



Provvägsförsök på E4 Huskvarna med bullerreducerande asfaltbeläggning

Torbjörn Jacobson
Leif Viman

VTI rapport 842

Provvägsförsök på E4 Huskvarna med bullerreducerande asfaltbeläggning

Torbjörn Jacobson

Leif Viman

Omslagsbilder: Leif Viman (VTI)
Tryck: LiU-tryck, Linköping 2015.

Referat

Rapporten beskriver ett provvägsförsök med bullerreducerande asfaltbeläggning på E4, Huskvarna. Entreprenadformen för objektet var totalentreprenad med bland annat krav på bullerreducering under funktionstiden. Sommaren 2010 lades två lager av dränasfalt (dubbel-drän) på en sträcka av 2,7 km genom Huskvarna. I samband med utförandet av beläggningen lades också ett antal provsträckor in i objektet. En arbetsgrupp med representanter från Svevia, Nynas, VTI och Trafikverket hade startats upp i början av 2010 med syfte att ta fram ett koncept för dubbeldrän som har så bra tekniska och akustiska egenskaper som möjligt. Tidigare erfarenheter visade på relativt korta livslängder för den här typen av beläggningar och skador relaterade till bristande beständighet förekom i tidiga skeden.

VTI har utfört bullermätningar enligt CPX-metoden (ISO/DIS 11819-2) åren 2010, 2011, 2012, 2013 och 2014. Mätningarna har utförts i samtliga körfält och riktningar och gav följande resultat:

- 2010: Bullerreduktionen 7 till 8 dB(A)
- 2011: Bullerreduktion 7 till 8 dB(A)
- 2012: Bullerreduktion 6,5 till 7,5 dB(A)
- 2013: Bullerreduktion 6 till 7 dB(A)
- 2014: Bullerreduktion 3 till 6 dB(A)

Förändringen på 3 dB(A) från 2014 jämfört med 2013 är kopplad till körfältet K1 där vägbanan förseglades hösten 2013. Porerna kan delvis ha täppts igen av det tillförda bindemedlet men även av vägsnuts. De uttrinningstester som utfördes 2014 visar också på sämre dräneringsförmåga jämfört med tidigare mätningar. Borrkärnor från vägen kommer också att undersökas med avseende på vägsnuts i porerna.

Titel:	Provvägsförsök på E4 Huskvarna med bullerreducerande asfaltbeläggning
Författare:	Torbjörn Jacobson (Trafikverket) Leif Viman (VTI, www.orcid.org/0000-0002-3648-3759)
Utgivare:	VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 842
Utgivningsår:	2015
VTI:s diarienummer:	2008/0563-24
ISSN:	0347/6030
Projektnamn:	Bullerdämpande beläggningar
Uppdragsgivare:	Trafikverket
Nyckelord:	Asfaltbeläggning, dränerande asfalt, buller, permeabilitet
Språk:	Svenska
Antal sidor:	38

Abstract

The report describes a test road with Porous Asphalt (PA) on E4, Huskvarna. Construction contract form of the object was a turnkey contract, including requirements on noise reduction during operation time. In the summer of 2010 two layers of porous asphalt (double layer) were laid at a distance of 2.7 km by Huskvarna. In connection with the performance of the pavement were also a number of test sections into the object. A working group with representatives from contractors (Svevia), suppliers (Nynas), researcher (VTI) and Transport Administration had started up in early 2010 with the aim to develop a concept for double layer of porous asphalt with as good technical and acoustic properties as possible. Past experience showed relatively short lifetimes of these types of pavement and damage related to durability occurred in early stages.

VTI has performed noise measurements according to the CPX method (ISO/DIS 11819-2) years 2010, 2011, 2012, 2013 and 2014. The measurements have been performed in all lanes and directions and gave the following results:

- 2010: Noise reduction is 7 to 8 dB(A)
- 2011: Noise Reduction 7 to 8 dB(A)
- 2012: Noise Reduction 6.5 to 7.5 dB(A)
- 2013: Noise Reduction 6 to 7 dB(A)
- 2014: Noise Reduction 3 to 6 dB(A)

The change of 3 dB(A) from 2014 compared with 2013 is connected to the lane K1 where the road was sealed in autumn 2013. The pores may have partially obstructed by the applied adhesive but also by road dirt. The drainability conducted in 2014 also show poorer drainage capacity compared with previous measurements. Drill cores from the road will also be examined for road dirt in the pores.

Title:	Test road on E4 Huskvarna with low noise asphalt pavements
Author:	Torbjörn Jacobson, (Trafikverket) Leif Viman, (VTI, www.orcid.org/0000-0002-3648-3759)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 842
Published:	2015
Reg. No., VTI:	2008/0563-24
ISSN:	0347/6030
Project:	Low noise pavements
Commissioned by:	Swedish Transport Administration
Keywords:	Asphalt pavement, porous asphalt, noise, permeability
Language:	Swedish
No. of pages:	38

Förord

Uppföljning av provsträckorna har utförts inom Trafikverkets FOI-projekt Id 2384 och 3682. Kontaktperson och mycket delaktig i projektet har Torbjörn Jacobson, TRV, varit. Ulf Sandberg har ansvarat för samtliga bullermätningar och personer från entreprenörer, främst Svevia och Nynas, har bidragit med mycket kunskap och praktiskt utförande av de olika provsträckorna.

Fotograf: Torbjörn Jacobson till alla bilder.

Ett tack till alla som på olika sätt bidragit till planering, utförande och uppföljning av denna provväg.

Linköping april 2015

Leif Viman
Projektledare

Process för kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts av Ulf Sandberg. Leif Viman har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Björn Kalman har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 17 april 2015. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Process for quality review

Internal peer review was performed by Ulf Sandberg. Leif Viman has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Björn Kalman examined and approved the report for publication 17 April 2015. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	9
Summary	11
1. Inledning	13
2. Definitioner	14
3. Äldre erfarenheter av dränerande asfaltbeläggning.....	15
4. Provvägsförsök på E4, Huskvarna	16
4.1. Allmänt	16
4.2. Provsträckor på E4, Huskvarna.....	17
4.3. E4, södergående riktning, körfält K1	19
4.4. E4, södergående riktning, körfält K2	20
4.5. E4, norrgående riktning, körfält K1 och K2	22
4.6. Kontroll av dräneringsförmåga	22
4.7. Kontroll av stenlossning	24
4.8. Borrkärnor.....	24
4.9. Försegling med Fog Seal	25
4.10. Tvättning.....	26
4.11. IRI, spårdjup och makrotextur	26
Referenser	29
Bilaga 1.....	31

Sammanfattning

Provvägsförsök på E4 Huskvarna med bullerreducerande asfaltbeläggning

av Torbjörn Jacobson (Trafikverket) och Leif Viman (VTI)

Rapporten beskriver ett provvägsförsök med bullerreducerande asfaltbeläggning på E4, Huskvarna. Entreprenadformen för objektet var totalentreprenad med bland annat krav på bullerreducering under funktionstiden. Sommaren 2010 lades två lager av dränasfalt (dubbeldrän) på en sträcka av 2,7 kilometer genom Huskvarna. I samband med utförandet av beläggningen lades också ett antal provsträckor in i objektet. En arbetsgrupp med representanter från Svevia, Nynas, VTI och Trafikverket hade startats upp i början av 2010 med syfte att ta fram ett koncept för dubbeldrän som har så bra tekniska och akustiska egenskaper som möjligt. Tidigare erfarenheter visade på relativt korta livslängder för den här typen av beläggningar och skador relaterade till bristande beständighet förekom i tidiga skeden.

