stenindustrin
Delområde 4.5b
Projekt 4.5b

Slutrapport

Fogar

i trafikerade markbeläggningar med naturstenshällar

material och dimensionering

Sabina Jallow, Kurt Johansson, Kaj Rolf
Område landskapsutveckling
Sveriges Lantbruks Universitet

Alnarp 2011-04-15

MinBaS II Område 4 Applikationsutveckling - stenindustrin
Delområde 4.5b
Projekt 4.5b

Slutrapport

Fogar

i trafikerade markbeläggningar med naturstenshällar
material och dimensionering

Sabina Jallow, Kurt Johansson, Kaj Rolf
Område landskapsutveckling
Sveriges Lantbruks Universitet

Alnarp 2011-04-15

Rapport till MinBaS II
- Ett utvecklingsprogram för industrimineral, bergmaterial och natursten - 2007-2010

MinBaS står för; Mineral Ballast Sten
Programmet är resultatet av ett flerårigt samarbete mellan företag och organisationer inom delbranscherna industrimineral, bergmaterial (ballast) och natursten.

Under åren 2003-2005 genomfördes Etapp I av utvecklingsprogrammet med stöd av Sveriges Geologiska Undersökning. Programmet var mycket framgångsrikt och fick positiva omdömen av externa utvärderare.

Under år 2005 genomfördes strategiska samtal mellan regeringen och industrin kring Innovation och tillväxt, vilket ledde till att branschprogram utvecklades för olika industrisektorer. Som ett resultat av detta arbete fick SGU i uppdrag att utarbeta ett nytt utvecklingsprogram för MinBaS-branscherna.

Under våren 2007 beviljades medel till statlig medfinansiering av programmet.
SGU har nu Näringsdepartementets uppdrag att under 4 år ansvara för MinBaSprogrammets andra etapp. Total budget är 55 Mkr varav industrin finansierar med 29 Mkr och staten via SGU bidrar med 26 Mkr.
Det övergripande målet för MinBaS programmet är att stärka konkurrenskraften och tillväxten hos den svenska industrimineral-, ballast- och stenindustrin. Detta skall ske genom att utveckla innovativa produktionstekniker och högkvalitativa produkter. Ny etablering och ökad sysselsättning skall främjas. Små- och medelstora företag och en resurssnål och hållbar utveckling är fokusområden.

Text: Sabina Jallow, Kurt Johansson, Kaj Rolf

Foto: Sabina Jallow

Lay-out: Sabina Jallow

Alnarp 2011

Upplaga:

Tryck:

Fogar

i trafikerade markbeläggningar med naturstenshällar

material och dimensionering

Sabina Jallow, KurtJohansson, Kaj Rolf
Område Landskapsutveckling
Sveriges lantbruksuniversitet

NATUR STEN

SLU

Förord

Detta projekt ingår i *MinBaS programmets område 4*, **”Applikationsutveckling för stenindustrin”**. Syftet med denna del av MinBaS programmet var att ge arkitekter, konstruktörer, entreprenörer m.fl. ett heltäckande tekniskt informationsverktyg för att föreskriva respektive utföra naturstensarbeten på rätt sätt i form av en komplett dokumentsamling; *Stenhandboken*. Denna uppdelas i avsnitt, häften, för naturstenens olika applikationsområden.

Faktaunderlagen för dessa dokument är litteratur, AnläggningsAMA, tekniska handböcker, standarder etc. Den viktigaste delen i detta arbete var dock att samla och dokumentera erfarenhet hos fackfolk och experter innefattande stenproducenter, stenentreprenörer, brukare och tekniska experter. Insamlandet har skett genom gruppdiskussioner, intervjuer, remisser och seminarier.

Saknas erfarenheter eller om det råder divergerande uppfattningar krävs en fördjupad forskning. Fogar mellan naturstensplattor är ett sådant område som krävt fördjupning. Detta kunde konstateras när avsnittet *Utemiljö* för Stenhandboken togs fram och blev publicerat 2007. För de flesta andra parametrar rådde samsyn bland experterna och remissgrupperna, men beträffande fogar mellan sågade hällar; hällar med sågad liggyta och med sågade kantsidor, fanns stora åsiktsskillnader. Det fanns ett uppenbart behov av klarhet beträffande fogens konstruktion; fogbredd, foghöjd, fogmaterial, siktkurvor, belastningssituationer, lastspridning och eventuell valvbildning. Detta behov accentuerades av några konkreta problemfall. För att kunna ge klara verifierade instruktioner krävdes alltså djupare studier, som lades in som ett projekt i MinBaS II-programmet.

Denna projektrapport är en del av ett doktorandarbete som genomförs av landskapsarkitekt Sabina Jallow. Denna rapport beskriver projektets bakgrund och dess utveckling samt visar på projektets viktigaste tekniska resultat. Denna rapport täcker alltså inte projektets hela omfattning utan svarar på de tekniska frågor som har behandlats. De samhällsvetenskapliga studier som sker inom projektets och doktorandarbetets ram redovisas i andra sammanhang.

Alnarp 2011-04-15

Kurt Johansson
Professor

Inledning

Inledning 8
Bakgrund 8
Problembeskrivning 9
Projektets slutgiltiga upplägg 11

Stadens golv 14
Golvets mönster 14
Golvets konstruktion 20

Fallstudier 22
Stortorget i ÖSTERSUND 26
Stora Torget i UPPSALA 30
Smörtorget i ESKILSTUNA 34
Odenplan i STOCKHOLM 38
Storgatan/Stora Torget i LINKÖPING 42
Kungsportsplatsen i GÖTEBORG 46
Larmgatan/Storgatan i KALMAR 50
Carl Kroks gata/Bollbrogatan i HELSINGBORG 54
Möllegrändsplatsen i HELSINGBORG 58
Hyllie Stationstorg i MALMÖ 62

Diskussion 66
Beläggningar med hällar i sand 67
Olika faktorers inverkan då hällar glider 69
Fogens roll i en kontrollerad beläggning som inte glider 79

Intervjuförteckning 86
Litteraturförteckning 90
Begreppsförklaring 94

Inledning

Bakgrund

Varför ville vi göra detta
När avsnittet Utemiljö togs fram för att utgöra en del av Stenhandboken, så väcktes många frågor kring fogar mellan naturstensplattor. Under seminarier med användare av natursten så undrades det över fogens konstruktion. Vilken fogbredd är den rätta, vilket fogmaterial skall vi ha och hur ser siktkurvor för detta material ut?
Vilka belastningssituationer och lastspridningsfall skall beräkningar baseras på och stämmer Shackels (1990) teorier om valvbildning för betongsten även in på naturstenbeläggningar med hällar? Detta behov accentuerades även av några konkreta problemfall.

Granithällar är bra, men fogarna ger problem
Hur skall man utforma fogar så hällarna ligger still eller beror rörelserna på något annat än fogen? Felaktiga fogar upplevs som vanligaste orsaken till problem med hällar. Detta har bl.a. konstaterats i examensarbeten vid SLU (Bengtsson, 2008; Hansson, 2006), men också av brukarna. I några fall har man bytt ut hällarna mot gatsten.

Om fogen är för liten eller saknas, skadas (flisas) kanterna på stenen. Ibland har hällarna glidit isär och fogen på ena sidan blir för stor och på andra sidan har hällarna gått emot varandra. Hällar vrids loss av bussar och annan trafik. Speciellt har detta gällt hällar lagda i sättsand med trafikbelastning trafikklass 2 och uppåt.

Förskrivande led saknar kunskap
Tydliga och korrekta föreskrifter om fogars utförande saknas! I vissa fall vill föreskrivande led ha mycket smala fogar eller inga fogar alls. Detta har lett till orimliga förfrågningsunderlag. Seriösa entreprenörer han inte lämna pris på ett objekt där t.ex. fogen förskrivs till 2 mm, vilket aldrig kommer att fungera i verkligheten eftersom industrin har en tillverkningstolerans på 3 mm.

Många av objekten med hällar upphandlas av offentliga förvaltningar och då gäller lagen om offentlig upphandlig. LOU kräver en mycket tydlig teknisk beskrivning för att motsvarande offerter skall var likvärdiga och för att arbetet sedan skall bli korrekt utfört. Faktaunderlag för korrekt utförd fog krävs.

Montering och underhåll av fogar
Det saknas föreskrifter för underhåll av hållbara fogar. Fyllning vid montering och efter sopning när fogens material sopas/sugs bort anses vara ett problem. Monteringsentreprenad och underhållsentreprenad upphandlas enligt LOU.

Öka kompetensen hos SLU avseende om natursten
Ett av detta projekts syften var att förbättra stenkunskapen hos SLU's studenter. Ett stort antal frågor om markbeläggning kommer in till Stenindustrins Forskningsinstituts rådgivningsservice. De flesta som frågar är landskapsarkitekter som är i färd med att formulera föreskrifter och förfrågningsunderlag. För att stimulera till ett ökat inslag om natursten i undervisningen till landskapsarkitekter och en ökad teknisk kompetens inom utbildande institutioner kontaktades SLU för genomförande av projektet.

Problembeskrivning

Projektets avgränsning
Projektet avgränsades ursprungligen snävt till hällar (d.v.s. plattor > 0,1m2) med sågad liggyta och sågade kantsidor lagda i natursand, med siktkurva enligt Anläggnings AMA 07, på ytor avsedda för biltrafik.

Hypotes
Är en sandfog med en bredd på 6 ± 3 mm "bästa fog"? Är denna utgångshypotes den bästa lösningen? En fog där sanden borstas ut diagonalt över beläggningen, ytan vattnas och ny sand borstas ut tills fogen är välfylld och packad.

Vilken är den"bästa" fogkonstruktion vad avser fogbredd, foghöjd, fogmaterial, materialtoleranser och anläggningsmetod? Vilket resultat erhålls om hypotesens konstruktion och metod används? Vad blir resultatet om en annan konstruktion eller byggmetod än den ovan beskrivna används? Vilka erfarenheter har branschen av olika fogbredder, foghöjder, fogmaterial, materialtoleranser, anläggningsmetoder etc?

Teoretisk ingång
Projektet ville studera och teoretiskt beräkna vilka laster fogen tar hand om och hur dessa laster fördelas samt eventuellt komplettera detta med laboratorieförsök. Uppstår valvbildning? Hur förhåller sig en eventuell valvbildning i förhållande till fogbredd, foghöjd och kornstorleksfördelningen (siktkurvan) på det använda fogmaterialet?

Hur skall konstruktionen karaktäriseras ur elasticitetssynpunkt (styv, elastisk, halvelastisk)? Är Shackels teori om Interlocking Concrete Block Pavements (Shackel, 1990) tillämbar även för hällar?

Hur påverkas fogfyllnadsprocess och fogfyllnadsgrad av kornstorleksfördelningen på fogmaterialet när en yta fogas med fogsand? Detta kan studeras genom teoretiska beräkningar, simuleringar och laboratorieförsök.

Projektets avgränsning
Projektet avgränsades ursprungligen snävt till hällar (d.v.s. plattor > 0,1m2) med sågad liggyta och sågade kantsidor lagda i natursand, med siktkurva enligt Anläggnings AMA 07, på ytor avsedda för biltrafik.

Hypotes
Är en sandfog med en bredd på 6 ± 3 mm ”bästa fog”? Är denna utgångshypotes den bästa lösningen? En fog där sanden borstas ut diagonalt över beläggningen, ytan vattnas och ny sand borstas ut tills fogen är välfylld och packad.

Vilken är den”bästa” fogkonstruktion vad avser fogbredd, foghöjd, fogmaterial, materialtoleranser och anläggningsmetod? Vilket resultat erhålls om hypotesens konstruktion och metod används? Vad blir resultatet om en annan konstruktion eller byggmetod än den ovan beskrivna används? Vilka erfarenheter har branschen av olika fogbredder,
foghöjder, fogmaterial, materialtoleranser, anläggningsmetoder etc?

Teoretisk ingång
Projektet ville studera och teoretiskt beräkna vilka laster fogen tar hand om och hur dessa laster fördelas samt eventuellt komplettera detta med laboratorieförsök. Uppstår valvbildning? Hur förhåller sig en eventuell valvbildning i förhållande till fogbredd,
foghöjd och kornstorleksfördelningen (siktkurvan) på det använda fogmaterialet?

Hur skall konstruktionen karaktäriseras ur elasticitetssynpunkt (styv, elastisk,
halvelastisk)? Är Shackels teori om Interlocking Concrete Block Pavements (Shackel, 1990) tillämbar även för hällar?

Hur påverkas fogfyllnadsprocess och fogfyllnadsgrad av kornstorleksfördelningen på fogmaterialet när en yta fogas med fogsand? Detta kan studeras genom teoretiska beräkningar, simuleringar och laboratorieförsök.

Hur påverkar övriga parametrar som sättsand, överbyggnadsmaterial,
dräneringsförhållanden och framtida renhållning av ytan? Problembeskrivningen innefattade ursprungligen endast marginellt övriga parametrar i överbyggnadens övriga delar.

Slutprodukten som ville nås var en instruktion för bästa fog ”best management practice”. Instruktionen var tänkt att ingå i häftet Utemiljö och vara underlag nästa
revision av Anläggnings AMA.

Projektets slutgiltiga upplägg

Sammanställning av befintlig kunskap
Befintlig kunskap skulle inhämtas på tre olika sätt:
- Litteraturstudier
- Intervjuer och kontakter med universitet/högskolor och andra tekniska experter
- Inventering av objekt i olika genomförda projekt i utvalda kommuner (se nedan)

Litteratur
Litteraturen om naturstenshällar är mycket begränsad. Detta innebar att en större insats fick göras på att utvärdera olika fall från praktiken. Litteraturen om hällar med sågad undersida och sandfog är nästan obefintlig. Det finns litteratur om fogar för betongmarksten av Shackel (1990), men denna litteratur beskriver betongmarksten utformad så att stenarna låses i varandra och monteras med smala fogar. Det finns även litteratur om gatsten och om hällar lagda i cement- eller kalkbruk.

Shackels teori om Interlocking Concrete Block Pavements om samverkan mellan betongmarkstenar fann vi inte vara direkt tillämpbar för naturstenshällar med 6 mm fog. Samverkan mellan hällarna och lastfördelningen verkar inte ske på det sätt som beskrivs av Shackel. Andra påverkande faktorer borde studeras istället.

Praktiska erfarenheter för ”bästa” fogkonstruktion
Intervjuer har genomförts med berörda personer i utvalda kommuner för att ta fram ”best management practice” beträffande fogbredd, toleranser, fogmaterial och metod. Projektet har registrerat och dokumenterat objekt där hypotesens konstruktion och metod har använts, liksom resultat där annan metod har använts. Erfarenheterna hos inblandade personer har dokumenterats?

Teoretiska studier och beräkningar
Genom teoretiska beräkningar och med laboratorieförsök skulle projektet undersöka eventuell valvbildning och hur denna förhåller sig till fogbredd, foghöjd och fogmaterialets siktkurva. Vidare skulle projektet undersöka hur plattor samverkar beroende på kornstorleksfördelningen hos fogmaterialet för att fastsälla vikten av fyllnadsprocessen och fyllnadsgraden för fogen.

Fogens funktion påverkas av konstruktionens helhet
Projektet kom tidigt fram till att ytterligare parametrar måste studeras innan ovanstående

Sammanställning av befintlig kunskap
Befintlig kunskap skulle inhämtas på tre olika sätt:
- Litteraturstudier
- Intervjuer och kontakter med universitet/högskolor och andra tekniska experter
- Inventering av objekt i olika genomförda projekt i utvalda kommuner (se nedan)

Litteratur
Litteraturen om naturstenshällar är mycket begränsad. Detta innebar att en större insats fick göras på att utvärdera olika fall från praktiken. Litteraturen om hällar med sågad undersida och sandfog är nästan obefintlig. Det finns litteratur om fogar för betongmarksten av Shackel (1990), men denna litteratur beskriver betongmarksten utformad så att stenarna låses i varandra och monteras med smala fogar. Det finns även litteratur om gatsten och om hällar lagda i cement- eller kalkbruk.

Shackels teori om Interlocking Concrete Block Pavements om samverkan mellan betongmarkstenar fann vi inte vara direkt tillämpbar för naturstenshällar med 6 mm fog. Samverkan mellan hällarna och lastfördelningen verkar inte ske på det sätt som beskrivs av Shackel. Andra påverkande faktorer borde studeras istället.

Praktiska erfarenheter för ”bästa” fogkonstruktion
Intervjuer har genomförts med berörda personer i utvalda kommuner för att ta fram ”best management practice” beträffande fogbredd, toleranser, fogmaterial och metod. Projektet har registrerat och dokumenterat objekt där hypotesens konstruktion och metod har använts, liksom resultat där annan metod har använts. Erfarenheterna hos inblandade personer har dokumenterats?

Teoretiska studier och beräkningar
Genom teoretiska beräkningar och med laboratorieförsök skulle projektet undersöka eventuell valvbildning och hur denna förhåller sig till fogbredd, foghöjd och fogmaterialets siktkurva. Vidare skulle projektet undersöka hur plattor samverkar beroende på kornstorleksfördelningen hos fogmaterialet för att fastsälla vikten av fyllnadsprocessen och fyllnadsgraden för fogen.

Fogens funktion påverkas av konstruktionens helhet
Projektet kom tidigt fram till att ytterligare parametrar måste studeras innan ovanstående teoretiska ingångar kan påbörjas. Efter att i fält ha studerat några praktiska situationer konstaterades att fogens funktion och kondition påverkas av överbyggnaden, plattornas glidförutsättningar och framför allt inspänning/mothåll. Därför var matematiska hållfasthetsteoretiska analyser eller laboratorieförsök inte meningsfulla förrän vi fastställt hur fogen verkligen ser ut i dagens anläggningar och vilka belastningssituationer som råder. Det

behövs en karaktärisering av markbeläggningen ur elasticitetssynpunkt (styv, elastisk, halvelastisk) och om detta har någon betydelse.

Ökade krav på plattornas tjocklekstolerans har gjort att dagens läggningsmetoder har förenklats. Det kan mer liknas vid hur man lägger betongplattor, där en mindre del av sättsanden dras av och hällen läggs i princip på packad yta. Detta skiljer sig från äldre tiders läggningssätt där sättsanden anpassades till varje enskild häll. Den produkt som idag läggs som beläggning har helt andra egenskaper än äldre tiders hällar!

Övriga påverkande parametrar
Sättsand, bärlager, dränering och renhållning. Den ursprungliga projektbeskrivningen tog endast marginellt upp övriga parametrar i överbyggnadens övriga delar.

Inte bara natursand används
Projektet kom ganska snart fram till att sättsand och fogsand är ett vidare begrepp idag, då många i detta innefattar även stenmjöl, finmakadam, kalkstenskross och betongkross. Detta är idag material som används i allt större utsträckning. Återvinning av bygg- och vägmaterial ger nya produkter som prövas av branschen. I hypotesen angavs natursand som fogmaterial. Detta har nu utvidgats till att även omfatta ovan nämnda krossmaterial, ibland med annan siktkurva än den i hypotesen. Enligt hypotesen ska fogsanden borstas först torr sedan eftervattnas, fyllas på etc. Även andra metoder används och hur fungerar dessa?

Följs föreskriven handling? Kontroll av utförandet?
Det kunde konstateras att mycket information saknas kring hur en naturstensyta fungerar. Det kunde också konstateras att det ofta saknas dokumentation på det slutliga utförandet. Hur väl följdes föreskivande handling osv?
Projektet har i detta hänseende även fått en samhällsvetenskaplig inriktning
Projektet studerar hur kunskapsöverföring och kommunikation sker mellan branschens olika aktörer och hur detta i slutändan påverkar fogens utseende och den färdiga ytan. Denna del av projektet redovisas i andra sammanhang än i denna publikation.

Från det ursprungliga upplägget kvarstår följande:
- Sammanställning av den relevanta litteratur som ändå finns
- Intervjuer med experter och personer med erfarenheter av naturstensbeläggningar
- Inventering av objekt i olika genomförda projekt i utvalda kommuner
- Test av hypotes: fogbredd 6 ± 3mm, sandfyllningmetod, siktkurva
- Registrering och utvärdering av alternativa metoder
- Fogfyllnadsgrad för olika siktkurvor
- Underhåll av fogen bl.a. genom kontinuerlig påfyllning

Stadens golv

Stadens golv kan ha många utseenden. Genom historien har detta växlat med materialtillgång, teknik och ekonomi. Natursten har länge haft en plats på gator och vägar. Den dominerande bergarten har varit och är fortfarande granit.

När trafiken på vägarna alltmer kom att bestå av bilar så avlöstes kullersten och gatstensytor av asfalt eller betong. Framförallt för att dessa beläggningar var jämnare. Naturstenen används numera mest på ytor där biltrafiken är långsammare eller begränsad, samt på olika former av platsbildningar som torg av olika slag.

Naturstenen som markbeläggning har tidigare lagts ”individuellt”, dvs. varje gatsten eller häll har lagts i en sättsand som justerats efter just den stenen. Moderna produktionsmetoder, tillsammans med högre krav på toleranser för att kunna lägga stenen rationellt, har gjort att egenskaperna hos stenen som byggelement har förändrats. Numera sågas hällarna med stor precision och har tillverkningstoleranser på bara ett par millimeter. Att jämföra med de handhuggna hällar som tidgare har använts. Detta har fått konsekvenser för ytornas hållbarhet och kanske behovet av att utveckla nya anläggningstekniker.

Golvets mönster

Materialet
Naturstenens egenskaper kan kopplas till dess geologiska ursprung. Detta innebär bl a att klyvningsegenskaperna påverkar produktens utseende och lämplighet i olika sammanhang. En skifferstenshäll har en naturlig klovyta som man sällan vill frångå, medan en granithäll naturligtvis också kan ha en naturlig klovyta, men om man önskar en jämnare beläggningyta så kan den också sågas fram och sedan efterbehandlas genom flamning eller krysshamring. Valet kan naturligtvis också vara en ren prisfråga. Råkopp är billigare än en efterbehandlad sten.

En markbetongbeläggning kan låsas genom läggningsmönster och markstenens form (”inter-locking”) och bildar med sina smala fogar (3 mm) ett bärande valv som fördelar belastningen. Låsstenar av betong kan tillverkas i former som ger mycket god låsning. Men för att förhindra att hela konstruktionen glider, krävs stabilt mothåll. Detta krävs också för att

valvbildning skall utvecklas. Detta ger en halvelastisk beläggning. För att konstruktionen ska fungera för-utsätts fyllda fogar. Konstruktion med rektangulära markbetongplattor ger mindre låsning, men med den smala fogen torde dock en viss valvbildning utvecklas. För att säkerställa en minimifog finns oftast distanser, så kallade ”rillor” på plattans kantsidor.

