

Obnašanje asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah v povezavi z dimenzioniranjem voziščnih konstrukcij

mag. **Dejan Hribar**, univ.dipl.inž.grad.
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., Ljubljana, Center za prometnice in infrastrukturo

Pouzetek

Med najbolj razširjene poškodbe na vozišču sodijo razpoke, ki nastanejo zaradi utrujenosti materiala, temperature ali neustrezne podlage. Vgrajena asfaltna zmes naj bi imela lastnosti, ki bi preprečevala tovrstne poškodbe. V tem prispevku se bomo osredotočili na razpoke, ki nastanejo v asfaltni plasti pri nizkih temperaturah. Določitev lastnosti asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah, tj. odpornosti asfaltnih zmesi proti razpokam pri nizkih temperaturah, se izvaja z dvema različnima vrstama preskusov: z enoosnim nateznim preskusom pri nizkih temperaturah in z ohlajevalnim preskusom ob preprečeni deformaciji. Z enoosnim nateznim preskusom pri nizkih temperaturah ugotavljamo odpornost asfaltnih zmesi na natezno obremenitev zaradi obtežbe. Pri ohlajevalnem preskusu pa simuliramo obremenitev asfaltnih zmesi ob hitrih negativnih temperaturnih spremembah zaradi vremena. Preskus utrujanja pri nizkih temperaturah predstavlja simulacijo ohladitve voziščne konstrukcije ob istočasni prometni obremenitvi.

V Sloveniji iz dobljenih rezultatov SMA je v splošnem ocena obnašanja preskušanih asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah dobra.

V prispevku smo predstavili na podlagi naših podatkov odvisnost med obnašanjem asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah in dimenzioniranjem voziščnih konstrukcij po TSC.

Abstract

Among the most widespread damage to the carriageway include cracks caused by fatigue, temperature, or inadequate base. Built-asphalt mixture is said to have properties which prevent such injuries. In this paper we will focus on the cracks, resulting in the asphalt layer at low temperatures. Determine the properties of asphalt mixtures at low temperatures, ie. resistance against cracking of asphalt mixtures at low temperatures, carried out with two different types of tests: the single-axle tensile test at low temperatures and cooling test at constant length. The single-axle tensile test at low temperatures we note resistance of asphalt mixtures in the tensile stress due to the load. In cooling test and simulate the load of asphalt mixtures, rapid temperature changes due to adverse weather. Fatigue test at low temperatures, a cooling simulation pavement structure while the volume of traffic.

The results of SMA produced in Slovenia, the assessment tested the behavior of asphalt mixtures at low temperatures, are good.

In this paper we presented our data on the dependence between behavior of asphalt mixtures at low temperatures and dimensioning pavement constructions according to the TSC.

1 Uvod

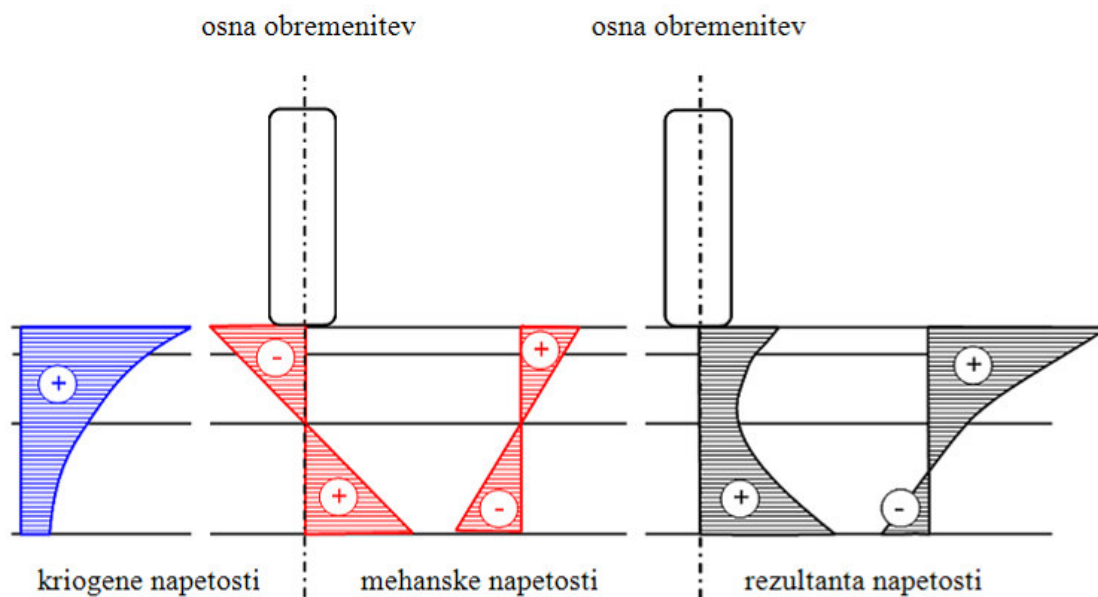
Med najbolj razširjene poškodbe na vozišču sodijo razpoke, ki nastanejo zaradi utrujenosti materiala, temperature ali neustrezne podlage. Vgrajena asfaltna zmes naj bi imela lastnosti, ki bi preprečevala tovrstne poškodbe. V tem prispevku se bomo osredotočili na razpoke, ki nastanejo v asfaltni plasti pri nizkih temperaturah. Določitev lastnosti asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah, tj. odpornosti asfaltnih zmesi proti razpokam pri nizkih temperaturah, se izvaja z dvema različnima vrstama preskusov: z enoosnim nateznim preskusom pri nizkih temperaturah in z ohlajevalnim preskusom ob preprečeni deformaciji. Z enoosnim nateznim preskusom pri nizkih temperaturah ugotavljamo odpornost asfaltnih zmesi na natezno obremenitev zaradi obtežbe. Pri ohlajevalnem preskusu pa simuliramo obremenitev asfaltnih zmesi ob hitrih negativnih temperaturnih spremembah zaradi vremena. Preskus utrujanja pri nizkih temperaturah predstavlja simulacijo ohladitve voziščne konstrukcije ob istočasni prometni obremeni-

tvi.

V Sloveniji v preteklosti teh preskusov nismo izvajali, vendar pa kljub temu od leta 2004 preskušamo lastnosti asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah v tujini, na redkih inštitucijah v Evropi, ki se s tem ukvarjajo.