Dränasfalt har ett högt hålrum och en hög andel av grovballast (85 %). På så sätt får den ett sammanhängande porsystem, vilket leder bort vatten och absorbera en del av ljudet från däck. Dränasfalt lagda i två lager innebär att bullerreduktionen blir högre jämfört med ett lager av dränasfalt. När dränasfalt får skador så försämras den bullerdämpande effekten. En orsak till skador är att bindemedlet åldras markant mer än i täta beläggningar och att vatten kan bli instängt i vägen. Då är risken stor för stensläpp som med tiden ger potthål. Även igensättning av porerna medför försämrade bulleregenskaper.

Innan de två beläggningsslagen kunde läggas frästes den gamla beläggningen bort, ytan tätades med asfaltmassa och tvärfallet ökades till 3 procent. Även vägrenarna byttes ut till dränasfalt. Det minskar risken för att vatten blir stående i asfaltsbeläggningen. Provvägen lades av Svevia och utläggningen gick bra och utfördes i juni 2010. Hastigheten på vägen är 90 kilometer/timme och trafikvolymen 20 000–30 000 fordon. I den ordinarie dubbeldränbeläggningen genom Huskvarna lades också fyra korta provsträckor. De fyra provsträckorna var cirka 100 meter långa med inriktning på:

- stålslag (obs! enkeldrän ca 80 m av denna sträcka)
- förhöjd bindemedelshalt (6,9 %)
- försegling första hösten
- försegling både första och andra hösten.

Referenserna utgjordes av ordinarie dränbeläggning. Högkvalitativ ryolit användes i sortering 4/8 och 8/11 och lades i långsamkörfälten (K1) och snabbkörfältet (K2) i södergående riktning. I norrgående K2 lades diabas i sorteringarna 4/8 och 8/11. Bindemedelshalten låg på cirka 6,3 procent och hålrumshalten på cirka 25 volymprocent. Ingen bindemedelsavrinning förekom vid transport och läggning. Asfaltmassan innehöll en relativt hög halt av fiber och vidhäftningsmedel. Stålslag som har mycket bra vidhäftning mot bitumen och även en bullerreducerande förmåga fick en hålrumshalt på cirka 20 volymprocent.

Samtliga provsträckor hade efter fyra års trafik erhållit ringa stenlossning. Måttlig stenlossning förekommer dock lokalt i hjulspåren i K1 på ytor ett par hundra meter efter skarven mot ordinarie beläggning. Den stenlossning som förekom uppkom under den första och tredje vintern. Noterbart är att det bara är partiklar från ytan, det översta skiktet i asfaltlagret, som släppt från beläggningen. Inga andra defekter förekom på sträckorna. I förebyggande syfte så förseglades samtliga ytor i K1 med en mindre giva av Fog Seal emulsion hösten 2013. Vid förseglingen kan vägen trafikeras efter cirka 30 minuter.

VTI har utfört bullermätningar enligt CPX-metoden (ISO/DIS 11819-2) åren 2010, 2011, 2012, 2013 och 2014. Mätningarna har utförts i samtliga körfält och riktningar och gav följande resultat:

- 2010: Bullerreduktionen 7 till 8 dB(A)
- 2011: Bullerreduktion 7 till 8 dB(A)
- 2012: Bullerreduktion 6,5 till 7,5 dB(A)
- 2013: Bullerreduktion 6 till 7 dB(A)
- 2014: Bullerreduktion 3 till 6 dB(A).

Förändringen på 3 dB(A) från 2014 jämfört med 2013 är kopplad till körfältet K1 där vägbanan förseglades hösten 2013. Porerna kan delvis ha täppts igen av det tillförda bindemedlet men även av vägsmuts. De uttrinngstester som utfördes 2014 visar också på sämre dräneringsförmåga jämfört med tidigare mätningar. Borrkärnor från vägen kommer också att undersökas med avseende på vägsmuts i porerna.

Vägytedata från lasermätningar visar på förväntade resultat avseende IRI, spår och makrotextur. Noterbart är att IRI värdet ligger lågt för den här typen av beläggningar, under 0,80.

Summary

Test road on E4 Huskvarna with porous asphalt for noise reduction

by Torbjörn Jacobson (Trafikverket) and Leif Viman (VTI)

The report describes a test road with porous asphalt (PA) on E4, Huskvarna. Construction contract form of the object was a turnkey contract, including requirements on noise reduction during operation time. In the summer of 2010 two layers of porous asphalt (double layer) were laid at a distance of 2.7 kilometre by Huskvarna. In connection with the performance of the pavement were also a number of test sections into the object. A working group with representatives from contractors (Svevia), suppliers (Nynas), researcher (VTI) and Transport Administration had started up in early 2010 with the aim to develop a concept for double layer of porous asphalt with as good technical and acoustic properties as possible. Past experience showed relatively short lifetimes of these types of pavement and damage related to durability occurred in early stages.

Porous asphalt has high void content and high proportion of coarse aggregate (85%). This gives it a continuous pore system, which can lead water away and absorb some of the sound from the tires. Porous asphalt laid in two layers means that noise reduction is higher compared with one layer of porous asphalt. When porous asphalt get damages, it also influences the noise-reducing effect. One cause of damage is that the binder oxidizes considerably more in an open pavement compared with dense asphalt pavements and water can also become trapped in the road. The risk is then great for stone loss which with time gives pot holes. Even clogging of the pores affect the noise characteristics negatively.

Before the two layers could be laid the old pavement has to be removed by milling and the cross slope was increased to 3 percent. Although the roadsides were replaced with porous asphalt. It reduces the risk of standing water in the road structure. The road where laid by Svevia in June 2010. The speed on the road is decreased from 110 km/h to 90 km/h and traffic volume are 20,000 to 30,000 vehicles. The four test sections was approximately 100 metre long with a focus on:

- steel Slag (note: one layer the first 80 m)
- increased binder content (6.9 %)
- sealing (first autumn)
- sealing (both first and second autumn).

The references consisted of ordinary pavement. High quality Rhyolite in fraction >4 millimetre was used in the pavement in the slow lane (K1) and the fast lane (K2) in the southbound direction. In northbound K2 was diabase (>4 mm) used. The binder content was about 6.3 percent, and the void content of about 25 percent by volume. No binders runoff occurred during transport and laying. Asphalt mixture containing a relative high content of fiber and adhesive. Steel slag that has very good adhesion to bitumen and even a noise-reducing capability, got a void content of about 20 percent by volume.

All test sections had after four years of service received little stone loss. Moderate stone loss occurs, however, locally in the wheel tracks in K1 on surfaces a few hundred meters after the joint against ordinary pavement. The stone loss arose during the first and third winter. It is notable that only particles from the surface, the top layer of asphalt layer, which is released from the pavement. No other defects occurred on the road. As a preventive purpose all the surfaces in K1 were sealed with a smaller deliver of Fog Seal Emulsion autumn of 2013. At the seal the road can be trafficked again after about 30 minutes.

VTI has performed noise measurements according to the CPX method (ISO/DIS 11819-2) year 2010, 2011, 2012, 2013 and 2014. The measurements have been performed in all lanes and directions and gave the following results:

- 2010: Noise reduction is 7 to 8 dB(A)
- 2011: Noise Reduction 7-8 dB(A)
- 2012: Noise Reduction 6.5 to 7.5 dB(A)
- 2013: Noise Reduction 6 to 7 dB(A)
- 2014: Noise Reduction 3-6 dB(A).

The change of 3 dB (A) from 2014 compared with 2013 is connected to the lane K1 where the road was sealed in autumn 2013. The pores may have partially obstructed by the applied adhesive but also by road debris. The outflow test carried out in 2014 also show poorer drainage capacity compared with previous measurements. Drilled cores from the road will also be examined for road dirt in the pores.

Road surface data from laser measurements show expected results regarding IRI, rutting and macro texture. Notably, the IRI value is low for this type of coatings, below 0.80.

