

”Betydelsen av naturstenshällens ytbearbetning mot underlaget för att undvika att stenen glider i sidled”

**“The importance of the natural stone's surface against its base
in avoiding the stone sliding sideways”**

Axel Lilja



Examensarbete 15 hp
Landskapsingenjörsprogrammet.
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Alnarp 2013

"Betydelsen av naturstenshällens ytbearbetning mot underlaget för att undvika att stenen glider i sidled"

"The importance of the natural stone's surface against its base in avoiding the stone sliding sideways"

Axel Lilja

Handledare: Anders Folkesson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Btr handledare: Kurt Johansson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0359

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Examen: *Landskapsingenjör, kandidatexamen i teknologi.*

Ämne: Teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: Juni, 2013

Omslagsbild: Axel Lilja

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Naturstenshällar, glidningar i en beläggning, ytbearbetning, "Grå-gröna sytemlösningar för hållbara städer".

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.

Sammanfattning

Problemet med att stenen i beläggningar, naturstenshällen, glider mot underlaget p.g.a. för låg friktion är ett stort och kostsamt problem för både beställare och entreprenör. För att försöka besvara frågan om hur mycket stenens ytbearbetning på undersidan påverkar friktionen vid olika vertikal belastning har ett stort antal tester genomförts.

Stenens undersida har testats med tre olika nybearbetningar sågad, flammad och krysshamrad.

Stenarna har sedan med tre olika vertikal belastning dragits i fyra olika sättsandsunderlag, torrt respektive fuktat stenmjöl och torrt respektive fuktat stenkross (2-4 mm, "flis"). För att säkerställa skillnaderna har en statistisk analys genomförts.

Den första iakttagelsen som har gjorts är att den krysshamrade stenen i 6 av 6 fall har större friktion mot underlaget än de andra ytbearbetningarna, oberoende av variation i vertikal belastning på fuktat stenmjöl och stenkross. Skillnaderna uttryckt i procent skiljer sig som mest för den krysshamrade ytan med 23% jämfört mot den sågade ytan vid lägsta belastning. Skillnaderna består men de blir mindre när den vertikala belastningen ökar. I dagligt bruk är ju alltid underlaget mer eller mindre fuktat och min undersökning visar tydligt att krysshamrad sten alltid har en högre friktion mot fuktat underlag.

Testet visar också att vid liten vertikal belastning på stenkross så är skillnaderna mycket små mellan ytbearbetningarna.

I testet som gjorts på torrt stenmjöl och stenkross är det den krysshamrade som har högst friktion mot underlaget i 4 av 6 fall. Intressant att notera är att friktionen är märkbart högre på torrt underlag än fuktat. Rent praktiskt så ökar det vikten av att ha en väl-dränerad överbyggnad.

Resultatet framgår på ett mycket tydligt sätt i diagrammet fig 3, , se också bilaga 9 och 10

Innehållsförteckning

Sammanfattning	I
Innehållsförteckning	II
Förord	IV
1 Inledning	1
1.2 Bakgrund	1
1.3 Syfte och frågeställningar	2
1.4 Mål	2
1.5 Avgränsningar	2
2 Litteraturstudie	3
2.1 Friktion mot underlaget	3
2.1.1 Motstöd	4
2.1.2 Bearbetad undersida.	4
2.1.3 Beläggningsmönster.	5
3 Metod och genomförande	5
3.1 Metod	5
3.2 Genomförande	6
3.3 Statistisk metod	7
3.3.1 Medelvärden.	7
3.3.2 Variansanalys.	7
3.3.3 Post hoc-test.	7
4 Resultat och diskussion	7
4.1 Resultat	7
4.1.1 Torrt stenmjöl.	8
4.1.2 Fuktat stenmjöl	8
4.1.3 Torr stenkross.	8
4.1.4 Fuktad stenkross.	9
4.2 Diskussion	10
4.2.1 Vertikal belastning.	11
4.2.2 Ytbearbetning och underlaget.	11
4.2.3 Validitet.	12
5 Källförteckning	13

6	Bilagor	13
	BILAGA 1. TORRT STENMJÖL, testvärden.	14
	BILAGA 2. TORRT STENMJÖL, ANOVA-analys.	15
	BILAGA 3. FUKTAT STENMJÖL, testvärden	16
	BILAGA 4. FUKTAT STENMJÖL, ANOVA-analys	17
	BILAGA 5. TORR STENKROSS, testvärden	18
	BILAGA 6. TORR STENKROSS, ANOVA-analys	19
	BILAGA 7. FUKTAD STENKROSS, testvärden	20
	BILAGA 8. FUKTAD STENKROSS, ANOVA-analys	21
	BILAGA 9. DIAGRAM, fuktigt underlag	22
	BILAGA 10. DIAGRAM, torrt underlag	23

Förord

Denna rapport ingår i projektet "Grå-gröna systemlösningar för hållbara städer". Syftet med denna del är att genom en empirisk studie fastställa eventuella skillnader i friktion mot underlaget mellan olika ytbearbetningar på undersidan av naturstenshällar när de används som gatubeläggning. Det är tanken att resultatet ska kunna användas för bedömningen om det är värt merkostanden med dyrare ytbearbetning på naturstenen som ska användas till en gatubeläggning. Denna bedömning ingår inte detta arbete.

Det är idag ett stort problem att naturstenen glider på underlaget på grund av låg friktion. Detta arbete försöker visa på skillnader i friktion mellan olika ytbearbetningar på stenens undersida och hur de reagerar vid olika underlag och olika vertikal belastning. Under våren har 360 olika dragprov gjorts och jämförts med hjälp av statistisk analys för att se om det är några mätbara skillnader.

Jag vill tacka följande personer och företag som gjort detta arbete möjligt.

Ett stort tack till:

Adjungerad professor Kurt Johansson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Universitetsadjunkt Anders Folkesson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Universitetslektor Jan-Eric Englund, SLU, institutionen för biosystem och teknologi

Emmaboda Granit AB och StenForsk AB har generöst bidragit med allt material till testerna.

1 Inledning

1.2 Bakgrund

Problemet med att stenen i beläggningar glider mot underlaget p.g.a. för låg friktion är ett stort och kostsamt problem för både beställare och entreprenör. Då det ofta rör sig om stora beläggningar och höga anläggningskostnader uppstår tvister efter slutförda jobb, när beläggningen i körytan börjar glida.



Figur 1. Exempel på glidningar ifrån Norrbro i Stockholm (Foto: Lilja)

Med dagens bearbetningsteknik får stenarna mycket jämna ytor och tillfredsställer entreprenörernas krav på snäva tjocklekstoleranser. Det är denna jämna yta, i kombination med det släta underlaget och trafikbelastningen, som gör att problemet uppstår.

Det har diskuterats huruvida olika ytbearbetningar på stenens undersida gör skillnader i friktion mot sättsanden, och på så sätt minskar eller ökar rörelsen i beläggningen. Frågan har bland annat uppmärksammats av Adj. Professor Kurt Johansson vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU.