2 Napetosti in poškodbe pri nizkih temperaturah

Pri nizkih temperaturah so pomembne predvsem kriogene napetosti, ki nastanejo zaradi ohlajanja materiala, to so natezne napetosti in mehanske napetosti, zaradi prometne obremenitve (slika 2.1). Kriogene napetosti se zmanjšujejo od zgoraj navzdol, kar pomeni, da so največje natezne napetosti v zgornjih plasteh in ko dosežejo območje natezne trdosti, nastane razpoka. Ne smemo pa zanemariti mehanskih napetosti, kajti te imajo predvsem v času odjuge toliko večji vpliv, zaradi zmanjšane togosti podlage in nasičenosti plasti z vodo.



Slika 2.1: Shematični prikaz kriogenih in mehanskih napetosti v voziščni konstrukciji [Mollenhauer, 2008]

V primeru, ko obe napetosti nastopata v kombinaciji lahko rezultanta napetosti doseže kritično območje in nastanejo poškodbe, v obliki prečnih ali vzdolžnih razpok (slika 2.2).

Problem pri nizkih temperaturah je zmanjšana odpornost na staranje veziva. Bitumen otrdi in ni sposoben prenašati plastičnih deformacij.



Slika 2.2: Poškodbe vozišča pri nizkih temperaturah [Spiegel, 2008]

3 Postopki preskušanja

Za odpravo najbolj značilnih poškodb, zaradi utrujenosti ali vpliva temperature, uporabljamo v zadnjem času razvite nove metode preskusov, ki pokrivajo celotno uporabno temperaturno območje.

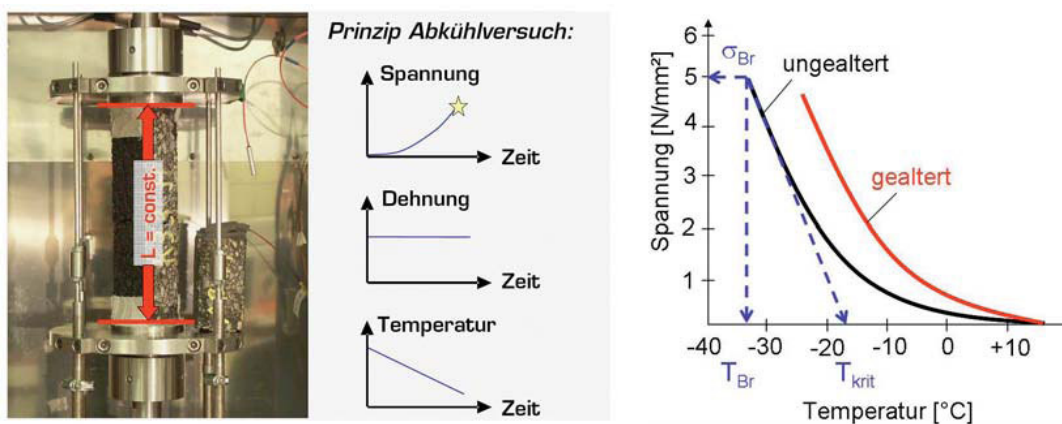
Poznamo naslednje preskuse asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah:

- ▶ enoosni natezni in ohlajevalni preskus za določitev obnašanja asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah

- ▶ enoosni natezni-ponavljajoči (ciklične) preskus za določitev obnašanja pri utrujanju pri nizkih temperaturah.

3.1 Natezni in ohlajevalni preskusi

Določitev lastnosti pri nizkih temperaturah – odpornost asfalta proti razpokam pri nizkih temperaturah – se izvaja z dvema različnima vrstama preskusov: z enoosnim nateznim preskusom in z ohlajevalnim preskusom (slika 3.1).



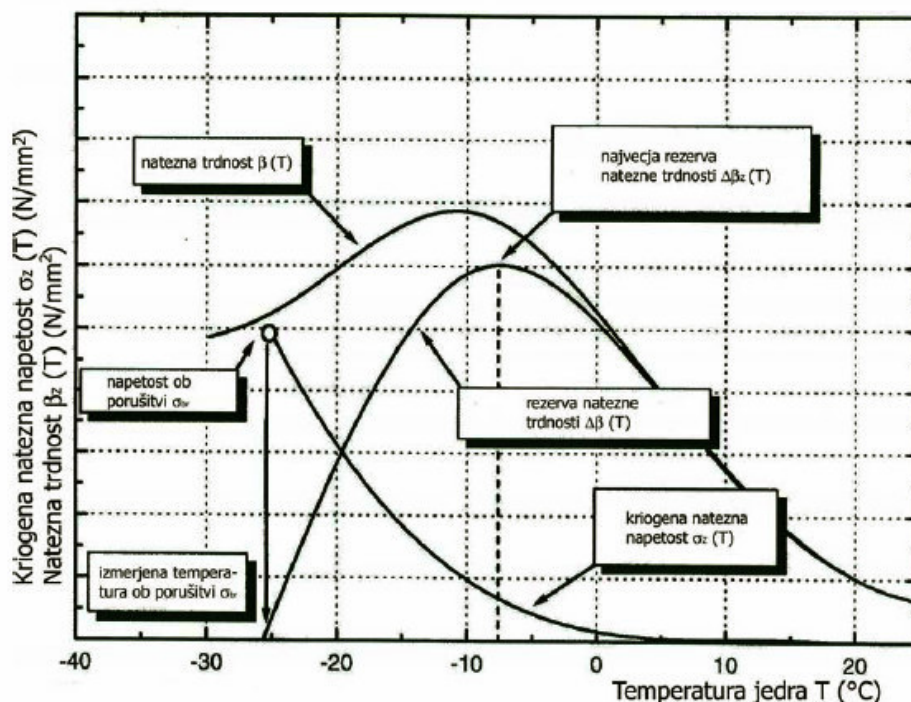
Slika 3.1: Ohlajevalni preskus [Spiegel, 2008]