1. Inledning

Rapporten beskriver ett provvägsförsök med bullerreducerande asfaltbeläggning på E4, Huskvarna. Sommaren 2010 lades två lager av dränasfalt (dubbeldrän) på en sträcka av 2,7 km genom Huskvarna. I samband med utförandet av beläggningen lades också ett antal provsträckor in i objektet. En arbetsgrupp med representanter från Svevia, Nynas, VTI och Trafikverket hade startats upp i början av 2010 med syfte att ta fram ett koncept för dubbeldrän som hade så bra tekniska och akustiska egenskaper som möjligt. Tidigare erfarenheter hade visat på relativt korta livslängder för den här typen av beläggningar. Entreprenadformen för objektet var totalentreprenad med bland annat krav på bullerreducering under funktionstiden. Projektet är kopplat till två FOI-projekt:

- utveckling av bullerreducerande beläggningar, iD3682
- bullerdämpande beläggningar på riksväg 73 med flera vägar – teknisk och akustisk funktion, iD2384.

Svenska erfarenheter av dränasfalt finns beskrivna i följande rapporter:

(Se även referenslistan)

- VTI Meddelande 766: Inventering av dränasfalt, besiktning och undersökning av borrhärdar, Lars-Göran Wågberg och Torbjörn Jacobson, VTI, 1995.
- VTI Utlåtande 756: Inventering av bullerreducerande beläggningar, Leif Viman, VTI och Torbjörn Jacobson, Trafikverket, 2010.
- VTI projektrapport: Lågbullerbeläggningar i Sverige, State-of-the art, Ulf Sandberg, VTI, 2012.
- VTI Rapport 843: Erfarenheter av bullerreducerande beläggningar, Leif Viman, VTI och Torbjörn Jacobson, Trafikverket, 2015.

2. Definitioner

Andra benämningar på bullerreducerande beläggning är bullerdämpande beläggning eller lågbullerbeläggning. Det kan vara flera typer av asfaltbeläggningar som ryms i de benämningarna men i de flesta fall är det öppna, dränerande asfaltbeläggningar vi menar. I Trafikverkets kravspecifikation för asfaltbundna lager, TDOK 2013:0529 version 1.0, kallas öppen asfalt för ABD, asfaltbetong dränerande eller i vardagligt tal/ skrift dränasfalt. I den Europeiska produktstandarden för asfaltbeläggningar är benämningen porous asphalt. Dränasfalt (ABD) är den benämning som valts i denna rapport. Den kan läggas i ett eller två lager. Utmärkande för dränasfalt är att den har ett högt hålrum (>18 %) och ensartad gradering. På så sätt får den ett sammanhängande porsystem, vilket kan leda bort vatten och ljud. Entreprenörerna har egna firmabundna koncept för dränasfalt. Det vanligaste förekommande är Tyst Asfalt.

Det finns även andra typer av beläggningar som kan ha en bullerreducerande effekt. Vald stenstorlek i asfaltbeläggning har betydelse för bulleremissionerna och de minskar med mindre stenstorlek. Viss typ av ballast eller tillsatser kan också reducera bullret någon decibel. Nylagd beläggningen ger lägre emissioner än en insliten vägbana. Ytterligare inverkan faktorer är hastighet och typ av däck.

3. Äldre erfarenheter av dränerande asfaltbeläggning

ABD har en lång tradition i Sverige. De första beläggningarna lades i mitten av 1970-talet. Syftet på den tiden var den dränerande effekten hos beläggning, bl. a för att förhindra vattenplaning och vattenrök, och på så sätt förbättra trafiksäkerhet och kapacitet. Redan tidigt konstaterades att ABD fick kortare livslängd än tät asfalt på grund av att den fick sämre beständighet. Det påverkade också den dränerande förmågan negativt. De främsta orsakerna till försämrad beständighet var:

- oxidation av bindemedlet
- kvarstående vatten i konstruktionen
- för låg bindemedelshalt, i kombination med:
 - ej anpassade bindemedel för dränasfalt
 - olämpligt stenmaterial.

ABD får mer oxidation vid tillverkning av asfaltmassan och under bruksskedet på vägen jämfört med tät asfalt. Det innebär att bindemedlet åldras (förhårdnas) relativt snabbt och med tiden blir det sprött och sprickbenäget. Resultatet blir stenlossning (utglesning). Om vattnet inte dräneras ut ur beläggningen ökar risken ytterligare för beläggningsskador genom urtvättning av bindemedel (stripping). Smuts kan plugga igen porerna i en ABD, vilket ytterligare försämrar beständighet genom att vattnet blir instängt. ABD med högre hålrum har lättare att leda bort vatten än de med lägre hålrum och kan därför fungera bättre under förutsättning av bindemedelsinnehållet är tillräckligt högt.

ABD består till ca 80 % av grov ballast (>4 mm) medan fillerhalten ligger på 2–5 %. Det innebär att beläggningen får en ensartad, öppen sammansättning, vilket skapar förutsättningar för absorption av ljud. En förutsättning för att beläggningen inte ska erhålla stenlossning/ skador är att den innehåller ett bindemedel som är flexibelt och åldringsresistent samt kan inblandas i en relativ stor mängd utan att det rinner av asfaltmassan under produktion och transport till vägen. ABD innehöll från början alltför låga halter bitumen pga. att asfaltmassan inte klarade av att hålla kvar mer bindemedel. De bitumen som tidigare användes klarade inte heller de extrema påkänningar beläggningen utsattes för, t.ex. fukt, saltning, frys-tö och dubbdäck. Därför började polymermodifierade bindemedel användas. De hade bättre förutsättningar att klara oxidationen och kunde dessutom inblandas i större mängd än tidigare. Det senare är mycket viktigt för att erhålla god beständighet eftersom bindemedelshinnorna som binder ihop stenmaterialet blir tjockare. Det förbättrar vidhäftningen och reducerar risken för minisprickor med stenlossning som följd. Även tillsats av fiber möjliggjorde högre inblandning av bitumen än tidigare.

Vidhäftningen mellan ballast och bindemedlet under inverkan av vatten är en faktor som är viktig för asfaltbeläggningar. I Sverige har vi ofta ”sura” stenmaterial, vilket anses vara negativt för vidhäftningen. Vi använder ofta finkorniga, slitstarka material med släta ytor p.g.a. dubbdäckstrafiken, vilket också försämrar vidhäftningen mellan stenmaterial och bitumen. Det finns dock bergarter som har bättre vidhäftningsförmåga men de har ofta inte lika bra nöttningsresistens och används därför inte på de mest trafikerade vägarna. För att förbättra beständigheten inblandas numera alltid vidhäftningsmedel och högre bindemedelshalter än tidigare.

När beläggningen börjar få stenlossning eller blir igentäppt tappar den snart sin bullerreducerande förmåga, vilket numera är huvudsyftet vid valet av dränasfalt.

4. Provvägsförsök på E4, Huskvarna

Det är bara sträckorna med dubbeldrän lagda 2010 som har följts upp mer noggrant. Sträckorna med enkeldrän lades över efter 1–2 år med ytterligare ett lager dränasfalt eftersom bullerreduktionen blev för låg på dessa sträckor. Efter åtgärd så erhöll även de sträckorna acceptabel bullerreduktion. Hela K1:an förseglades med 0,5 kg/m² Fog Seal hösten 2013. Detta gjordes i förebyggande syfte för att förhindra stenlossning. Vid besiktningen 2014 observerades ingen stenlossning orsakad av vintern 2013/2014.

4.1. Allmänt

För att sänka bullerstörningarna på E4 genom Huskvarna har Trafikverket utfört följande bullerreducerande åtgärder:

- sänkt hastighet (110 till 90 km/h)
- bullerskärmar
- bullerreducerande asfaltbeläggning.

