

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Kert, G. 2012. Graditev in vzdrževanje drenažnega asfalta. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Žmavc, J., somentor Hribar, D.): 80 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Kert, G. 2012. Graditev in vzdrževanje drenažnega asfalta. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Žmavc, J., co-supervisor Hribar, D.): 80 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
PROMETNA SMER

Kandidat:

GREGOR KERT

**GRADITEV IN VZDRŽEVANJE DRENAŽNEGA
ASFALTA**

Diplomska naloga št.: 3247/PS

**CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF POROUS
ASPHALT**

Graduation thesis No.: 3247/PS

Mentor:

prof. dr. Janez Žmavc

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

mag. Dejan Hribar

Član komisije:

prof. dr. Bogdan Zgonc
asist. Darja Šemrov

Ljubljana, 27. 09. 2012

STRAN ZA POPRAVKE

IZJAVE

Podpisani Gregor Kert izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Graditev in vzdrževanje drenažnega asfalta«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Kranj, 05. 09. 2012

Gregor Kert

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	691.16.004.5(043.2)
Avtor:	Gregor Kert
Mentor:	prof. dr. Janez Žmavc
Somentor:	mag. Dejan Hribar
Naslov:	Graditev in vzdrževanje drenažnega asfalta
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	80 str., 20 pregl., 58 sl., 17 graf., 3 pril.
Ključne besede:	drenažni asfalt, vzdrževanje cest

Izvleček

Za doseganje boljše prometne varnosti in zmanjšanje hrupa v cestnem prometu se tako v tujini kot pri nas strokovnjaki s področja cestogradnje srečujejo s poroznimi voznimi površinami – drenažnimi asfalti. Zadrževanje vode na vozni površini je pri uporabi drenažnih asfaltov skoraj popolnoma izničeno, kar pri nas s pridom izkoriščamo na vijačnih prehodih avtocestah. V zadnjem času pa se v Sloveniji tudi že uporabljajo te asfaltne plasti kot protihrupni ukrep.

Zaradi svoje porozne sestave pa ima obrabna drenažna plast tudi nekaj pomembnih pomanjkljivosti. Razlog, zakaj niso vozne površine z bituminizirano zmesjo drenažnega asfalta bolj pogoste kot sicer, je njegova življenjska doba. Čeprav znanost napreduje tudi v cestogradnji, podnebni pogoji in težke prometne obremenitve povzročijo na obrabni plasti v nekaj letih vidne posledice. Manj porozne vozne površine imajo dokazano daljšo življenjsko dobo, kar je glavni razlog, da se investitor zaradi ekonomske upravičenosti le v redkih primerih odloči za obrabno plast z uporabo drenažnega asfalta.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 691.16.004.5(043.2)
Author: Gregor Kert
Supervisor: prof. Janez Žmavc, Ph.D.
Cosupervisor: Dejan Hribar, M.Sc.
Title: Construction and maintenance of porous asphalt
Document type: Graduation thesis – University studies
Scope and tools: 80 p., 20 tab., 58 fig., 17 graph., 3 ann.
Keywords: Porous Asphalt, road maintenance

Abstract

In improving traffic safety and reducing traffic noise road building experts from Slovenia and the world are faced with permeable surfaces – namely porous asphalt. There is hardly any water retention on road surfaces with the use of porous asphalt, what Slovenian engineers efficiently use on motorways where transverse profile changes its direction. Lately, porous asphalt is also being used for traffic noise reduction.

However, porous road surface has some important disadvantages due to its permeable structure. The reason why porous asphalt is less frequently used is its useful life. Although the science of road construction is progressing, weather conditions and heavy traffic loads cause visible damage on road surface after only a few years. Less porous asphalt surfaces have a proven longer useful life, which is the main reason why, for economic viability, investors rarely decide for road surface made of porous asphalt.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Janezu Žmavcu, somentorju mag. Dejanu Hribarju, Ireni Fortuna (DRI) in Iztoku Poljanšku (CP Ljubljana, d. o. o.), ki so mi nudili koristne napotke in pomoč pri iskanju literature.