En beläggning av råkilad gatsten, där varje sten kan ha 20 mm avvikelse i höjd och individuellt stötts fast i sättsanden ger hög friktion mot underlagret och skapar ett mycket strävt ”glidskikt”. Det krävs stora krafter för att få denna ”harv” att övervinna friktionskraften och få den att röra sig i horisontalled, varför stenarna ligger still även vid höga trafiklaster/trafikklasser.

På senare tid har dock noterats en viss utjämning i tjockleksvariationen av importerad gatsten vilket minskar glidningsmotståndet. Om detta är en trend eller tillfällighet är oklart. De råhuggna kantsidorna ger god friktion i sidled och därmed viss samverkan i fogarna och viss låsning. Fogbredd < 10 mm.

Granithällar, d.v.s. naturstenplattor > 0,1 m^2, måste ha bredare fogar (6 mm) än markbetongplattor, pga tillverkningstoleranser, och eventuell valvbildning torde bli tämligen outvecklad eller uteblir helt. Till detta bidrar troligen också att naturstenshällar oftast har större enskild ytutbredning i förhållande till tjockleken än vad markbetongsten har. Till skillnad från gatsten med råkilad kantsida torde friktionen mellan plattornas sågade kantsidor vara obetydlig. Beträffande friktion mot underlaget så utvecklas diskussionen nedan. Hällens ovansida är oftast flammad, men även krysshamrad förekommer. Finare bearbetning (slipning, polering) bör undvikas då den blir hal vid regn och snö. Ovansidans bearbetning påverkar inte konstruktionen i övrigt.

Det förkommer också stenplattor (< 0,1 m^2) som är mindre än hällar och som är sågade på alla sidor, men där ovansidan flammats eller krysshamrats. Utseendemässigt liknar de gatsten, men ur konstruktionssynpunkt fungerar de helt annorlunda, bland annat med avseende på friktion. De kan möjligen ses som en specialvariant av sågade hällar.

Benämningen gatsten i stycket ovan är i detta sammanhang tveksam eftersom endast mönstret påminner om gatsten, inte konstruktionen. Stenens ovansida är först sågad och sedan oftast flammad, men även krysshamrad förekommer. Finare bearbetningar bör undvikas då de blir hala vid regn och snö. Ovansidans bearbetning påverkar inte konstruktionen i övrigt. Skälet till att dessa stenar på senare tid blivit vanliga är en tillgänglighetsanpassning, då de ger en jämnare beläggning än gatsten med råkilad ovansida. Först sågas ämnen i skivor, som sedan klipps till önskad dimension. Detta innebär att även undersidan är sågad, vilket är en nackdel ur friktionssynpunkt. Det finns även möjligheter att få undersidan klippt. Detta blir dock en dyrare produkt. Fogbredd < 10 mm.

När det gäller valet av material och behandling av detta så går det aldrig att komma ifrån den estetiska sidan av saken. Natursten har en mer eller mindre livlig yta, både strukturmässigt och färgmässigt, beroende på produktionssätt. Man skall dock komma ihåg att på lång sikt, kanske 40 - 50 år så kommer en flamning och en krysshamring allt mer att likna varandra, lite beroende på hur ytan används och slits.

Det finns idag europanormer som styr hur en häll ser ut. Svensk Standard SS-EN 1341, är styrdokumentet för markbeläggningsplattor av natursten för utomhusbruk. Här anges vilka normer som gäller för stenens egenskaper och hur dessa provas. För svenska förhållanden rekommenderar Sveriges Stenindustriförbund (SSF) de snävare tillverkningstoleranserna i detta dokument. Dessa rekommendationer framgår av tabell 1. För helt råkilade plattor gäller inga krav, utan här måste brukare och tillverkare komma överens om vad som skall gälla.

Dessa tillverkningskrav har en direkt påverkan på det som detta arbete handlar om,

Tabell 1. Av SSF rekommenderade dimensionstoleranser i mm för plattor/hällar. I princip enligt SS-EN 1341, klass 2 (SSF, 2007)

Tillåten avvikelse från längd och bredd				
Sågad kant ≤ 700 mm	± 2			
Sågad kant > 700 mm	± 3			
Kilad/klippt kant	± 10			
Skillnad mellan överytans två diagonaler				
Diagonaler ≤700 mm	3			
Diagonaler > 700 mm	6			
Tillåten avvikelse i tjocklek				
Tjocklek < 30 mm	± 10 %			
30 mm ≤ Tjocklek ≤ 60 mm	± 3			
Tjocklek > 60 mm	± 4			
Tillåten avvikelse från kantrakhet	Finbearbetad yta		Grovbearbetad yta	
Längsta raka kant 0,5 m	± 2		± 3	
Längsta raka kant 1,0 m	± 3		± 4	
Längsta raka kant 1,5 m	± 4		± 6	
Tillåten avvikelse i jämnhet för överytan	Max konvex avvikelse		Max konkav avvikelse	
	Finbearbetad	Grovbearbetad	Finbearbetad	Grovbearbetad
Mätlängd 300 mm	2	3	1	2
Mätlängd 500 mm	3	4	2	3
Mätlängd 800 mm	4	5	3	4
Mätlängd 1000 mm	5	8	4	6

nämligen utrymmena mellan plattorna, det vi i dagligt tal kallar fogar. Det blir automatiskt en skillnad på fogarna mellan till exempel sågade granitplattor och oregelbundna kanthuggna kalkstensplattor.

Mönstret
Skapas mönstret av stenen eller av fogen? Det varierar säkert beroende på stenmaterial och gestaltning, men kanske också beroende på betraktaren.

Fogar på trafikerade ytor ges ofta ett speciellt mönster eftersom vissa mönster ger en bättre hållfasthet och lastfördelning än andra. De flesta plattor som används på trafikerade ytor är rektangulära eller kvadratiska och vid läggning strävar man efter att ha en förskjutning på fogarna så att man inte får längsgående fogar i båda riktningarna. Ett s.k. halvstensförband (enkelt förband) *(Figur 1)* är vanligt för att få en stark yta när man använder markbetong-plattor. På naturstensytor används i större utsträckning så kallade fallande längder. Detta resulterar i att stötfogarna inte upprepas med samma regelbundenhet, utan här är montören

Figur 1. Granitstensbeläggning med plattor i halvstensförband. (Foto: Kaj Rolf).

Figur 2. Förskjutning av fogar när materialet utgörs av hällar i fallande längder. (Foto: Sabina Jallow).

Figur 3. Beläggning med genomgående fog i båda ritningarna. (Foto: Sabina Jallow).

hänvisad till att efterhand välja plattor så att det blir en viss förskjutning av fogen *(Figur 2)*. Normalt skall denna förskjutning vara minst 100 mm. Genomgående fog i båda ritningarna ger inte belägg-ningen lika stor stabilitet. Det är stor risk för förskjutning av plattorna *(Figur 3)*.

Fogens utformning har inte ägnats något större utrymme tidigare. Ett avstånd på mellan 10 och 15 cm mellan plattorna har varit standard. Detta har nog också varit vad tidigare nämnda toleranser har medgivit. Nya krav och produktionsmetoder har däremot satt upp frågan på dagordningen igen.

Markbetongindustrin har ägnat ett visst intresse för frågan om fogens utformning i relation till ytans lastfördelning. I Mark AMA 72 så står det i AMA-texten under D2.43 att ”Plattor sätts i enkelt förband dikt mot varandra”. Detta ändrades i Mark AMA 83 till att det skall finnas en 3 mm bred fog och detta gäller än idag. Fogens roll har också studerats ingående för låsande markbetongstenar av Shackel (1990) och även fogsandens kornstorlekskurva har ändrats enligt detta.

Motsvarande för natursten och speciellt naturstensplattor var att i Mark AMA 72 så står det i AMA-texten inget om fogens utformning. I Mark AMA 83 kom det till ett mått och det står att fogen får vara högst 20 mm, för att sedan i Anläggnings AMA 98 vara justerat till 10 – 15 mm vilket i skrivande stund är det i AMA gällande, även om SSF har andra rekommendationer. Dessa är nu på väg att arbetas in i Anläggnings AMA 10.

Materialet i fogen
På samma sätt som beskrivits ovan vad gäller fogens utformning så har det utvecklats krav på fogsandens kornstorleksfördelning. För markplattor av betong finns skilda kurvor för sättsandens och fogsandens kornstorleksfördelning, medan det inte har funnits anledning att ha motsvarande för plattor av natursten. En bredare fog har ju inte samma ”smala” krav som en 3 mm bred fog mellan betongplattor och därför gäller samma krav på sättsand och fogsand när det används till naturstensytor.

Dessa krav kanske dock behöver revideras nu när de moderna naturstensytorna anläggs med 6 ± 3 mm fog.

Fogmaterialet skall väljas efter de funktioner som man eftersträvar. Vanligtvis vill man ha ett välgraderat krossat sandmaterial eftersom detta material är bäst till att överföra laster. Man kan jämföra med användningen av krossat material till bär- och förstärkningslager. Skillnaden i fogen är att materialet inte maskinellt kan packas så att partiklarna kilas in i varandra och låser, utan detta sker succesivt genom de vibrationer som trafiken ger. Fogen blir alltså starkare med tiden.

Fraktionen som skall användas beror på fogbredden. Det är bra att ha korn i materialet som kan kilas mellan plattorna. Detta gör belastningsöverföringen mer effektiv. Det material, med största stenstorlek 5,6 mm, som har föreskrivits i AMA har inte haft ovan nämnda egenskap. Däremot kommer den att passa mycket bättre till de rekommendationer om en fogbredd på 6 mm som utgör hypotesen för arbetet i det projekt som denna rapport beskriver.

Mängden finmaterial i fogsanden är en tvistefråga. Lite finmaterial ökar vattengenomsläpp-ligheten, vilket är positivt när vi talat om hantering av dagvatten på ett miljövänligt sätt. Men finmaterialet behövs för att få en bättre packad fog och på ett sätt försegla fogen, så att fogmaterialet inte lika lätt sugs upp vid renhållning med sop- och sugmaskiner.

På senare år har det kommit ett antal olika fogförseglingsmedel med uppgift att just binda fogmaterialet och förhindra ogräsväxt. Utförlig information om dessa och andra fogmaterials användning mot ogräs finns i Sveriges Kommuner och Landsting (2008) och Hansson & Palm (2008).

Golvets konstruktion

Det är hos projektören som valet av konstruktion för markbeläggningen görs. Här tas hänsyn till beläggningens funktion och den belastning som den kommer att utsättas för.

För hällar av natursten är den vanligaste uppbyggnaden att hällarna läggs i sand i en över-byggnad som normalt består av ett bärlager och ett förstärkningslager. Dimensionerna på dessa lager styrs av terrassmaterial, trafikbelastning och den klimatzon som ytan befinner sig i.

Den faktor som har visat sig vara bland de viktigaste för en belagd ytas hållbarhet är överbyggnadens och terrassens dränering. Om vatten blir stående i överbyggnaden, speciellt i sättsanden, så pumpas sättsanden upp igenom fogen när fordon kör på ytan och försvinner. Ytans bärighet är borta och plattorna börjar nöta mot varandra och går så småningom sönder. Det är speciellt viktigt att se till att dräneringen fungerar när bundna bärlager används.

Fallstudier

På följande sidor beskrivs några av de platser som har besökts under projektet. På varje plats beskrivs något som är intressant att diskutera i anslutning till fogen eller hela ytans hållbarhet.

Varje plats har en sammanfattande beskrivning i text, några illustrationer samt en faktasammanställning. Här redovisas de fakta som detta projekt har fått fram om platsen. Detta innebär att alla data inte finns för alla platser. Det var svårt att få fram gamla bygghandlingar och jämföra dessa med det utförande som kan ses på platsen. Det kan till exempel handla om en ytans uppbyggnad och dräneringsförhållanden i överbyggnad och terrass. Information som finns i en bygghandling, om den är tillgänglig, men som är omöjlig att kontrollera utförandet på, eftersom det då krävs att man gräver upp ytan.

I samband med platsbesöken och via telefon har mycket information hämtats in genom samtal och intervjuer med personer som är eller har varit involverade i en plats. Det är personer från beställare till projektörer, utförare och driftsavdelningar. En del av denna information finns här i text- och faktasammanställningen, men en stor del av denna information kommer att redovisas i en annan uppsats som berör utförande och informationsöverföring mellan personer inblandade i byggprojekten.

Nedan går vi igenom de olika faktarubrikerna och vad som menas med dessa. Vi vill med detta ge en besökare på platsen en möjlighet att ha alla data på ett ställe.

Fogmaterial
Fogmaterial på plats (datum): Vilket material fanns i fogen vid platsbesöket. Ligger även till grund för de analyser av kornstorleksfördelning som gjorts på vissa platser.
Projekterat fogmaterial: Av projektören föreskrivet fogmaterial

Fogbredd
Fogbredd på plats (datum): Den dominerande fogbredden vid ett antal slumpmässiga mätningar på ytan med ett fogmätningsverktyg enligt *Figur 4*.

Variation i fogbredd: Medelvärde vid ett antal slumpmässiga mätningar samt det största respektive minsta avstånd som fanns vid flera observationer.
Projekterad fogbredd: Av projektören föreskriven fogbredd.

Figur 4. Fogmätningsverktyg som använts. De olika delarna på verktyget har, från vänster till höger, diametern 3, 6, 9 och 12 mm. (Foto: Sabina Jallow)

Foghöjd
Foghöjd på plats (datum): Observerad fyllnadsgrad. Är fogen inte helt fylld anges det i det antal mm som saknas till full fyllnad.
Projekterad foghöjd: Av projektören föreskriven fogfyllnadgrad. Saknas värde beror det oftast på att det inte föreskrivits något eller att det beror på om AMA-koder har angivts i anbudsunderlaget. I AMA DCG.12 står det att *”Fogar skall fyllas med fogsand”*.

Anläggningsår
Den tidsperiod då entreprenaden utfördes.

Adress
Lokalisering av platsen

Ytans totala storlek
Här anges naturstensytans area samt den funktion platsen är tänkt att ha.

Beställare

Här anges vanligtvis kommunen och ansvarig tjänsteman

Landskapsarkitekt
Här anges ansvarig arkitekt/landskapsarkitekt och företag

Projektör
Här anges ansvarig projektör eller utförare av bygghandling/anbudsunderlag och företag

Fogmaterialleverantör
Det företag som har levererat materialet till fogen eller utfört fogarbetet

Stenleverantör
Var kommer naturstenen ifrån? Producent.

Anläggare
Vilken entreprenör har utfört arbete, monteringen av naturstenen?

Material i hällar
Ursprung (stensort) på det material som finns på platsen och stenmaterialets dimensioner
Ytstruktur: Redovisar hur stenen har behandlats (flammad, krysshamrad, råkopp, kantsidas behandling mm).

Mönsterbild
Helhetsbild av beläggningen på platsen.

Träd
Ev befintliga träds art. Anges ofta i samband med att skelettjord används och där denna är en del av överbyggnaden.

Överbyggnad
Här anges lagerföljder och ingående material i de fall de är kända.

Skelettjord
Beskrivning av skelettjord som en del av överbyggnaden.

Sättsand
Föreskriven tjocklek och material på sättsand.

Dräneringslösning
Här anges hur ytan avvattnas respektive dräneras.

Mothåll
Finns några uttalat mothåll i form av kantsten, tyngre struktur eller byggnader. Mothåll är till för att förhindra att hällar glider isär.

Förband
Hur fogarna är organiserade på ytan

Trafikering
Är överbyggnaden dimensionerad för en viss trafikklass. Ibland beskrivs den faktiska trafiksituationen.

Renhållning
Hur och hur ofta städas ytan. Sopning, uppsugning, spolning mm.

Ogräs
Observerad mängs av ogräs.

Skador
Här anges om hällar är skadade och hur, samt om ytan i sin helhet har stora fel, som t.ex. att hällar glidit isär.

Stortorget
ÖSTERSUND

Krossad kalksten 2-6 mm

Fogmaterial

Fogmaterial på plats nov 2010: Kalkstenskross 2-6 mm.

Projekterat fogmaterial: Krossad kalksten

Fogbredd

Fogbredd på plats nov 2010: 8 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 8 mm, max 10 – min 5 mm

Projekterad fogbredd: 8 mm ± 2 mm, 6-8 mm enligt byggmöte 2009-06-26

Foghöjd

Foghöjd på plats nov 2010: Fylld med ovanpå beläggningen kvarliggande fogmaterial

Projekterad foghöjd: fylld

Stortorget har alltid varit stadens huvudsakliga marknadsplats *och hjärtpunkt. Längs torgets sidor finns små platser medan den stora öppna centrala platsen ibland kan rymma marknader och stadsfestivalen Storsjöyran. Torgytan närmast de omgärdande fasaderna värms upp av 2,2 miljoner kilowattimmar returvärme från fjärrvärmenätet för att hålla snöfritt och minska halkrisken. Den gråa skifferytan i mitten ska däremot inte värmas upp. Arkitekten har velat använda det naturliga ljuset som ett arkitektoniskt element för att skapa atmosfär.*

Det överskådliga torgrummet är tydligt avgränsat av intilliggande kvarter men sluttar märkbart ner mot Storsjön, vilket ger stadsrummet ansenlig rymd.

Anläggningsår:
2008-2009

Adress:
Stortorget

Ytans totala storlek:
3200 kvm

Den centrala stadens största öppna plats för torghandel, festivaler och evenemang

Beställare:
Östersunds kommun

Arkitekt:
Vesa Honkonen Arkitekter AB

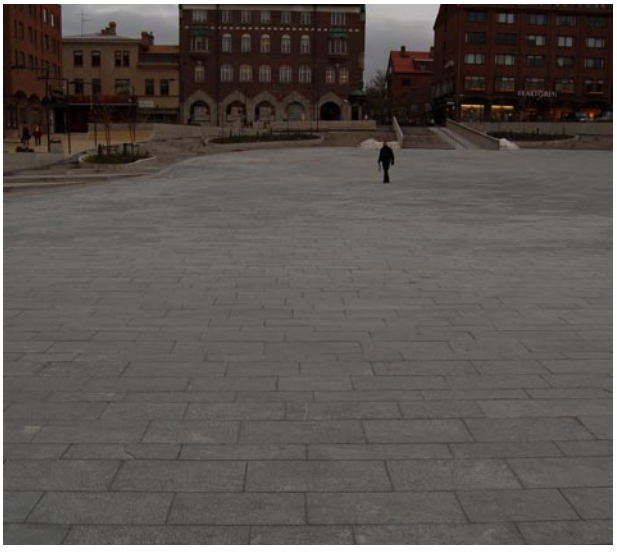
Projektör:
Sweco Infrastructure AB Per-Erik Sonnemark

Fogmaterialleverantör:

Stenleverantör:
Minera Skiffer AB

Anläggare:
Attacus Mark & Maskin AB

Skiffrets klovyta ger liv åt den visuellt enhetliga ytan. Hällarna har kallibrerats för att minska fogsprång och få en slätare yta.



Fogmaterialet av krossad kalksten ligger kvar över vintern och sopas upp i vårstädningen.

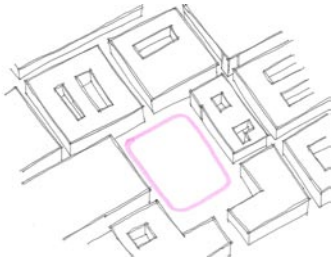
Material i hällar:
Grå skiffer från Rönnöfors

bredd: 200/300/350 mm
längd: 400-1200 mm
tjocklek: 60-80 mm

Ytstruktur:
Klovyta

Mönsterbild:
Sammanhängande yta

Stortorget
Östersund



Torget skapades för 200 år sedan genom inskärningar i fyra kvarter för att medvetet skapa ett så kallat friluftsrum med öppningar åt vartdera hållet.

Den centrala torgytan, som vi tittat på, omgärdas av en två meter bred ram av platsgjuten betong. Ramen medför ett gediget mothåll så att skifferplattorna ligger kvar i position, samtidigt som ramen samlar de trappor, stödmurar och planteringsbäddar som tar upp höjdskillnaderna mellan de plana terrasserna längs torgets ytterkanter och den sluttande centrala skifferytan.

Östersunds Kommun är organiserad så att samma ansvariga enhet tar beslut om investering och drift. Innan man tog beslut om hur torgytan skulle utföras, uppfördes en referensyta där man testade olika tjocklekar på sättsandslagret samt olika plattjocklekar. Eftersom skiffer har bättre böjdraghållfastighet än granit kan man välja en tunnare platta och ändå klara av att bära samma last. Eftersom produktionsmetoden för skifferhällarna är kalibrerad klovyta tillåter man tjocklekstoleransen 60 – 80 mm. Detta är mycket tjockt för att vara skifferplattor. Trots denna stora variation återfanns inga fogsprång större än 4 mm. Toleransen var satt till 5 mm, som var en överenskommen avvikelse från ”Svensk Standard, SS-EN 1341”.

Intressant är att både sätt- och fogsand är av krossad kalksten. Kalksten är inte lika hårt som och vittrar snabbare än granit. Kan det finnas risk för att kalkstenskrosset blir till “mjöl” inom ytans livslängd?