En miljödom ligger bakom åtgärderna. Målet för beläggningsåtgärden var att sänka bullret med minst 5 decibel i medeltal för objektet. Vid lägre än 3 decibels reduktion måste beläggningsåtgärder tas. Mot den bakgrunden lades sommaren 2010 en del av objektet med två lager av dränasfalt och en annan del med ett lager av dränasfalt. Fakta om vägen och beläggningsåtgärden:

- Längd 3,7 km
- Hastighet: 90 km/h
- Motorväg, fyra körfält, K1 högra körfältet, K2, vänstra körfältet
- 40 000 m² dubbeldrän 11 + 16 mm (2,9 km), 20 000 m² enkeldrän 11 mm (0,8 km)
- Lagertjocklekar dubbeldrän: övre 30 mm, undre 50 mm
- Lagertjocklekar enkeldrän: 30 mm
- ÅDT: 20 000–30 000 fordon (15 % tung trafik)
- Fördelning mellan körfält: 70 % i K1 och 30 % i K2, huvuddelen av den tunga trafiken går i K1
- Stenmaterial i övre lagret: K1, ryolit, K2, diabas (norrgående) och ryolit (södergående).
- Stenmaterial i undre lagret: diabas i samtliga körfält.

Bindemedel

Bindemedlet utgjordes av Endura D1 (Nynas). Det är en PMB med hög halt av polymerer och baserat på ett medelhårt bindemedel. Detta ger tillsammans bindemedlet mycket flexibla egenskaper. I kombination med relativt hög bindemedelshalt ger det tjocka bindemedelshinnor hos dränasfalt, vilket påverkar beständighet och åldring positivt. Vid åldring av polymeren i PMB bildas nedbrytningsprodukter som fungerar som mjukgörare i bituminet. Det ger en långsammare åldring (förhårdning). Bindemedlet är markant mer klubbigt än standardbitumen. Klubbigheten har dock inte påverkat beläggningsåtgärden på ett negativt sätt vid utförandet utan är sannolikt ytterligare en faktor som bidrar till god beständighet.

Åtgärder innan beläggningsåtgärden lades

Innan åtgärd planfrästes slitlagret i vägen genom borttagning av 20 mm asfalt samt vägrenarna. Tvärfallet ökades till 3 %, normalt ligger det på 2,5 %, för att vattnet lättare skulle kunna dräneras ut ur dränasfalten. På vägrenarna lades också dränasfalt. En teststräcka lades söder om Jönköping innan arbetet påbörjades vid E4, Huskvarna.

På laboratoriet gjordes omfattande provningar av entreprenören på asfaltmassa avseende hålrumshalt, bindemedelshalt, kornkurva, bindemedelsavrinning, ITSR och Cantabro. I det senare fallet så gav provningen ett missvisande resultat eftersom Cantabro inte tar hänsyn till provkroppens vikt (densitet). Skillnaden i korndensitet var stor mellan ryolit (2,64 Mg/m³), diabas (2,88 Mg/m³) och stålslagg (3,63 Mg/m³). Därför erhöll provkropparna av stålslagg och diabas ett alldeles för dåligt resultat om man ser till erfarenheterna från provvägen där de materialen uppvisat mycket god beständighet mot stenlossning/sönderfall. Försök har utförts med kulkvarn (skonsammare) istället för LA-trumma på tillverkade provkroppar och då stämde rangordningen bättre mellan de olika ballastmaterialen. Ingen bindemedelsavrinning konstaterades vid uttinningstesterna trots att bindemedelsmängden var hög i de olika asfaltmassorna. ITSR (vattenkänslighet) gav som förväntat bra resultat.

Data om ballast och dränbeläggning

Ballasten hade följande prestanda:

Tabell 1. Egenskaper hos ballast, E4, Huskvarna.

Parameter	ryolit	diabas	stålslagg
Kulkvarn	3	11	7
Los Angeles	15	11	11
Korndensitet	2,64 Mg/m ³	2,88 Mg/m ³	3,63 Mg/m ³
Flisighetsindex	5	7	3
Flisighetstal	1,38	1,40	1,24

Hålrumshalterna i prov från vägen visade på hålrumshalter på 25–27 %, dvs. på för svenska förhållanden hög nivå. Beläggningen innehållande stålslagg låg på drygt 20 % i hålrumshalt. Halten av sortering 8/11 låg på 65–70 %. Stenmaterialet som användes till körfält K1 hade en mycket bra slitstyrka (kulkvarnsvärde 3). Fillerhalten låg mellan 4,6–5,8 %. Två vidhäftningsmedel inblandades, cement samt Wetfix. Bindemedelshalterna framgår av avsnitt. 4.2.

Enkeldränen fick åtgärdas 2011 pga. stenlossning och för låg bullerreduktion. Ett nytt lager av dränasfalt lades på det befintliga lagret av dränasfalt. Vid mätningen 2012 var bullerreduktionen mycket god.

4.2. Provsträckor på E4, Huskvarna

Fyra provsträckor med slitlager lades in i södergående riktning. Underliggande dränlager är detsamma för samtliga provsträckor och referenser, förutom första delen av sträckan med stålslagg som är en enkeldrän. Provsträckorna är ca 100–150 m vardera. Referenser är ordinarie dubbeldränbeläggning (Se även Figur 1).

- Sträcka 1, ballast med stålslagg i K2, bindemedelshalt: 5,9 %
- Sträcka 2, förhöjd bindemedelshalt i K2, ryolit, b-halt: 6,9 %
- Sträcka 3, försegling första året med Fog Seal, K1, b-halt: 6,3 % + 0,5 kg/m² Fog Seal
- Sträcka 4, försegling andra året med Fog Seal, b-halt: 6,3 % + 0,5 + 0,5 kg/m² Fog Seal
- Referens 1 i K1, riktning söderut, ryolit, b-halt: 6,3 %
- Referens 2 i K2, riktning söderut, ryolit, b-halt: 6,3 %
- Referens 3 i K1, riktning norrut, ryolit, b-halt: 6,3 %
- Referens 4 i K2, riktning norrut, diabas, b-halt: 6,0 %



Norrgående

Start Enkeldrän K1 ryolit, K2 diabas

Gps 57.78731; 14.25355

Slut Enkeldrän

Start Dubbeldrän K1 ryolit, K2 diabas

Gps 57.79083; 14.26412

Slut Dubbeldrän

Gps 57.81438; 14.27170

Södergående

Start Stålslagg K2

Gps 57.81568; 14.27153

Slut Stålslagg

Start Dubbeldrän K1 och K2 ryolit

Gps 57.81445; 14.27148

Start Fog Seal K1

Gps 57.79920; 14.27014

Slut Fog Seal

Gps 57.79740; 14.26883

Start Enkeldrän K1 och K2

Gps 57.79083; 14.26388

Slut Enkeldrän SG

Gps 57.78743; 14.25301

Figur 1. Provsträckornas placering på E4 Huskvarna.

4.3. E4, södergående riktning, körfält K1

- Sträcka 3, försegling en gång med Fog Seal
- Sträcka 4, försegling två gånger med Fog Seal
- Referens 1, ryolit

Besiktning 2011, 2012, 2013 och 2014:



Bild 1. Provsträcka 3 med en försegling av Fog Seal (fuktig yta till höger, 2013).



Bild 2. Provsträcka 4 med två förseglingar av Fog Seal (vänster 2012, höger 2013).



Bild 3. Referenssträcka 1 med ordinarie dränasfalt (vänster 2012, höger 2013).



Bild 4. Referenssträcka 1 med ordinarie dränasfalt (2013).



Bild 5. Referenssträcka 1 med ordinarie dränasfalt (2014).