Nazadnje bi se zahvalil tudi družini in dekletu Simoni, ki so mi stali ob strani in me podpirali v ključnih trenutkih študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	OBRABNO ZAPORNE ASFALTNE PLASTI.....	3
2.1	Splošno	3
2.2	Sestava asfaltne zmesi	3
2.3	Vrste obrabno zapornih asfaltnih zmesi	4
2.3.1	Bitumenski beton – BB (Asphalt Concrete – surface, AC surf).....	5
2.3.2	Diskontinuirani bitumenski beton - DBB (Discontinuous Asphalt Concrete – DAC) ...	6
2.3.3	Asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke (Slurry surfacing – SS)	7
2.3.4	Bitumenski mulj	7
2.3.5	Liti asfalt (Mastic asphalt – MA).....	7
2.3.6	Površinske prevleke (Surface dressing – SD).....	8
2.3.7	Drobir z bitumenskim mastiksom – SMA (Stone mastic asphalt).....	9
2.3.8	Drenažni asfalt – PA (Porous asphalt).....	10
3	UPORABA IN IZKUŠNJE Z DRENAŽNIMI ASFALTI V SLOVENIJI	12
3.1	Kratka zgodovina PA.....	12
3.1.1	Tujina.....	12
3.1.2	Slovenija	12
3.2	Osnovne karakteristike	15
3.2.1	Področja uporabe bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta.....	15
3.2.2	Projektne debeline plasti drenažnih asfaltov	16
3.2.3	Prostorske lastnosti vgrajenih zmesi drenažnega asfalta	16
3.2.4	Mejne krivulje za sestavo zmesi kamnitih zrn za drenažne asfalte	16
3.2.5	Delež veziva in vsebnost votlin pri PA.....	19
3.2.6	Primerjava PA in SMA.....	20
3.3	Lokacije uporabe PA v Sloveniji.....	22
3.3.1	Vijačni prehodi na avtocestah.....	24
3.3.2	Hitra cesta H4/0780 Šempeter–Vrtojba.....	24
3.3.3	Cesta Portorož–Lucija (le pogojno drenažni asfalt)	26
3.4	Prednosti in slabosti drenažnih asfaltov	28
3.4.1	Prednosti	28
3.4.1.1	Zmanjšuje pršenje vode za vozili in zastajanje vode na vozišču	29
3.4.1.2	Zmanjšanje hrupa	30
3.4.1.3	Zmanjšanje odboja svetlobe in bleščanja žarometov.....	32
3.4.1.4	Izboljšanje tornih karakteristik vozišča	33
3.4.1.5	Odpornost proti nastanku kolesnic	35
3.4.2	Slabosti	35
3.4.2.1	Staranje in površinsko luščenje	35
3.4.2.2	Površinsko luščenje zaradi nizkih zimskih temperatur.....	37
3.4.2.3	Zmanjšanje poroznosti.....	40
3.4.2.4	Zimska služba	41
3.4.2.5	Krajša življenjska doba in cena	42
4	TEHNOLOGIJA GRADNJE DRENAŽNIH ASFALTOV	43
4.1	Slovenija.....	43
4.1.1	Priprava planuma podlage	43
4.1.2	Proizvodnja asfaltne zmesi	44
4.1.3	Navoz asfalte zmesi	44
4.1.4	Vgrajevanje asfaltne zmesi	44
4.1.5	Problem odvodnjavanja	46
4.2	Tujina.....	47
4.2.1	Dvoplastni drenažni asfalt	47