Denna rapport har som ambition att öka kunskapen om vilken ytbearbetning på undersidan hos naturstenshällar som ger bäst friktion mot sättsanden. Resultatet av rapporten ska kunna användas som en referens när naturstenshällar ska användas som gatubeläggning. I detta arbete görs en empirisk studie som undersöker eventuella skillnader i friktion av olika ytbearbetningar i kombination av olika underlag. Testerna kommer utföras med en rad olika faktorer. Ytbearbetningar som testas är sågad, flammad samt krysshamrad.

Med ytbearbetning avses alltid i denna rapport undersidan av stenarna. De underlag som testerna kommer att utföras på är stenmjöl (0-8 mm) och stenkross (2-4 mm). Eftersom överbyggnaden naturligt har en viss fuktighet är det också intressant att undersöka om förhållandet fuktigt respektive torrt sättmaterial är av betydelse. Därför kommer testet att utföras på både fuktat och torrt underlag.

1.3 Syfte och frågeställningar

Det finns olika hypoteser om vilken betydelse ytbearbetningen hos stenen har, i frågan om glidningar i beläggningar, som utsätts för trafikpåverkan. Denna rapport har som utgångshypotes Kurt Johanssons hypotes, att det är en viss skillnad mellan de olika ytbearbetningarna men att detta inte har någon större betydelse.

Syftet med denna rapport är att undersöka hur naturstenens ytbearbetning påverkar stenens friktion mot underlaget. Om det är någon skillnad i friktion mellan de olika ytbearbetningarna, hur stor är den i så fall?

Den huvudsakliga frågeställningen är följande: "Minskar rörelsen mot överbyggnaden i en naturstensbeläggning, under trafikpåverkan, beroende på vilken ytbearbetning stenens undersida har?"

Under förutsättning att det visar sig att ytbearbetningen har betydelse i sammanhanget, uppstår några naturliga följdfrågor:

"Vilken av de testade ytbearbetningarna är mest lämplig för att minimera glidningar?"

"Hur stor är denna friktionsskillnad?". Detta ska sedan ligga till grund för det mycket viktiga ställningstagandet: "Lönar det sig att kosta på en dyrare ytbearbetning för att öka stabiliteten?" (Denna bedömning ingår inte i detta arbete).

"Vilken roll spelar underlaget, är det skillnad mellan stenmjöl kontra stenkross samt har underlagets fuktighet någon betydelse?"

1.4 Mål

I detta arbete har jag som mål att, mäta skillnaden i dragkraft för att övervinna vilofriktionen hos granitstenshållar med olika ytbearbetningar på undersidan samt utröna huruvida naturstenens ytbearbetning har en liten eller stor betydelse för stenens glidning mot underlaget.

1.5 Avgränsningar

Testet kommer att begränsas till de tre vanligaste ytbearbetningarna av sten; sågad, flammad respektive krysshamrad.

Av resursmässiga skäl har jag valt att testa endast den enstaka stenens friktion mot underlaget. Således undersöks inte om flera stenar bredvid varandra i en beläggning ger en ökad eller minskad friktion.

Vågen som användes har en maxkapacitet på 50 kg. Därför har testet begränsats till att som mest tre stenar dras samtidigt.

Ytterligare en avgränsning är att det inte tas någon hänsyn till den eventuella effekt som uppstår när man lägger stenar av olika tjocklek bredvid varandra. Denna skillnad i stenens tjocklek kallas för hyvelkant.

Beläggningar av naturmarksten läggs vanligtvis med fog. Jag kommer inte att undersöka hur/om fogen påverkar friktionen eftersom fogens roll i en beläggning är att hålla isär stenarna, inte att få beläggningen att ligga still.

Testerna utförs endast med granitsten, alltså inga andra stensorter.

2 Litteraturstudie

Det har varit en utmaning att hitta litteratur som renodlat handlar om natursten med olika ytbearbetningar och hur den glider när den används som trafikbeläggning. Jag har fått hjälp av Adj. Prof. Kurt Johansson i arbetet med att försöka hitta relevant litteratur. Även Kurt hävdar att sådan litteratur är svår att hitta. Det kan bero på att det specifika ämnet inte tidigare har studerats i detta sammanhang. Litteraturen som jag har hittat handlar om fogens betydelse, betongmarksten som beläggning och natursten i allmänhet. Trots detta tycker jag att jag har hittat en del intressanta infallsvinklar i litteraturen om hur en beläggning fungerar som en helhet. Utifrån dessa har jag kunnat dra paralleller av betydelse för denna rapport.

2.1 Friktion mot underlaget

Problemet med att granithällar glider kan till stor del härledas till de moderna produktions- och läggningsmetoderna. Idag är Sveriges stenindustriförbunds rekommendationer för toleranskravet avseende tjocklek hos sågade hällar ± 4 mm (baserat på SS-EN 1341, klass 2) vilken kan minskas till ± 2 mm av entreprenörerna för att läggningen ska kunna effektiviseras. Detta innebär att ju jämnare tjocklek det är på stenarna så behöver inte entreprenören "banka ner" stenarna olika mycket för att få en jämn beläggning på ovensidan. Denna minskning i stenens tjocklek är i sig inget dåligt, snarare tvärtom, då det underlättar läggningsarbetet men i avseendet av vad denna rapport handlar om är minskningen troligtvis inte så bra, eftersom det innebär att stenarna blir mer eller mindre jämntjocka och den ojämnheter som t.ex. uppstår i en beläggning med råkilad gatsten uteblir. Med jämntjocka stenar uteblir den så kallade "hyvelkanten", vilken finns när stenarna är olika tjocka (**Jallow m.fl. 2011**). Författarna har inte försökt att beräkna eller genom prov fastställa den

friktionskraft som skapas av denna "hyvelkant", utan konstaterar rent förnuftsmässigt att viss friktion borde uppstå.

Enligt Jallow, Johansson & Rolf (2011) är det rimligt att anta att glidningarna påverkas av de olika parametrarna fordonstrafik, beläggningsmönster, plattstorlek och beläggningsytans storlek. De påpekar samtidigt att hållarna förskjuts i förhållande till varandra men att fogen inte har någon skuld i frågan om glidningar, då den inte kan stå emot dragkrafter eftersom dess funktion är att hålla isär hållarna. De konstaterar att glidningen istället borde bero på belastningssituationen.

2.1.1 Motstöd. En möjlig lösning är att försöka skapa vad författarna kallar "total friktion". De menar att detta går att uppnå med hjälp av så kallade "spärrstenar". Det skulle kunna vara kantstenar som förankras i bärlaget så att de får en större motståndskraft mot förskjutningen. Alltså att det mellan två parallella motstöd erhålls inspärning. Dessa stenar skulle då placeras i körriktningens längdriktning. Teorin med "spärrstenar" stöds av de punktformade motstöd t.ex. en gatubrunn som är vanliga i beläggningar. Då ser man att glidningen stoppas upp och stenarna framför brunnen stannar upp men stenarna vid sidan av brunnen "flyter".