Överbyggnad:
Obundet bärlagret, 0-40, 130 mm

Förstärkningslager, 0-80, 300 mm

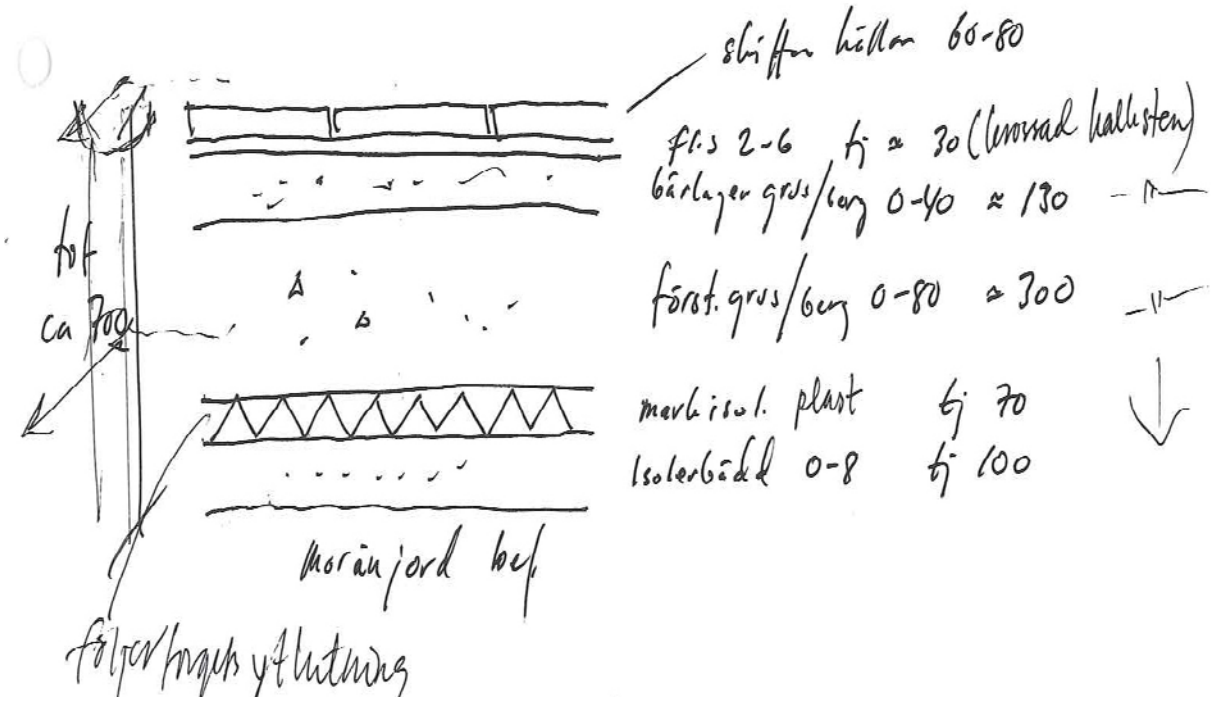
Isoleringsskikt, polystyren, 70 mm

Isolerbädd, 0-8, 100 mm

Sättsand:
Kalkstenskross 2-6 mm

Värmeslingor:
Uteslöts i skifferytan under projekterings- och beläggningstests-fasen

Dräneringslösning:
Ytavvattning då torget ligger en sluttning



Gedget mothåll runt hela ytan fås tack vare en inramningen med platsgjuten betong.

Terasser, trappor och planteringsbäddar av platsgjuten betong.

Mothåll:
Platsgjuten betong

Förband:
Genomgående fog i en riktning, en halv stens förskjutning i andra.

Trafikering:
Tung trafik och lyftkranar

Renhållning:

Skador:

Stora Torget
UPPSALA

Krossad betong?

Fogmaterial	**Fogbredd**	**Foghöjd**
Fogmaterial på plats:	Fogbredd på plats:	Foghöjd på plats:
Projekterat fogmaterial:	Variation i fogbredd: Projekterad fogbredd: 3-5 mm	Projekterad foghöjd:

Stora Torget ligger i centrala Uppsala, *strax öster om Fyrisån. Torget är känt för sin ovanliga utformning med slutna hörn. Centrums stora gågata möter här busstrafiken i mitten av torget. Vid torget finns några bevarade byggnader typiska för de tider då de byggdes. Placeringen av torget beror troligtvis på att marken där var sank och inte lämpade sig speciellt bra för bebyggelse. I Uppsala påverkar landhöjning stadens gator och torg.*

Gestaltningsidén var ett sammanhängande stadsrumsgolv, vilket löstes genom att använda tre olika överbyggnader samt hällar med tjockleken 150 mm där busstrafiken skulle gå. Under körytan finns en grusterrass, och på den lades 10-15 cm vältbetong och 4 cm sättbruk (jordfuktig betong). Gångy-

Anläggningsår:	Beställare: **Uppsala Kommun**	Fogmaterialleverantör:	Stenleverantör:
Adress: **Stora Torget** **Vaksalag./Svartbäcksg.**	Landskapsarkitekt:		Anläggare: **Uppsala Kommun,** **egen regi**
Korsning längs centralt stråk och gågata med trafik till och från butiker	Projektör:		

Stadsrummets elliptiska form medför att det är svårt för bussarna att angöra sin plattform, de kör in i kantstenen som spjälkats.

Först föreskrevs ingen särskild färg på fogmaterialet, ett rött material levererades. Då det framträdde för tydligt i den ljusgrå ytan valdes istället krossad betong.

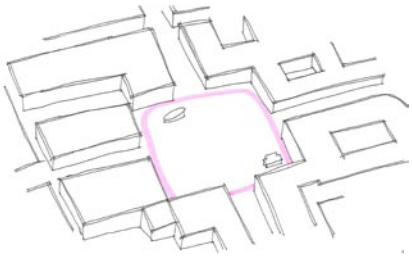
Material i hällar:
Grå granit från Emmaboda Granit men även en del från Grebbestad

Storlek på hällar:
bredd: 500 mm, fallande längder, 150 mm tjocka i körbanan

Mönsterbild:
linjerverkan av fallande längder i halvförband

Ytstruktur:

Stora Torget
UPPSALA



tornas överbyggnad har obundet bärlager och i sättsandslagret ligger slingor för vattenburen markvärme. Längs ytans kanter sattes stora granithällar som mothåll.

Eftersom konstruktionen helt saknar dränering berättas det att redan efter 1,8 mm nederbörd var sättsandslagret vattenmättat. ”När sedan en häll blev belastad av ett rullande bussdäck, och komprimerades mot sättbruk-vatten-skiktet, blev det en sprängverkan, då vattens komprimeringsgrad är 0, så att hällen ’lossade’ från sättbruket, höjde sig och började röra sig, och detta då mer och mer efter varje bussöverfart.”

Under byggprocessen pågick diskussioner med stenleverantören eftersom hällarnas toleranser inom samma pall kunde variera mer än angiven fogbredd. Hällarna sorterades inte heller under läggningen vilket medförde att fogbredden kunde vara 0-2 mm. Det ringa avståndet medförde problem då fogmaterialet skulle fyllas på. Först fylldes fogarna med röd finmakadam, men då fogmönstret blev för markant återfylldes fogen med krossad grå betong.

Det har även berättats att hällarna i den ursprungliga beläggningen varit ur position så snart som en vecka efter att platsen invigts. Vid vårt besök hade hällarna i körbanan bytts ut mot smågatsten. Men ytan saknar fortfarande fungerande dräneringslösning. Torgytans övriga delar ser relativt prydliga ut trots vissa spjälkningsskador.

Under projekteringsstadiet diskuterades att använda distansklossar av ek mellan hällarna, men det är osäkert om detta genomförts.

Den huvudsakliga körytan är idag stensatt med smågatsten, men projektet ger ändå en del erfarenheter om krav och funktion och hur viktig dräneringen är för en hårdgjord yta.

Överbyggnad:
Torget är indelat i 3 ytor, 2 ytor för gående och vissa varutransporter, och en central yta för i första hand busstrafik;

Gångyta: sättsand på obundet bärlager överallt

Köryta: uppbyggnad var bef. grusterass, ca

10-15 cm váltbetong, 4 cm sättbruk/ jordfuktig betong

Värmeslingor:
ja, på gångtrafikytan

Sättsand:
0-8 mm

Dräneringslösning:
Saknades

Istället för att lägga vit smågatsten och sinus-betongplattor kan hällarna specialbeställas för att passa radien, och markera övergångstället med färg och form.

Det är svårt att komma tillräckligt nära med hela bussen, på grund av körytans radie. Därför kör bussarna in i kantstenen.

Mothåll:
I kanterna på körytan (och vältbetongen) sattes stora granithällar i betong som kantsten. Sättbruket komprimerades måttligt och därefter monterades/ sattes hällarna

Förband:
Halvförband

Trafikering:
Intensiv busstrafik, hållplats

Renhållning:

Ogräs:

Skador:
Hela trafikytan ”flöt” vid regn och hällarna kom ur position. Stora skador.

Smörtorget
ESKILSTUNA

Krossmaterial 0-2 mm

Fogmaterial

Fogmaterial på plats jan 2010: Krossmaterial 0-2 mm

Projekterat fogmaterial:

Fogbredd

Fogbredd på plats jan 2010: 6 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 6 mm, max 8 – min 5 mm

Projekterad fogbredd:

Foghöjd

Foghöjd på plats jan 2010: upp till - 20 mm

Projekterad foghöjd:

Smörtorget och Smörparken ligger intill Eskilstunaån, *inte långt från centrum och avgränsas med häck och cykelbanor mot Hamngatan och Kungsgatan. Det nya torget är en mötesplats för eskilstunabor och besökare.*

Torgplatsen är stor, öppen och med svävande skiljelinjer då både ån, en finpark och den öppna trafikplatsen ingår i stadsrummet. Under 1800-talet var torget en marknadsplats där man handlade med smör. Smörtorget och Smörparken gestaltades om inför Eskilstunas 350-års jubiléum 2009.

Smörtorget har getts ett högt prydnadsvärde genom exotiskt växtval så som stockholmsplatan Platanus x acerifolia `Stockholm`, rostlönn (Acer rufinerve),

Anläggningsår:
2008-2009

Adress:
Rådhusbron-Kyrkogatan 6

Ytans totala storlek:
1100 kvm

Centralt handelstorg, del av strandpromenaden, intill infartsleden

Beställare:
Eskilstuna Kommun

Landskapsarkitekt:
Eskilstuna Kommun Mathias Thuen

Projektör:
Eskilstuna Kommun Anders Enesved

Fogmaterialleverantör:

Stenleverantör:
Bohus Gatsten och Kantsten AB

Anläggare:
NCC i samarbete med Eskilstuna Kommun

Tyvärr är fogarna ofullständigt fyllda och hällarna har glidit ur position. En ram av smågatsten runt det specialtillverkade markarmeringsgaller som ska hålla grus och planteringsstöd på plats.

Flera färger av granit har använts för att låta markbeläggningen smycka torget.

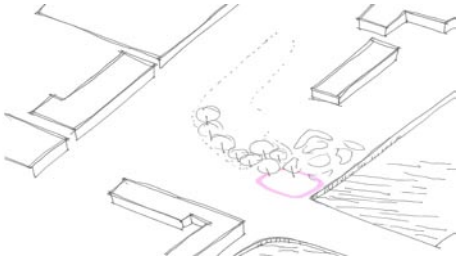
Material i hällar:
Grå Bohusgranit
bredder: 200, 350 och 500 mm
fallande längder, 700-1200 mm

Mönsterbild:
Olika breda remsor av fallande längder

Ytstruktur:
Krysshamrad, sågade kanter

Träd:
***Platanus x acerifolia* 'Stockholm'**

Smörtorget
ESKILSTUNA



blomsterkornell (Cornus kousa `China Girl`), perovskia (Perovskia atripucifolia `Blue Spire`), blodbok (Fagus sylvatica `Purpurea`) turbokastanj (Aesculus x hemiacantha) m.fl

Ytan med naturstenshällar markerar ett förrum till det lummigare parkrummet. Markbeläggningen är lagd med hällar i fallande längder i form av ränder i tre olika bredder.

Fogmaterialet utgörs av samkross 0-2 mm och sättsanden av 2-4 makadam. Att använda makadam som sättsand är inte så vanligt i Sverige, men används på andra håll i Norden. Ett krossmaterial borde minska risken för problem vid dålig dränering i bärlager och terrass, eftersom makadamen i princip inte håller något vatten och vattentransporter sker mycket snabbare än i sand.

Fogbredden har liten variation, varför ytan känns hel. Det finns inga urspjälkningar i hällarna då de inte ligger dikt an utan med fogmaterial i mellan. Fyllnadsgraden i fogar är låg men tillräcklig. Fogarna har säkerligen varit helt fyllda vid anläggningstillfället men nu har material försvunnit, troligtvis orsakat av renhållningsarbete.

Hällarnas olika storlekar gör att de flesta hällarna ligger lite förskjutna till varandra så att det inte bildas genomgående fogar mer än åt ett håll. En del hällar har glidit ur position, troligtvis beroende på otillräckligt mothåll.

Överbyggnad:
Obundet bärlager, grus

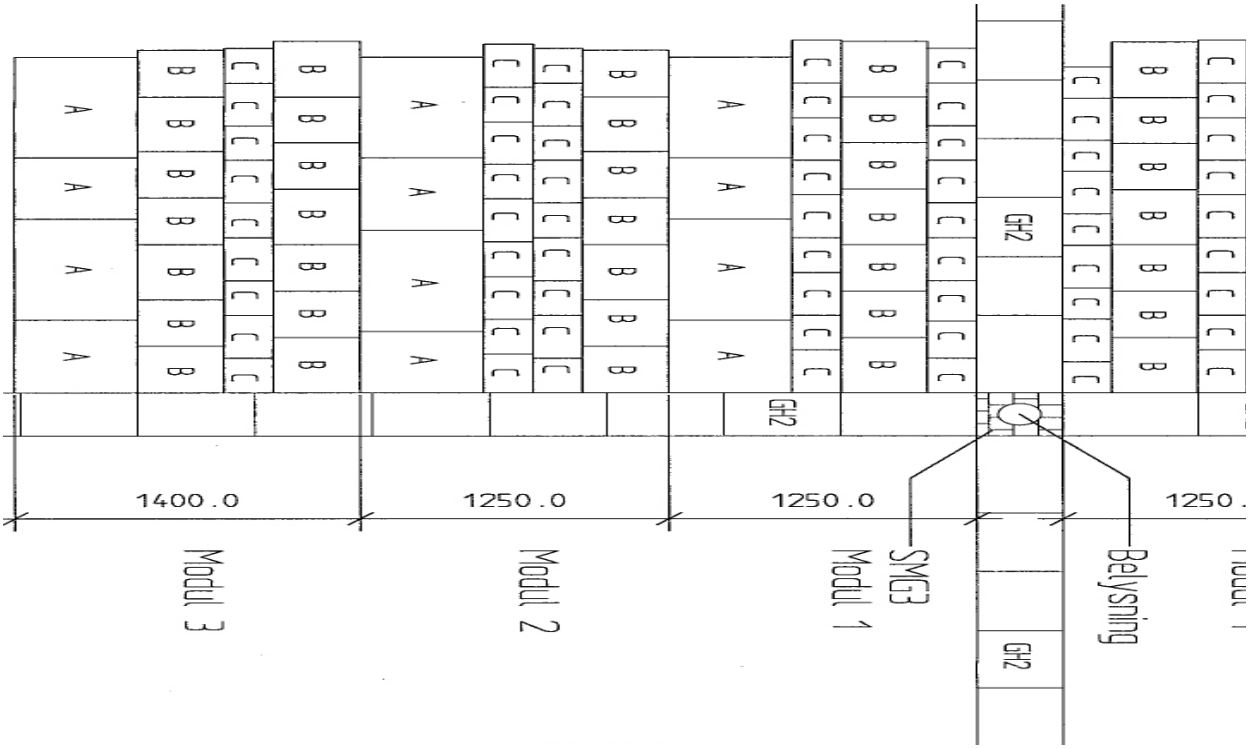
Bundet bärlager, AG 22 70/100

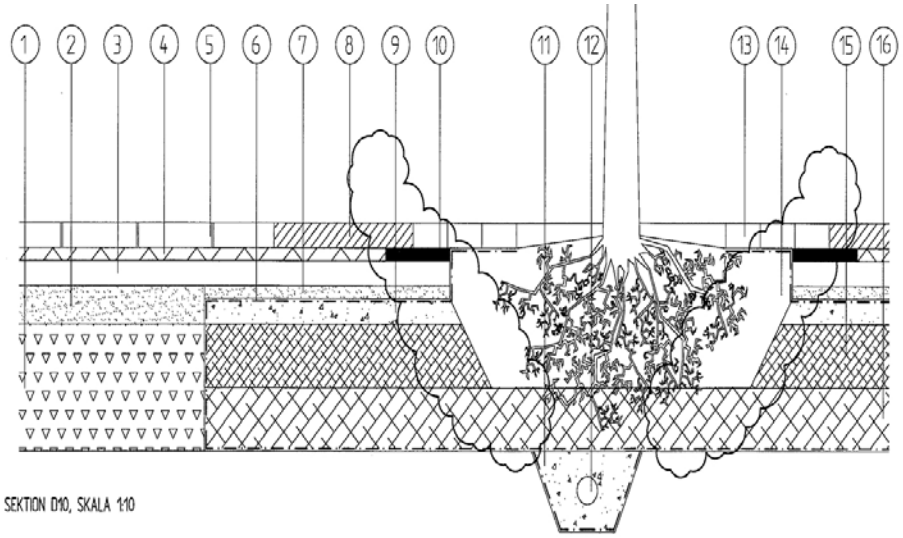
Förstärkningslager kross 0-150

Skelettjord:
Används delvis på ytan

Sättsand:
Kross 2-4

Dräneringslösning:
Dränering under trädgropar. Avsikten är att allt ytvatten skall rinna till trädgroparna. Blir det för stora mängder finns dock ytvattenbrunnar strategiskt utplacerade.





Läggningsmönstret är tre bredder lagda i halvförband med fallande längder, för att göra en strikt och elegant yta mera levande.

Lokalt omhändertagande av dagvatten är en viktig aspekt i den hållbara staden. De nya stadsrummen planeras för att inte belasta avloppssystemet och dagvattnet leds mot trädplanteringarna.

Mothåll:
Kantsten mot gatan, smågatsten mot planteringsytor

Förband:
Halvförband

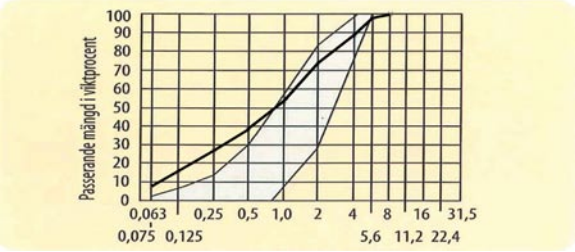
Trafikering:
Fåtal fordon

Renhållning:
Sopning och snöröjning med mindre traktorer

Skador:
Inga, viss glidning

Odenplan
STOCKHOLM

Naturgrus+stadssmuts



Fogmaterial

Fogmaterial på plats dec 2010: Naturgrus + stads-smuts

Projekterat fogmaterial:

Fogbredd

Fogbredd på plats dec 2010: 7 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 7 mm, max 8 – min 2 mm

Projekterad fogbredd:

Foghöjd

Foghöjd på plats dec 2010: fylld

Projekterad foghöjd:

Innerstadstorget Odenplan är knutpunkt för lokaltrafik i Vasastan *och ska bli ett av stationstorgen längs Citybanan. Odenplan har därmed förvandlats till en byggarbetsplats under några år framöver. Odenplans beläggning är fortfarande i gott skick förutom där man gjort reparationsarbeten samt placerat ut nya fundament för reklamskyltar.*

Fogbredden är enhetlig utom för de delar där det tydligt kan ses att man tagit upp beläggningen för att göra arbeten i marken och sedan lagt tillbaka hällarna. Tydliga sättningar kan ses. I något fall har inte fogen återfyllts med fogmaterial efter arbetet.

Anläggningsår:
2001

Adress:
Odenplan

Ytans totala storlek:

Stadsdelstorg och central trafiknod, plats för torghandel och gångtrafik

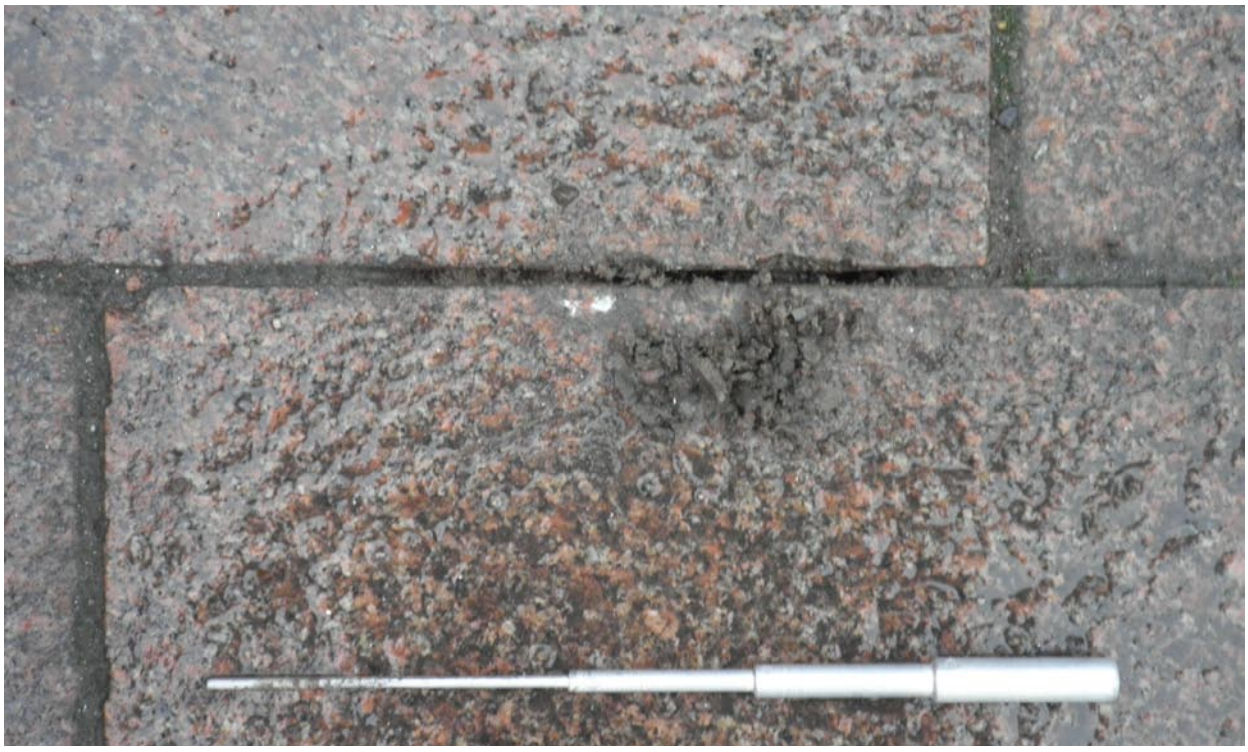
Beställare:
Stockholm Stad

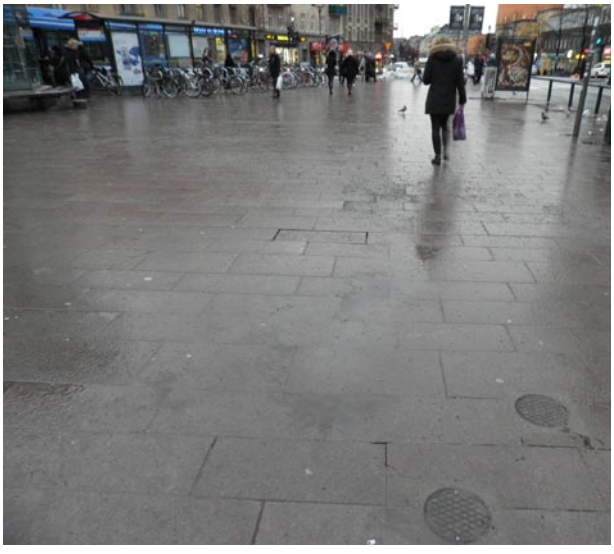
Landskapsarkitekt och projektör:
Sture Koinberg Landskapsarkitekt-kontor

Fogmaterialleverantör:

Stenleverantör:
Bohus Gatsten & Kantsten AB

Anläggare:
NCC och Stenab





En välpackad överbyggnad är avgörande för att markbeläggningar med hällar ska vara hållbara. Vid reparationer försvagas bärlagret med sättningar som följd.