Enoosni natezni preskusi se izvajajo pri konstantnih temperaturah v stopnjah $T = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pri tem so preskušanci med fazo temperiranja v stanju brez napetosti in po zadostnem trajanju temperiranja osno obremenjeni s konstantno hitrostjo raztezanja $v = 1\text{ mm/min}$. Rezultata enoosnega nateznega preskusa sta natezna trdnost in raztezek pri porušitvi pri posamezni temperaturi preskušanja. Potek natezne trdnosti s temperaturo se približno opiše s pomočjo

kubičnega splina iz rezultatov nateznega preskusa. Z ohlajevalnim preskusom simuliramo obremenitev asfalta ob negativnih temperaturnih spremembah zaradi vremena. Preskušane ob ohranjanju konstantne dolžine kontinuirano ohlajamo. Za izpeljavo preskusa v laboratorijsko ekonomičnem času trajanja, je določena hitrost ohlajanja s temperaturno stopnjo $T = -10\text{ K/h}$. Zaradi preprečenega temperaturnega skrčka z ohranjanjem konstantne dolžine, nastajajo v preskušancu

naraščajoče sile, ki jih lahko označimo kot kriogene - to pomeni povzročene z ohlajevanjem – natezne napetosti. Ko te kriogene napetosti dosežejo območje natezne trdnosti, nastane razpoka. Rezultati ohlajevalnega preskusa so poleg poteka kriogenih napetosti v odvisnosti od temperature, še porušna temperatura – to je tista temperatura, pri kateri nastane razpoka – in porušna napetost – porušni temperaturi pripadajoča kriogena natezna napetost ob času porušitve. Za predstavitev poteka kriogenih napetosti, kot tudi za izračun rezerve natezne trdnosti se rezultati ohlajevalnega preskusa aproksimirajo s polinomom tretje stopnje. Razlika med zna-

čilnimi vrednostmi natezne trdnosti in kriogenih napetosti je označena kot rezerva natezne trdnosti. Ta rezerva natezne trdnosti določa posebno značilnost asfalta, da poleg natezних napetosti zaradi ohlajanja prenaša tudi natezne napetosti zaradi prometne obtežbe. Sposobnost hkrati prenašati kriogene in mehanske natezne napetosti, je najbolj izražena tam, kjer doseže natezna trdnost svojo največjo vrednost. Odčitamo največjo rezervo natezne trdnosti $\Delta\beta_z$ in temperaturo, pri kateri nastopi $\Delta\beta_z$. Shematična predstavitev rezultatov preiskav pri nizkih temperaturah je v sliki 3.2 na primeru predstavljena in razložena [Ljubič, 2006].



Slika 3.2: Primer kriogene natezne napetosti $\sigma_z(T)$, natezne trdnosti $\beta_z(T)$ in rezerve natezne trdnosti $\Delta\beta_z(T)$ v odvisnosti od temperature asfalta [Ljubič, 2006]

3.2 Natezni-ponavljajoči preskus

Preskus utrujanja pri nizkih temperaturah predstavlja simulacijo ohladitve voziščne konstrukcije ob istočasni prometni obremenitvi. Pri tem kritične napetosti, ki nastanejo v voziščni konstrukciji ob prekritju termičnih in prometnih obremenitev, ocenimo s pomočjo numerične simulacije. Za eksperimentalno določitev odpornosti na utrujanje se izvajajo enoosni natezni-ponavljajoči preskusi z regulirano obremenitvijo na prizmatičnih preskušancih. Prizmatični preskušanci se prilepijo na adapter in breznapetostno vstavijo

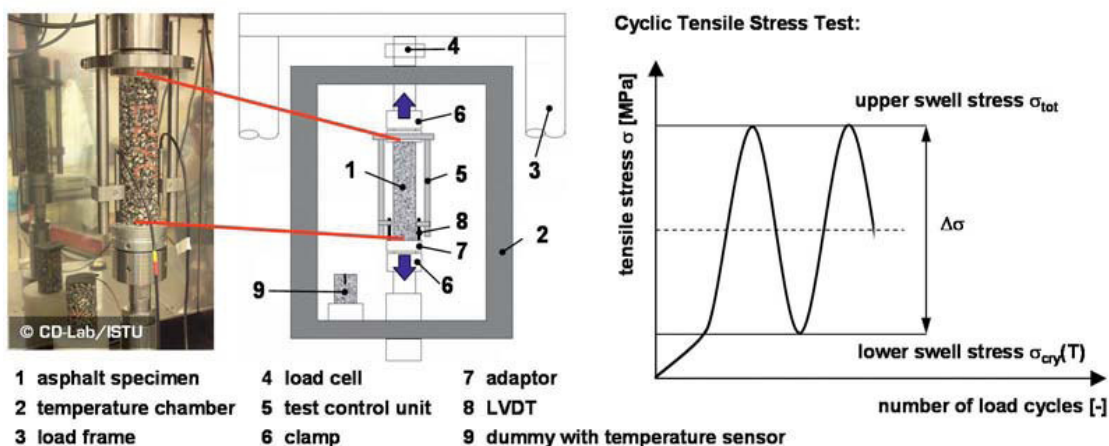
v preskuševalno napravo. Med fazo temperiranja se prizmatični preskušanci

ohranjajo brez napetosti s pomočjo regulacijske elektronike preskuševalne naprave. Pri modelu končnih elementov se čim bolj realno upoštevajo vse temperaturno odvisne vplivne veličine na nastanek razpok, namreč temperaturno krčenje asfalta, negativni temperaturni gradient v asfaltni plasti (zgornja površina je hladnejša od podlage) in ponavljajoča prometna obremenitev pri nizkih temperaturah. Pri numerični simulaciji se upošteva tako temperaturna obremenitev v različno dolgih časovnih obdobjih, kot tudi temperaturno odvisno spreminjanje mehaničnih

lastnosti asfalta. Kot rezultat modeliranja dobimo kritično situacijo napetosti v vsaki točki numeričnega modela zaradi temperaturnih in prometnih obremenitev. Iz teh lahko sklepamo na kritično skupno obremenitev v asfaltni obrabno-zaporni plasti voziščne konstrukcije. Shema obremenjevanja nateznega-ponavljajočega preskusa je predstavljena na sliki 3.3 [Ljubič, 2006].