4.2.2	Uporaba dodatkov	49
5	TEHNOLOGIJA IN POSTOPKI VZDRŽEVANJA DRENAŽNIH ASFALTOV	50
5.1	Slovenija.....	50
5.1.1	Statistični podatki o stanju vgrajenih drenažnih asfaltov	50
5.2	Tujina	53
5.2.1	Strukturno vzdrževanje	53
5.2.2	Čiščenje.....	53
5.2.3	Zimsko vzdrževanje	58
6	PRAKTIČNO VZDRŽEVANJE DRENAŽNIH ASFALTOV	61
6.1	Strukturno vzdrževanje	61
6.2	Postopek vzdrževanja drenažnih asfaltov na odseku AC A1 Šentilj–Koper.....	61
6.2.1	Obnova voziščne konstrukcije na odseku F AC Šentilj–Koper, 0045 Krtina–Domžale v km 1+250.....	62
6.2.1.1	Tehnično poročilo (CP Inženiring, d. o. o., 2012).....	62
6.2.1.2	Tehnološki elaborat (CP Ljubljana, 2011):	65
6.2.1.3	Končno poročilo o kontroli kakovosti proizvedenih in vgrajenih asfaltnih zmesi (PMA, d.o.o.)	69
6.2.1.4	Grafični del odseka F (glej prilogo C).....	70
6.3	Optimizacija postopkov vzdrževanja PA v Sloveniji v prihodnje.....	70
6.3.1	Strukturno vzdrževanje:	70
6.3.2	Zimsko vzdrževanje	71
6.3.3	Čiščenje.....	71
6.3.4	Stroji za vzdrževanje drenažnih asfaltov	71
7	ZAKLJUČEK	77
VIRI.....	79
PRILOGE	83

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Področja uporabe bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta za obrabne in drenažne plasti v odvisnosti od povprečne letne dnevne prometne obremenitve (PLDO) (TSC 06.418: 2011) ..	15
Preglednica 2: Področja uporabe bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta za obrabne in drenažne plasti v odvisnosti od povprečne letne dnevne gostote prometa (PLDP) (TSC 06.418: 2011)	15
Preglednica 3: Mejne projektne debeline plasti drenažnih asfaltov (TSC 06.418: 2011)	16
Preglednica 4: Mejne lastnosti za prostorske lastnosti vgrajenih zmesi drenažnega asfalta (TSC 06.418: 2011).....	16
Preglednica 5: Mejne vrednosti za prostorske in mehanske lastnosti proizvedenih bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta za obrabne in drenažne plasti (TSC 06.418: 2011).....	20
Preglednica 6: Mejne vrednosti za prostorske in mehanske lastnosti proizvedenih običajnih, votlavih (hg) in poroznih (gg) bituminiziranih zmesi drobirja z bitumenskim mastiksom (TSC 06.418: 2011)	21
Preglednica 7: Območje uporabe različnih gradbenotehničnih ukrepov za vijačne prehode na AC v Sloveniji.....	24
Preglednica 8: Rezultat analize proizvedene in vgrajene zmesi (Fortuna, 2011)	28
Preglednica 9: Dimenzioniranje elementov odvodnjavanja ceste (Pravilnik o projektiranju cest, 2005)	30
Preglednica 10: Zmanjšanje ravni hrupa za osebna vozila v odvisnosti od hitrosti (po 5ih mesecih)...	32
Preglednica 11: Zmanjšanje ravni hrupa za več osna tovorna vozila v odvisnosti od hitrosti (po 5ih mesecih).....	32
Preglednica 12: Trajnost različnih obrabnih plasti na avtocestah in glavnih cestah (EAPA, 2007)	42
Preglednica 13: Količina vgrajenega drenažnega asfalta po državah (EAPA, 2010).....	47
Preglednica 14: Pregled drenažnih polj v zelo slabem (ZS) stanju (Fortuna, 2011)	52
Preglednica 15: Stopnja zamašitve por v plasti PA (FEHRL Report, 2006).....	55
Preglednica 16: Učinkovitost posameznih načinov čiščenja in stroški čiščenja dvoplastnega PA na Japonskem (Morgan in sod., 2007)	56
Preglednica 17: Rezultati meritev proizvedene asf. zmesi (PMA, 2011).....	69
Preglednica 18: Rezultati preiskav odvzetih asfaltnih jeder (PMA, 2011).....	69
Preglednica 19: Rezultati meritev zgoščenosti na osnovi elektromagnetnih meritev (PMA, 2011)	70
Preglednica 20: Tehnični podatki stroja za čiščenje PA znamke Gaoyuan (Gaoyuan, 2012)	74