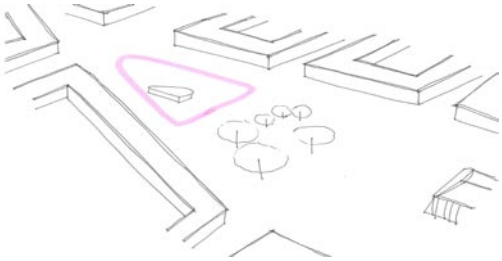
Fogen har inte återfyllts efter att man åtgärdat något i brunnen.

Material i hällarna:
Röd granit

Mönsterbild:
Enhetlig yta

Ytstruktur:
Flammad

Odenplan
STOCKHOLM



Ytan som helhet är i bra kondition. Skador på hällarna har uppstått vid ovan nämnda arbeten pga svårigheter att packa överbyggnaden och dåligt fyllda fogar. Denna plats är ett bra exempel på ett bra grundarbete som tyvärr har blivit delvis förstört genom ett mindra bra återställningsarbete.

Överbyggnad: Sättsand: Dränering:

Förstärkningslager:

När reklamskylten installerades försvagades bärlagret och som följd syns sättningar där vatten blir stående.

Ett stråk av sättningar kan tyda på att man öppnat beläggningen, till exempel för att undersöka avloppsrör eller ledningar.

Mothåll:

Trafikering:

Renhållning:

Skador:

Förband:

Ogräs:

Storgatan/Stora torget
LINKÖPING

Granuscan

Fogmaterial

Fogmaterial på plats mars 2010: Natursand 0-4, med tillsatta polymerer; Granuscan

Projekterat fogmaterial: vdw 800

Fogbredd

Fogbredd på plats mars 2010: 0 - 12 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde -, max 12 – min 0 mm

Projekterad fogbredd: 5-8 mm

Foghöjd

Foghöjd på plats mars 2010: ofylld till måttligt fylld

Projekterad foghöjd:

I nordöstra hörnet av Stora Torget, Linköpings centrala torg, *möts Hantverkaregatan och Borgmästaregatan. Torget genomskärs av Storgatan, som trafikeras av bussar. Stadsrummet har anor från 1600-talet men markbeläggningen är betydligt yngre. För Linköpings innerstad finns ett designprogram utarbetat av Nyrens Arkitektkontor.*

Markbeläggningarnas visuella mönster har behållits i den nya Shared Space-lösning; en plats som är ett gemensamt utrymme för skyddade och oskyddade trafikanter och ska inbjuda till mänsklig vistelse och rörelse i ett stadsrum för alla. Den dominerande beläggningen på innerstadens gator är hällar av flammad Hallandsgnejs. Beläggningens marmorering med inslag av rött, blått

Anläggningsår:
1998

Adress:
Hantverkaregatan/ Borgmästaregatan

Trafikerad gata i anslutning till stadens mest centrala torg

Beställare:
Linköpings Kommun

Landskapsarkitekt:
VBB Viak
Gunn-Marie Gunnarson (ansvarig handläggare)

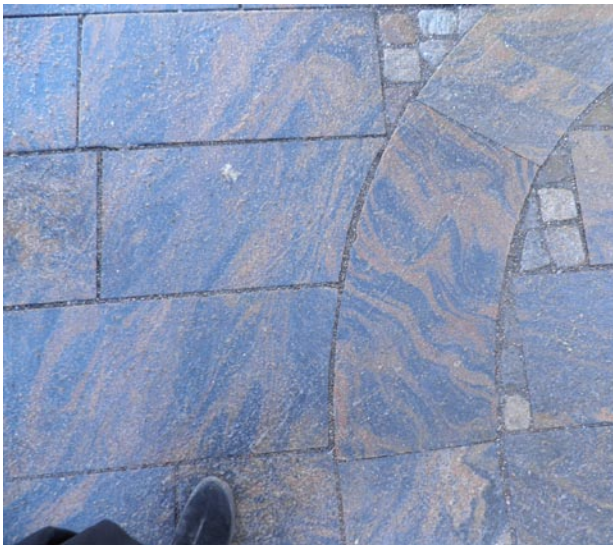
Projektör:

Fogmaterialleverantör:

Stenleverantör:

Anläggare:

Inget mothåll medför att hällarna glider isär. Som följd försämras kraftöverföring vid stor fogbredd och spjälkning då avstånd saknas.



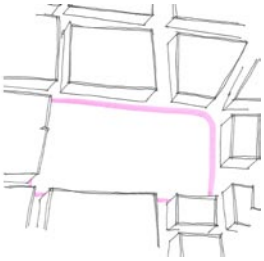
Även i Shared Spacelösningen är den gamla gatustrukturen sparad. Till varje stadsrum specialbeställdes ett måttanpassat modulsystem med alla delar i samma tjocklek.

Material i hällar:
Hallandia hallands-gnejs

Mönsterbild:
markerar det gamla stadsrummets dispo-sition

Ytstruktur:
Flammad

Storgatan/Stora torget
LINKÖPING



och svart binder samman och ger karaktär till butiksgator och gångstråk. Tillgänglighetsaspekterna har varit viktiga i valet av släta hällar, men även för att få karaktären av en utomhusgalleria. Som fogmaterial har man valt Granuscan, ett polymerbaserat fogmaterial som skall göra avståndet mellan hällarna helt vattentätt. Då appliceringen av Granuscan kräver torra och varma väderförhållanden medförde en utdragen anläggningsprocess att man inte hann fylla fogarna före vintern. Det har varit problem med dialogen med näringsidkarna som inte förstår att markbeläggningens beständighet beror av fyllda fogar. Näringsidkarna sopar rent utanför sina butiker och tömmer avståndet mellan hällarna på fogmaterial.

Hällarna är måttbeställda för att följa det gamla stadsrummets uppdelning i trottoar, ränndal och köryta som numera ligger i samma plan. Hällarna har beställts i samma höjd vilket förenklat läggningsarbetet men medför att den nya beläggningen glider. Man har förlorat egenskaper såsom mothåll och kantstöd, vilka fanns i den gamla beläggningen.

Beställare, arbetsledare och besiktningsman har ett nära samarbete. Trots att man är mycket måna om sina stadsrum fann vi stora kvalitetsvariationer under vår inventering. Man kunde till exempel se markant skillnad på beläggningar utförda av olika anläggare, vilket tyder på bristfälliga beskrivningar eller olika kunskapsnivå.

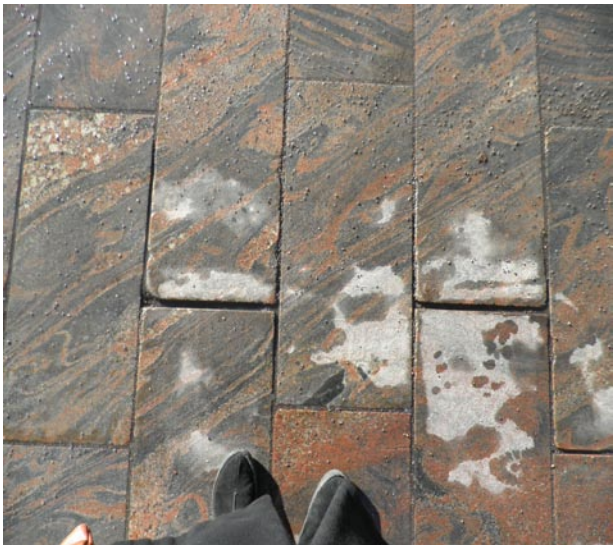
Överbyggnad:
Obundet bärlager

Förstärkningslager

Sättsand:
Stenmjöl, 5-10 cm tjockt

Dränering:
Ytavvattning med fall mot ränndal

Ojämna fogbredder och otydliga förband.



Mothåll saknas och hällarna glider iväg.

Mothåll:
Kantsten av granit satta i grus med mot-stöd av grus

Förband:
Varierande

Trafikering:
Biltrafik

Renhållning:

Skador:
Söndriga kanter, hällar mycket ur position

Kungsportsplatsen
GÖTEBORG

Vdw

Fogmaterial

Fogmaterial på plats dec mars 2009:

Projekterat fogmaterial:

Fogbredd

Fogbredd på plats dec 2009: 4 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 4 mm, max 6 – min 0 mm

Projekterad fogbredd:

Foghöjd

Foghöjd på plats dec 2009:varierande ofullständigt fyllda

Projekterad foghöjd:

Västra Kungsportsplatsen är ett centralt torg *placerat innanför vallgraven, på platsen där en av Göteborgs stadsportar låg fram till 1839. Västra Kungsportsplatsen ligger i ett otydligt stadsrum där två gator möts i spetsig vinkel framför ett av stadens större hotell. Många människor passerar platsen och några använder de karaktäristiska bänkarna som sittplatser.*

Kungsportsplatsen samt angränsande lokalgator är alla belagda med granit, blandat hällar och gatsten, som ger stadsrumsgolvet en lugn och samlande karaktär. Hällarna är valda för att få en så slät beläggning som möjligt samt för att platsen ska upplevas som tjusig. Stadens driftavdelning har problem med att vita tuggummin fläckar ner den grå ytan samt att ogräs växer runt

Anläggningsår:
2008

Adress:
Kungsportsplatsen

Ytans totala storlek:
2 000 kvm

Mindre torgbildning
Öppen plats delvis trafikerad

Beställare:
Göteborgs Stad

Landskapsarkitekt:
SWECO FFNS

Projektör:
Atkins Sverige

Fogmaterialleverantör:

Stenleverantör:
Bohus Gatsten & Kantsten AB

Anläggare:
Svevia

Driftavdelningen i Göteborg förordar att försegla fogen med fogmaterialet Vdw. Ogräset får då svårt att slå rot under bänkar där slitaget från trafikanter är ringa.

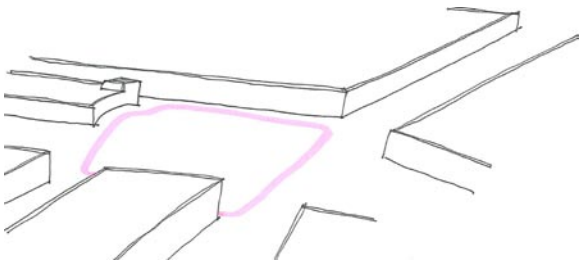
Förseglas fogen med Vdw avlägsnas inte fogmaterialet då gatan sopas med maskin eller spolas av.

Material i hällar:
Grå bohusgranit
bredd 495 och 525 mm,
längd ej angivet,
tjocklek 120 mm

Mönsterbild:
Hällarna bildar små ytor mellan stråk av smågatsten

Ytstruktur:
Krysshammrad

Kungsportsplatsen GÖTEBORG



fundamenten till bänkar och papperskorgar.

Eftersom flera av stadens gator spolas vid städning, exempelvis den angränsande Kungsportsbron, har man använt Vdw, som är epoxihartsbaserat, som fogmaterial och driftavdelningen är mycket nöjda med detta.

Överbyggnaden har en föreskriven dränering i det bundna bärlagret, och även om ytan inte är tungt trafikbelastad så säkrar detta ytan, genom att eliminera risken för stående vatten i sättsandslagret.

Fogarna är smala och är obefintliga på sina ställen. Här föreligger stor risk för framtida skador. Skador finns på hällarna som ligger som jämna ytor i smågatstensbeläggningen.

Överbyggnad:
Bundet bärlager AG 22/B 180, 70 mm

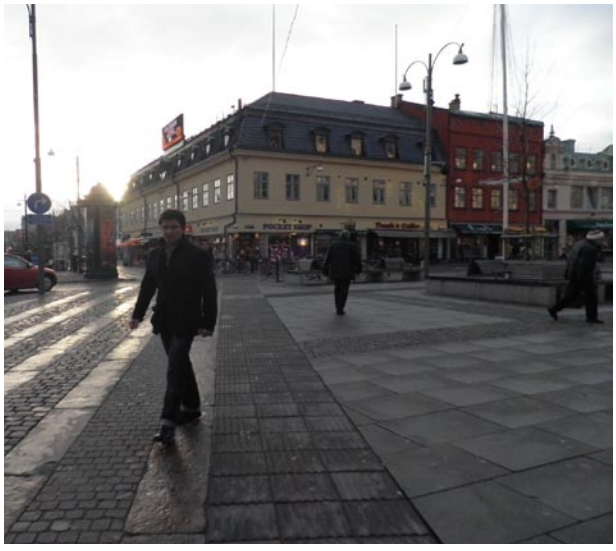
Obundet bärlager 0-40, 80 mm

Förstärkningslager 0-125, 290 - 390 mm

Sättsand:
30 mm sättgrus 0-6 mm, enligt siktkurva i kommunens tekniska handbok.

Dräneringslösning:
Ytavvattning med fall mot rännstensbrunn. Hål i AG som fylls med kross 8-12.

Markvärme ligger utanför Avalons entré



De för Göteborg typiska stråken av så kallad Borgmästarsten markerar gångstråk och ger en slät yta att gå eller köra på med t ex. rullator eller barnvagn.

Fogarna på Västra Kungsportsplatsen är ofullständigt fyllda.

Mothåll:

Trafikering:

Renhållning:

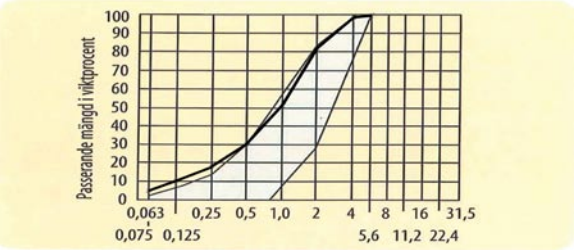
Skador:

Förband:
Otydliga halvförband/ tredjedelsförband

Ogräs:

Larmgatan/Storgatan KALMAR

Harpad naturgrus



Fogmaterial

Fogmaterial på plats okt 2010: Naturgrus, harpad 2-8 mm, toppad med harpad 0-2 mm

Projekterat fogmaterial:

Fogbredd

Fogbredd på plats okt 2010: 6 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 6 mm, max 9 – min 3 mm

Projekteradfogbredd: 5 mm ± 2 mm

Foghöjd

Foghöjd på plats juni 2010: stundom - 2 mm

Projekterad foghöjd:

Fogsprång: 2-3 mm

Naturstensbeläggning är karaktäristiskt för Kalmar stadskärna. *Här finns beläggningsmönster från 1600-talet och natursten som återanvänts sedan dess. När stadsrummen ska göras mer tillgängliga har man bestämt sig för att låta hällar markerar gångstråk i en Shared Space-lösning; en plats som är ett gemensamt utrymme för skyddade och oskyddade trafikanter och ska inbjuda till mänsklig vistelse och rörelse i ett stadsrum för alla. Larmgatan är dessutom gångfartsområde vilket innebär att man valt en utformning som är anpassad till lägre hastighet för bilar och cyklar som inte får köra fortare än gångfart samt har väjningsplikt mot gående. Man får bara parkera på särskilt anordnade parkeringsplatser.*

Anläggningsår:
2009

Adress:
Larmgatan/Storgatan.

Central affärsgata och gårdsgata med transporter till butiker längs ett av stadens viktigaste stråk.

Beställare:
Kalmar Kommun

Landskapsarkitekt:
Helén Nordin, Samhällsbyggnadskontoret, Kalmar Kommun

Projektör:

Fogmaterialleverantör:

Stenleverantör:

Anläggare:
Kalmar Kommun, egen regi

Ytavvattning till acodränränna som placerats mellan stråket av hällar och omgivande smågatstensbeläggning.

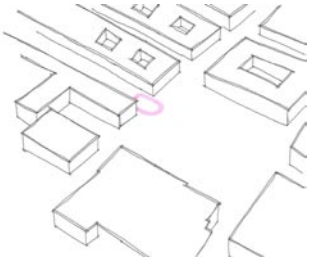
Röd Bohus utbytt mot motsvarande kinesisk sten. Hällarna är lagda tvärs mot gångriktningen.

Material i hällar:
Röd Bohusgranit samt motsvarande kinesisk sten.
Bredd: 400 mm,
längd: 300/500/800 mm

Mönsterbild:
Stråk med hällar genom yta av smågatsten

Ytstruktur:
Flammad

Larmgatan/Storgatan
KALMAR



Den plats längs Larmgatan som vi besökt är där den korsar Storgatan som också övergår i Larmtorget. Enstaka bil- och lastbilstrafik svänger in på Storgatan och medför att den här delen av gatan utsätts för störst belastning. Hällar av flammad röd granit ligger i förband på tvärs mot gångriktningen. Hällarna är omgivna av en beläggning av smågatsten.

Kalmar Kommun har tre egna stensättare som är heltidsanställda på Serviceförvaltningen. Kommunen ritar själva och utför alla stenarbeten i den gamla stadskärnan och har därför god kännedom om vem som arbetat med stadsrummet.

Det fogmaterial som använts på Larmgatan är en restprodukt från tillverkningen av en halkbekämpningsprodukt. Man hade ursprungligen ingen nollfraktion i fogmaterialet utan minsta kornstorlek är 2 mm. Men som diagrammet ovan visar finns det material som är mindre än 2 mm i fogen. Detta kommer från ”toppningen” med 0-2.

Trafiken som svänger över den undersökta ytan och medför kraftig belastning vilket visar sig i att vissa hällar gett vika och flyttat sig. Inspänningen av ytan kunde säkert ha varit bättre. Gatsten har stora fogar och liten massa och är kanske inte tillräckligt mothåll för hällarna.

Kommunen har även gjort försök med att använda restprodukter från kalkstensindustrin men resultatet blev mindre lyckat då fogmaterialet kladdade ut sig när det blev blött.

Överbyggnad:	Sättsand:	Dräneringslösning:
Bärlagret obundet	**naturgrus harpad**	**Ytavrinning till**
Förstärkningslager	**2-8 mm**	**acodränränna**

Fogbredden varierar alltför mycket och här finns antydan till fogsprång.

Stråk av hällar tvärs över Larmgatan för att markera biltrafikanternas väjningsplikt för gående längs Storgatan.

Mothåll:

Förband:

Trafikering:
Gågata med viss biltrafik

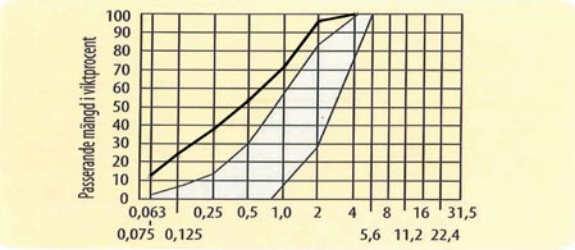
Renhållning:

Ogräs:

Skador:

Carl Kroks gata/Bollbrogatan HELSINGBORG

Harpad naturgrus



Fogmaterial

Fogmaterial på plats nov 2010: 0-2 mm (enligt analys)

Projekterat fogmaterial: Naturgrus harpad 0-8 mm, toppad med stenmjöl 0-2 mm

Fogbredd

Fogbredd på plats nov 2010: 5 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 5 mm, max 12 – min 0 mm

Projekteradfogbredd: 5 - 8 mm

Foghöjd

Foghöjd på plats nov 2010: >-5 mm
Projekterad foghöjd: fylld

I utkanten av Helsingborgs centrum, *där innerstaden ska länkas med stråk från ytterstaden återfinns en mindre torgbildning i mötet mellan Carl Krooks Gata och Bollbrogatan. Korsningen bakom Stadsbiblioteket har fått utformning som ett torg där bilar får köra, men på de gåendes villkor. Gångtrafikanter, cyklister och bilister ska samsas i ett småskaligt stadsrum som definieras tack vare den röda markbeläggningen.*

För att möjliggöra för gatuserveringar och markera entréer till fastigheterna finns en bred trafikfri yta närmast husfasaderna som betonas av beläggningsmönstret. Vackert gestaltad belysning ska skapa en tryggare miljö kring restauranger och butiker även kvällstid.

Anläggningsår:
2008-2009

Adress:
Carl Kroks gata/ Bollbrogatan

Ytans totala storlek:
80 kvm

Möte mellan gångstråk och lokalgata

Beställare:
Ole Andersson Stadsträdgårdsmästare, **Helsingborgs Stad**

Landskapsarkitekt:
Martin Hadmyr, Helsingborgs Stad

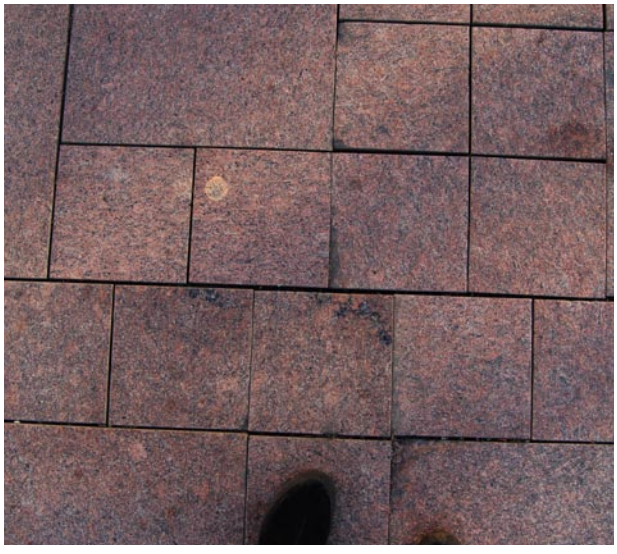
Projektör:
Charlotte Lund Uppdragsansvarig Ramböll Sverige AB

Fogmaterialleverantör:

Stenleverantör:
Naturstenskompaniet

Anläggare:
Sweab, Helsingborg

Tung trafik har skadat beläggningen.



Hällarna har kommit ur possition och gått sönder. Stundom finns inget avstånd mellan dem, inte heller något fogmaterial.