Bedömning

Provsträckorna med försegling av ordinarie beläggning har efter fyra års trafik erhållit ringa stenlossning. Ordinarie beläggning har under samma period erhållit ringa till måttlig stenlossning. Måttlig stenlossning förekommer dock huvudsakligen på ett avsnitt på ett par hundra meter efter skarven norrifrån (mätning av stenlossning redovisas i bilaga 1). Orsaken kan vara att asfalten inledningsvis fick sämre kvalitet. Smuts kan också ha följt med trafiken med följd av att en del hålrum pluggas igen. Det kan försvaga dränbeläggningen. Den mesta av stenlossningen uppkom under den första och tredje vintern. Noterbart är att det bara är partiklar från ytan (översta skiktet i asfaltlagret) som släppt ur beläggningen. Inga andra defekter förekom på sträckorna. I övrigt uppvisar K1, ordinarie beläggning, huvudsakligen ringa till enstaka stenlossning. Det kan nämnas att efter 3 års trafik så fanns det farhågor för att stenlossningen skulle accelerera och därför förseglades K1. Efter vintern 2013/2014 kunde ingen ny stenlossning observeras.

4.4. E4, södergående riktning, körfält K2

- Sträcka 1, ballast med stålslagg
- Sträcka 2, förhöjd bindemedelshalt (6,9 %) i slitlagret
- Referens 2, ryolit.

Besiktning 2011, 2012, 2013 och 2014:



Bild 6. Provsträcka 1 med stålslagg i sorteringen 4/11 mm (2012).

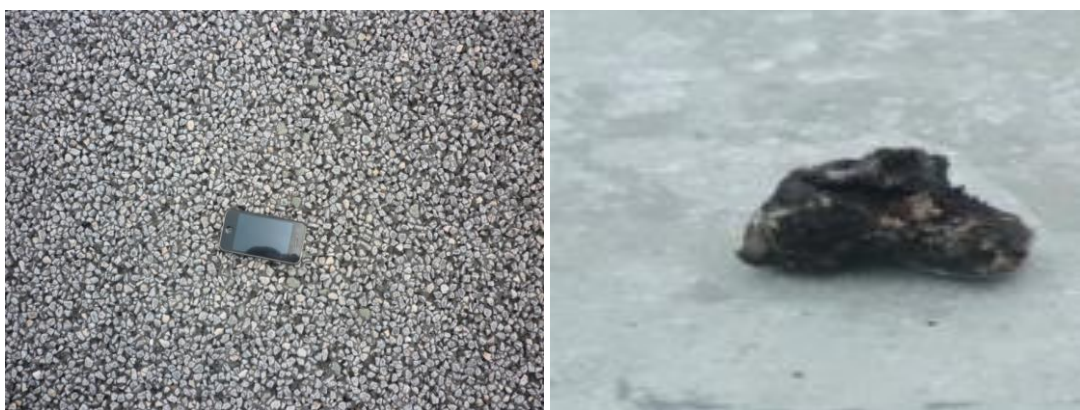


Bild 7. Provsträcka 2 med förhöjd bindemedelshalt i slitlagret (obs! rikligt med bindemedel på partiklarna, 2012).



Bild 8. Referenssträcka 2 med ordinarie dränasfalt (vänster 2012, höger 2013).

Bedömning

Provsträckorna med stålslagg som ballastmaterial eller förhöjd bindemedelshalt uppvisade ringa stenlossning efter 4 års trafik. På ordinarie beläggning har stenlossningen huvudsakligen varit

ringa. På kortare partier, i början av objekten, förekom stenlossning efter första och tredje vintern. Inga andra defekter förekom på sträckorna.

4.5. E4, norrgående riktning, körfält K1 och K2

- Referens 3, K1, ryolit i slitlagret
- Referens 4, K2, diabas i slitlagret

Besiktning 2011, 2012, 2013 och 2014



Bild 9. Referenssträcka 3 och 4 med ordinarie dränasfalt av ryolit (höger) och diabas (vänster, 2013). Bilden till höger visar diabas.

Bedömning

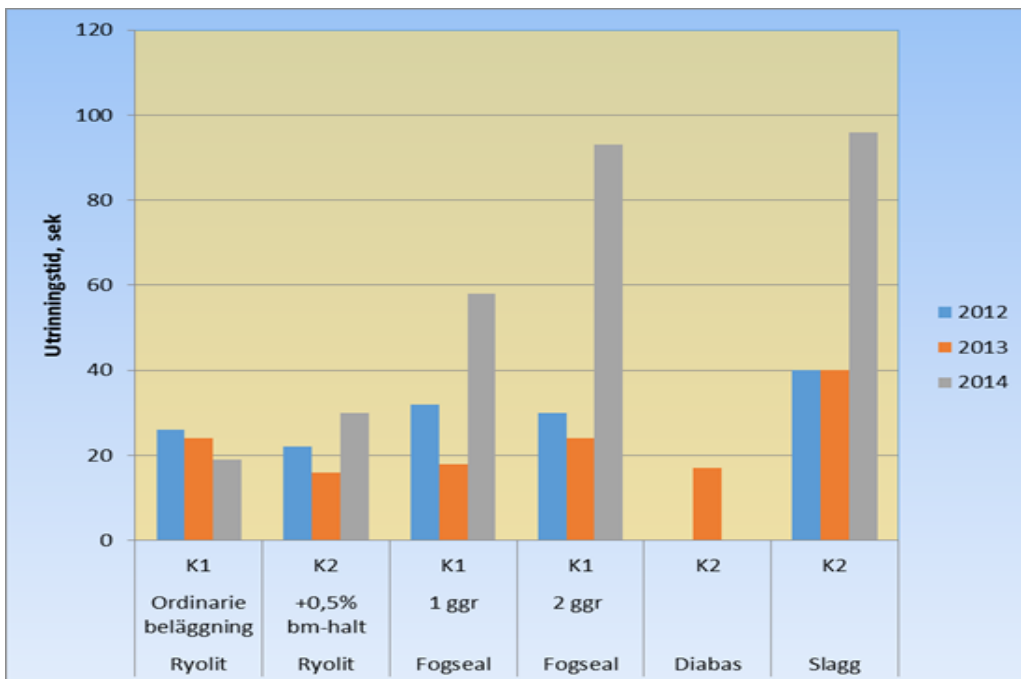
Referenssträcka 3 i K1, norrgående riktning uppvisade efter 1-3 år ringa till måttlig stenlossning, men i något mindre omfattning än i motsvarande sträcka i södergående körfält. Även här kom stenlossningen under den första och tredje vintern. Efter det att K1 förseglades har ingen ytterligare stenlossning observerats (år 4). Referenssträcka 4 i K2, norrgående riktning, har uppvisat ringa stenlossning under samtliga fyra år som den trafikerats. På denna sträcka utgjordes grovballasten av diabas som är känd för sin goda vidhäftningsförmåga. Basisk bergart med låg halt av kiselsyra medan ryolit är en sur bergart. I övrigt förekom inga defekter.

4.6. Kontroll av dräneringsförmåga

Dräneringsförmågan hos beläggningen har testats genom SS-EN 12697-40. Metoden är en fältkontroll av dräneringsförmågan hos asfaltbeläggningar som är designade för permeabla ändamål, dvs. öppna beläggningar. Utrinningstiden för vattnet är en indikation på porernas kapacitet att dränera bort vatten ur beläggningen. Metoden kan vid utförandet användas för att kontrollera om beläggningen uppfyller ställda krav på dränering och med tiden kontrollera eventuell försämring av dräneringskapaciteten, t.ex. igensättning genom vägsnuts. Metoden används för en relativ bedömning av beläggningens permeabilitet. Inga krav finns kopplade till metoden i produktstandarden för dränerande asfalt.



Bild 10. Mätning av dräneringseffekten hos beläggningen genom utrinningstest (2012, 2013 och 2014).



Figur 2. Resultat från utrinningstester 2012 och 2013. Mätningarna är utförda mellan och i vänster hjulspår.