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Mejni krivulji območja za zmes kamnitih zrn za bitumenski beton AC 11 surf (Z1/Z2) po TSC 06.300/06.410	5
Grafikon 2: Primer sejalne krivulje za DBB 8s (Hribar, Žmavc, 2012).....	6
Grafikon 3: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za SMA 11 in SMA 11hg (Henigman in sod., 2011).....	9
Grafikon 4: Sejalne krivulje skozi zgodovino drenažnega asfalta pri nas (Hribar, Žmavc, 2012).....	13
Grafikon 5: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 8 (Henigman in sod., 2011)	17
Grafikon 6: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 8 og (Henigman in sod., 2011).....	17
Grafikon 7: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 11 (Henigman in sod., 2011)	18
Grafikon 8: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 11 og (Henigma in sod., 2011).....	18
Grafikon 9: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za nekdanji drenažni asfalt PA 16, ki pa ga v TSC 06.418:2011 ne poznamo več (Henigman in sod., 2011).....	19
Grafikon 10: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za SMA ln 8 (levo) in SMA ln 11 (desno) (TSC 06.418:2011).....	22
Grafikon 11: Potek zrnivosti asfaltne zmesi PA 8 PmB 45/80-65 (Fortuna, 2011)	28
Grafikon 12: Grafični prikaz stanja drenažnih asfaltov pri nas (Fortuna, 2011).....	50
Grafikon 13: Starost zelo dobrih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011).....	51
Grafikon 14: Starost dobrih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)	51
Grafikon 15: Starost mejnih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011).....	51
Grafikon 16: Starost slabih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)	52
Grafikon 17: Starost zelo slabih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011).....	52

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz prednosti porozne strukture (PA) in novi tip gradnje (Hribar, Žmavc, 2012).....	1
Slika 2: Značilna utrditev sodobnega vozišča (TSC 06.300/06.410:2009)	3
Slika 3: V voziščni konstrukciji nastopa več vrst napetosti (Hribar, Žmavc, 2012)	4
Slika 4: Shematski prikaz sestave bitumenskega betona (Hribar, Žmavc, 2012).....	5
Slika 5: Shematski prikaz asfaltne plasti SMA (Hribar, Žmavc, 2012)	9
Slika 6: Shematski prikaz drenažnega asfalta (Hribar, Žmavc, 2012).....	10
Slika 7: Prva uporaba drenažnega asfalta pri nas na nekdanji gorenjski hitri cesti na odseku Podtabor–Črnivec (Hribar, Žmavc, 2012)	13
Slika 8: Uporaba PA na vijačenju na odseku AC Grosuplje–Ivančna Gorica (Henigman in sod., 2011)	14
Slika 9: Shematski prikaz sestave drobirja z bitumenskim mastiksom in drenažnega asfalta: levo SMA in desno PA (Cotič, Jurjavčič, Čibej, 2010).	21
Slika 10: Prikaz lokacije drenažnih polj ter stanje drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)	23
Slika 11: Hitra cesta H4/0780 Šempeter–Vrtojba (Fortuna, 2011)	25
Slika 12: Pogled od zgoraj na različni obrabni plasti: PA (levo) in SMA (desno) (Fortuna, 2011).....	25
Slika 13: Razlika v deležu votlin v obrabni plasti je vidna s prostim očesom (levo PA, desno SMA) (Fortuna, 2011)	26
Slika 14: Rekonstrukcija ceste skozi Portorož (Fortuna, 2011)	27
Slika 15: Prikaz pršenja vode za vozilom: levo bitumenski beton, desno drenažni asfalt (FEHRL, 2006).....	29
Slika 16: Vožnja po drenažnem asfaltu je zaradi boljše vidljivosti manj stresna (Google, 2012)	29
Slika 17: Efekt roga (Hribar, 2006).....	30
Slika 18: Črpanje zraka (Hribar, 2006)	31
Slika 19: Primerjava odboja svetlobe na bitumenskem betonu in drenažnem asfaltu (Poulikakos, Takahashi, Partl, 2006).....	33
Slika 20: Primerjava odpornosti proti drsenju za SMA in PA (Fortuna, 2011).....	34
Slika 21: Računalniška rekonstrukcija geometrije vozne površine – 3D skeniranje (Ressel, 2010).....	34
Slika 22: Primer nastanka udarnih jam na drenažni asfaltni plasti (Fortuna, 2011)	35
Slika 23: Povezava med debelino bitumenskega filma in indeksom staranja bitumna (Read, Whiteoak, 2003).....	36
Slika 24: Razmerje med vsebnostjo votlin v obrabni plasti strjevanjem bitumna (Read, Whiteoak, 2003).....	36
Slika 25: Povezava med absorpcijo kisika pri 50° C in debelino filma bitumna (Read, Whiteoak, 2003)	37
Slika 26: Tipi poškodb pri drenažnih asfaltih (Mohan, 2010).....	38
Slika 27: Odpadla zrna jasno nakazujejo tip poškodbe (Mohan, 2010)	38
Slika 28: Izračunane temperaturne napetosti v obdobju 24h (Mohan, 2010).....	39
Slika 29: Relativna dnevna poškodba v odvisnosti od povprečne dnevne temperature (Mohan, 2010)39	