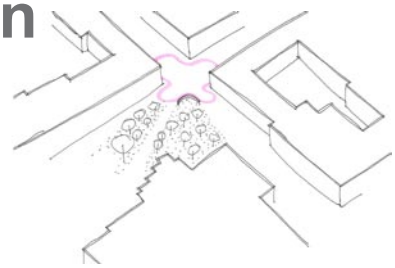
Material i hällar:
Röd Vånga granit
Fyra storlekar med t:120mm
700x700/465x465/ 347x347/230x230 mm

Mönsterbild:
Olika stora kvadrater

Ytstruktur:
Flammad

Läggningsmönster:
Organiskt, slumpmässigt enligt modulsystem

Carl Kroks gata/Bollbrogatan HELSINGBORG



Kommunens projektörer har ett nära samarbete med driftavdelningen och man anser att en plats beständighet över tiden är beroende av driftavdelningens arbete. Kommunen projekterar och föreskriver att fogmaterialet ska vattnas ner samt att en distanskloss ska ligga som avstånd mellan hällarna. Tyvärr är det påkostade stadsrumsgolvet i sämre skick. Flertalet hällar är ur position, har spjälkats i kanterna och nytt fogmaterial borde påförts. Sopning med sopmaskin samt trafikering har medfört att fogmaterialet inte ligger kvar. Tveksamt om distansklossar använts i hela ytan. Problemen kan även bero på att bärlagrets tjocklek kan variera då det gamla bärlagret inte ändrats i och med omgestaltningen.

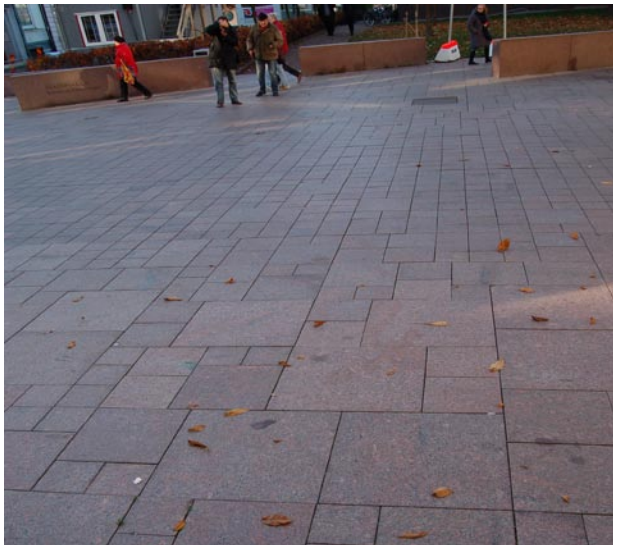
Även läggningsmönstret är problematiskt. Små kvadrater lagda med genomgående fog förflyttas ur position då passerande fordon bromsar in och accelererar. Hållbarare är dock läggningsmönstret i ytans ytterkant, där man valt att lägga kvadrater av olika storlekar enligt en princip som liknar kvadermurens.

Mothåll saknas och har inte varit en parameter i gestaltningen.

Överbyggnad:
Bärlagret är obundet befintligt från tidigare gatunät

Sättsand:
30 mm krossmaterial

Dräneringslösning:
Punktavvattning mot brunn



Då de små hällarna lagts utan förband i körbanan där tung trafik passerar, förskjuts de ur possition. Gångbanans kvaderförband är mer hållbart.

Trots föreskrivna distansklossar ligger hällarna ofta direkt mot varandra. Ofta är avståndet inte alls fyllt och fogmaterial saknas i hela ytan.

Mothåll:
En ram runt platsen med en blandning av 700 mm och 347 mm hällar. Ibland mot fasad, ibland mot gångbanehäll

Trafikering:
Trafikerad mötesplats

Renhållning:

Ogräs:
Nej

Skador:
Kanter spjälkade, varierande fogavstånd 0-12 mm

Möllegrändsplatsen
HELSINGBORG

Krossad svart granit

Fogmaterial

Fogmaterial på plats nov 2010:

Projekterat fogmaterial: svart stenkross från Dalby 2-4 mm

Fogbredd

Fogbredd på plats nov 2010: 8 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 8 mm, max 8 – min 6 mm

Projekterad fogbredd: 5 - 8 mm

Foghöjd

Foghöjd på plats nov 2010: fylld

Projekterad foghöjd: fylld

Den lilla platsen ska välkomna Helsingborgs besökare *och visa dem vägen från resecentrum till stadens centrala gator. Det snäva stadsrummets golv är smyckat med ett storskaligt moriskt mönster av stjärnor och polygoner. Här finns möjlighet att sitta ner, men i första hand fungerar Möllegrändsplatsen som en passage. Ett litet träd står inklämt mellan höga fasader. Platsen stod färdig i början av 2010 och var vid vårt besök knappt ett år.*

Det avancerade moriska mönstret fick som följd att varje häll hade ett enskilt läge på ritningen. Hällarnas tillverkningstolerans var ± 2 mm. Vid produktion kom projektör och producent tillsammans fram till att göra hällarna efter formstabila mallar så att alla längder och vinklar blev exakta. Eftersom den valda

Anläggningsår:
2009-2010

Adress:
Möllegränden mellan Järnvägsgatan och Södra Strandgatan

Ytans totala storlek:
Platsbildning och länk mellan stadskärnan och resecentrum

Beställare:
Ole Andersson Stadsträdgårdsmästare

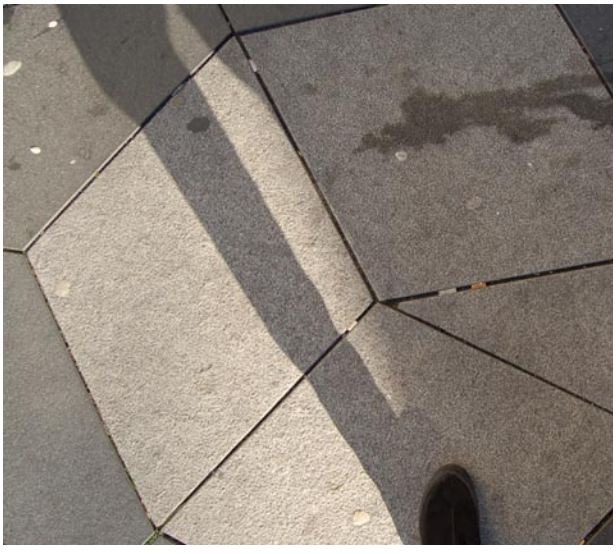
Landskapsarkitekt och Projektör:
Martin Hadmyr Helsingborgs Stad

Fogmaterialleverantör:
Sydsten AB, Dalby

Stenleverantör:
Zaar Granit genom Scanstone

Anläggare:
NCC/Mark & Stenarbete Klippan AB

Den svarta graniten har flammad ytstruktur medan den ljusa graniten krysshamrats för att förstärka kontrastverkan.



Då man valt att dela upp mönsterbilden i hällar med spetsig vinkel tvingas man öka hällens tjocklek och säkra avståndet dem emellam med distansklossar.

Material i hällar:
Grå Tossenegranit och Diabas.

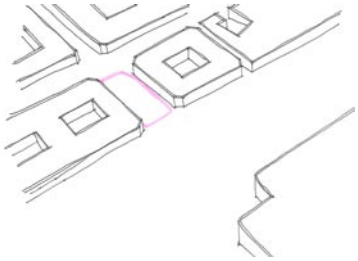
Storlek på hällar: min bredd 300 mm, max längd 2000 mm

Mönsterbild:
Moriskt mönster

Ytstruktur:
Tossenegraniten krysshamrad och

diabasen flammad

Möllegrändsplatsen
HELSINGBORG



mönsterläggningen innebär spetsiga vinklar, ibland mindre än 60 grader, har hällarnas tjocklek ökats, vridmomentet ansågs mer kritiskt än tryckmomentet och avgjorde tjockleken till 120 mm. För att undvika skador har man även valt att använda prefabricerade distansklossar av plast i avståndet mellan hällarna.

Användandet av distanser för att skapa fogen är intressant. Detta garanterar att hällarna inte kan ligga mot varandra och tar bort risken för att kanter flisas sönder. Metoden verkar ge en enhetlig yta vad gäller fogarna, och om hela den hårdgjorda ytan är inspänd mellan fasader som här är fallet, så ligger ytan still.

De mörka hällarna har flammad yta medan de ljusa har krysshamrats för att nå maximal kontrastverkan. Fogmaterialet är medvetet valt att vara av krossad svart granit, även om en hel del sand finns i fogen när man petar upp fogmaterialet. Eftersopning av ytan har förmodligen gjorts med material av typ stenmjöl eftersom fogmaterialet innehåller en hel del partiklar finare än 2 mm. Detta ”efterarbete” har då förfelat projektörens val av fogmaterial, som i detta fall utgör en del av gestaltningen. Hållfastheten på ytan har troligtvis inte förändrats, kanske har den blivit lite bättre, men den extra kostnaden för fogmaterial av diabas blir omotiverad när materialet inte syns.

Beläggningen ser tilltalande ut vid vårt besök trots problem med tuggummi och fett från snabbmat. För att Möllegrändsplatsen ska fortsätta vara ett finrum måste driftsavdelningen ha mycket hög ambitionsnivå.

Överbyggnad:
Lagd på befintligt obundet bärlager

Skelettjord:
Under trädet, djup 800 mm iblandad makadam 90-150 mm

Sättsand:
30 mm krossmaterial

Dräneringslösning:
Avrinning till acodränränna

Specaldesignat galler över trädgropen och ytavrinning till trädgropens skelettjord.

Intill fasaden markerat gångstråk, acodränränna och kantsten som håller mönsterläggningen på plats.

Mothåll:
Endast husvägg

Förband:
Mönsterläggning

Trafikering:
Driftavdelningens fordon annars endast gångtrafikanter

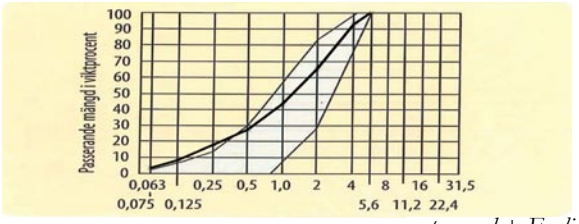
Renhållning:
Sopmaskiner och punktinsattser mot fettfläckarna och matrester

Ogräs:

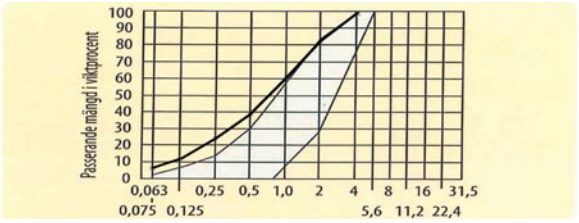
Skador:
Inga skador men fettfläckar från snabbmat

Hyllie Stationstorg MALMÖ

Natursand + Fugli
Krossad betong



natursand + Fugli



krossad betong

Fogmaterial

Fogmaterial på plats juni 2010: Natursand med tillsatta polymerer; Fugli. (etapp 1)

Krossad betong 0-4 mm, kornstorleksfördelning EN933-1:1997+A1:2005 (etapp 2)

Projekterat fogmaterial: Fugli

Fogbredd

Fogbredd på plats juni 2010: 6 mm

Variation i fogbredd: Medelvärde 6 mm, max 8 – min 4 mm

Projekterad fogbredd: 5 mm ± 2 mm

Foghöjd

Foghöjd på plats juni 2010: fylld

Projekterad foghöjd: fylld

Torgplatsen skall samla *Malmö Arena, shoppingcenter, hotell och bostäder samt entrén till Hyllie Station och är därför knutpunkten i Malmös nyaste stadsdel. Gestaltningsidén om naturen och kulturen i två skikt visar sig i att bokträd (Fagus sylvatica), tränger upp genom markbeläggningen och nattetid projiceras en digital stjärnhimmel över torget. Stadsrummet är stort och öppet. Torget upplevs som en plan, sammanhängande yta. Varken fogarna eller hällarna bildar något särskilt mönster. Dock var den ursprungliga designiden att fogarna skulle vara öppna, i så fall hade konturerna på de 2x1 m stora granithällarna framträtt tydligt.*

Torget byggdes i två etapper. Den första etappen var beställd av Parkfastigheter AB och avsåg platsen direkt framför arenan och anlades i ett tidigt

Anläggningsår:
2008-2010

Adress:
Hyllie Boulevard 2B-
-Arenagatan 5, Hyllie

Ytans totala storlek:
11 000 kvm

Yttre stadsdelstorg, evenemangsplats och kollektivtrafiknod

Beställare:
Malmö Stad
Eva Delshammar

Landskapsarkitekt:
Sweco Architects AB
Torbjörn Andersson, (uppdragsansvarig)

Johan Krikström, (systemhandlingshandläggare)

Fogmaterialleverantör:
Fugli, leverantören är okänd

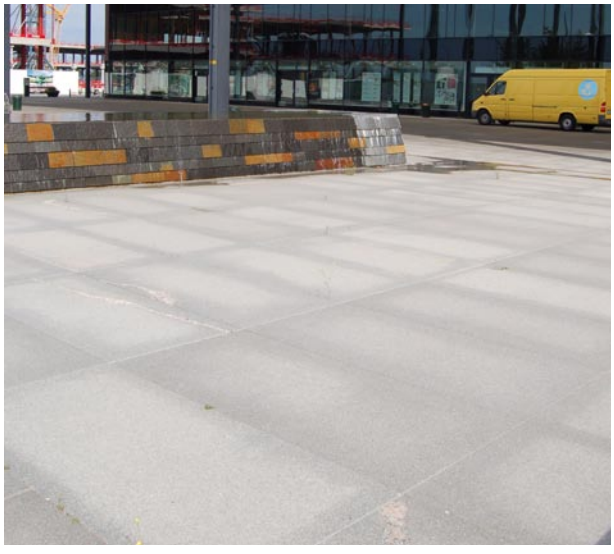
Krossad betong från NCC Miljöfabriken, Södra Sandby

Stenleverantör:
Skifferforum Värnersborg AB och
Bohusgranit AB (etapp 1)

Zaar Granit AB (etapp 2)

Anläggare:
NCC (etapp 1)

Veidekke Entreprenad AB (etapp 2)



Tyvärr har fuglifogen lämnat en fet hinna på hällen vilket yttrar sig visuellt som ett rutmönster i en mörkare nyans.

Infällning av skiffer blir en stadig kant som visuellt håller samman ytan och markerar gränsen mellan torg och gångbana.

Material i hällar:
Grå Tossenegranit 2x1x0,12, 1x1x0,12 och 0,5x0,5x0,12 (m)

Ytstruktur:
Flammad översida, sågade sidor och fasade kanter.

Svart (80%) och rostfärgad (20%) Ottaskiffer 0,5x0,5x0,06-08 (m)

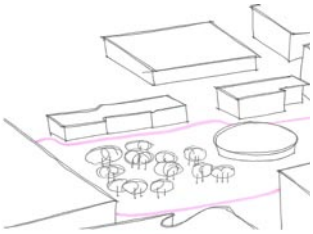
Ytstruktur:
Klovyta på ovansida, sågade sidor.

Mönsterbild:
Ljusare yta som famnas av mörkare kam.

Ledstråk av svart diabas, kupolplatta och sinusplatta.

Träd:
Bok, *Fagus Sylvatica*

Hyllie Stationstorg
MALMÖ



skede för att säkra tillgängligheten till dess evenemang. Utförare var NCC. Efter nya upphandlingar ansvarade Veidekke Entreprenad AB för den andra etappen och torgets färdigställande. Första byggetappen av torgytan stod färdig i samband med invigningen av Malmö Arena (november, 2008) och torget färdigställdes i december 2010 i samband med Citytunnelns och Hyllie Stations öppnande.

Som fogmaterial föreskrevs först en polymerblandad natursand (Fugli). Men resultatet blev inte till belåtenhet. Den hårda fuglifogen vandrade uppåt, ur avståndet mellan hällarna på grund av vibrationer från tung trafik, vilket medförde att den undre delen av fogen inte längre var fylld. Men ännu värre var att det feta fogmaterialet absorberades av hällarna och det bildades en decimeterbred sorgkant runt varje häll. Avsikten med att välja Fugli var önskan om ett fogmaterial som stannar kvar i fogen och som hindrar ogräsfrön från att gro och växa. Även krossad betong har sagts ha dessa egenskaper och ett samarbete med NCC Miljöfabriken mynnade ut i den produkt som sedan använts på nästan hela torget. Det förekommer alltså två olika fogmaterial på Hyllie Stationstorg. Under skärmtaket närmast entrén till Malmö Arena återfinns den polymerblandade natursanden. På den öppna platsen framför arenan och i bokskogen närmast entrén till Hyllie Station är fogen av krossad återanvänd betong.

Under platsbesöket hittades fogar med olika karaktärer. Ibland helt hård, ibland ren lös sand och detta stämde inte alltid överens med beskrivningar från arkitekt och beställare. Det funna fogmaterialet är varierande i fördelningen grovmaterial-finmaterial. På ett fåtal ställen växte det ogräs i fogen, kanske för att torget fortfarande är under uppbyggnad och påverkan från renhållning eller för att slitage av människofötter som besöker platsen fortfarande är ringa. Under inventeringen upptäcktes inga skadade hällar. Kornstorlekskurvorna för de båda fogmaterialen ligger i stort sett inom de gränser som AMA tillåter. Generellt innehåller båda lite för mycket finmaterial. Hyllie stationstorg är en spännande plats, med ovanligt stora hällar, som blir intressant att följa i framtiden.

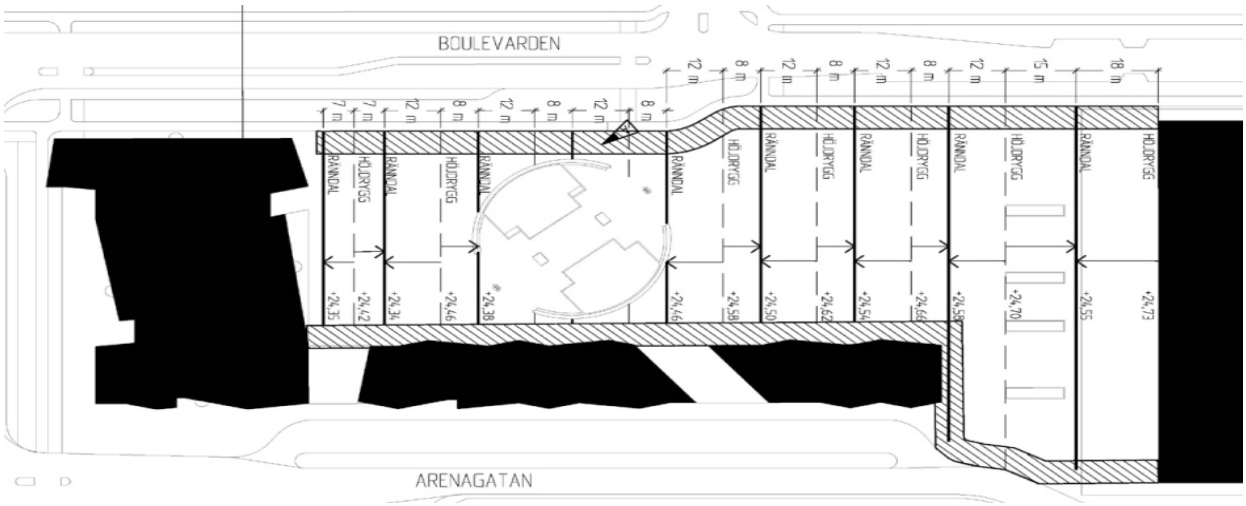
Överbyggnad:
Bundet bärlager AG
Obundet bärlager
Förstärkningslager

Skelettjord:
Under sättlagret finns ett (AG) och ett obundet bärlager som skiljs från ett underliggande luftigt bärlager med en geotextil. Därunder finns skelettjord.

Sättsand:
Tossenegraniten ligger på ett 30 mm tjockt lager sättsand

Dräneringslösning:
Dränering sker som linjeavvattning med tvärgående ränndalar och höjdryggar. Vattnets väg är genom perforerad AG och terassbotten är utförd med fall för avrinning.

Torgets dagvatten leds till underliggande skelettjord (LOD).



De stora hällarna medför en ytavvattningskonstruktion som veckas i åsar och ränndalar.

Det har gått bra att kombinera hällarnas krav på stabil överbyggnad med bokträdens behov av luftig skelettjord.

Mothåll:
Kantsten, byggnad, stor yta

Förband:
Genomgående fog i båda riktningar (raka förband)

Trafikering:
Överbyggnaden ska klara trafikklass 1

Renhållning:
Uppgift saknas

Ogräs:
Fåtal

Skador:
Inga

Diskussion

Sten som beläggningsmaterial för gator har tusenåriga anor. Ett exempel på detta är Via Appia i Italien som belades med sten 312 f Kr. I Sverige har vi haft stenbeläggningar några hundratals år, med det är först under de senaste 150 åren vi börjat använda bearbetad sten. Men en ur ett stenhistoriskt perspektiv ny företeelse, på ytor med biltrafik, är beläggning av naturstenplattor med sågad undersida och sågade kantsidor, som om plattorna är 0,1 m^2 eller större benämns hällar.

Detta projekt har som syfte att fördjupa kunskapen om fogens roll vid beläggningar av hällar lagda i sättsand med sandfogar. Med sand menar vi här löst material av såväl natursand som krossat material. Vi kan konstatera att det cirkulerar många olika åsikter om fogkonstruktion, fogmaterial, fogningsmetod, fogens roll i beläggningen etc. Här diskuteras kring faktorer som kan påverka och eventuellt samverka i beläggningskonstruktionen. Detta kan förhoppningsvis ligga till grund för laboratorieförsök eller teoretiska beräkningar som ännu inte utförts. Då det gäller hårda beläggningar lagda i sand kan konstateras att det finns fyra huvudtyper.

• **Råkilad gatsten**, där varje sten individuellt knackas fast i sättsanden och stenen kan ha individuell avvikelse i höjd på 20 mm vilket ger en hög friktion mot underlaget. De råhuggna kantsidorna ger en god friktion i sidled, ger samverkan i fogarna och låser tämligen bra.

• **Granithällar**, alltså plattor > 0,1 m^2 med sågad undersida och sågade kantsidor, lagda med c:a 6 mm breda fogar.

• **Sågade ”gatstenar”**, med sågad undersida och klippta kantsidor är den senaste i utvecklingen. Egentligen är benämningen gatsten i detta sammanhang tveksam eftersom endast mönstret påminner om gatsten, inte konstruktionen.

• **Markbetongsten**, i beläggning med låsningsmönster (”interlocking”) med smala fogar (3mm), där konstruktionen hålls ihop av mothåll.

Det som i huvudsak skiljer dessa konstruktioner åt är:
• friktionen mot underlaget
• låsning och samverkan mellan plattorna och eventuell valvbildning

Gemensamt för dessa beläggningstyper är att fogen, i förhållande till totala beläggningsytan, utgör en mycket liten del, bara ca 2%. Det betyder i sin tur att det åtgår en ringa mängd fogmaterial, och följaktligen är fogmaterialet billigt relativt den totala ytan. Här borde finnas ett ekonomiskt utrymme att satsa på en bättre och uthålligare fogkonstruktion/fogmaterial utan att det påverkar totalpriset särskilt mycket. Däremot kan fogen ha stor inverkan på hela konstruktionens livslängdskostnad.