Robni pogoji za preskus utrujanja ob vplivu nizkih temperatur, ki jih izvajajo na TU Braunschweig so naslednji: preskusna temperatura -10°C ; iz rezultatov ohlajevalnih

preskusov smo uporabili kriogene natezne napetosti pri določeni preskusni temperaturi za podnapetost preskusov utrujanja; kot mehanogena natezna napetost za simulacijo prometne obtežbe je bila določena napetost $1,40\text{ N/mm}^2$. Rezultat z obtežbo reguliranega nateznega-ponavljajočega preskusa je določeno število ponovitev obremenitve do odpovedi – torej do porušitve preskušanca. Visoko število ponovitev obremenitve do porušitve označuje asfalte z višjo odpornostjo proti nastanku razpok zaradi utrujanja [Ljubič, 2006].



Slika 3.3: Natezni-ponavljajoči preskus [Spiegl, 2008]

4 Rezultati in analize preskusov pri nizkih temperaturah

4.1 Rezultati na Slovenskih asfaltnih zmesih SMA - LJUBIČ

Med prvimi objavljenimi prispevki s tega področja pri nas je bil prispevek z naslovom Rezultati preiskav asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah g. Ljubiča (IGMAT d.d.). Namreč, v tem prispevku so predstavljene asfaltne zmesi namenjene za preskušanje pri nizkih temperaturah, ki so bile tipa drobir z bitumenskim mastiksom (SMA), ki se v zadnjih desetih letih največ uporabljajo na omrežju avtocest v Republiki Sloveniji. Preiskave so bile izvedene na šestih asfaltnih zmesih z različnimi vrstami modificiranega bitumna (pet zmesi SMA 11 in ena zmes SMA 8) na TU Braunschweig in na TU Wien.

Skupno je iz dobljenih rezultatov (glej tabela 4.1) ohlajevalnih preskusov in nateznih preskusov pri nizkih temperaturah – max.

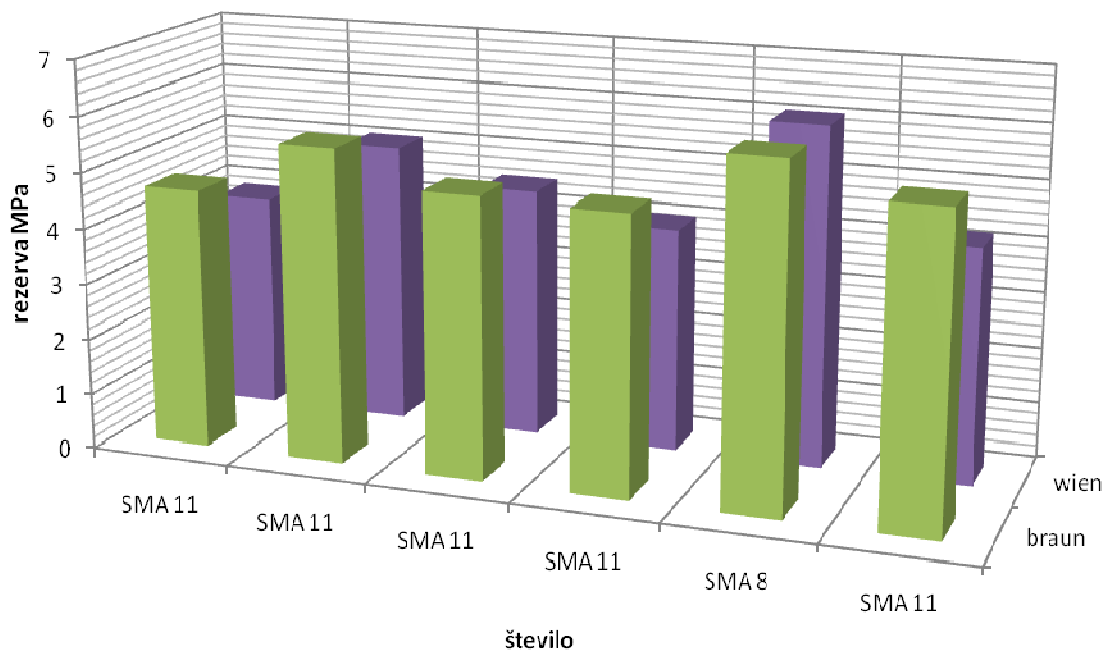
rezervna napetost (slika 4.1) mogoče ugotoviti, da so medsebojne razlike med primerjanimi različicami majhne, absolutne vrednosti rezultatov preskušanj pri nizkih temperaturah obeh tehničnih univerz so medsebojno primerljive in so istega velikostnega reda. V splošnem je ocena obnašanja preskušanih asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah dobra. Hkrati moramo ugotoviti, da vrstni red rangiranih različic ni nujno enak pri obeh laboratorijih, ne pri skupnem ovrednotenju vseh preskusov ne pri posameznih preskusih [Ljubič, 2006].

V prilogi (tabeli 4.1) so rezultati preskusov utrujanja pri nizkih temperaturah med obema laboratorijema, zaradi različne metodologije upoštevanja prometne obtežbe med seboj niso najboljše primerljivi, še najboljša korelacija se kaže med rezultati preskusov utrujanja na TU Braunschweig in med rezultati preskusov utrujanja na TU Wien pri 15 Hz in pri -15°C za NOO 100 kN , vendar tudi tu vrstni red rangiranih različic ni enak pri obeh laboratorijih. Pri preskusih izvedenih na TU Wien se kaže dobra korelacija med rezultati največjih rezerv nateznih napetosti in

preskusi utrujanja, medtem ko pri rezultatih preskusov na TU Braunschweig ta korelacija ni tako dobra (razen za preskušano različico