Slika 30: Primer zimskih poškodb - izletavanje zrn (Mohan, 2010).....	40
Slika 31: Primer izpada večje površine PA v zimskem obdobju (Fortuna, 2011).....	40
Slika 32: Pore pred čiščenjem (desno) in po čiščenju (levo) (Ressel, 2010)	41
Slika 33: Temperatura vozišča v jasnem zimskem dnevu: dvoslojni drenažni asfalt (modra) in bitumenski beton (rdeč) (Cocu, Lefebvre, 2007)	42
Slika 34: Vgraditev betonskih monoblokov (ACO DRAIN Monoblock, 2009).....	46
Slika 35: Detajl pri uporabi drenažnega asfalta in betonske varnostne ograje (CP Ljubljana, 2011) ...	47
Slika 36: Prikaz izvrtanega jedra dvoplastnega drenažnega asfalta (Google, 2012).....	48
Slika 37: Asfaltni razdelilec za hkratno polaganje obeh plasti dvoplastnega PA (Morgan in sod., 2007)	49
Slika 38: Prikaz strojne opreme za čiščenje PA (Attenberger, 2010)	54
Slika 39: Primer strojne opreme za čiščenje PA (Attenberger, 2010).....	54
Slika 40: Vakuumsko čiščenje dvoplastnega PA (Morgan in sod., 2007)	57
Slika 41: Levo – ultrazvočno čiščenje (prototip), desno – čiščenje s pomočjo pare (Morgan in sod., 2007)	57
Slika 42: Na podlagi dvoslojnega PA se sneg na začetku sneženja prej oprime cestišča kot v primeru uporabe bitumenskega betona (Cocu, Lefebvre, 2007).....	59
Slika 43: Tudi pozimi je na vozni površini PA manj stoječe tekočine (Google, 2012)	60
Slika 44: Pregledna situacija obnovljenih polj z PA na mestih vijačenja (Načrt gradbenih konstrukcij, 2012)	61
Slika 45: Pregledna situacija odseka F (Načrt gradbenih konstrukcij, 2012).....	62
Slika 46: Prikaz vzdolžnega hladnega stika (lasten vir).....	63
Slika 47: Dotrajano plast drenažnega asfalta je bilo potrebno strojno odstraniti - porezkati (lasten vir)	65
Slika 48: Pobrizg z bimumenskim vezivom za zagotavljanje vodonepropustnosti (lasten vir)	66
Slika 49: Na pobrizg bitumenske emulzije se je nato izvedel posip zrn drobirja (lasten vir)	67
Slika 50: Vgradnja asfaltne zmesi PA z razdelilnikom v območju hladnega stika (lasten vir).....	67
Slika 51: Prikazano kontrolirano zgoščanje PA (lasten vir).....	68
Slika 52: Čiščenje parkirnega prostora z strojno opremo proizvajalca Tarmac (TarmacDry)	72
Slika 53: Ponovno povečanje prepustnosti po čiščenju parkirne površine iz PA (TarmacDry).....	72
Slika 54: Čiščenje površine s pomočjo pritiska vode (TarmacDry).....	73
Slika 55: Strojna oprema za čiščenje PA proizvajalca Gaoyuan (Gaoyuan, 2012).....	74
Slika 56: Japonska strojna oprema za čiščenje PA Spec – Keeper (Morgan in sod., 2007)	75
Slika 57: Prikaz delovanja naprave SPEC –Keeper (Morgan in sod., 2007)	75
Slika 58: Japonska naprava za čiščenje PA samo s pomočjo zraka (Morgan in sod., 2007)	76