En annan teori om motstöd som presenteras är "systematisk tjockleksskillnad". Idén går ut på att använda sig av jämntjocka hållar uppdelade i två tjockleksgrupper, t.ex. 80-120 mm. Sedan läggs fält med de olika tjocklekarna ut. Det skulle betyda att en "hyvelkant" på 40 mm uppstår t.ex. var femte meter. Fälts tjocklek och avstånd anpassas till lägningsprocessen och trafikbelastningen.

En faktor som talar emot den förstnämnda metoden av motstöd är att kantstöden som placeras i bärlagret och hållar som placeras i sättsanden trycks ner olika, sättsanden komprimeras under hållarna men inte under motstödet. Detta gör att ojämnheter uppstår i körytan.

2.1.2 Bearbetad undersida. Jallow, Johansson & Rolf (2011) ställer sig frågan om en krysshamrad undersida kan öka friktionen mot underlaget. Krysshamringen ger ojämnheter på 3 mm. De har en teori om att vibrationerna från trafiken gör så att ojämnheterna fylls igen av sandkornen från sättsanden. Utifrån detta hyser de tvivel att ojämnheterna består och hjälper till mot glidningar och menar att detta borde studeras närmare. Vidare konstaterar författarna att en flammad undersida ger en närmast plan ytbearbetad yta.

En råkilad undersida och en större individuell tjockleksvarians skulle ge en ökad friktion tror Jallow, Johansson & Rolf (2011). Detta är dock en produkt som tyvärr inte går att använda sig av idag på grund av den höga produktionskostnaden för stenen och det arbetsintensiva lägningsarbetet. Varje sten behöver läggas och justeras individuellt vid lägningsarbetet. Det skulle helt enkelt bli alldeles för dyrt att använda till en hel beläggning menar författarna.

2.1.3 Beläggningmönster. Inom markbetongindustrin betonas vikten av att en beläggning låses genom läggningmönstret och då indirekt av plattans form. Naturstensindustrin har också dragit denna slutsats. De anser att beläggningar därför bör läggas med fogen förskjuten och inte genomgående i trafikens längdriktning, vilket medför att en eventuell förskjutning inte blir så påtagligt i mönsteruttrycket. Jallow, Johansson & Rolf (2011) drar också slutsatsen att ett fiskbensformat mönster skulle kunna sprida trycket från trafiken på ett positivt sätt.

3 Metod och genomförande

3.1 Metod

Jag har valt att göra en empirisk studie genom att utföra ett praktiskt experiment och dra slutsatser utifrån det. Min metod har varit att dra stenar med olika ytbearbetningar på fyra olika underlag för att se vid vilken kraft som de har rubbats för att kunna bedöma de olika ytbearbetningarnas friktion.

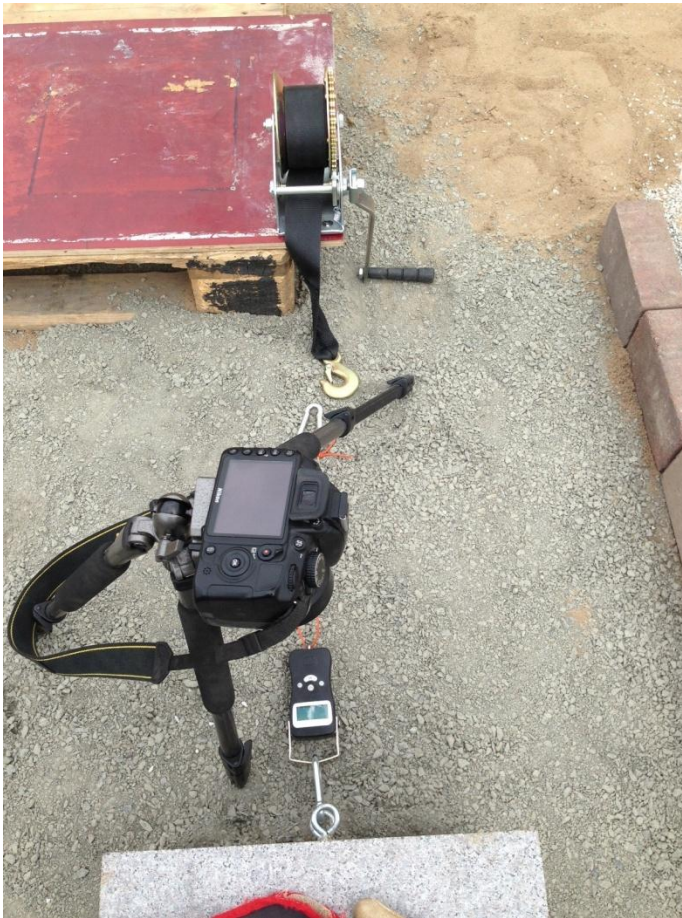
Testerna har gjorts i en sandlåda på Alnarp. För att kunna göra testerna med en likartad mätmöjlighet för varje sten har jag utfört testet på följande vis: Stenarna som har använts har måtten 350x350x80 mm och väger 26 kg/st. I testet ingick totalt 15 stycken stenar, alltså fem stycken av varje typ av ytbearbetningar. Testet har utförts både på torrt och fuktat underlag.

1. Först har jag utjämnat, med vibrator, och rakat av en större yta i sandlådan.
2. Sedan har två olika ytor preparerats, vardera om 0,5x1x0,05 m (BxLxH). Yta 1 med stenmjöl (0-8 mm) och yta 2 med stenkross (2-4 mm). Respektive sättsand har lagts ut i två omgångar. Först hälften som har tryckts till med vibrator. Sedan resten som inte har tryckts till.

Efter att testplatsen iordningställts gick arbetet vidare med att förbereda testredskapen.

3. I varje sten har det fästs en ögla i ett borrarat hål med hjälp av Plastic Padding.
4. En vinsch med nylonband med maxlast 525 kg har använts för att få ett lika jämnt drag i varje försök. Vinschen har monterats på en platta som har fästs på en lastpall som fixerats mot underlaget med hjälp av ca 125 kg.
5. För att kunna läsa av värdet på vågen när vilofriktionen bryts så exakt som möjligt har en kamera placerats ovanför vågen och ett foto har tagits när stenen har rört på sig.
6. Vågen har varit fastkopplad mellan ögla och vinschen med hjälp av karbinhakar.

När alla förberedelser var klara var det dags att genomföra testet.



Figur 2. Testplats under pågående test. (Foto Lilja)

3.2 Genomförande

För att säkerställa att testet genomförts lika i alla försöken har jag genomfört varje testförsök på exakt samma sätt.