Beläggningar med hällar i sand

Det vi på SLU i Alnarp har studerat är hällar lagda i sand med sandfog och denna rapport handlar i huvudsak om detta. Vi har studerat ett antal fall och resultatet kan förenklat uppdelas i tre huvudområden.

Tre huvudgrupper av observationsresultat för beläggning av hällar i sand
A. *Hällarna ligger stabilt på plats på lämpligt avstånd från varandra.*
Detta är den vanligaste situationen. Fogen och övriga förutsättningarna fungerar bra. Fogen har spelat den roll den ska och fyllt sin funktion. Det är viktigt att analysera orsaken till detta.

Smörtorget i Eskilstuna. (Foto: Sabina Jallow).

B. *Hällar slår ihop på grund av otillräcklig fogbredd.*
I vissa fall har hällarna tryckts mot varandra och stenflisor i hällens ovansida har spjälkats ut. Här har fogens roll varit given, men av olika skäl inte fyllt sin funktion. Orsaken är till detta är tämligen säkert relaterat till att fogarna är för smala eller saknas helt. Antingen har hällarna monterats fel, underlaget har utförts felaktigt eller så har den ursprungliga fogsanden avlägsnats.

Stora torget i Uppsala. (Foto: Sabina Jallow).

C. *Hällar glider isär.*
I några fall konstateras att hela hällpaketet glider och hällar glider isär. Ibland glider de inte bara isär utan de kan också förskjutas så att de slår ihop på andra håll. Beläggningsmönstret hålls inte ihop. Kan detta relateras till fogen? Vilken roll har fogen när det gäller glidning? Om situationen inte kan relateras till fogen, måste det finnas andra påverkande faktorer.

Dunkers Kulturhus i Helsingborg. (Foto: Sabina Jallow).

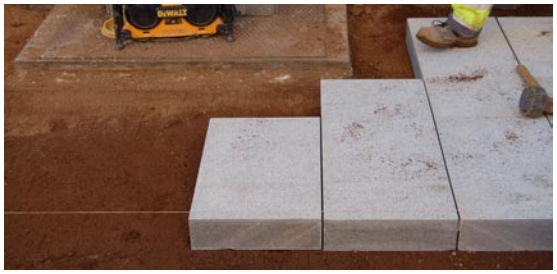
Olika faktorers inverkan då hällar glider

För att förstå fogens viktiga roll eller dess underordnade roll så måste vi först diskutera de situationer där fogen knappast kan påverka det som har skett. Att två stenar glider ifrån varandra kan man knappast klandra fogen för eftersom fogmateralet har som en viktig uppgift att hålla isär hällarna. Fogen kan inte stå emot dragkrafter.

Friktion mot underlaget med sågade hällar
För sågade hällar är toleranskravet avseende tjocklek enligt Sveriges Stenindustriförbunds rekommendationer ± 4mm (baserat på SS-EN 1341, klass 2). Om man skall relatera till någon slags ”medelavvikelse” avseende plattjocklek skulle den då vara 4 mm. Detta gäller om toleransvidderna utnyttjas. I många fall hålls snävare toleranser. Om hällarna är individuellt nedknackade så att det inte föreligger något språng mellan plattornas översida, bildas en ”hyvelkant” om 4 mm på plattans undersida *(*se *Figur 8)*. För att plattan skall komma i glidning måste materialet framför denna ”hyvelkant” skjuvas framåt. Vi har inte försökt att beräkna eller genom prov fastställa den ”friktionskraft” som skapas av denna ”hyvelkant”, utan konstaterar bara rent förnuftsmässigt att viss friktion borde föreligga.

Själva sågningen ger ojämnheter i stenytan på cirka 0,5 mm vilket inte torde ge särskilt stort friktionsmotstånd i jämförelse med den friktion som uppkommer på grund av höjdskillnad mellan plattorna. Entreprenörerna kräver allt snävare tjocklekstoleranser för att läggningen ska kunna förbilligas och krav på ± 2 mm är inte ovanligt. Då blir medelvärdet på ”hyvelkanten” endast 2 mm.

Produktionsapparaten hos leverantörerna förbättras och merkostnaden för denna ”kalibrering” blir allt billigare. Med viss sortering vid läggning kan man få en mycket liten tjockleksskillnad *(Figur 4)*. Går tjockleksskillnaden mot noll blir beläggningens undersida i stort sett slät.
När sådana hällar läggs på ett kompakterat sättsandskikt, där möjligheterna till individuell nedtötning för varje platta inte föreligger, borde vi kunna dra slutsatsen att friktionen blir liten. Vi får en ”flytande” beläggning på sandskiktet, där den horisontella kraften för att starta en glidning av hela beläggningen inte behöver vara stor.



Figur 4. Trenden för sågade plattor är att tjockleksskillnaden blir allt mindre för att läggningen skall underlättas. (Foto: Sabina Jallow).

Situationen för markbeläggning med jämntjocka plattor med sågad undersida kan liknas vid den för flytande golv inomhus som används för att medge rörelse mellan golvbeläggningen och den bärande konstruktionen. Som glidskikt användes förr ett sandskikt. Det finns dock en viss skillnad med fallet inomhusgolv, dels hålls plattorna i låst läge av läggningsbruket, dels är den oberoende glidningen önskvärd. Vill man dramatisera kan man tala om stadens markbeläggningar som stadens flytande golv.

Det är alltså ett rimligt antagande att vid jämntjocka plattor kan de dynamiska krafterna från exempelvis biltrafik förorsaka glidning av hela eller delar av beläggningsskiktet. Plattorna förskjuts också i förhållande till varandra *(Figur 5)*. Fogarna dras isär och kanske töms de på fogsand och tappar då även sin funktion att hålla hällarna åtskilda. I bästa fall finns fogmaterialet kvar och fogarna kan upprätthålla sin särskiljande funktion. Hur stor förskjutningen blir torde då påverkas av belastningssituationen, d.v.s. trafikklassen (fordonstyngd, acceleration, inbromsning, vridande hjul, etc.), beläggningsmönster, plattstorlek och beläggningsytans storlek.

Ett sätt att skapa ”total” friktion är att montera motstöd eller ”spärrstenar”, till exempel i form av kantsten som är så väl förankrade i underlaget att de inte går att förflytta. Mellan två parallella motstöd erhålls inspänning. Genom placering, avstånd och utformning av dessa motstöd kan utvecklingen av eventuell glidning absolut påverkas. Finns det linjärt motstöd i någon riktning förhindras rörelsen i denna riktning, men i de övriga riktningarna glider sannolikt beläggningen i väg. Det vanligaste motstödet är en kantsten förankrad genom bärlagret. Finns linjärt motstöd från alla sidor låses beläggningsytan, den blir stabil och ligger på plats.

Om beläggningen glider jämt i en riktning kan beläggningsmönstret förbli relativt oförändrat men förskjutet och man lägger knappt märke till glidningen. Så sker om det finns motstöd längs gatans kanter, men inte i gatans längdriktning. Ibland finns punktformade motstöd exempelvis i form av en brunn *(Figur 6)*. Då stoppas glidningen upp och mönstret viker sig runt punkten och mönstret i beläggningen bryts. Hur mycket som syns av förskjutningen beror på mönstret. Vid förskjutning tvärs en genomgående fog syns det direkt, medan om den sker tvärs ett för-band av fallande längder är det svårare att upptäcka.

I Figur 6 syns glidningen tydligt eftersom mönstret bygger på genomgående fogar. Glidningen påverkas av avståndet till eventuellt motstöd och ytans storlek.

Figur 5. Plattor, med sågad undersida lagda i sand, som glidit på underlaget i trafikriktningen. Fogarna är fortfarande intakta och håller avståndet mellan plattorna. Mönstret har brutits. Plattorna är inspända från sidorna med kantsten, men är fria i körytans längdrikt-ning. OBS! plattorna på detta foto har ett mycket speciellt format, är små <0,05m^2 och kan närmast liknas vid på alla sidor sågad storgatsten och faller därför inte inom projektet för hällar som ju ska vara <0,1 m^2. Bilden visar dock på ett bra sätt principen för glidning. Om den genomgående fogen gått i körriktningen skulle glidningen inte ha märkts, eftersom plattorna i den riktningen är i fallande format och fogarna då inte skulle vara genomgående utan förskjutna och på slumpmässiga avstånd. Nu finns det dock tunga, konstruktions-mässiga skäl att inte lägga genomgående fogar längs körriktningen. (Foto: Kurt Johansson).

Råkilad yta/klovyta på undersida av hällar förekommande endast på skiffer, kvartsit och kalksten och numera ytterst sällan på granit. Glidbenägenheten hos dessa plattor beror troligen i första hand på tjockleksvariationen mellan plattorna och denna kan styras i beställningen. Så kan till exempel Offerdalsskiffer beställas med tjocklekstoleransen ± 2 mm. Den kan också levereras inom intervallet 40-80 mm, alltså en tämligen stor tjockleksspridning på 40 mm.

Det skall än en gång påpekas att vi inte utfört några beräkningar eller kontrollerade försök, utan endast studerat verkligheten och intervjuat branschfolk. Av detta har här dragits vissa slutsatser och gjorts vissa antaganden. Dessa bör följas upp av laboratorieförsök, kontrollerade fältförsök och, där det är meningsfullt, teoretiska beräkningar.

Figur 6. Glidningen har stoppats vid brunnar. Mönstret har brutits. OBS! att plattorna på detta foto är små <0,05m^2 och ligger inte inom projektet hällar. Bilden visar hur glidningen stoppas upp av punktformat "mothåll". (Foto: Kurt Johansson).

Vid vilken belastning börjar glidningen?
Genom att fastställa sidokrafterna och övriga krafter, det vill säga krafter förorsakade av trafikbelastningen i förhållande till friktionskraften, går det säkert att teoretiskt beräkna när glidningen börjar. Man kan också göra laboratorie- eller fältförsök för att fastställa detta. Sådana beräkningar eller försök har inte gjorts, men erfarenhetsmässigt kan vi hävda att om beläggningen är rätt utförd och rätt underhållen sker det ytterst få glidningar i trafikklasserna G, GC och 0. I trafikklass 1 kan det möjligen förekomma. Däremot har vi noterat att glidningar är vanliga i trafikklass 2 och 3, där motstöd saknas. Beskrivning av olika trafikklasser framgår av Tabell 2.

Tabell 2. Indelning i trafikklasser

Trafikklass	Beskrivning (exempel)
G	Entrégång, uteplats, lekytor, innergård utan trafik
GC	Gång- och cykelväg, enstaka lätta fordon, garageinfart
0	Lågtrafik, parkeringsplatser, lättare varutransporter, enstaka tyngre varutransporter
1	Brandväg, torgytor, tyngre varutransporter, 50 000 - 500 000 standardaxlar
2	Gator, vägar, 500 000 - 1 000 000 standardaxlar, tunga fordon, vridande hjul
3	Gator, vägar, 1 000 000 - 2 500 000 standardaxlar, tunga fordon, vridande hjul

En annan viktig fråga man bör ställa sig är: Hur påverkas sättsanden av vibrationerna från trafiken? Sker någon slags fragmentering eller skiktbildning som befrämjar glidning?

Inverkan av friktion mellan plattor
Att fogen inte kan ta upp dragkrafter torde vara tämligen självklart. Kan man då genom ett genomtänkt mönster och väl placerat och utformat mothåll få fogen att ta upp skjuvkrafter? Här torde kantsidans bearbetning spela in. Sågade kantsidorna (ojämnheter 0,5 mm) med 6 mm fogsand som ”glidlager” borde rimligen ge mycket låg friktionen mellan plattorna. Inspänning från sidan av motstöd torde aldrig bli så stor att det kan hålla emot glidning i längdriktningen på en gata belagd med hällar med sågade kanter och undersida. Råkilade/klippta kantsidor torde ha större förutsättningar än sågade. Idag förekommer sällan klippta/huggna kanter på hällar som monteras bredvid varandra, däremot när hällar monteras i kombination med traditionell gatsten. Möjligen skulle hällar med klippta/råkilade kanter bättre samverka och därmed motverka glidning?

Vi lämnar formatet hällar (och kliver delvis utanför projektets ramar) och går ner på ett mindre format, sågad ”storgatsten” (sågad undersida) med klippta/huggna kantsidor (fogsidor), format cirka 210 x 140 mm, och jämför dessa med en tänkt platta med storgatstenformat där också kantsidorna är sågade (vilket i och för sig är ett ovanlig format). Situationen är en gata med motstöd från sidorna i form av kantsten längs hela trottoaren.

Friktionen mot underlaget borde rimligtvis vara densamma i de båda fallen, men i sidled borde det uppstå en viss friktion när stenar med klippta/huggna kanterna går mot varandra till skillnad från om dessa är sågade. För att friktion ska uppstå måste det dock finnas en normalkraft, ett motstöd. Om detta inte finns så glider plattorna isär. Med motstöd och tillräckligt smala fogar borde i fallet sågad storgatsten med klippta kanter en viss sammanhållande effekt kunna uppnås. Men för plattor med sågade kantsidor torde knappast motstöd hjälpa. Jämför vi nu dessa två i sin tur med en traditionell storgatstensbeläggning med klippt/huggen undersida så är det något helt annat *(Figur 7)*.

Om vi sammanfattar och jämför dessa tre utföranden med formatet 210 x 140 mm med varandra:
- traditionell storgatsten (I)
- sågad ”storgatsten” med klippta/huggna kanter (fogsidor) (II)
- plattor med sågad undersida och sågade kantsidor (III)

Vi kan rent utseendemässigt, estetiskt, tycka de tre fallen verkar lika. Vi ser en yta med stenplattor 210 x 140 mm. Det är den yta som beställaren/arkitekten rent estiskt vill ha. Men när

denna yta sedan ska effektueras genom konstruktionsunderlag finns alltså tre olika konstruktionsmöjligheter där förutsättningarna för ett lyckat resultat är helt olika!

Utifrån en praktiskt och erfarenhetsmässig bedömning:
- (I) kommer att ligga fast även i trafikklass 3
- (II) risk för glidning i trafikklass 2
- (III) sannolik glidning i trafiklass 2

Detta är i nuläget bara funderingar, och det skulle vara intressant att göra kontrollerade praktiska prov vars resultat kunde utgöra grunden för framtida konstruktionsrekommendationer. Detta ligger dock utanför det projekt med sågade hällar som pågår hos SLU, Alnarp, men har ändå stora likheter som ur principiell och pedagogisk synpunkt kan vara värdefulla.

Figur 7. Undersidan på stenytan satt med råkilad storgatsten. Denna beläggning där varje sten kan ha 20 mm avvikelse i höjd och individuellt stötts fast i sättsanden ger hög friktion mot underlager och skapar ett mycket strävt "glidskikt". Det krävs stora krafter för att få denna "harv" att övervinna friktionskraften och få den att röra sig. Skalan framgår av mått-bandet graderat i cm. (Foto: Kurt Johansson).

Betydelsen av beläggningsmönster och plattstorlek
Markbetongindustrin betonar vikten av att beläggningen låses genom läggningsmönster och plattans form. Det är också vår erfarenhet att mönstret har betydelse för rörelser i beläggningen. Så bör exempelvis fogar i trafikens längriktning vara förskjutna och icke genomgående. Man skulle också kunna tänka sig att ett fiskbensformat plattmönster skull kunna bidra till lastfördelning på ett positivt sätt. Här finns det utrymme för såväl konstruktionsmässiga som estetiska innovationer.

Erfarenhetsmässigt ser vi också att plattans storlek har betydelse och det kan noteras en ökad glidning för plattor mindre än hällstorlek, < 0,1 m^2, med sågad undersida och sågade kanter. Ska man spekulera i tjocklekens betydelse så borde tjockare hällar ge en större fogyta vilket i

sin tur torde skapa en bättre förutsättning för eventuell belastningsöverföring mellan hällarna och bättre kunna ta upp de rotationskrafter som trafiken skapar. Djupare fogar kan också ge en viss marginal för att fogen inte fylls helt upp.

Fogens roll vid glidande beläggning
Vilka roller kan fogen spela för att förhindra glidningar? Finns det några förnuftsmässiga eller teoretiska skäl till att fogen skulle hindra beläggning med sågade undersida och sågade kantsidor från att glida? Knappast! Tills vidare kan vi konstatera att fogens roll i en glidande beläggning är att hindra sammanstötning och att ta upp tillverkningstoleranser. Men detta förutsätter att fogen är helt fylld och underhålls så att den fortsätter att vara fylld. Kanske fogen även förlorar denna roll, om den till följd av glidningen ”töms” på fogsand.

Om det skulle finnas någon form av motstöd som bromsar upp glidningen så skulle fogens/fogmaterialets komprimeringsegenskaper och förmåga att ta upp laster ha betydelse, men eftersom hela beläggningen glider finns inget motstöd. Det är först när det finns motstöd som komprimering och lastupptagning blir aktuellt.

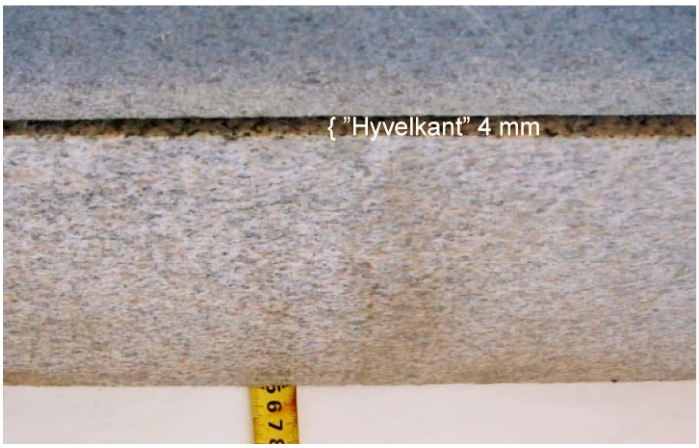
Det är inte meningsfyllt att närmare studera fogkonstruktion i glidande beläggning annat än med avseende på fogens förmåga att hålla isär plattor. Förutsättningarna för fogens verkan i övrigt är alltför osäkra.

Vi har alltså konstaterat att hällar glider när de utsätts för så hög trafikbelastning att friktionskraften överskrids och vi antar med relativt stor säkerhet att fogen har en mycket underordnad roll för att kunna stoppa denna glidning.

Nedan delges några sammanfattande funderingar på hur vi skulle kunna stoppa den oönskade glidningen, det vill säga öka friktionskraften så att den överstiger belastningens horisontalkraft.

Hällar med individuell tjockleksskillnad
Om tjockleksvariationen hos plattorna har toleransintervallet ± 4mm. (baserat på SS-EN 1341, klass 2) kan vi få en ”medelavvikelse” på 4 mm vilket ger en ”hyvelkant” om 4 mm på plattans undersida *(Figur 8)*, vilket borde ge en god friktionseffekt för hela beläggningspaketet. Detta förutsätter att hällarna är individuellt nedknackade så att överytan är jämn utan fogsprång mellan plattorna. Om två hällar med maximal tillåten tjockleksavvikelse skulle hamna bredvid varandra skulle vi en kraftfull hyvelkant på 8 mm.

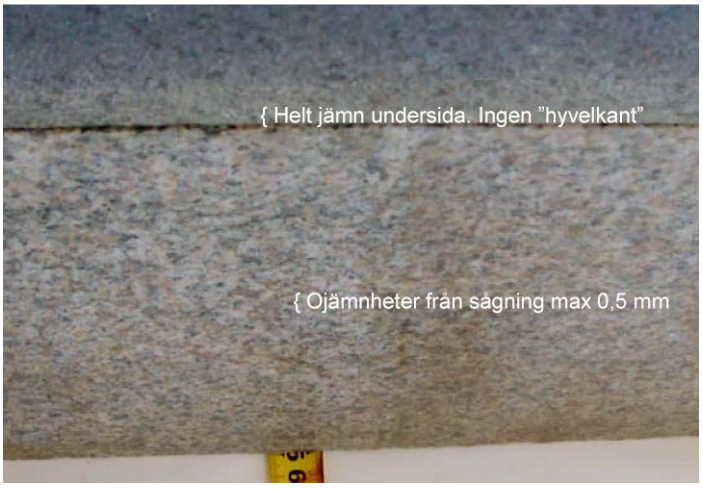
Hällar med en ojämn tjocklek ± 4mm slumpmässigt monterade borde kunna ge visst friktionsmotstånd för att motverka glidning. Tidigare har konstateras att själva sågytans ojämnheter inte bidrar till att öka friktionen nämnvärt.



Figur 8. Undersidan på hällarna med individuell tjocklekssskillnad på 4 mm vilket ger en ”hyvelkant” om 4 mm vilket borde ge en god friktionseffekt för hela beläggningspaketet. Ska-lan framgår av måttbandet som är graderat i centimeter. (Foto: Kurt Johansson).

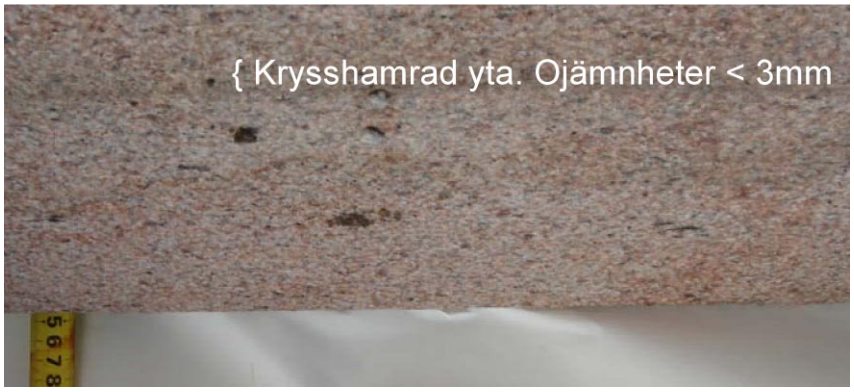
Jämntjocka hällar

Har vi helt jämntjocka plattor finns teoretiskt ingen ”hyvelkant” *(Figur 9)*, och det är bara ojämnheter i sågytan på 0,5 mm som kan ge ett eventuellt friktionsmotstånd.



Figur 9. Undersidan av beläggningen blir givetvis helt slät om hällarna är jämntjocka. Ojämnheter från sågningen är max 0,5 mm. Skalan framgår av måttbandet som är graderat i centimeter. (Foto: Kurt Johansson).