1 UVOD

Drenažni asfalt (ang. porous asphalt – PA) je vrsta obrabne plasti asfaltnih vozišč, ki že vrsto let velja za najmanj hrupno vozno površino. To je poleg varnostnega vidika tudi glavni vzrok za vse pogostejšo uporabo te obrabne plasti po vsem svetu in pri nas. Na sliki 1 so shematično prikazani princip in prednosti porozne strukture (manj hrupa in pršenja) ter primer dvoplastnega PA.



Slika 1: Prikaz prednosti porozne strukture (PA) in novi tip gradnje (Hribar, Žmavc, 2012)

Prometni hrup je problem marsikaterega naselja oz. mestne vpadnice, ki se temu pojavu ne more izogniti drugače kot z zamenjavo vozne površine. Protihrupne ograje so namreč na nekaterih odsekih moteče oz. jih ni mogoče postaviti v občestno okolje. Zunaj strnjenih naselij oz. mest pa se drenažni asfalt uporablja za povečanje varnosti v cestnem prometu. Na mokrem cestišču se pri drenažnem asfaltu bistveno zmanjša pršenje vode izza kotalečih se pnevmatik, tako da je vožnja za vozili veliko manj zahtevna in stresna kot pri uporabi klasičnih asfaltnih obrabnih plasteh. Za zagotovitev pozitivnih lastnosti tekom življenjske dobe pa drenažne asfalte ponekod v tujini redno vzdržujejo s posebno strojno opremo, saj poskušajo ohraniti zračne pore nezamašene čim dlje. Zračne pore se lahko kaj kmalu zapolnijo z umazanijo, kar ponovno poveča cestni hrup in zmanjša prometno varnost. Po približno petih letih uporabe je vožnja po drenažnem asfaltu enako hrupna kot na povsem običajnih asfaltnih plasteh (Litzka, 2009).

V tujini se kot alternativa PA uporablja dvoplastni drenažni asfalt, ki je manj izpostavljen zamašitvi zračnih por zaradi gostejše zgornje plasti.

Pri nas je najpogostejši vzrok za uporabo drenažnih asfaltov varnostni vidik, čeprav je v zadnjih letih postal tudi cestni hrup razlog za njegovo uporabo. V Sloveniji ga največ uporabljamo na avtocestah, in sicer tam, kjer se spreminja prečni nagib (vijačni prehodi). Na avtocestah je hitrost vozil tako velika, da obstaja velika nevarnost »aquaplaninga« na mestu, kjer je prečni nagib zelo majhen oziroma v najslabšem primeru celo nič. Na tem mestu voda ob večjih količinah padavin ne odteka dovolj hitro z vozne površine, tako da to predstavlja statistično dokazano kritično točko z vidika prometne varnosti.

Drenažni asfalt pa zaradi svoje porozne sestave vodo odvaja zelo učinkovito, tako da je skoraj nepogrešljiva uporaba približno 70 m dolgega odseka poroznega asfalta na odseku vijačnega prehoda

na avtocestah. Ima pa ta obrabna plast tudi nekaj negativnih lastnosti. Največja skrb je nedvomno življenjska doba. Zaradi svoje sestave je namreč potrebno obrabno plast tega tipa obnavljati nekoliko pogosteje. Taka obnovitvena dela so potekala v letu 2011 na avtocesti A1 Ljubljana–Maribor, kjer sem bil prisoten tudi sam. To gradnjo sem podrobno predstavil v praktičnem delu diplomske naloge.

Cotič (2010) v svojih prispevkih opisuje tudi koncept trajnostnega asfalta, ki po sestavi spada nekje med SMA (drobir z bitumenskim mastiksom) in PA. Ta tip obrabnega asfalta imamo že vgrajenega na primorskem (Portorož–Lucija) in v bodoče bo ta princip v nekaterih primerih izpodrinil uporabo PA, kar v tujini že prakticirajo.