Så här har testerna genomförts:

- Varje testserie har innehållit tio drag. Efter varje enskilt drag har den vall som eventuellt bildats sopats bort.
- Efter varje testserie om tio drag har stenen/stenarna lyfts bort och underlaget har jämnats till på samma sätt med hjälp av vattenpass
- Tre olika vertikala belastningar har testats. Först stenen i sig självt, därefter ytterligare en sten lagd ovanpå och till sist en tredje sten lagd ovanpå
- Fyra underlag har testats. Torrt respektive fuktat stenmjöl samt torr respektive fuktad stenkross

Sammanlagt har 360 stycken drag gjorts. Se bilaga 1-4

Testet har påbörjats med en sten. Den har placerats på det preparerade underlaget, vågen och vinschen har kopplats fast med karbinhakar. Sedan har jag börjat veva in vinschen så att bandet har spänt sig och i det ögonblick stenen har rubbats, har jag tagit en bild av

vågen för att dokumentera värdet. Därefter har jag fört in det i tabellen i Excelarket. Efter avläsning har bandet slackats, eventuell vall sopats bort och sedan har nästa försök i serien genomförts på samma sätt. Efter en serie om tio drag har stenen lyfts bort, ytan har preparerats och nästa försök i serien har inletts. Proceduren har upprepats med ytterligare en respektive två stenar ovanpå den första. Alla serier med samma ytbearbetning och underlag är gjorda med samma grundsten.

Resultatet har sammanställts i tabeller som redovisas i bilaga 1-4

3.3 Statistisk metod

En stor del av arbetet har bestått i att sammanställa och tolka värdena från testet. För att kunna analysera och jämföra värdena har jag gjort en statistik analys. För detta har jag tagit hjälp av Jan-Eric Englund, statistiker vid institutionen för biosystem och teknologi vid SLU.

3.3.1 Medelvärden. I planeringsfasen bestämdes att tio upprepningar per sten, underlag och ytbearbetning skulle göras för att försöka få ett så statistiskt säkerställt resultat som möjligt.

3.3.2 Variansanalys. För att kunna jämföra fler än två olika grupper av medelvärde, måste man använda sig av en statistisk metod som kallas för ANOVA (variansanalys).

Variansanalys är en grupp statistiska metoder för hypotesprövning som används för att undersöka skillnader i medelvärde mellan fler än två grupper. Den testar nollhypotesen att alla medelvärden är lika. Enkelt uttryckt så jämför ett ANOVA-test variationen inom grupperna med variationen mellan grupperna. Det betyder att man kan vara 95 % säker på att åtminstone ett medelvärde skiljer sig från de andra på ett signifikant sätt och att skillnaden inte beror på slumpen. Metoden talar dock inte om vilket medelvärde det är som skiljer ut sig i förhållande till de andra.

3.3.3 Post hoc-test. För att ta reda på vilka grupper medelvärden som är signifikant skilda från varandra har ett så kallat Tukey HSD (honestly significant difference) test gjorts. Ett sådant test säkerställer statistiskt signifikanta skillnader mellan medelvärden. Testet visar var den möjliga skillnaden inom en deltests grupp ligger. Skillnaderna beskrivs genom att de tilldelas olika bokstäver, A, B och C. Får två olika serier i ett deltest samma bokstav betyder det att det inte är någon signifikant skillnad mellan medelvärdena (Körner & Wahlgren 2006).

4 Resultat och diskussion

4.1 Resultat

Testet har gått till som beskrivits under rubriken "Genomförande". Resultatet redovisas genom att skillnaden i friktion mellan ytbearbetningarna sågad, flammad och krysshamrad jämförs. Underlagen som testerna har utförts på är stenmjöl (0-8 mm) och stenkross (2-4

mm), torrt och fuktigt. Värdena som presenteras nedan är medelvärde för en testserie om 10 drag.

Testet består av följande delar:

- Fyra grupper: torrt stenmjöl, fuktat stenmjöl samt torr stenkross och fuktad stenkross
- Tolv deltester. En sten fyra gånger, två stenar fyra gånger samt tre stenar fyra gånger
- Tre testserier per ytbearbetning, tillsammans 30 drag

4.1.1 Torrt stenmjöl. En (1) sten – 26 kg. Inom detta deltest konstaterar vi att stenen med sågad ytbearbetning på undersidan bryter sin vilofriktion vid en genomsnittlig kraft av 116,82 drag N (N). Den krysshamrade stenen rubbas vid 143,02 N, vilket är en 22% större friktion. Den flammade stenen behöver en kraft av 153,50 N, vilket är en 32% ökning i friktionen. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna signifikanta. Bilaga 1-2

Två (2) stenar = 52 kg. Inom detta deltest konstaterar vi att de två sågade stenarna rubbas vid 273,90 N. De två flammade stenarna rubbas vid 294,44 N, vilket är en ökning i friktion på 7% inom deltestet. De två krysshamrade stenarna rubbas vid 309,36 N, en ökning inom deltestet med 13%. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna signifikanta. Bilaga 1-2

Tre (3) stenar – 78 kg. De sågade kräver 438,34 N och de 3 flammade kräver 441,23 N, vilket är en obetydlig ökning i friktion. De 3 krysshamrade är 502,73 N, vilket är en ökning med 14% inom deltestet. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna signifikanta. Bilaga 1-2

4.1.2 Fuktat stenmjöl. En (1) sten – 26 kg med sågad ytbearbetning på undersidan bryter sin vilofriktion vid en genomsnittlig kraft av 131,20 N. Den flammade stenen rubbas vid 149,47 N, vilket är en 14% större friktion. Den krysshamrade stenen behöver en kraft av 161,4, Vilket är en 23% större friktion. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikanta. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna signifikanta. Bilaga 3-4

Två (2) stenar – 52 kg. Inom detta deltest konstaterar vi att de två sågade stenarna rubbas vid 270,84 N. De två flammade stenarna rubbas vid 311,06 N, vilket är en ökning på 15% inom deltestet. De två krysshamrade stenarna rubbas vid 320,14 N, en ökning inom deltestet med 18%. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna signifikanta. Bilaga 3-4

Tre (3) stenar – 78 kg. De sågade kräver 440,86 N och de flammade kräver 441,96 N, alltså är skillnaden mellan sågad och flammad vid en belastning av 78 kg obetydlig. Den krysshamrade är 481,87 N, vilket är en ökning med 9% inom deltestet. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är inte ytbearbetningarna "flammad" och "sågad" signifikant skilda åt. Bilaga 3-4

4.1.3 Torr stenkross. En (1) sten – 26 kg. Inom detta deltest konstaterar vi att alla resultat är mycket lika och skillnaderna är obetydliga. Stenen med sågad ytbearbetning på undersidan bryter sin vilofriktion vid en genomsnittlig kraft av 146,84 N. Den krysshamrade

stenen rubbas vid 147,62 N, vilket är en ökad friktion på 1%. Den flammade stenen behöver en kraft av 149,86 N, vilket är en ökning på 2% i friktion. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som inte signifikant. Enligt Tukey HSD test är inte skillnaderna signifikanta. Detta är det deltest där skillnaderna är som minst. Bilaga 5-6

Two (2) stones – 52 kg. Inom detta deltest konstaterar vi att de två sågade stenarna rubbas vid en kraft på 267,52 N. De två flammade stenarna rubbas vid 273,68 N, vilket är en ökning i friktion på 2% inom deltestet. De två krysshamrade stenarna rubbas vid 295,95 N, en ökning inom deltestet med 10%. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna mellan ytbearbetningarna flammad och sågad inte signifikanta.