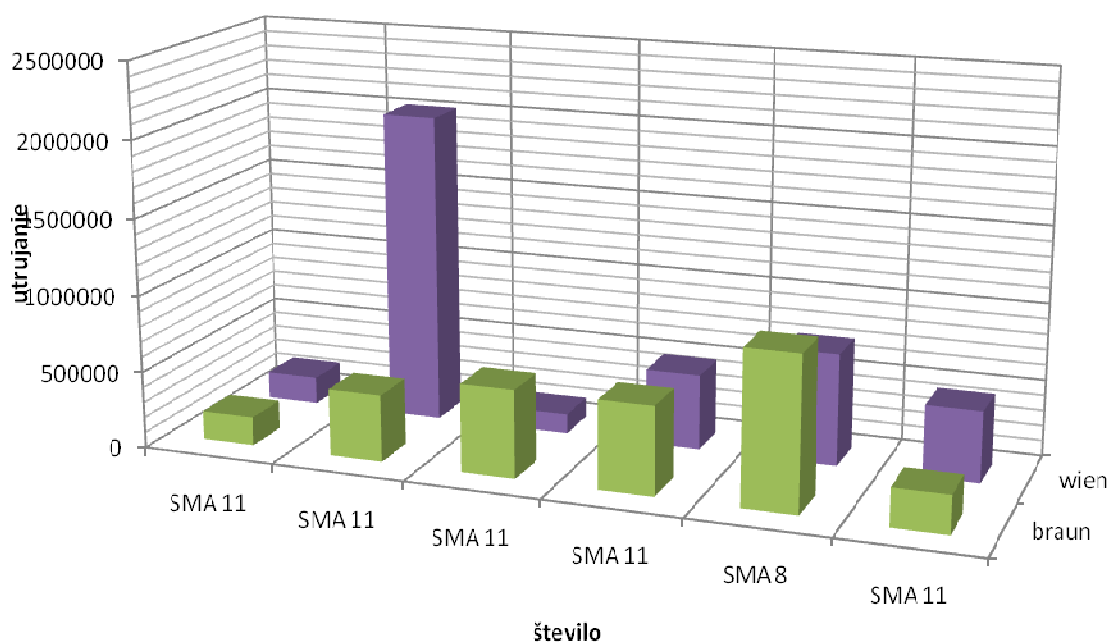
DBM 8s, ki ima najugodnejše obnašanje pri nizkih temperaturah) – slika 4.2 [Ljubič, 2006].

SMA



Slika 4.1: Rezultati preskusov pri nizkih temperaturah – max. rezerva napetosti (Ljubič)

SMA



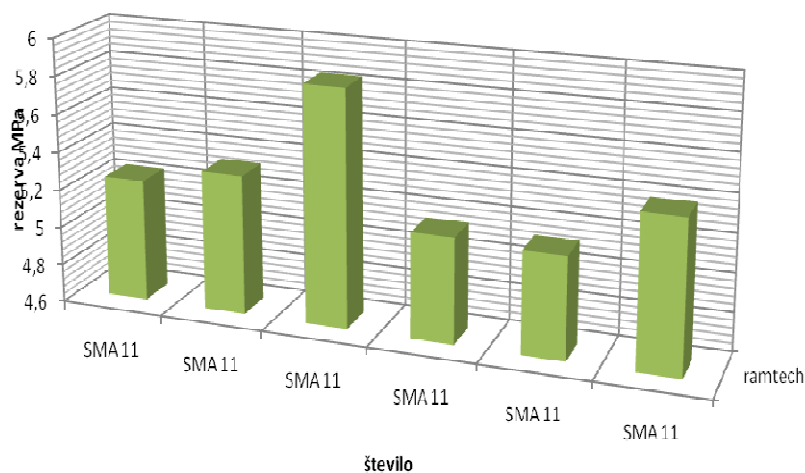
Slika 4.2: Rezultati preskusov pri nizkih temperaturah – utrujanje (Ljubič)

4.2 Rezultati na Slovenskih asfaltnih zmesih SMA – JV ZRMK + BAM (RAMTECH)

V sklopu zunanja kontrole kakovosti JV Gradbeni inštitut ZRMK in BAM (za obdelavo podatkov odobril DARS) smo na slovenskih avtocestah izvajali preskuse pri nizkih

temperaturah na obrabnih asfaltnih plasteh (SMA 11), ki jih je izdelal RAMTECH. V tem prispevku so prikazani rezultati preskusov le na šestih asfaltnih zmesih z podobnimi vrstami polimernega bitumna. Rezultati preiskav so prikazani v prilogi (tabela 4.1) in slika 4.3 ter so primerljivi rezultatom, ki jih navaja Ljubič. Rezultatov utrujanja nismo pridobili.

SMA

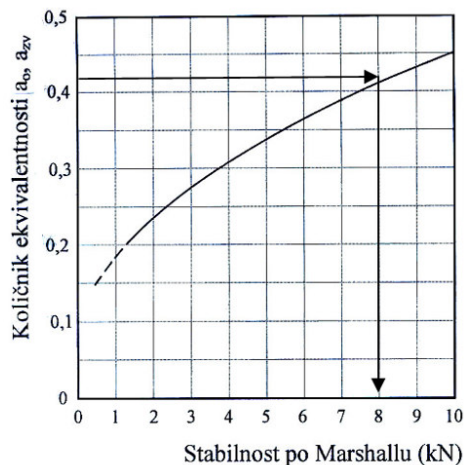


Slika 4.3: Rezultati preskusov pri nizkih temperaturah – max. rezerva napetosti (Ramtech)

5 Rezultati preskusov pri nizkih temperaturah v povezavi z dimenzioniranjem voziščnih konstrukcij

V tem prispevku skušamo predstaviti, da morebiti pa le obstaja povezanost med preskusi pri nizkih temperaturah in dimenzioni-