Bedömning

Sträckorna med dubbeldrän har generellt hög dräneringseffekt (permeabilitet). Sträckorna med stålslagg har som förväntat lägre dräneringsförmåga eftersom hålrumshalten är ca 5 procentenheter lägre än övriga sträckor. Noterbart är att sträckorna som förseglats inte har nämnvärt sämre dräneringskapacitet än de som inte förseglats. Skillnaden i utrinningstid är inte så stor

mellan mätningarna 2012 och 2013. Mätningarna har utförts innan beläggningen tvättats. De låga uttrinningstiderna indikerar att porerna inte tätats igen av vägsmutts utan att det i beläggningen finns ett sammanhängande porsystem som kan leda bort buller och vatten. Mätningen 2014 visade på längre uttrinningstid i K1 sannolikt pga. av att ytan förseglats hösten 2013. Mest hade de två provsträckorna som tidigare förseglats (2010 resp. 2010 + 2011) påverkats samt sträckan med stålslag i K2:an (har lägst hålrum av samtliga sträckor). Bullermätningen i juli 2014 får visa hur pass mycket förseglingen kan ha påverkat bulleremissionerna.

4.7. Kontroll av stenlossning

Vid besiktningarna 2013 och 2014 utfördes en mer systematisk, kvantitativ kontroll av eventuell stenlossning med hjälp av det s.k. franska fönstret. Den är föreskriven i SS-EN 12272-2 för beräkning av stenlossning (utglesning) för ytbehandling. Stenlossning kan bero på utglesning, släppor och avskalning. Orsaker till stenlossning kan vara många, t.ex. mekaniska skador från fordon (avskalning), bristande vidhäftning (släppor) eller defekter hos stenmaterialet (utglesning). Ofta kan det vara en kombination av dessa. På respektive sträcka har med hjälp av en ram som slumpmässigt placerats på vägytan i hjulspåren eller ytan mellan hjulspåren antalet korn större än 4 mm, beräknats. När hela ytan är täckt med stenmaterial finns ca 360 stycken korn av sortering 4/11 mm. Vid studier av borrhärnor hade slitlagret 4–5 lager av grövre stenmaterial (4/11). Resultaten redovisas i bilaga 1.

4.8. Borrhärnor

Våren 2011 togs borrhärnor på några av provsträckorna. En förnyad provtagning gjordes 2014. Hela, provningsbara prov erhöles i båda fallen. I syfte att studera hålrumstrukturen i de två öppna asfaltlagren och se om smuts fastnat i konstruktionen, har proven undersökts med hjälp av röntgenanalys på KTH (datatomografi). Resultaten har ännu inte redovisats (Skanska). Enligt okulär besiktning så verkar dränasfalten ha god vidhäftning och hållfasthet.



Bild 11. Provtagning av borrhärnor, E 4 Huskvarna, maj 2011.



Bild 12. Borrkärna från maj 2014, provsträcka innehållande stålslagg i övre lagret.

4.9. Försegling med Fog Seal

Fog Seal är ett klister som på senare år testats vid ytbehandling och förseglingar. Syftet med Fog Seal är att öka beläggningens hållbarhet, framför allt minska risken för stenlossning, genom att spraya en mindre giva bitumenemulsion på beläggningsytan. I detta fall kan emulsionen tränga längre ned i den öppna dränbeläggningen och täta till mikrosprickor och kontaktytor mellan stenmaterialet, samtidigt som hinnan med bitumen som lägger sig på befintliga beläggningsytor kan reducera oxidationen av bituminet utan att försämra de bullerreducerande egenskaperna i någon större omfattning. Uppgifter om emulsionen:

- Ca 52 % restbitumen
- Penetration bitumen: 70
- Brythastighet: ca 15 min vid bra väder
- Mängd emulsion: 0,4-0,5 kg/m².

En sträcka på ca 200 m i K1, södergående körriktning lades hösten 2010. Ytterligare en försegling utfördes hösten 2011 på halva den sträcka som förseglades 2010. Som tidigare rapporterats så har stenlossningen varit ringa på dessa sträckor. Enligt uppgift från Trafikverket så reducerar förseglingen med ca 1 decibel enligt mätningar före och efter förseglingen av dränsträckorna på E4 vid Hallunda men förhindrade samtidigt stenlossning under följande vinter. Som tidigare nämnts så förseglades hösten 2013 hela K1:an i båda riktningar.



Bild 13. Försegling av dubbeldrän, E 4 Huskvarna, september 2010.

Bullermätningar

VTI har utfört bullermätningar enligt CPX-metoden (ISO/DIS 11819-2) åren 2010, 2011, 2012, 2013 och 2014. Mätningarna har utförts under sommartid i samtliga körfält och riktningar och gav följande resultat:

- 2010: Bullerreduktionen 7 till 8 dB(A)
- 2011: Bullerreduktion 7 till 8 dB(A)
- 2012: Bullerreduktion 6,5 till 7,5 dB(A)
- 2013: Bullerreduktion 6 till 7 dB(A)
- 2014: Bullerreduktion 3 till 6 dB(A)

Mätvärdena är skillnaden mellan dränbeläggningen och en referens som motsvarar en "medelålders" ABS 16. I referensmätningarna som utförts samma år som mätningarna på dränbeläggningen ingår därför 3–4 referensbeläggningar av typ ABS 16 av varierande ålder mellan 3–7 år.

Det kan noteras att den stora variationen år 2014 gäller i huvudsak att körfältet K1 hade en bullerreduktion på ca 3–4 dB(A) medan bullerreduktionen i K2 var 5–6 dB(A). Den plötsliga försämringen i K1:an kan eventuellt bero – åtminstone delvis – på att en försegling utfördes i detta körfält mellan mätningarna 2013 och 2014 och att denna olyckligtvis täppte till porerna i K1:an. Det betyder inte att en försegling nödvändigtvis generellt måste försäkra bullerreduktionen utan det kan ha varit speciella omständigheter i just detta fall. Mer forskning behövs om detta.

Vid mätningen användes ett däck som anses motsvara ljudnivån från personbilsdäck och ett däck som motsvarar ljudnivån från ett tungt fordon. Mätningarna utfördes vid 70 och 90 km/h, men då inga nämnvärda hastighetseffekter har upptäckts har medelvärden för dessa hastigheter beräknats.

Enligt Ulf Sandberg på VTI (bullerforskarer) så brukar bullerreduktionen på tvålagars dränasfalt i Sverige initialt ligga på 7–8 dB(A) första tiden efter trafik för att sedan med tiden reduceras med 1–2,5 dB(A) per år beroende på hur pass igensatt beläggningen blir och om skador uppkommer (främst stenlossning); där inte minst trafikvolymen är avgörande. Med tanke på att vintern 2012/ 2013 var ovanligt "tuff" med omfattande beläggningsskador i södra Sverige som följd så har beläggningen klarat sig anmärkningsvärt bra. Vissa av delprovsträckorna var alltför korta för att fullt ut kunna utvärderas med avseende på buller. Enligt uttrinngstesterna så var skillnaden inte så stor mellan provsträckorna med undantag för sträckan med stålslagg som hade lägre hållrumshalt. Det visade att det fanns ett sammanhängande porsystem i beläggningarna utan stålslagg, vilket är en förutsättning för god bullerreduktion.

4.10. Tvättning

Efter första vintern så tvättades vägbanan. Ingen effekt på bullerreduktion kunde då konstateras. Vägytan har inte tvättats sedan dess.

4.11. IRI, spårdjup och makrotextur

VTI utförde sommaren 2013 lasermätningar på E4, Huskvarna. Mätningen gjordes i samtliga körfält och strax innan och efter ytorna i K1 förseglades med Fog Seal. Resultaten redovisas i följande tabeller.

Tabell 2. Vägytemätning innan försegling i K1, augusti 2013.

Riktning	Körfält		IRI mm/m	Spårdjup mm	MPD Mellan spår mm	MPD Hjulspår mm
Söderut	K1	Medel:	0,73	6,7	1,71	1,50
		Stdav:	0,31	1,8	0,14	0,18
Norrut	K1	Medel:	0,79	6,8	1,67	1,53
		Stdav:	0,35	2,2	0,17	0,21
Söderut	K2	Medel:	0,81	4,1	1,84	1,80
		Stdav:	0,31	1,3	0,17	0,17
Norrut	K2	Medel:	0,82	5,5	1,65	1,50
		Stdav:	0,33	1,5	0,14	0,08

Tabell 3. Vägytemätning efter försegling i K1, september 2013.