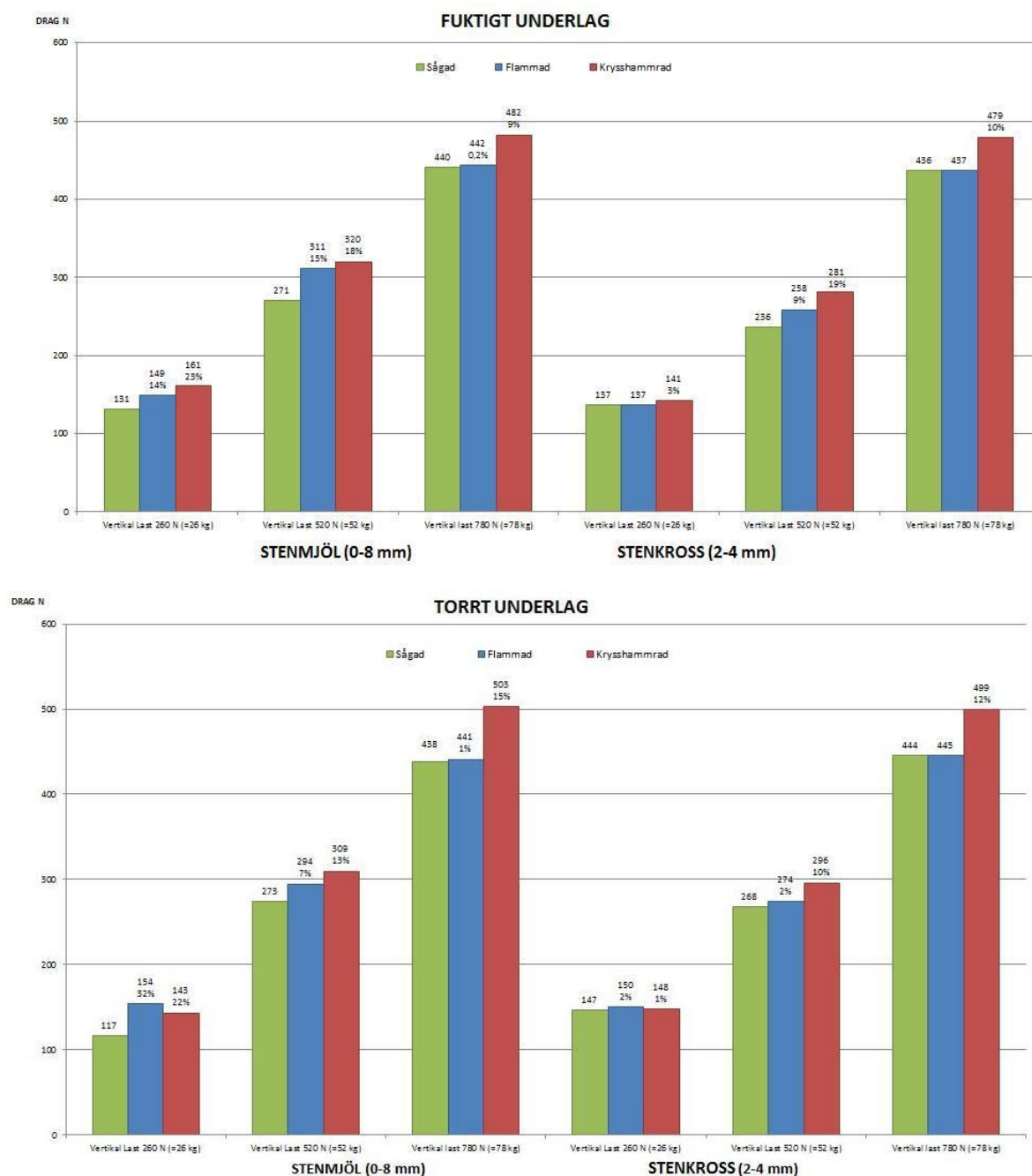
Bilaga 3

Three (3) stones – 78 kg. De sågade kräver 443,62 N och den flammade kräver 445,36 N för att rubbas, vilket är en obefintlig skillnad i friktion. Den krysshamrade rubbas vid 499,00 N, vilket är en ökning med 12% inom deltestet. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna mellan ytbearbetningarna flammad och sågad inte signifikanta. Bilaga 5-6

4.1.4 Fuktad stenkross. *One (1) stone* – 26 kg. Inom detta deltest har den sågade och den flammade exakt samma medelvärde. De bryter sin vilofriktion vid en kraft av 136,90 N. Den krysshamrade vid 141,36 N. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant även om det är mycket små skillnader. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna mellan ytbearbetningarna krysshamrad och sågad inte signifikanta. Bilaga 7-8

Two (2) stones – 52 kg. Inom detta deltest konstaterar vi att de två sågade stenarna har lägst friktion och rubbas vid 236,34 N. De två flammade stenarna rubbas vid 257,65 N, vilket är en ökning med 9% inom deltestet. De två krysshamrade stenarna rubbas vid 280,73 N, en ökning inom deltestet med 18%. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna signifikanta. Bilaga 7-8

Three (3) stones – 78 kg. Resultatet är att skillnaden mellan sågad och flammad är liten. Den sågade kräver 436,23 N och den flammade kräver 436,86 N, alltså är skillnaden mellan sågad och flammad vid en belastning på 78 kg nästan obetydlig. Den krysshamrade är 479,48 N, vilket är en ökning med 10% inom deltestet. ANOVA-testet bekräftar detta resultat som signifikant. Enligt Tukey HSD test är skillnaderna mellan ytbearbetningarna flammad och sågad inte signifikanta. Bilaga 7-8



Figur 3. Diagram som visar resultaten. (Alla siffror i diagrammet är avrundade till närmsta heltal)

4.2 Diskussion

Enligt mina tester så minskar betydelsen av undersidans ytbearbetning för friktionen mot underlaget i takt med att den vertikala belastningen ökar. Skillnaderna inom varje deltest blir mindre. Samtidigt kan det konstateras att det behövs mer än tre gånger så stor kraft att rubba tre stenar som en sten. Förhållandet tyngd-kraft är alltså inte konstant.