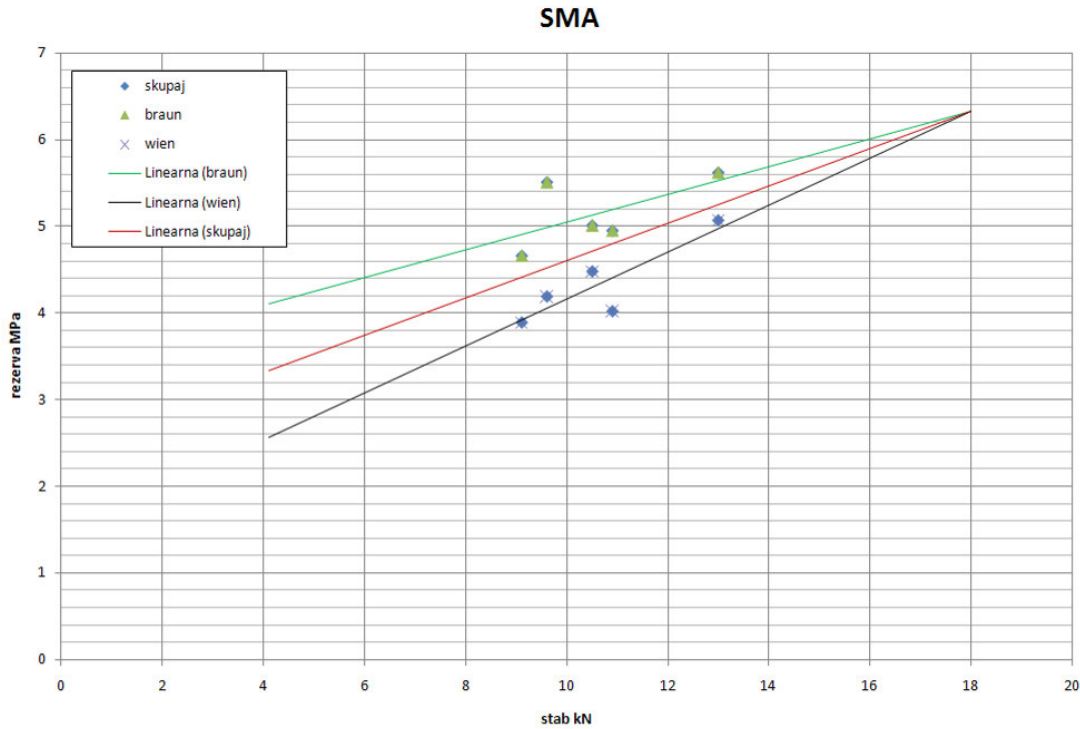
ranjem voziščnih konstrukcij. Seveda, vse spodaj navedene vrednosti so informativnega značaja. Za podrobnejšo analizo bi potrebovali večje število preskušancev. Pri dimenzioniranju voziščnih konstrukcij po TSC 06.520 se uporablja za SMA faktor ekvivalentnosti materiala $a_i = 0,42$. Faktor ekvivalentnosti materiala a_i seka krivuljo pri vrednosti stabilnosti po Marshallu za SMA cca 8 kN (slika 5.1).



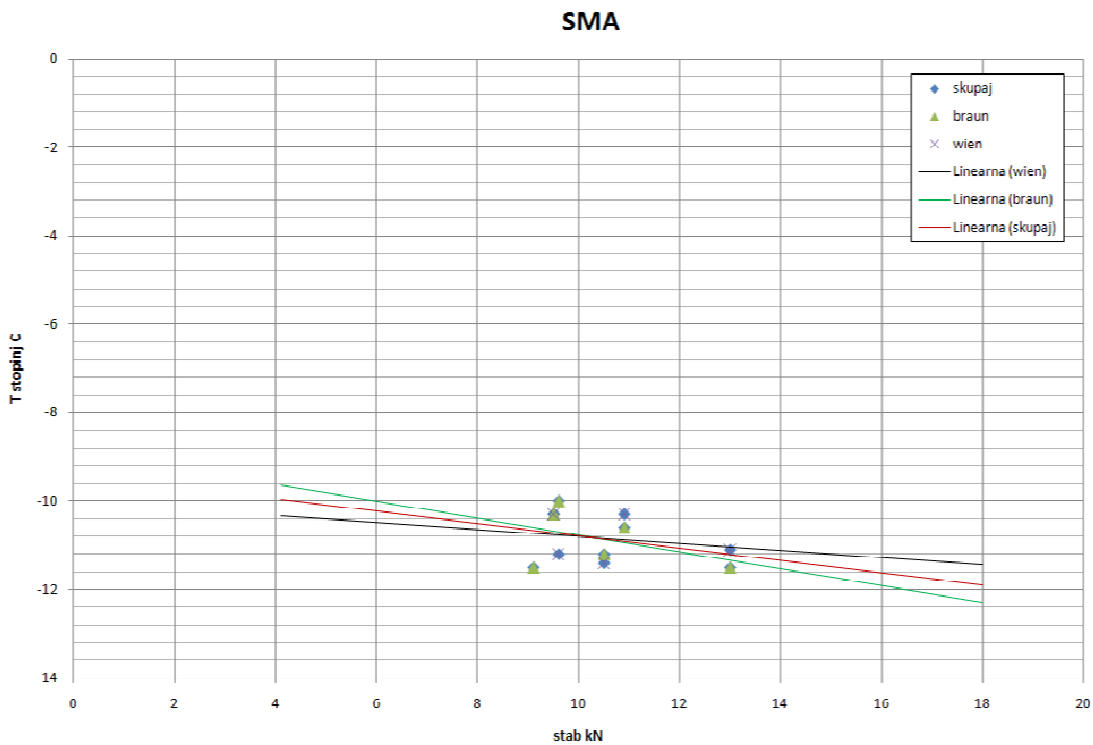
Slika 5.1: Količniki ekvivalentnosti materiala a_i za bitumenski beton in bituminizirani drobljenec po TSC 06.520

Najprej si poglejmo rezultate iz tabele 4.1 (Ljubič), odvisnost med stabilnost – največja rezerva natezne napetosti (slika 5.2) in stabilnost – temperatura pri največji rezervi natezne napetosti (slika 5.3). Iz slike 5.2 je razvidno, da je krivulja odvisnost med stabilnost – največja rezerva natezne napetosti pri

TU Braunschweig pri nižjih vrednostih stabilnosti nekoliko višja od krivulje TU Wien. Na sliki 5.3 pa ni tolikšne razlike. Za naše nadaljnje delo smo prevzeli povprečno vrednost obeh podatkov (rdeča regresijska krivulja).



Slika 5.2: Rezultati preskusov v odvisnosti stabilnost - največja rezerva natezne napetosti (Ljubič)