Krysshamrad undersida
Kan man öka friktionen genom att krysshamra undersidan? Krysshamring ger ojämnheter på 3 mm *(Figur 10*). Gör vibrationerna från trafiken att ojämnheterna i krysshamringen fylls upp av sandkorn från sättsanden och beläggningen glider vidare?

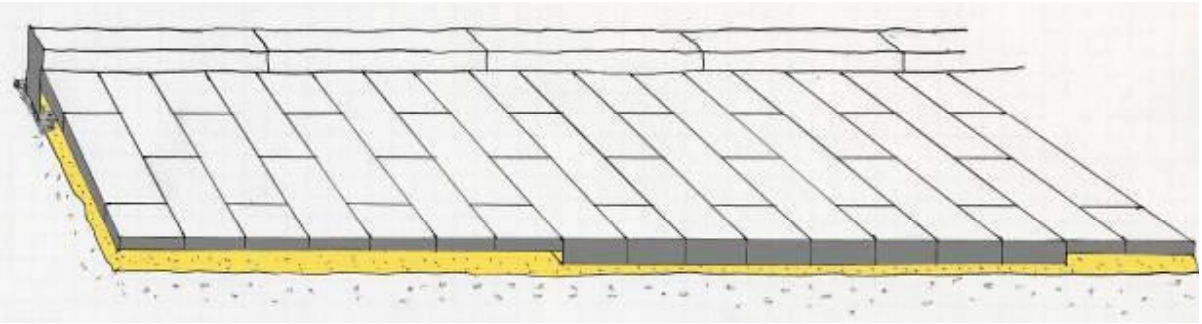


Figur 10. Undersidan av beläggningen med krysshamrad yta. Ojämnheter från krysshamringen är max 3 mm. Fylls dessa ojämnheter av sättsandsmaterial och skapar en glidyta med mycket litet friktionsmotstånd? Skalan framgår av måttbandet som är graderat i centimeter. (Foto: Kurt Johansson).

Erfarenhetsmässigt kommer sättsanden att fylla hålrummen från krysshamringen, men om detta helt eliminerar friktionen bör studeras. Det blir dels en friktion mellan stenytan och partiklarna och en annan mellan partiklarna i sättsanden. Vilken grad av krysshamring är då den optimala? Möjligen skulle grov krysshamring, ned under grad 2 ge tillräckligt stora ojämnheter. En fråga som inställer sig då är vilket ger störst friktion, plattor som varierar 4 mm i tjocklek eller en krysshamrad yta som har ojämnheter på 3 mm? (Situationen är annan vid läggning i bruk, då krysshamringen ger grepp i bruket). Flammad yta ger mindre ojämnheter.

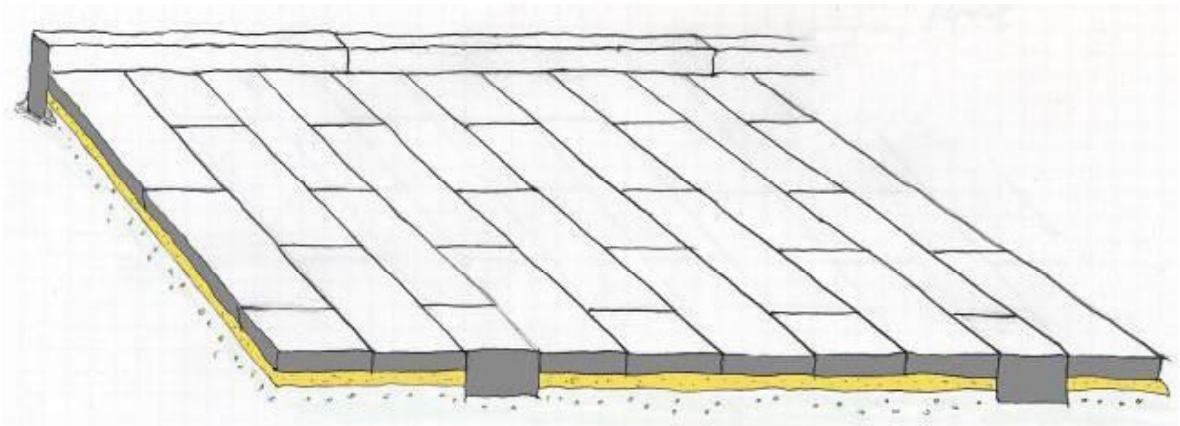
Ökad individuell tjockleksskillnad hos plattorna
Ett sätt att öka friktionen är naturligtvis att öka tjockleksvariation mellan hällarna till t.ex. ± 6 mm. Vi skulle då få en ganska hög ”hyvelkant” på 6 mm och därmed en ganska god friktion. Men denna variation i tjocklek skulle fördyra läggningen och säkert inte vara populärt hos entreprenörens montörer. Det är förmodligen otänkbart att återgå till så ojämna plattor. Hällar med råkilad undersida skulle ge både större tjockleksskillnad och också ökad friktionsyta. En produkt som både ur tillverknings- och läggningssynpunkt blir i det närmaste omöjlig att använda.

Hällar med systematisk tjockleksskillnad
En erfaren och innovativ stensättarentreprenör har kommit med förslaget ”systematisk tjockleksskillnad”. Förslaget går ut på att man använder jämntjocka hällar uppdelade i två tjockleksgrupper, t.ex. 80 mm och 120 mm. Sedan lägger man fält med de olika tjocklekarna, enligt Figur 11. Fältens bredd anpassas till läggningsmetodiken. En lämplig fältbredd kan vara en rätskivelängd det vill säga cirka 5 meter. Alltså lägg ett fält på 5 m med 80 mm tjocka hällar och nästa fält med 120 mm tjocka hällar. Då får man en ”hyvelkant” på 40 mm utan att detta fördyrar arbetet särskilt mycket. Risken för ojämnheter i körytan till följd av ojämn komprimering av sättsanden finns men är liten (jämfört med metoden nedan). Avståndet mellan de båda tjockleksgrupperna anpassas till läggningsprocessen och tjockleksskillnad kan anpassas till trafikbelastning.



Figur 11. Systematisk skillnad i tjocklek för hällar. Hällar med 40mm tjockleksskillnad lagda med ett ”rätskiveavstånd” Hällarna inom varje tjockleksgrupp är i stort sett jämntjocka. (Teckning, Christer Kjellén).

Motstöd
En praktisk, kontrollerbar och förmodligen billigare lösningen är att på lämpliga avstånd montera in motstöd (typ kantstenar) som förhindrar att beläggningen glider *(Figur 12)*. Friktionen blir nästan oändlig med motstöd. Dessa monteras i bärlagret. För att inse att denna princip fungerar behövs inga teoretiska beräkningar. Den fungerar! Hur tätt dessa motstöd ska placeras beror bland annat på belastningssituationen, plattornas storlek och mönster, vilket däremot kan behöva beräknas och även hur motstödet ska se ut. Metoden kan dock ge ojämnheter i körytan eftersom hög trafikbelastning gör att sättsanden komprimeras under hällarna men inte motstödet. Teoretiskt skulle man kunna kompensera denna komprimering med en överhöjning av sättsanden, men det är svårt att få detta att fungera i praktiken.



Figur 12. Motstöd med jämna mellanrum genom bärlagret för att hindra konstruktionen från att glida. (Teckning, Christer Kjellén).

Motstödet kan utformas så att det passar in i beläggningsmönstret. Om man utgår från en kantsten så är djupet 300 mm.

Uppföljning med praktiska prov och teoretiska beräkningar
Detta är resonemang kring friktionsmotståndet som ännu inte är teoretiskt eller experimentellt prövade och borde följas upp med beräkningar och försök. Då bör även den eventuella ”dynamiska” fraktioneringen av sättsanden till följd av trafikvibrationer undersökas.

Först när konstruktionen säkrats från att glida finns det anledning att utveckla idéer om fogkonstruktionen.

Fogens roll vid en kontrollerad beläggning som inte glider

Först när glidsituationen är under kontroll är det meningsfullt att studera fogkonstruktion och fogfyllningsmaterial. Det vill säga trafikklass 0, GC och G samt trafikklass 1, 2 och 3 med regelbundna motstöd. Då bör bl a följande områden studeras.

Fogens uppgift
Generellt sett är sandfogens tänkbara uppgift att:
- hindra individuella plattor från att stöta ihop
- hålla individuella plattor på plats
- ta upp och överföra krafter mellan plattorna
- ta upp storleksavvikelse mellan plattorna
- kunna packas så att den håller avståndet mellan plattorna vid avsedd trafikbelastning

Fogenmaterialet kan aldrig ta upp dragkrafter. Möjligen kan ett anpassat läggmönster överföra vissa skjuvkrafter till tryckspänning, en slags valvprincip.

Fogbredd
För att kunna ta upp toleransavvikelser avseende längd och bredd för hällarna (enligt EN standard ± 2mm) och för att en viss minsta fogbredd ska garanteras har 6 mm nominell fogbredd visat sig vara lämplig. På den punkten råder stor enighet bland samtliga inblandade i projetet. En så bred fog torde rimligen inte kunna överföra lika stora laster som den smalare fog som används för betongplattor.

En fogbredd på mellan 5 och 8 mm är det som personer intervjuade i detta projekt föreskriver och har som utgångspunkt. Att sedan fogarna i verkligheten varierar från 0 till 12 mm är en annan sak. En beställare har tillsammans med entreprenören använt sig av distanser *(Figur 13)* som läggs mellan stenarna. Detta har gett ett gott resultat!

Figur 13. En distans av plast används för att skapa det rätta avståndet mellan hällarna. (Foto: Sabina Jallow).

Krav på fogsand
Som tidigare påpekats avses med fogsand här löst material av såväl natursand som krossat material.

Fogsandens egenskaper ska karakteriseras av:
- Låsningsförmåga, kilningsförmåga
- Ta upp laster (bärighet)
- Komprimerbarhet
- Förmåga att ”rinna ner” och fylla fogen
- Dränerings- respektive tätningsförmåga
- Stå emot sönderkrossning vid belastning
- Stå emot uppsopning av sopmaskin
- Motverka luftfickor

- Arbetsbarhet vid regn.
- Inte tränga ner i sättsanden
- Kornstorleksfördelning (siktkurvor)

I de undersökta fallen används både material som ansluter till AMA's krav och egna lösningar, antingen de är projektörens eller entreprenörens. Det kan vara allt från natursand till 2-4 mm makadam eller 0-8 mm kross, det vill säga stenmjöl. Det verkar inte som det material som an-vänds är särskilt utvalt till att passa det aktuella objektet, utom i vissa fall. Det blir lite att man tager vad man haver. Detta kan komma från det man alltid använt, till finmakadam som top-pas med stenmjöl. Om detta är en tradition från stensättning med gatsten där AMA föreskriver att ytan skall tätas eller någon annan anledning är svårt att säga. En anledning sades vara att materialet ligger kvar bättre i fogen vid renhållningarbeten. Helt klart behöver nya arbetssätt och material prövas till den nya produkt som dagens hällar utgör.

Vilket fogmaterial bör användas och i vilken kornstorleksfördelning: natursand, granitkross, betongkross eller kalkstenskross? Av naturresursskäl används allt mindre mängd natursand och den ersätts av krossat material. På senare tid har också återvinning av betongmaterial gett upphov till tester av detta material som fogmaterial. Krossad betong är ju mycket att man åter-använder ballasten, som i mycket är samma sak som ovan nämnda granitkross, kanske med den fördelen att cementen i blandningen gör att det efterbränner lite.

Har natursandkornen bättre egenskaper som fogsand genom att kornen är rundade och har sådan sand bättre hållfasthet än flisigt krossmaterial? Natursand har till viss del bearbetas genom ett antal naturliga processer. Dessa har gjort att sandkornet är mer avrundat än en ny-krossat partikel. Rent packningsmässigt är det lättare att packa ett krossat material eftersom partiklarna hugger fast bättre i varandra, men detta är naturligtvis också beroende av kornets krossytegrad. Detta gäller för en yta som packas mekaniskt. Nu går det inte att packa fog-materialet på samma sätt som man packar ett bärlager och därför är det utan tester svårt att säga hur materialet beter sig.

Fogsandens komprimering och tryckupptagande förmåga
Sand (i utvidgad betydelse) har olika egenskaper i löst och i komprimerat tillstånd.
Frågor att utreda:
- Hur komprimerad kan fogen bli?
- Efter hur lång tid?
- Komprimeras fogen genom trafikens vibrationer?
- Hur fungerar fogen innan den hunnit komprimeras?
- Hur mycket hjälper vattning till för komprimeringen?
- Finns det andra metoder att komprimera fogen?

Är det lämpligt att använda samma sättsand som fogsand? Vid beläggning av hällar är fogbredden cirka 6 mm, vilket gör att samma sand för sättning och fogning kan användas. För lös fogsand gäller beträffande kornstorlek andra regler och förutsättning än för ballast i bruk. Sand för sättning och fogning, oavsett om det är krossmaterial eller natursand, har olika egenskaper i löst respektive komprimerat tillstånd. Sättsanden kan ju komprimeras på ett kontrollerat sätt, medan fogsanden inte kan komprimeras direkt utan kan få en viss, okontrollerad komprimering först efter en viss tid och då troligen ganska liten. Hur ser komprimeringsförloppet ut för olika typer av fogsand?

Fraktionens, och framför allt finandelens inverkan på förloppet? Vilken är skillnaden mellan kantigt krossat material och rundad natursand avseende komprimeringsmöjlighet och tryckupptagande förmåga.

Fraktioner och siktkurvor
- Vilket material och vilken siktkurva skapar bäst låsning?
- Vilket material och siktkurva tar bäst upp laster (har bäst bärighet)?
- Vilket material och siktkurva låter sig komprimeras på bästa sätt?
- Vilket material och siktkurva ”rinner ner” och fyller fogen bäst?

Sker eventuell krossning av materialet av vissa fraktioner och material så att fogen sjunker ihop? Om vissa korn är stora nog att kila fast mellan hällarnas kantsidor är det då positivt då de överför lasten bättre och håller de mindre kornen på plats eller är det negativt på så sätt att de motverkar fogens fyllning? Kan man använda en kornstorlek som är större än fogens bredd eftersom korn som är för stora borstas bort?

Kantighet hos sandmaterialet
Skapar grövre fraktioner, som makadam, utan finandel hålrum som minskar fogens låsningsförmåga? Vissa egenskaper är uppenbara; ju mindre finandel desto bättre dränering, och omvänt ju mer finandel desto tätare blir fogen. En entreprenör menar att de använder krossmaterial utan finmaterial, både som sättsand och fogsand eftersom det är lättare att arbeta med när det regnar.

Vilken fogsand står mest emot sugande sopmaskin? Om vi undantar de tillsatta fogmedel som finns på marknaden, så menar i alla fall en kommun att tillsats av finmaterial i fogens övre del gör att allt fogmaterial stannar kvar bättre i fogen vid renhållningsarbeten.

Den levande fogen
Med tiden blir det ursprungliga fogmaterialet nedtryckt i sättsanden, eller så har fogmaterial helt eller devis sugits bort av sopmaskiner. Nytt material kommer in i fogen, i bästa fall fogsand av lämplig kvalitet, som fyllts på som underhållsåtgärd. Men en stor del av det material som kommer in i fogen har andra egenskaper än det ursprungliga. En stor del kan vara orga-

niskt material i form av smuts från gatan. Dräneringsförmågan ändras troligen. Ett från början dränerade material kan då sättas igen. Fogmaterialet blir en blandning av organiskt och oorganiskt, gummirester, oljespill, mm.

Fogmaterialet skakas samman av trafikens vibrationer. En intressant fråga är hur fogmaterialet stabiliseras och hur sammansättning ändras med tiden och hur detta påverkar fogens förmåga att göra sitt jobb. Man skulle då behöva studera samma fog under ett antal år, vilket knappast låter sig göras, men det går att studera fogar med olika åldrar om de är någorlunda väl dokumenterade, vad gäller ursprungsmaterial.

En styrd skötselinstruktion under garantitiden, som numera är 5 år, ger möjligheter att styra underhållet av fogen och kontrollera påfyllningen av material av rätt slag på rätt sätt. Det råder viss samstämmighet i uppfattningen att efter ett antal år stabiliseras fogen och blir mer permanent. Det beror på vilken typ av sopmaskinen man använder, hur den arbetar och sopmaskinsoperatörens förståelse för fogens funtion.

Fogsandens applicering
Vilken betydelse för fyllning och komprimeringsmöjligheter har appliceringen av fogsanden: Sopas på torrt och vattnas sedan. Vattnas ner från början?

Som nämnts ovan så vill vissa entreprenörer använda ett krossat material utan finmaterial då detta är mest lättarbetat vid regn. Ett stenmjölsmaterial i regn fungerar inte att fylla fogar med. Det blir nästan som gröt. Att då fylla fogen till 75 % av höjden med finmakadam innebär att utrymmet mellan hällarna får ett material som gör att de håller ett visst avstånd. Vid torrt väder kan sedan stenmjöl sopas ner i fogen och komplettera fogmaterialet. Detta ger en stabilare fog än om man väntar på bättre väder för att göra som det står i pappren.

Psykologiska aspekter
Respekten för och kunskaper om siktkurvor i branschen är låg. I vilken utsträckning bryr sig sandleverantören om vilka siktkurvor som föreskrivs? Bryr sig entreprenören om siktkurvor? Vet alla berörda vad siktkurvan betyder? Hur ofta kontrolleras siktkurvorna och i så fall av vem? Många frågor, men projektet visar på att åsikterna går isär.

En orsak till ofullständigt fyllda fogar är renhållningstekniken. Kan man bättre kunna anpassa sopmaskinernas sug- och borstinställning till fogen? Kan sopmaskinens körriktning relativt fogen påverka uppsugning av fogmaterialet? De flesta kommuner som är uppmärksamma på frågan om renhållningsteknik kontra fogens fyllnadsgrad har löst ovanstående problem genom att testa olika former av fogtätningsmedel. En del studier av dessa har skett, med lite varierande resultat. De medel som ger en hård fog har visat sig hindra ogräs bäst, vilket har varit huvudsyftena med studierna, och detta är gjort på nylagda fogtärningar. Däremot vet vi min-

dre om livslängden på materialen i tyngre trafikerade ytor med svängande fordon. Långsiktiga uppföljningar på dessa frågor är ett intressant komplement till svaren på hur fogen skall se ut.

Dränering
Vid montering i sand med sandfog måste självklart bärlagret vara dränerande eller dräneringen ordnas så att vatten inte blir stående i konstruktionen. Blir vatten stående i konstruktionen ovan bärlagret sköljs fogmaterialet bort ur fogen av vattnet som pumpas av vibrationerna från trafiken och fogen blir mer eller mindre tömd och kan inte fylla sin funktion. Vi har konstaterat att detta kan vara ett förbisett problem.

Slutligen
Beläggningar med naturstenshällar har många förtjänster och ett ökat användningsområde, men kräver rätt konstruktion!

Vad detta projekt hittills har visat är att fogen säkerligen har en stor del i en ytas utseende och hållbarhet. Vad som kanske är än mer ett resultat är att det finns så många andra frågor som också måste besvaras för att vi skall kunna få en klar och tydlig bild av fogens roll. Dessa frågor är nu på agendan.

Projektet har blivit en bra genomlysning av problematiken kring projektering och anläggande av naturstensytor på trafikerade ytor. Som vanligt är i forskningsprojekt så slutar det hela med mer frågor än svar, men detta är viktigt för att förstå helheten. Dock utan att förringa de svar som projektet har gett!

Intervjuförteckning

Anders Winbo, försäljningsingenjör, Bohus Gatsten & Kantsten AB, (2010-01-19, kortare samtal).

Andreas Mossberg, industriell-ekonom, planeringsledare på avdelningen för renhållning och vinterväghållning, Göteborgs Stad, (2009-12-08, besök i staden och samtal på kontoret).

Anna Kanschat, landskapsingenjör, Upphandling och entreprenad, Gatukontoret, Malmö Stad, (2009-10-27, inspelat samtal).

Anna Örtegren, Områdeschef, Drift- och underhållsavdelningen, Helsingborgs Stad, (2010-11-08, samtal och promenad i platsbesök i Helsingborg, 2010-12-03, telefonsamtal).

Ann-Christine Gulle, marknads- och försäljningschef, Minera Skiffer AB, (2010-11-02/03, samtal och platsbesök bland annat på Stortorget i Östersund och stenbrottet i Offerdal).

Bertil Danielsson, ansvarig för markentreprenaden och VD Attacus Mark & Maskin AB, (2010-11-02, samtal och platsbesök på Stortorget i Östersund).

Bertil Danielsson, avdelnings chef för Samhällsbyggnadsförvaltningen, Östersunds Kommun, (2010-11-02, samtal och platsbesök på Stortorget i Östersund).

Bo Jonsson, chef för Bygg & Projektering, Tekniska förvaltningen, Östersunds Kommun, (2010-11-02, samtal och platsbesök på Stortorget i Östersund).

Bosse Samuelsson, driftingenjör, Linköpings Kommun, (2010-03-09, introduktion på kontoret, promenad genom staden).

Christer Kjellén, besiktningsman, StenUtveckling Nordiska AB, (2010-01-19, kortare samtal).

David Hansson, forskare och hortonom, Område Jordbruk, Sveriges lantbruksuniversitet i Alnarp, (2009-12-10, samtal och besök på försöksytor för ogrässpridning i gatstensbeläggningar).

Eva Delshammar, landskapsarkitekt, Malmö Stad, (2010-05-20, telefonsamtal).

Gunnar Helmersson, kundrådgivare, Minera Öst, (2010-05-20, telefonsamtal).

Göran Ernflykt, säljare, SH-Bygg, Stockholm, (2010-06-22, samtal och platsbesök i Stockholm).

Hasse Hellberg, verksamhetsstöd och teknisk intern konsult, Trafikkontoret, Stockholm Stad, (2010-03-10, samtal på kontoret samt promenad i staden, 2010-06-23 inspelad intervju).

Helén Nordin, landskapsarkitekt, Samhällsbyggnadskontoret, Kalmar Kommun, (2010-05-21, kortare samtal).

Henric André, Affärsområdeschef, Sten och anläggning, SH-Bygg, Stockholm, (2010-06-22, samtal under bilresa och platsbesök i sthlm. 2010-06-26, inspelad intervju).

Håkan Johansson, säljare och rådgivare, Skifferforum Vänersborg, (2010-05-20, telefonsamtal).

Ingvar Mersin, ingenjör, byggledare på Projektavdelningen, Eskilstuna Kommun sedan 2000, (2009-12-03, besök i staden och samtal på kontoret).

Joakin Steen, säljare, Emmaboda Granit, (2010-01-19, kortare samtal).