Efter testet kan vi konstatera att en dubbling av vikten mer än dubblar den kraft som behövs för att bryta vilofriktionen på underlaget fuktat stenmjöl. Även om skillnaderna inom

varje deltest blir mindre i takt med att belastningen ökar så kan vi konstatera att det behövs mer än tre gånger så mycket kraft för att rubba 3 stenar än 1. Exempelvis, för att rubba 1 sågad sten behövs en kraft av 50% av vad den väger, medan det behövs 57 % av vad 3 stenar väger för att rubba dem. Alltså minskar betydelsen av undersidans ytbearbetning ju mer vertikal belastning som läggs på stenen. Detta bevisas av att de flammade och sågade stenarna inte går att särskilja i deltestet med 3 stenar. Krysshamrad ytbearbetning ger bäst friktion på underlaget fuktat stenmjöl.

Vi kan i enlighet med vår utgångshypotes konstatera att det finns skillnader mellan de olika ytbearbetningarna, men att det inte är så stora att problemen med glidningar inte kommer att uppstå för att man väljer en dyrare ytbearbetning. Jag tror istället att teorin som handlar om att lösa problemet med motstöd är en effektivare lösning.

Vid jämförelse mellan de tre stenarna är det alltid små skillnader mellan sågad och flammad. Den krysshamrade stenen har generellt sett, oavsett sättsand samt om den är torr eller fuktig, en högre friktion. Skillnaderna minskar vid lägre vertikal belastning.

4.2.1 Vertikal belastning. Efter testet kan vi konstatera att en dubblering av vikten mer än dubblar den kraft som behövs för att bryta vilofriktionen.

Vid hög belastning kan vi konstatera att underlagets betydelse minskar. Skillnaderna i friktion är små i samtliga fall.

4.2.2 Ytbearbetning och underlaget. Vi har ställt oss frågan hur undersidans ytbearbetning påverkar friktionen. Vi kan dra slutsatsen att krysshamrad yta ger störst friktion, och därmed bäst användbarhet, i 60% av fallen.

Undantaget är flammad yta på torrt stenmjöl vid låg vertikalbelastning. När stenkross används är det ingen skillnad i friktion beroende på stenarnas ytbearbetning vid låg vertikal belastning.

Vid låg vertikal belastning i de olika underlagen kan vi konstatera att det är skillnad mellan torrt och fuktigt underlag. Den högsta friktionen ger fuktat stenmjöl som underlag med en krysshamrad undersida. Om vi sedan fortsätter och tittar på den krysshamrade stenen har den i åtta fall av tolv högst friktion. Det visar att detta är den ytbearbetning som oftast har högst friktion oavsett underlag.

Vi kan också konstatera att torrt underlag i bägge fallen ger den högsta friktionen vid hög vertikal belastning.

Intressant är att konstatera att den flammade ytbearbetningen är bäst i de två torra testerna med låg vertikal belastning, och nästan lika bra som krysshamrad i det fuktiga stenkross testet med låg vertikal belastning.

Vi drar slutsatsen att underlagets betydelse för friktionen är olika beroende på stenens vertikala belastning. Som tumregel kan man säga att underlaget ger högre friktion om det är torrt!

Det finns dock ett undantag. Vid låg vertikal belastning ska krysshamrad sten läggas i fuktat stenmjöl, för att det ger högst friktion.

I båda testerna med en sten på stenkross är skillnaderna mellan fuktigt och torrt underlag ytterst små, för att inte säga obetydliga. Även skillnaderna i de andra deltesterna på stenkross är mindre än skillnaderna på stenmjöl. Skillnaderna på friktionen är större på stenmjöl.

På underlagen torrt och fuktigt stenmjöl är alla utom ett deltest signifikanta enligt Tukey HSD metoden. Detta betyder att stenens ytbearbetning har en större betydelse om man använder sig av stenmjöl.

4.2.3 Validitet. Man kan ställa sig frågan huruvida jag har lyckats skapa en realistisk mätmetod. Går det att jämföra tyngden av tre stenar med tyngden av trafik? Vad händer när beläggningen utsätts för större vertikal belastning? Tar vi t.ex. de krysshamrade stenarnas medelvärde för alla fyra dragningarna så ser vi, att "en stens medelvärde" går över tre hamnar under medelvärdet för tre stenar i alla fall utom ett, nämligen underlaget fuktat stenmjöl. Endast under dessa förutsättningar kan man säga att värdena stiger konstant med tyngden.

Vi får anta att testets validitet är endast ytbearbetningen och underlaget som stenen ligger på. I en verklig situation påverkar stenarnas förhållande till varandra och relationen till kantstöden och fogen på ett annat sätt. Alltså är testets validitet endast hög i frågan om vilken enskild ytbearbetning i relation till vilket underlag som ger den högsta friktionen.

Ytterligare kan testets validitet ifrågasättas i förhållande till den verkliga situationen. Nämligen såtillvida att mätningarna har gjorts med samma stens undersida och att jag bara ökat vikten på dem genom att lägga stenar ovanpå. Testet utgår således ifrån att alla stenar med samma ytbearbetning är likadana. Alltså antas att det inte blir någon individuell skillnad vid ytbearbetningen av stenarna inom varje bearbetningsgrupp (sågad, flammad och krysshamrad).

5 Källförteckning

Sabina Jallow, Kurt Johansson, Kaj Rolf (2011). *Fogar - i trafikerade markbeläggningar med naturstenshällar material och dimensionering*. MinBaS II Område 4 Applikationsutveckling – stenindustrin. Delområde 4.5b. Projekt 4.5b
Område landskapsutveckling Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp 2011-04-15

Svante Körner, Lars Wahlgren (2006). *Statistisk Dataanalys, Fjärde upplagan*. Studentlitteratur, Lund.

6 Bilagor

1. Torrt Stenmjöl, testvärden
2. Torrt Stenmjöl, ANOVA-analys
3. Fuktat Stenmjöl, testvärden
4. Fuktat Stenmjöl, ANOVA-analys
5. Torr Stenkross, testvärden
6. Torr Stenkross, ANAOVA-analys
7. Fuktad Stenkross, testvärden
8. Fuktad Stenkross, ANOVA-analys
9. Diagram, fuktigt underlag
10. Diagram, torrt underlag

BILAGA 1. TORRT STENMJÖL, testvärden.

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
1 STEN		1 STEN		1 STEN	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	111,4	1	153,6	1	140,6
2	111	2	154,2	2	138
3	120,4	3	153,4	3	143,4
4	120,8	4	152,2	4	146,4
5	110,2	5	153	5	145,2
6	109,4	6	152,8	6	137
7	120,6	7	151,4	7	149
8	121,2	8	155,2	8	145,6
9	121,6	9	154,2	9	138,6
10	121,6	10	155,2	10	146,4

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
2 STEN		2 STEN		2 STEN	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	275,4	1	293,4	1	302
2	270,4	2	293,4	2	325
3	277,4	3	300,4	3	301,4
4	279	4	293,4	4	301,4
5	271,4	5	291,2	5	306,6
6	279,6	6	288,6	6	307,6
7	271,4	7	297,2	7	306,2
8	270,6	8	298,6	8	299,6
9	271,4	9	295,8	9	321,8
10	272,4	10	292,4	10	322

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
3 STEN		3 STEN		3 STEN	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	438,2	1	440,4	1	505,6
2	435,2	2	441,4	2	504,9
3	432	3	444,8	3	498,8
4	439,6	4	435,6	4	505,8
5	435,2	5	443,4	5	509
6	439,4	6	437,5	6	500
7	443,8	7	437,2	7	509,8
8	439,2	8	441,4	8	493,8
9	442	9	447,6	9	505,8
10	438,8	10	443	10	493,8

BILAGA 2. TORRT STENMJÖL, ANOVA-analys.