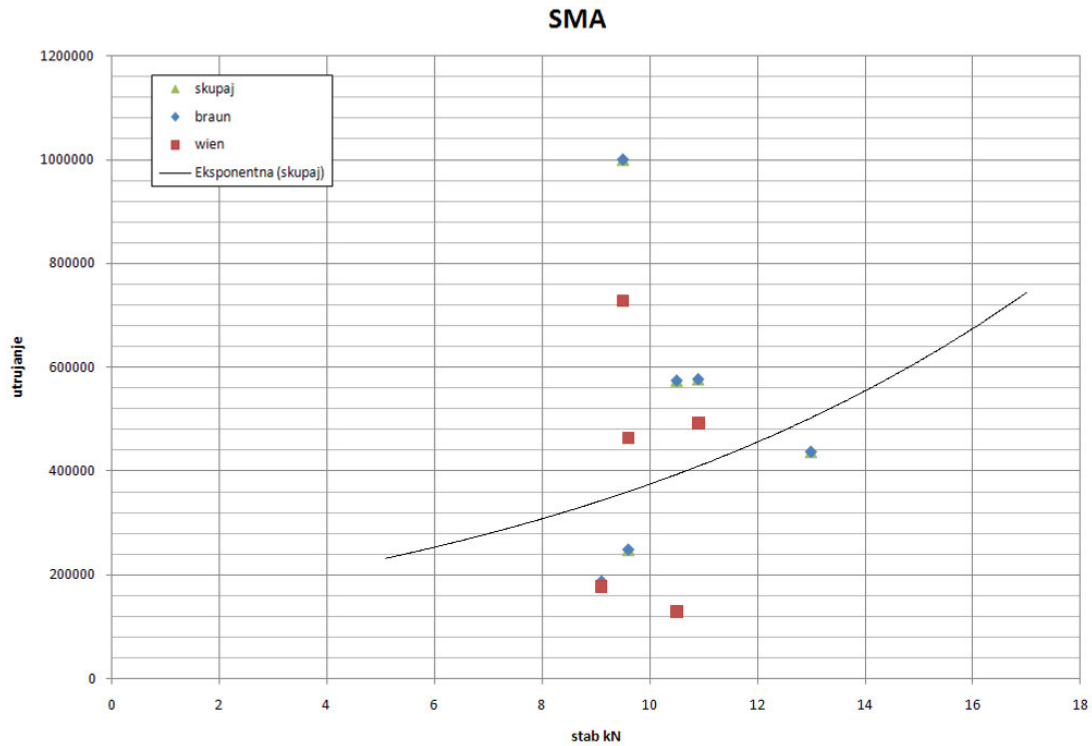


Slika 5.3: Rezultati preskusov v odvisnosti stabilnost – temperatura pri največji rezervi natezne napetosti (Ljubič)

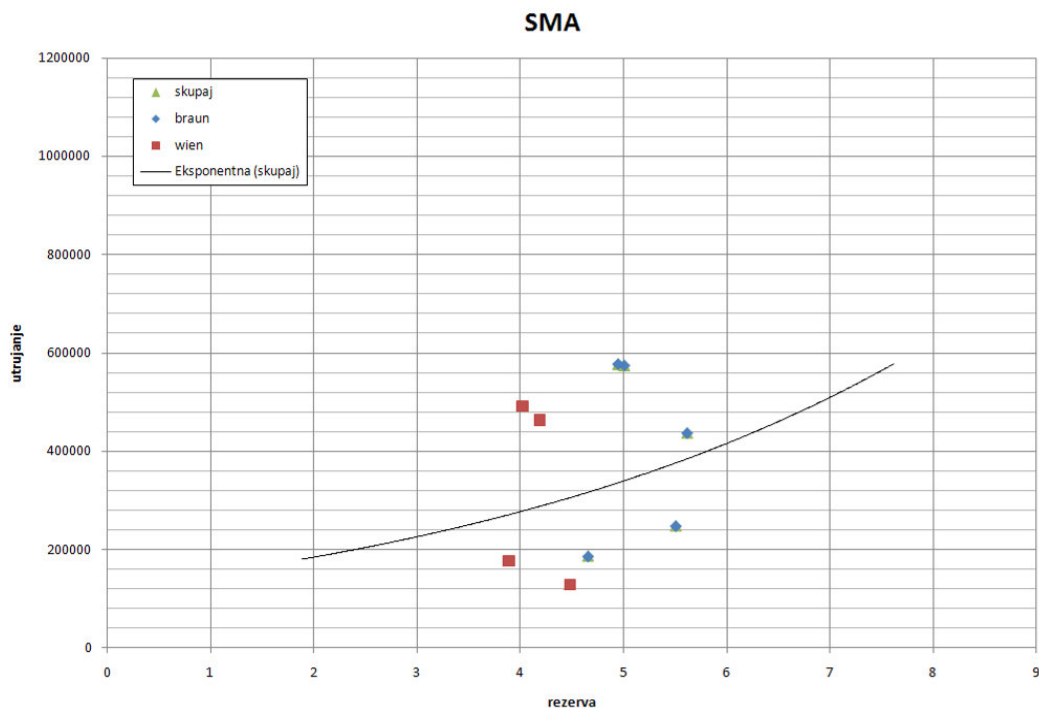
Vrnemo se nazaj na sliko 5.2 in na sliko 5.3, kjer vidimo da pri stabilnosti 8 kN seka rdečo regresijsko krivuljo v območju največja rezerva natezne napetosti cca 4 MPa ter temperaturo pri največji rezervi natezne napetosti cca – 10,5 °C.

Poglejmo si še odvisnost utrujenost – stabilnost. Iz slike 5.4 vidimo, da stabilnosti 8

kN seka regresijsko krivuljo ravno pri cca 300.000 številu ciklov utrujanja. Prav tako si pogledjmo odvisnost utrujenost - največja rezerva natezne napetosti. Na sliki 5.5 vidimo, da pri vrednosti 4 MPa največja rezerva natezne napetosti seka regresijsko krivuljo prav tako pri cca 300.000 številu ciklov utrujanja.



Slika 5.4: Rezultati preskusov v odvisnosti stabilnost – utrujanje (Ljubič)



Slika 5.5: Rezultati preskusov v odvisnosti utrujanje - največja rezerva natezne napetosti (Ljubič)

Na podlagi naših rezultatov menimo, da pri dimenzioniranju voziščnih konstrukcij v Sloveniji uporabljamo za SMA ustrezen faktor ekvivalentnosti $a_i = 0,42$. Omenjeni faktor pogojuje, da je potrebno zagotoviti material SMA, ki bo imel poleg zahtevanih lastnosti po TSC tudi še naslednje:

- ▶ največja rezerva natezne napetosti pri nizkih temperaturah ≥ 4 MPa
- ▶ temperaturo pri največji rezervi natezne napetosti pri nizkih temperaturah ≤ -10 °C
- ▶ utrujanje ≥ 300.000 ciklov.

6 Zaključek

Raziskave odpornosti zgoščene asfaltne zmesi proti nastanku razpok pri nizkih temperaturah se izvajajo z enoosnim nateznim preskusom pri nizkih temperaturah in z ohlajevalnim preskusom ob preprečeni deformaciji. Z enoosnim nateznim preskusom pri nizkih temperaturah ugotavljamo odpornost asfaltnih zmesi na natezno obremenitev zaradi obtežbe. Pri ohlajevalnem preskusu pa simuliramo obremenitev asfaltnih zmesi ob hitrih negativnih temperaturnih spremembah zaradi vremena. Preskus utrujanja pri nizkih temperaturah predstavlja simulacijo ohladitve voziščne konstrukcije ob istočasni prometni obremenitvi.