Riktning	Körfält		IRI mm/m	Spårdjup mm	MPD Mellan spår mm	MPD Hjulspår mm
Söderut	K1	Medel:	0,73	6,6	1,67	1,42
		Stdav:	0,32	1,8	0,14	0,16
Norrut	K1	Medel:	0,79	7,0	1,67	1,47
		Stdav:	0,39	2,0	0,15	0,20

IRI-värdena låg efter drygt tre års trafik på 0,7–0,8 mm/m med de högsta värdena för snabbkörfälten (K2). I K1 var spårdjupen ca 8 mm och i K2 4–6 mm med det högsta värdet för sträckan norr ut innehållande diabas i grovballasten. MPD-värdena är något lägre i K1 jämfört med K2. Förseglingen har i viss grad påverkat MPD-värdena (reducering med 0,06–0,08 mm) i K1:an. Spårutvecklingen bedöms vara i nivå med beräknade värden.

Referenser

Wågberg L-G och Jacobson T. (1995). Inventering av dränasfalt, besiktning och undersökning av borrhörnar. VTI Meddelande 766:1995.

Viman L. Jacobson T. (2010). Inventering av bullerreducerande beläggningar. VTI Utlåtande 756.

Sandberg U. (2012). Lågbullerbeläggningar i Sverige, State-of-the art. VTI projektrapport.

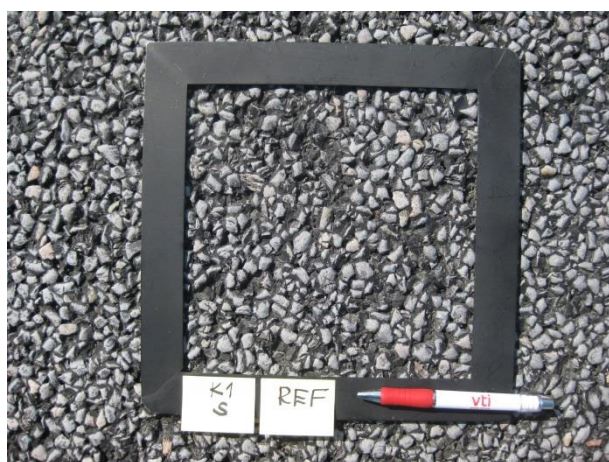
Jacobson T. (2014). Erfarenheter av bullerreducerande beläggningar. VTI Rapport 843.

Bilaga 1

Kontroll av stenlossning

Vid besiktningen 2013 och 2014 utfördes en mer systematisk, kvantitativ kontroll av eventuell stenlossning med hjälp av det s.k. franska fönstret. Den är föreskriven i SS-EN 12272-2 för beräkning av stenlossning (utglesning) för ytbehandling. Stenlossning kan bero på utglesning, släppor och avskalning. Orsaker till stenlossning kan vara många, t ex mekaniska skador från fordon (avskalning), bristande vidhäftning (släppor) eller defekter hos stenmaterialet (utglesning). Ofta kan det vara en kombination av dessa. På respektive sträcka har med hjälp av en ram som slumpmässigt placerats på vägytan i hjulspåren eller ytan mellan hjulspåren antalet korn större än 4 mm beräknats. När hela ytan är täckt med stenmaterial finns ca 360 st korn av sortering 4/11 mm. Vid studier av borrhärnor hade slitlagret 4-5 lager av grövre stenmaterial (4/11). Resultaten från mätningen redovisas i följande bilder.

Mätningar 2013

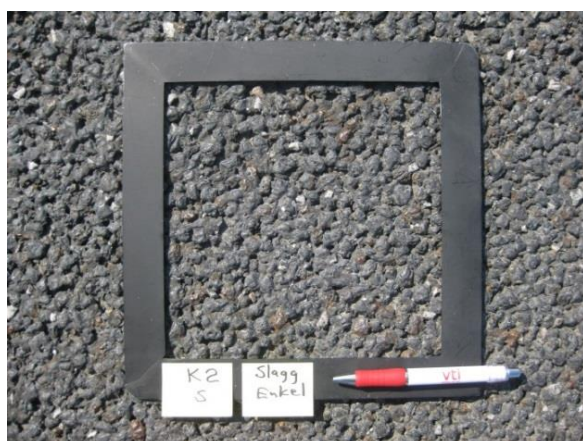


K1 Söderut [dubbeldrän] (referenssträcka 1, första 100 m)

Utglesning: $20/361 = 5,5 \%$

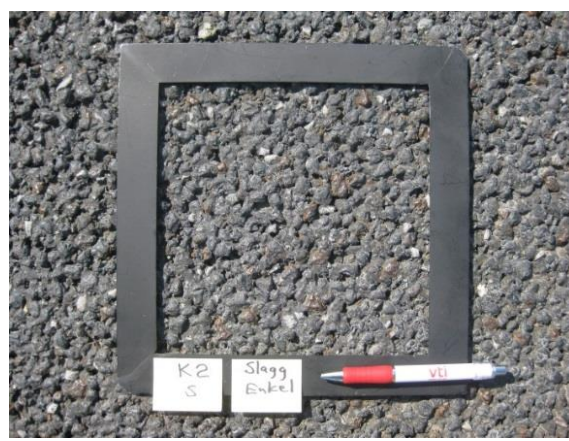


Utglesning: $17/342 = 5,0 \%$

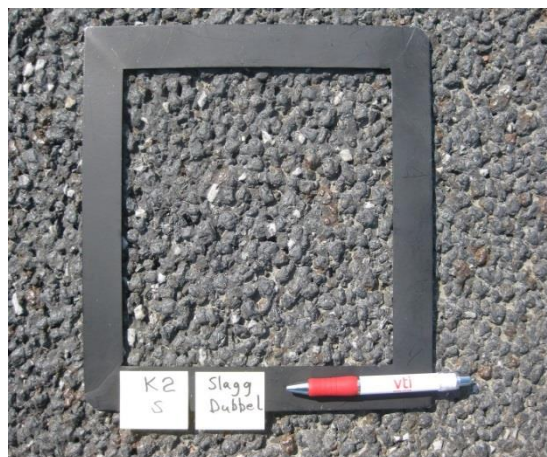
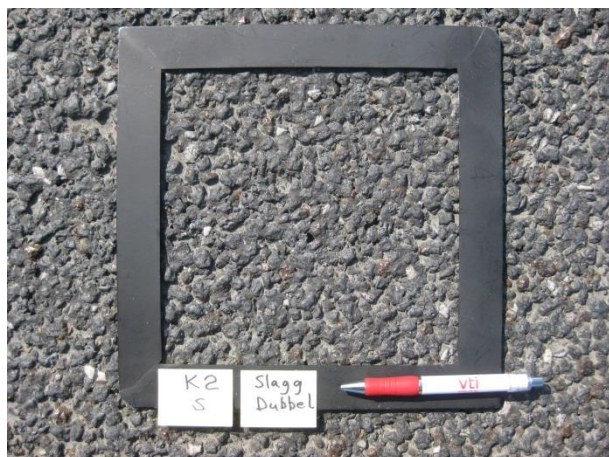


K2 Söderut [Slagg enkeldrän] (provsträcka 1)

Utglesning: $0/324 = 0,0 \%$



Utglesning: $2/290 = 0,6 \%$



K2 Söderut [Slagg dubbeldrän] (provsträcka 1)

Utglesning: $2/280 = 0,8 \%$

Utglesning: $3/298 = 0,9 \%$



K2 Söderut [dubbeldrän, förhöjd bindemedelshalt] (provsträcka 2)