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
1 STEN					
SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	1168,2	116,82	29,99511	C
Flammad	10	1535,2	153,52	1,512889	A
Kryss	10	1430,2	143,02	17,444	B

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	7145,267	2	3572,633	218,9471	2,06E-17	3,354131
Within Groups	440,568	27	16,31733			
Total	7585,835	29				

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
2 STENAR					
SUMMARY					

Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	2739	273,9	13,01556	C
Flammad	10	2944,4	294,44	12,70044	A
Kryss	10	3093,6	309,36	95,10933	B

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	6339,699	2	3169,849	78,70492	5,44E-12	3,354131
Within Groups	1087,428	27	40,27511			
Total	7427,127	29				

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
3 STENAR					
SUMMARY					

Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	4383,4	438,34	11,86711	B
Flammad	10	4412,3	441,23	13,75122	B
Kryss	10	5027,3	502,73	33,72011	A

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	26455,58	2	13227,79	668,7633	1E-23	3,354131
Within Groups	534,046	27	19,77948			
Total	26989,63	29				

BILAGA 3. FUKTAT STENMJÖL, testvärden

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
1 Sten		1 Sten		1 Sten	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	124,8	1	144,5	1	160
2	124,8	2	146,8	2	165,8
3	129,6	3	153	3	166,6
4	129,8	4	145,6	4	169,8
5	124,8	5	147,6	5	166,4
6	129,8	6	152	6	160,8
7	136,4	7	150,2	7	152,4
8	136,4	8	152	8	152,6
9	137,2	9	148,8	9	156,4
10	138,4	10	154,2	10	163,2

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
2 Sten		2 Sten		2 Sten	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	257,6	1	306,2	1	325,4
2	268,2	2	305,4	2	310,6
3	273,8	3	311,8	3	318,8
4	270,6	4	315,4	4	314,2
5	266,4	5	317,4	5	321
6	279	6	317,8	6	318
7	279,6	7	308,4	7	323,6
8	267,6	8	309,2	8	329,4
9	272,6	9	307,2	9	310,6
10	273	10	311,8	10	329,8

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
3 Sten		3 Sten		3 Sten	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	440,8	1	446,6	1	483,7
2	447,4	2	447,4	2	481,4
3	446,6	3	451,8	3	482,8
4	440,8	4	438,4	4	480,6
5	441,2	5	441,2	5	481,6
6	441,2	6	431	6	482,2
7	431	7	438,6	7	483,2
8	438,4	8	440,8	8	481,4
9	438,6	9	441,2	9	481,4
10	442,6	10	442,6	10	480,4

BILAGA 4. FUKTAT STENMJÖL, ANOVA-analys

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
1 STEN					
SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	1312	131,2	30,14222	C
Flammad	10	1494,7	149,47	10,99122	B
Kryss	10	1614	161,4	36,77333	A

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4627,193	2	2313,596	89,09095	1,29E-12	3,354131
Within Groups	701,161	27	25,96893			
Total	5328,354	29				

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
2 STENAR					
SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	2708,4	270,84	41,376	C
Flammad	10	3110,6	311,06	20,73822	B
Kryss	10	3201,4	320,14	49,236	A

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	13768,62	2	6884,308	185,4772	1,68E-16	3,354131
Within Groups	1002,152	27	37,11674			
Total	14770,77	29				

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
3 STENAR					
SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	4408,6	440,86	20,81822	B
Flammad	10	4419,6	441,96	32,77156	B
Kryss	10	4818,7	481,87	1,177889	A

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	10919,46	2	5459,73	299,0668	3,78E-19	3,354131
Within Groups	492,909	27	18,25589			
Total	11412,37	29				

BILAGA 5. TORR STENKROSS, testvärden

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
1 Sten		1 Sten		1 Sten	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	147,6	1	155,4	1	147,6
2	145,6	2	152,8	2	147,2
3	147,6	3	156,8	3	148,2
4	149,8	4	151,2	4	144,8
5	147,6	5	148,8	5	147,4
6	145,8	6	150,8	6	144,2
7	147,4	7	147,2	7	146,6
8	147,2	8	149,2	8	153,4
9	145,2	9	143	9	148,4
10	144,6	10	143,4	10	148,4

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
2 Sten		2 Sten		2 Sten	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	273	1	276,4	1	296,8
2	260	2	267,2	2	289,8
3	269,8	3	275,4	3	299,8
4	264,8	4	275,4	4	301
5	262,8	5	275,2	5	293,9
6	268,6	6	274,4	6	288,8
7	272,2	7	271,4	7	300,6
8	270,8	8	257,2	8	300,4
9	266,2	9	281,2	9	291,4
10	267	10	283	10	297

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
3 Sten		3 Sten		3 Sten	
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	450,2	1	437,2	1	495
2	442	2	435,8	2	504,8
3	437,6	3	442,4	3	498,8
4	444,6	4	448	4	493,4
5	445,4	5	452,6	5	508,2
6	442,8	6	442,6	6	507
7	441,4	7	446,4	7	499,8
8	442,2	8	440,2	8	482,8
9	447,6	9	451,6	9	507,4
10	442,4	10	456,8	10	492,8

BILAGA 6. TORR STENKROSS, ANOVA-analys

ANOVA: Single Factor 1 STEN SUMMARY					Tukey HSD method
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>	<i>Grouping</i>
Sågad	10	1468,4	146,84	2,362667	A
Flammad	10	1498,6	149,86	20,84489	A
Kryss	10	1476,2	147,62	6,208444	A

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	49,15467	2	24,57733	2,506527	0,100345	3,354131
Within Groups	264,744	27	9,805333			
Total	313,8987	29				

ANOVA: Single Factor 2 STENAR SUMMARY					Tukey HSD method
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>	<i>Grouping</i>
Sågad	10	2675,2	267,52	17,47733	B
Flammad	10	2736,8	273,68	53,14844	B
Kryss	10	2959,5	295,95	21,93611	A

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4473,878	2	2236,939	72,50086	1,39E-11	3,354131
Within Groups	833,057	27	30,85396			
Total	5306,935	29				

ANOVA: Single Factor 3 STENAR SUMMARY					Tukey HSD method
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>	<i>Grouping</i>
Sågad	10	4436,2	443,62	12,35956	B
Flammad	10	4453,6	445,36	47,91822	B
Kryss	10	4990	499	66,86222	A