V Sloveniji iz dobljenih rezultatov SMA je v splošnem ocena obnašanja preskušanih asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah dobra.

Na podlagi naših rezultatov menimo, da pri dimenzioniranju voziščnih konstrukcij v Sloveniji uporabljamo za SMA ustrezen faktor ekvivalentnosti $a_i = 0,42$. Omenjeni faktor pogojuje, da je potrebno zagotoviti material SMA, ki bo imel poleg zahtevanih lastnosti po TSC tudi še naslednje:

- ▶ največja rezerva natezne napetosti pri nizkih temperaturah ≥ 4 MPa
- ▶ temperaturo pri največji rezervi natezne napetosti pri nizkih temperaturah ≤ -10 °C
- ▶ utrujanje ≥ 300.000 ciklov.

V tem trenutku, v sodelovanju z ZAG-om, preiskujemo asfaltne zmesi AC 11 surf in

SMA 11 pri čemer uporabljamo dva tipa bitumna cestogradbeni B 50/70 in polimerni PmB 45/80-65. Rezultate pričakujemo v začetku naslednjega leta. Predvsem se želimo prepričati ali navedene trditve veljajo.

Literatura

Arand, W.: Ermüdungsbeständigkeit von Asphalten. Forschungsergebnisse und Schlussfolgerungen. Asphalt, Heft 1, 2000

Čulk, J.: Aging of Bituminous Materials and its Effects on the Stiffness Properties. Diplomarbeit,

Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, Technische Universität Wien, Wien, 2006.

Ljubič, A.: Rezultati preiskav asfaltnih zmesi pri nizkih temperaturah, 8. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 2006

Mollenhauer, K.: Dimensionierungsrelevante Prognose des Ermüdungsverhaltens von Asphalt mittels einaxialer Zug-Schwellversuche, Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Dissertation, 2008

Spiegl, M.: Tieftemperaturverhalten von bituminösen Baustoffen – Labortechnische Ansprache und numerische Simulation des Gebrauchsverhaltens. Dissertation, Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, Technische Universität Wien, Wien, 2007.

Spiegl, M., Steidl, H., Weixlbaum, M.: Alterungsbeständigkeit von Straßenbaubitumen, www.gestrata.at, Jurnal 120, 2008

Wistuba, M.: Klimaeinflüsse auf Asphaltstraßen – Maßgebende Temperatur für die analytische Oberbaubemessung in Österreich. Dissertation, Mitteilungen des Instituts für Straßenbau und Straßenerhaltung, Ausgabe 15, Technische Universität Wien, Wien, 2002.

Wistuba, M., Lackner, R., Spiegl, M., and Blab, R.: Low-temperature characterization of asphalt mixtures provides new insight into in-service performance of flexible pavements. Proc., 9th International Road Conference – Roads for Sustainable Development, Budapest, 23 – 25 April 2006.

TSC 06.520:2009 Dimenzioniranje novih voziščnih konstrukcij

PRILOGA

Tabela 4.1: Rezultati preskusov pri nizkih temperaturah

Oznaka	Vrsta veziva	Prostorninska masa (kg/m ³)	Stabilnost po Marshall (kN)	Vsebnost votlin (V, -%)	Vsebnost bitumna (m, -%)	Največja rezerva natezne napetosti (MPa)	Temperatura največje rezerva natezne napetosti stopinj C	Stopnja zapoljenosti (%)	Utrujanje -10-15 °C
JV ZRMK + BAM (RAMTECH)									
SMA 11	Pmb 45/80-65 A1,A2	2465	10,2	5,5	6	5,24	-11,8	72,2	
SMA 11	Pmb 45/80-65 A1	2447	10,5	3,1	6	5,33	-11,6	82,2	
SMA 11	Pmb 45/80-65 A1,A2	2440	9,2	3,9	6,8	5,84	-11,1	80,5	
SMA 11	Pmb 45/80-65 A1	2434	11,1	4,4	6,1	5,15	-11,9	76,7	
SMA 11	Pmb 45/80-65 A1,A2	2446	12	3,1	5,9	5,13	-13,7	81,9	
SMA 11	Pmb 45/80-65 A1,A2	2508	10,4	4	5,6	5,39	-11,3	77,3	
povprečje		2456,7	10,6	4,0	6,1	5,3	-11,9	78,5	
LJUBIČ (TU BRAUNSCHVEIG)									
SMA 11	vilabit 65	2476	9,1	4,8	6,1	4,66	-11,5	75,4	186.816,00
SMA 11	bitupol C	2449	13	3,8	5,8	5,62	-11,5	78,5	436.723,00
SMA 11	zalaplast II	2504	10,5	3,2	6,3	5,01	-11,2	82,8	573.881,00
SMA 11	polyplast a1	2449	10,9	3,8	6,2	4,95	-10,6	79,7	576.555,00
SMA 8	bitupol C	2450	9,5	4	7	6,07	-10,3	80,6	1.000.000,00
SMA 11	polyplast a1	2519	9,6	2,6	6,3	5,51	-10	85,5	248.185,00
povprečje		2474,5	10,4	3,7	6,3	5,3	-10,9	80,4	503.693,33
LJUBIČ (TU WIEN)									
SMA 11	vilabit 65	2476	9,1	4,8	6,1	3,89	-15,1	75,4	177.085,00
SMA 11	bitupol C	2449	13	3,8	5,8	5,07	-11,1	78,5	2.021.954,00
SMA 11	zalaplast II	2504	10,5	3,2	6,3	4,48	-11,4	82,8	128.762,00
SMA 11	polyplast a1	2449	10,9	3,8	6,2	4,02	-10,3	79,7	491.725,00
SMA 8	bitupol C	2450	9,5	4	7	6,07	-10,3	80,6	728.123,00
SMA 11	polyplast a1	2519	9,6	2,6	6,3	4,19	-11,2	85,5	464.072,00
povprečje		2474,5	10,4	3,7	6,3	4,6	-11,6	80,4	668.620,17