Utglesning: $5/361 = 1,3 \%$

Utglesning: $12/370 = 3,2 \%$



K1 Söderut [dubbeldrän 1 Fog Seal påslag] (provsträcka 3)

Utglesning: $9/352 = 2,0 \%$

Utglesning: $7/380 = 1,8 \%$



K1 Söderut [dubbeldrän 2 Fog Seal påslag] (provsträcka 4)

Utglesning: $6/352= 1,7 \%$

Utglesning: $7/390= 1,8 \%$



K2 Norrut [ny enkeldrän på gammal enkeldrän, diabas]

Utglesning: $1/352= 0,3 \%$

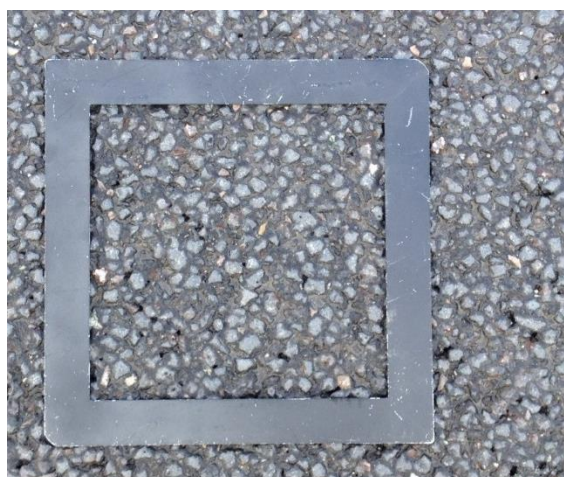
Utglesning: $4/342= 1,2 \%$

Bedömning

Beräkning av stenlossning på prov- och referenssträckor, E 4 Huskvarna, maj 2013:

Stenlossningen var ringa till måttlig på samtliga provsträckor, 0,8-2,0 % (både K1 och K2 södergående). Ordinarie beläggning i K2 låg på 0,3-1,2 % i norrgående riktning (diabas) och 0-1,7 % i södergående riktning (ryolit). Det högsta värdet uppvisade K1, de första hundra metrarna efter skarven i norr med 5,0–5,5 % stenlossning. Sammantaget bedömdes stenlossning ringa till måttlig (i det senare fallet kopplat till några mindre sträckor på objektet). Det bästa resultatet erhöll provsträckorna och K2 norrgående riktning med diabas i slitlagret.

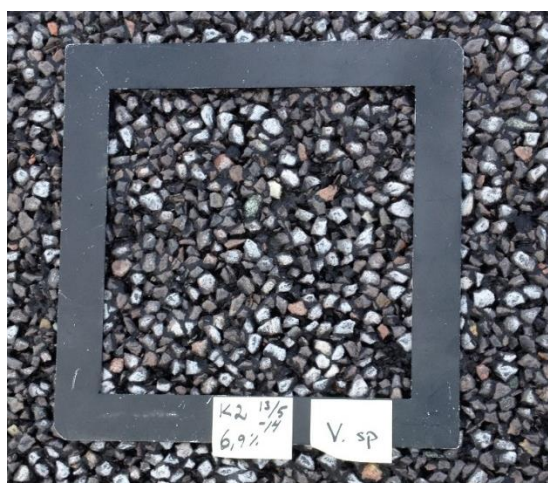
Mätningar 2014



K2 Söderut [Slagg dubbeldrän] (provsträcka 1)

Utglesning: $0/320 = 0,0$ % (vänster spår)

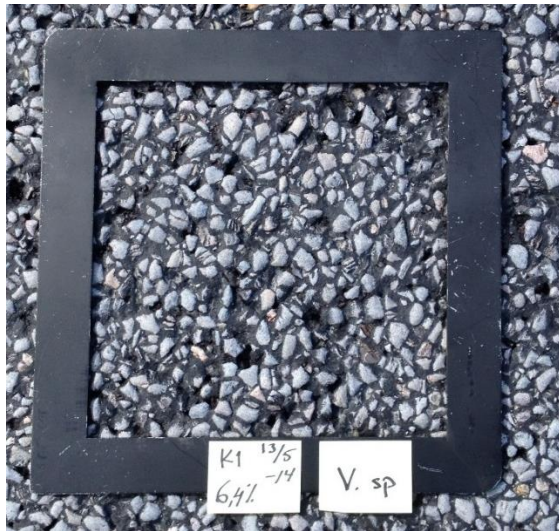
Utglesning: $2/300 = 0,2$ % (mellan spår)



K2 Söderut [dubbeldrän, förhöjd bindemedelshalt] (provsträcka 2)

Utglesning: $2/360 = 0,6$ %

Utglesning: $2/360 = 0,6$ %



K1 Söderut [dubbeldrän] (referenssträcka 1)

Utglesning: 7/360= 1,9 %



Utglesning: 7/360= 1,7 %



K2 Söderut [dubbeldrän] (referenssträcka 2)

Utglesning: 6/360= 1,7 %



Utglesning: 3/360= 0,6 %

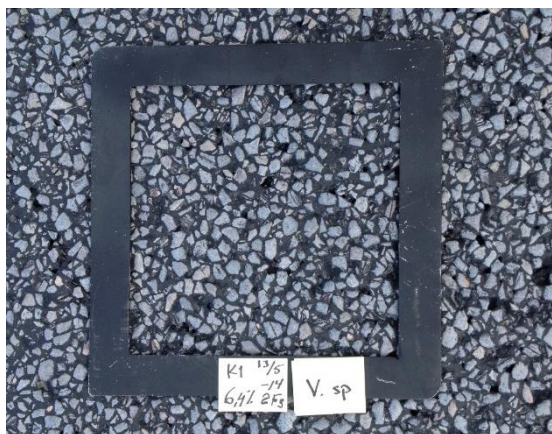


K1 Söderut [dubbeldrän 1 Fog Seal påslag] (provsträcka 3)

Utglesning: $3/360 = 0,8 \%$

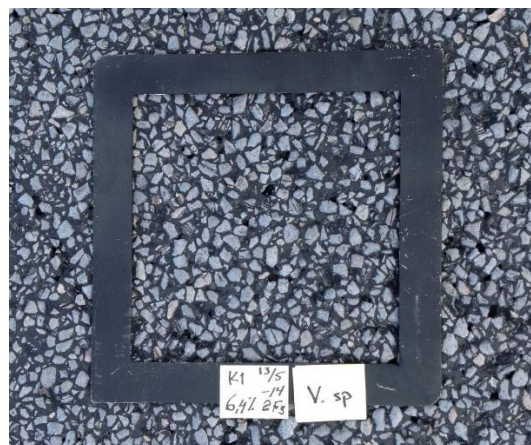


Utglesning: $4/360 = 1,1 \%$



K1 Söderut [dubbeldrän 2 Fog Seal påslag] (provsträcka 4)

Utglesning: $3/360 = 0,8 \%$



Utglesning: $4/360 = 1,1 \%$

Bedömning

Beräkning av stenlossning på prov- och referenssträckor, E 4 Huskvarna, maj 2014:

Stenlossningen var även vid denna mätning ringa. Samtliga sträckor låg mellan 0-2 % i stenlossning, dvs. 0-8 st partiklar per 0,4 m² beläggning efter 4 års trafik. Lägst stensläpp har sträckan med stålslag (1 st partiklar) och mest stensläpp referensen i K1 södergående körfält (7 st partiklar). Sammantaget är stenlossning ringa till måttlig med det bästa resultaten för provsträckorna och körfältet i K2. Som jämförelse kan nämnas att det strängaste kravet (kategorin) i Europastandarden för ytbehandling tillåter $\leq 3 \%$ (11 partiklar) i stenlossning under det första året vid maximal stenstorlek 11 mm (som i det här fallet).

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
BOX 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
BOX 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
BOX 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Scheelevägen 2
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