Johan Krikström, landskapsarkitekt, systemhandlingshandläggare för Hyllie Stationstorg i Malmö, Sweco Architects AB, (2010-06-09, informativt telefonsamtal. 2010-06-22, inspelad intervju).

Joost de Natris, landskapsarkitekt, Karres en Brands landschapsarchitecten BV, Amsterdam, (2010-05-12, ca 19.30-20, intervju på kontoret).

Kjell Ehrengren, fastighetsingenjör Akademiska Hus i Uppsala, medverkade vid anläggningen av Stora Torget i Uppsala, (2010-11-23, e-post).

Kjell Hansson, besiktningsman och entreprenör, (2010-05-20, telefonsamtal).

Lars Göran Danielsson, arbetsledare, gatu- och parkförvaltningen, Kalmar Kommun, (2010-05-21, promenad genom staden samt samtal).

Lars-Olof Andersson, ingenjör, projektledare bygg, Göteborgs Stad, (2009-12-08, besök i staden och samtal på kontoret).

Martin Hardmyr, landskapsarkitekt, Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborgs Stad, (2010-11-08, samtal och promenad i platsbesök i Helsingborg, 2010-12-03, telefonsamtal).

Ove Woxlägd, platschef Stortorget Östersund, Östersunds Kommun, (2010-11-02, samtal och platsbesök på Stortorget i Östersund).

Per Oldfeldt, projektör, projektledare Stadsmiljö, Linköpings Kommun, (2010-03-09, introduktion på kontoret, promenad genom staden, samtal på kontoret).

Stefan Fransson, landskapsarkitekt och besiktningsman, konsult till Linköpings Kommun, (2010-03-09, introduktion på kontoret, promenad genom staden).

Thomas Jansson, arbetsledare för drift, underhåll och nyproduktion, gatu- och parkförvaltningen, Kalmar Kommun, (2010-05-21, samtal).

Tomas Lexinger, produktionschef, gatu- och parkförvaltningen, Kalmar Kommun, (2010-05-21, samtal).

Tomas Ohlsson, drift och underhåll, Gatukontoret, Malmö Stad, (2009-10-27, inspelat samtal).

Tomas Ritscher, arbetsledare, Teknik & Service, Uppsala Kommun, (2010-03-10, samtal på kontoret och besök i staden).

Torben Dam, landskapsarkitekt, lektor vi institutionen för skog och landskap, Köpenhamns Universitet, (2009-12-XX, samtal och promenad i Köpenhamn, 2010-06-11, samtal och introduktion till dansk markbeläggningshistoria).

Torbjörn Andersson, landskapsarkitekt, uppdragsansvarig för Hyllie Stationstorg i Malmö, Sweco Architects AB, (2010-05-25, föreläsning på naturstensseminarium i Breanäs samt kort samtal).

Åke Sandin, ingenjör, planeringsledare för gatufunktion och markbeläggningar, Göteborgs Stad, (2009-12-08, besök i staden och samtal på kontoret).

Åke Westling, affärsenhetschef för gata, Teknik & Service, Uppsala Kommun, (2010-03-10, samtal på kontoret och besök i staden).

Litteraturförteckning

Armstrong, Helen (2003). ***"Interpreting Landscapes/Places/Architecture: The Place for Hermeneutics in Design Theory and Practice"***. Architectural Theory Review, 2003:8, pp. 63-79.

Baker, Stephen W. (2006). ***Rootzones, Sands and Top Dressing Materials for Sport Turf.*** West Yorkshire: STRI (Sports Turf Research Institute)

Balsby Nielsen, Jens & Dam, Torben & Thompson, Ian (2007). ***European Landscape Architecture – Best Practice in Detailing.*** New York: Routledge.

Bengtsson, Rebecca (2008). ***För och nackdelar med markplattor av natursten – Studie av funktion I gatumiljö hos några Sydsvenska kommuner.*** Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges Lantbruks Universitet, 2008:6. Alnarp: Alnarps Reproenhet.

Bryman, Allan & Teevan, James J. (2005). ***Social Research Methods – Canadian Edition***. Ontario: Oxford University Press.

Charmaz, Kathy (2003). ***"Grounded Theory, Objectivist and Constructivist Methods"***. Chapter 8 in Denzin & Lincoln Eds. (2003): Strategies of Qualitative Inquiry, Second Edition, Sage Publications.

Derek Lovejoy Partnership Landscape Architects Planning Consultants (red.) (1997). ***Spon's Landscape Handbook*** – Fourth Edition. London: E&FN Spon.

Hansson, J. (2006). ***Trafikklasser för markplattor av natursten: förslag till klassificeringstabell.*** Sveriges lantbruksuniversitet. Examensarbete inom landskapsingenjörsprogrammet, 11. Alnarp.

Hansson, Martin & Palm, Anna (2008). ***Fogmaterialets betydelse för en hållbar gatstensbeläggning – förebyggande av ogräs.*** Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges Lantbruks Universitet, 2008:4. Alnarp: Alnarps Reproenhet.

Holgersen, Søren & Dam, Torben (2002). ***Befæstelser.*** Frederiksberg: Forlaget Grønt Miljø.

Hårde, Ulla & Bergsjö, Ann (2008). ***Stadens golv – Gestaltning med marksten och plattor av betong.*** Svensk Markbetong (Cementa, Nordform, S:t Eriks, Starka) och Svensk Byggtjänst AB. Karlshamn: Carlshamn Tryck & Media AB.

Kirkwood, Niall (1999). ***The Art of Landscape Detailing – Fundamentals, Practices and Case Studies.*** New York: John Wiley & Sons. Inc.

Kirkwood, Niall (2004). ***Weathering and Durability in Landscape Architecture – Fundamentals, Practices, and Case Studies.*** New Jersey: John Wiley & Sons. Inc.

Kvale, Steinar (1997). ***"Den kvalitativa forskningsintervjun"***. Lund: Studentlitteratur.

Köhler, Martin (2008). ***"Optimized Gravel and Sand Products Avoiding Damage of Sett Paving Systems with Coordinated Grain Size Distribution Curves"***. Aufbereitungs Technik, Vol. 49, Nr. 7, pp. 28-39.

Margolis, Liat & Robinson, Alexander. (2007). ***Living Systems – innovative materials and thechnologies for landscape architecture.*** Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.

McHale, Michael J. (2006). ***"Stone Paving for Heavier Traffic Loads".*** Municipal Engineering, Vol. 159, Issue ME2, pp. 63-69.

McLeod, Virginia (2008). ***Detail in Contemporary Landscape Architecture.*** London: Laurence King Publishing.

Mesimäki, Pekka (1994). ***Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje.*** Paino: Kiviteollisuusliitto ry.

Pinder, Angi & Pinder, Alan (1960). ***Beazley's Design and Detail of Space between Buildings.*** New York: Architectural Press.

SSF (2007). ***Utemiljö. Del av Sveriges Stenindustriförbunds En handbok om – Natursten.*** Sveriges Stenindustriförbund. Kristianstad**.**

Shackel, Brian (1990). ***Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavements.*** School of Civil Engineering, University of New South Wales, Sydney, Australia. New York: Elsevier Applied Science.

Simonsen, Erik & Janoo, Vincent C. (2002). ***"Resilient Properties of Unbound Road Materials during Seasonal Frost Conditions"***. Journal of Cold Regions Engineering, 2002:3, pp. 28-50.

Stolze Møller C. J. (1996). ***40 kodede Murstenens Forbandter og 2 ukodede***. Murerfaget. Odense: Erhvervsskolernes Forlag.

Sweco Architects (2009) ***"Hyllie Stationstorg Malmö"***. Systemhandling.

Svensk Byggtjänst (2008). Anläggnings AMA 07. ***Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten.*** AB Svensk Byggtjänst. Stockholm.

Svenska Kommunförbundet (1994). ***Tillbaka till Stenåldern – Handbok i stensättning***. Svenska Kommunförbundets forsknings och utvecklingsgrupp för gator och trafik i samarbete med Arbetsmiljöfonden. Stockholm: Prakttryck AB.

Svenska Kommunförbundet (2001). ***Marksten och plattor på trafikerade kommunala ytor – Tillståndsuppföljning och undersökning av markstensytor, en uppföljning av projekteringshandboken 'Beläggningar med plattor och marksten av betong'***. Svenska Kommunförbundets forsknings och utvecklingsgrupp för gator och trafik i samarbete med Svensk Markbetong (Skanska Prefab AB, STARKA Betongindustrier, Swerock AB, Cementa AB).

Sveriges Kommuner och Landsting (2008). ***Fogmaterial för markbeläggningar – Egenskaper, utvärderingar och rekommendationer.*** Sveriges kommuner och Landsting, Avdelningen för tillväxt och samhällsbyggnad, text och foto Anna Kanschat och David Hansson. Västerås: Edita Västra Aros.

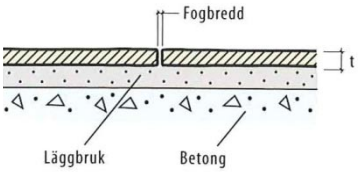
Begreppsförklaring

I denna rapport förekommer att antal inom branschen använda begrepp. Många begrepp kan tolkas olika av skilda skäl. Det är svårt att säga att en tolkning är fel, utan det rör sig om traditioner, yrkesspråk, nya normer och regelverk som ersätter gamla men i arbetslivet lever kanske begreppen kvar. Vi vill därför nedan förklara hur vi i denna skrift använder och tolkar de olika begrepp som förekommer. De flesta har sitt ursprung i Anläggnings AMA 07 (Svensk Byggtjänst, 2008)

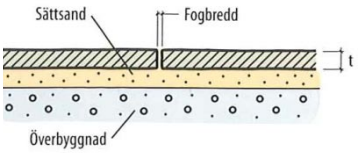
Här tas endast upp begrepp som har relevans för naturstenshällar lagda i sand.

Hällar av natursten

i bruk



i sand



AG = asfaltgrus. En blandning av stenmaterial och låg halt av bitumen. Används ibland som bundet bärlager för att öka stabiliteten

Bombering = yta som är förhöjd i mitten och med fall åt sidorna

Avrinning = genom lutning, fall, hos konstruktionen få vatten att rinna åt visst håll, kan också ordnas med speciella ränndalar

Bergkrossmaterial = material som har tillverkats genom krossning av bergmaterial eller naturgrus
Bergmaterial, stenmaterial = material som lossgjorts från berg genom sprängning eller naturliga processer

Borgmästarsten = Ofta menas gångbanehällar med klippta långsidor i kombination med gatsten. Ordet ges olika innebörd av olika användare, varför ordet inte bör användas om man inte samtidigt definierar vad man avser. Det är bättre att använda ordet gångbanehäll och ange om långsidan ska vara klippt, råhuggen eller sågad.

Bärlager = har som funktion att utgöra ett jämnt och fast underlag för slitlagret och att fördela och föra ner lasterna till underliggande lager. Lagret finns närmast under sättsandslagret. Fraktion samkross 0-40 är vanligast. Skall ha plan överyta och vara väl packat. Tjocklek 80 - 150 mm.

Bundet bärlager = bärlager som stabiliserats med tillsatser av bitumen, cement eller kalk. Bundet bärlager har oftast begränsad genomsläpplighet för vatten. Finns även s.k. dränerande bundna bärlager men de är inte säkert dränerande i längden.

Obundet bärlager = bärlager av krossmaterial, ev. naturgrus, utan tillsats av bitumen eller cement. Se Bärlager ovan.

Böjdraghållsfasthet = böjdraghållfastheten uttrycker den högsta påkänning vid böjning, som stenen kan utsättas för, utan att brott inträffar.

Böjpåkänning = kraft per ytenhet som skapar en böjspänning i stenmaterialet.

GC = trafikklass för väg med endast gång- och cykeltrafik samt enstaka lätta fordon

Dränerande fog = fog som är genomsläpplig för vatten.

Dynamiska sidokrafter = horisontella krafter som påverkar hällen

Egenkontroll = kontroll som entreprenören själv utför och dokumenterar
Enkla förband = rektangulära hällar med genomgående eller förskjutna fogar

Fall = en ytas lutning för att vatten ska rinna av, ofta i storleksordningen 2%. Se även avrinning ovan

Fallande längder = längden på hällar varierar slumpmässing från 1,5 ggr bredden till 3 ggr bredden. Fogförskjutningen vid läggning ska vara en femtedel av hällens bredd, dock minst 100 mm

Fasad kant = mötet mellan två sidor i en rätvinklig kant fasas av

Finmakadam = i AMA har fraktioner upp till 12 mm kallats för finmakadam (2/4, 4/8, 8/11). Begreppet används inte längre inom bergmaterialindustrin. Man använder däremot begreppet fin ballast som är olika för olika ballastprodukter.

Finballast = 0/2 krossad sortering enl EN standard (stenmjöl)

Fraktion = kornstorleksfördelning i en massa. Fraktionen 4-8 mm innebär t.ex. att en viss % (t.ex.75 %) av produkten ligger inom området 4 – 8 mm (fraktionen) medan t.ex. 15 % ligger under 4 mm, underkorn, och t.ex. 10 % ligger över 8, överkorn.

Fogmaterial = utgörs antingen av natursand, finmakadam eller stenmjöl

Fogning = att fylla fogen med för ändamålet lämpligt material

Fogsand = sand till fyllning av fogar mellan gatstenar, plattor, hällar mm

Fogsprång = nivåskillnad från platta till platta

Förstärkningslager = lager som för ner laster till underbyggnaden samt förhindrar uppkomst av skadliga tjällyft. Vilar på terrassen och skall vara jämntjockt packat

Genomgående fog = det finns ingen förskjutning mellan plattor. Genomgående fog i båda riktningarna innebär att alla plattor ligger hörn i hörn.

Löpfog = den längsgående fogen

Stötfog = fogen som går mellan löpfogar (eg. murarterm)

Grus = grovkorning eller blandkornig jordart där grusfraktionen (2 – 63 mm) dominerar
Gräsfog = fogen är till ca 15 mm under plattans överyta fylld med växtjord där gräs har såtts

Häll = naturstensplatta vanligen av granittyp med storlek > 0,1 m2

Kantsten = den sten som används för att avgränsa olika ytor

Kantstöd = stöd främst för avgränsning av ytor på olika nivåer

Klippt kant = korrekt benämning kantsida
Klippt kantsida = kantsidan har formats med hjälp av hydraulisk klipputrustning

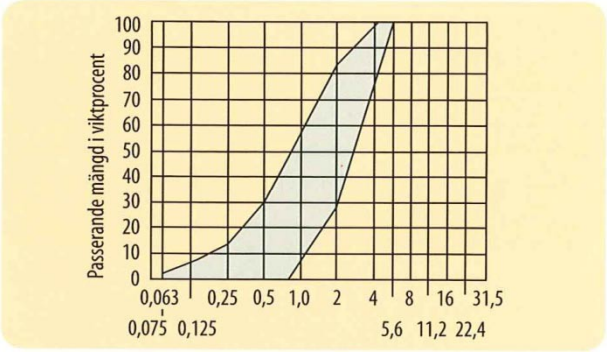
Huggen kantsida = begreppet huggen kantsida bör inte inte användas eftersom det kan missförstås. Ibland har man tolkat det som ”gradhuggen” dvs krysshamrad. (Olyckligtvis har begreppet smugit sig in i vissa skrifter även från stenindustrin)

Råkilad kantsida = kantsidan har formats genom kilning där märkena efter kilhålen huggits bort

Krossmaterial = material som tillverkats genom krossning av stenmaterial. Exempel: bergkrossmaterial och gruskrossmaterial

Makadam = krossat bergmaterial i fraktioner mellan 2 och 63 mm

Natursand, sand = grovkornig eller blandkornig jordart där sandfraktionen (0,063-2 mm) dominerar



Oregbundna hällar = hällar med mer än 4 hörn

Samkross = bergkrossmaterial, fraktionsgränser 0 och 200 mm. Exempel på vanligen förekommande fraktioner: 0-16, 0-32, 0-40, 0-63, 0-150

Stenmjöl = bergkrossmaterial, fraktionsgränser 0 och 8 mm.Vanligt förekommande fraktioner: 0-2, 0-4, 0-8 (ej standardiserad benämning)

Tvättat stenmjöl = material mindre än 0,063 är borttvättat

Siktkurva = Siktkurvan anger gränserna för hur stor andel av de olika kornstorlekarna som får förekomma i en angiven produkt
Sättning = markytans sjunkning på grund av underliggande jordlagers kompression

Sättsand = sand eller stenmjöl som underlag för plattor, gatsten o dyl

Terrass = gränsytan mellan överbyggnaden och de i huvudsak naturliga jord- och bergmassorna inom schakt- resp. fyllnadsområdet.

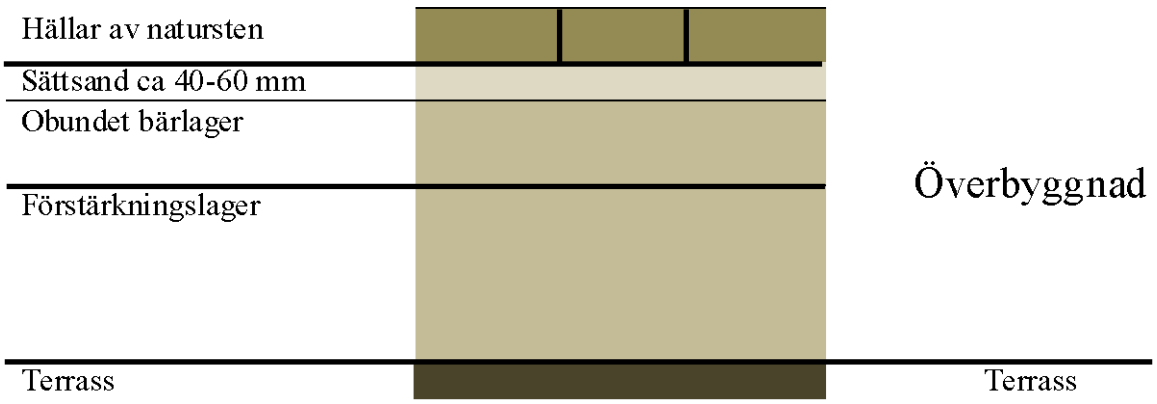
Tvärfall = en (väg)ytas sidolutning

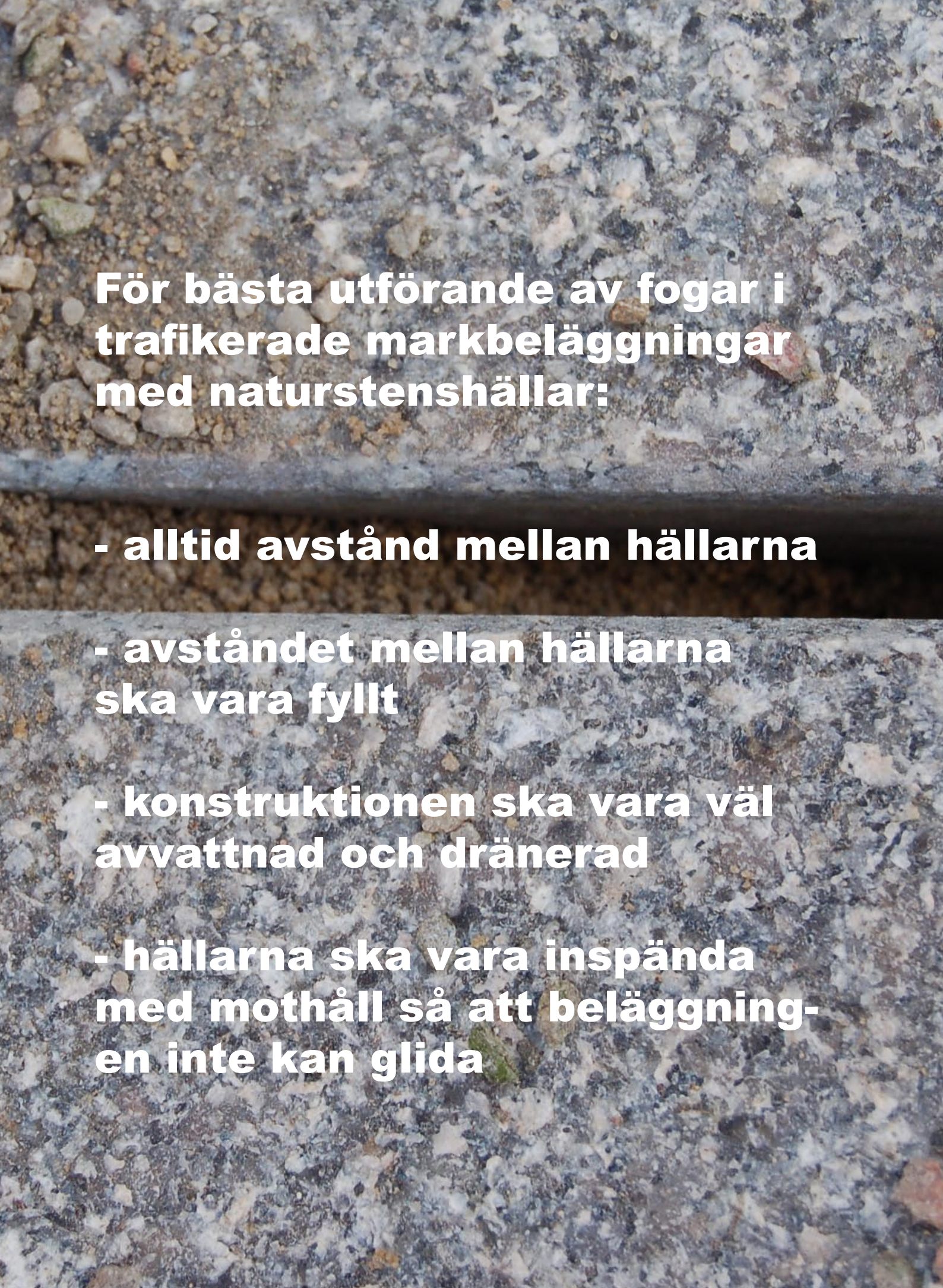
Täta fogar = fogmaterialet utgörs av ej vattengenomsläppligt material.

Vibroplatta = Vibrationsplatta. Maskin som används till att packa underlaget vid plattläggningsarbeten

Välgraderad sand = sanden innehåller ungefär lika delar av alla kornstorlekar inom fraktionsgranserna

Överbyggnad = den del av konstruktionen som byggs på terrassen. Se nedan:





För bästa utförande av fogar i trafikerade markbeläggningar med naturstenshällar:

- alltid avstånd mellan hällarna

- avståndet mellan hällarna ska vara fyllt

- konstruktionen ska vara väl avvattnad och dränerad

- hällarna ska vara inspända med mothåll så att beläggningen inte kan glida