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	19824,07	2	9912,036	233,8848	8,89E-18	3,354131
Within Groups	1144,26	27	42,38			
Total	20968,33	29				

BILAGA 7. FUKTAD STENKROSS, testvärden

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
		1 Sten			
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	138	1	138	1	142,8
2	139,8	2	138,6	2	145,6
3	135,4	3	139,6	3	141
4	132,4	4	139,8	4	143,6
5	132	5	140,8	5	135
6	137,8	6	132	6	139,6
7	134,6	7	132,4	7	137,6
8	139,6	8	134,6	8	141,2
9	140,8	9	135,4	9	140,6
10	138,6	10	137,8	10	146,4

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
		2 Sten			
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	238,2	1	257,8	1	275
2	235,6	2	263,8	2	282,8
3	231,6	3	256,3	3	286,4
4	233,3	4	254,8	4	280
5	235,6	5	261,4	5	282,4
6	237	6	251,2	6	286,2
7	234	7	257,8	7	281,8
8	239,4	8	255,8	8	279,6
9	237,3	9	251,2	9	275,9
10	241,4	10	266,4	10	277,2

SÅGAD		FLAMMAD		KRYSS	
		3 Sten			
Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)	Drag (Nr)	Värde (N)
1	436,2	1	430,8	1	481,4
2	438,8	2	430,8	2	481,4
3	435,8	3	434,2	3	481,6
4	439	4	439	4	479
5	436,8	5	435,6	5	475,4
6	436,3	6	440,2	6	476,8
7	434,8	7	440	7	481,6
8	438,8	8	440,4	8	480,6
9	431,4	9	441,2	9	478,2
10	434,4	10	436,4	10	478,8

BILAGA 8. FUKTAD STENKROSS, ANOVA-analys

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
1 STEN					
SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	1369	136,9	9,735556	A
Flammad	10	1369	136,9	9,735556	A
Kryss	10	1413,4	141,34	12,09822	B

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	131,424	2	65,712	6,244541	0,005902	3,354131
Within Groups	284,124	27	10,52311			
Total	415,548	29				

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
2 STENAR					
SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	2363,4	236,34	8,673778	A
Flammad	10	2576,5	257,65	25,00722	B
Kryss	10	2807,3	280,73	15,63567	C

ANOVA

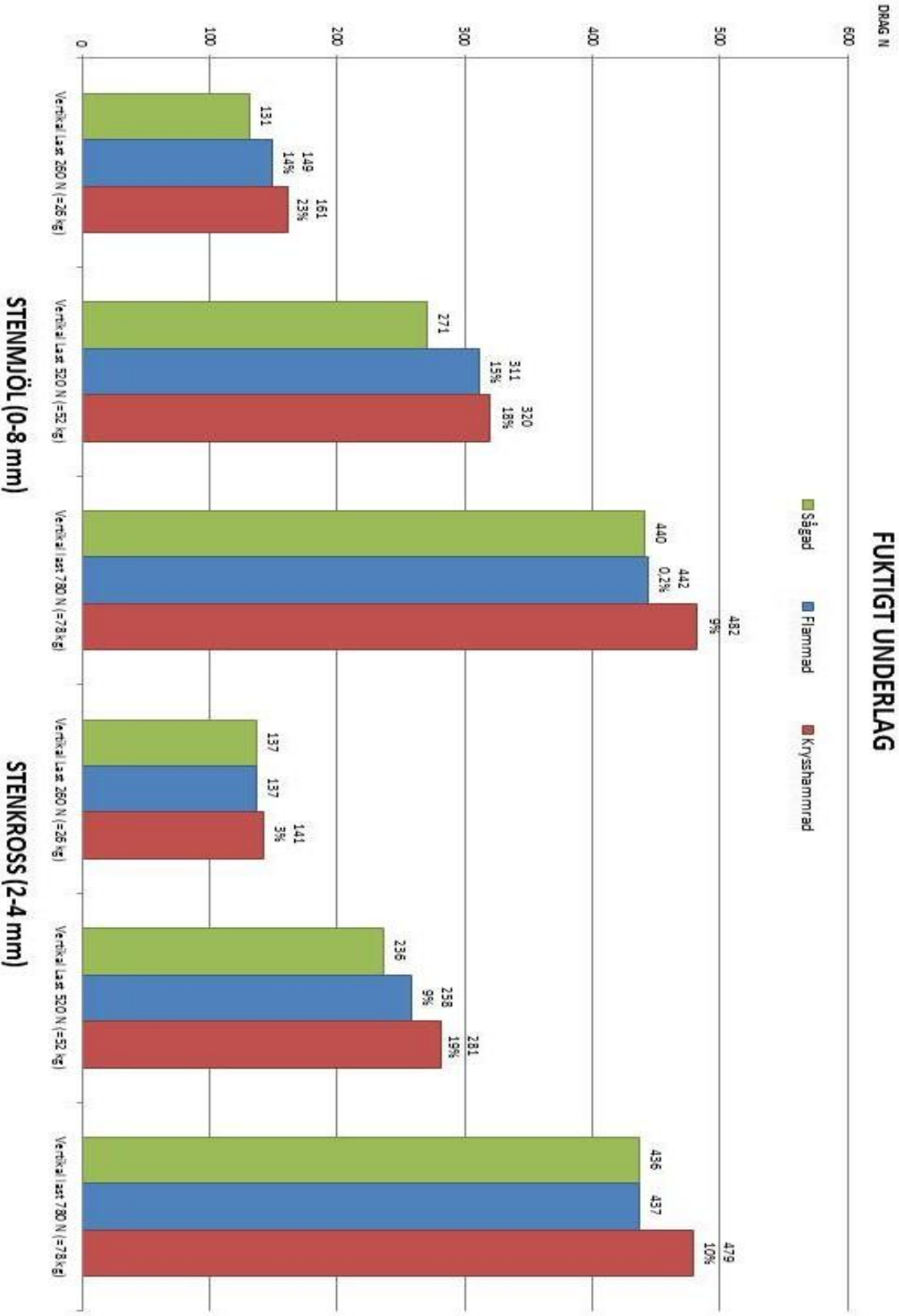
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	9857,582	2	4928,791	299,8251	3,66E-19	3,354131
Within Groups	443,85	27	16,43889			
Total	10301,43	29				

ANOVA: Single Factor					Tukey HSD method
3 STENAR					
SUMMARY					
Groups	Count	Sum	Average	Variance	Grouping
Sågad	10	4362,3	436,23	5,569	B
Flammad	10	4368,6	436,86	15,476	B
Kryss	10	4794,8	479,48	4,864	A

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	12291,41	2	6145,706	711,6106	4,41E-24	3,354131
Within Groups	233,181	27	8,636333			
Total	12524,59	29				

BILAGA 9. DIAGRAM, fuktigt underlag



BILAGA 10. DIAGRAM, torrt underlag