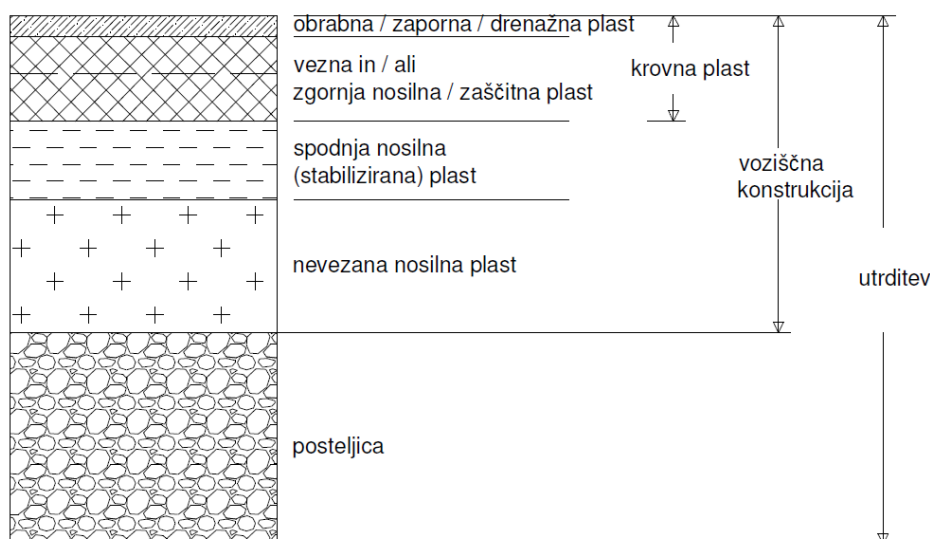
2 OBRABNO ZAPORNE ASFALTNE PLASTI

2.1 Splošno

Cesta je gradbeni objekt, sestavljen iz več plasti različnih materialov. Lastnosti teh materialov morajo biti primerne, da bodo prenesle obremenitve, ki jim bodo v času uporabe izpostavljene. Voziščna konstrukcija je temeljena na izboljšani zaključni plasti nasipa (posteljici) ali izboljšanih temeljnih tleh, zgrajena pa praviloma iz (Žmavc, 2007):

- obrabne plasti,
- vezane nosilne plasti,
- nevezane nosilne plasti.

Na sliki 2 je shematično predstavljena značilna utrditev sodobnega vozišča, ki se uporablja v Sloveniji.



Slika 2: Značilna utrditev sodobnega vozišča (TSC 06.300/06.410:2009)

Osnovni materiali, ki se v večjih količinah uporabljajo v cestogradnji so:

- lomljeni kamen,
- zmesi zrn,
- veziva: bituminozna in hidravlična,
- dodatki: za asfaltne zmesi in cementnobetonse mešanice,
- jekla za ojačitev.

2.2 Sestava asfaltne zmesi

Asfaltno zmes je treba obravnavati kot trifazni sistem:

- trdna komponenta je zmes zrn,
- tekoča komponenta je vezivo,
- plinasta komponenta pa so votline.

Delež posamezne komponente je zelo različen in je odvisen predvsem od namembnosti asfaltne zmesi (Žmavc, 2007).

2.3 Vrste obrabno zapornih asfaltnih zmesi

Asfaltne zmesi v voziščni konstrukciji se delijo glede na vlogo (ali so sposobne prevzeti specifične obremenitve) in druge lastnosti, značilne za posamezne plasti. Glede na to se asfaltne zmesi delijo na:

- asfaltne zmesi za nosilne plasti,
- asfaltne zmesi za obrabne plasti.

Asfaltne zmesi voziščnih konstrukcij za obrabno zaporne plasti morajo v čim večji meri:

- prevzeti horizontalne (tangencialne in transversalne ali stranske) sile, ki nastanejo med pnevmatikami vozil in površino voziščne konstrukcije (glej sliko 3),
- zagotoviti primerno ravnost in torno sposobnost vozne površine, potrebno za varno in udobno vožnjo,
- zaščititi voziščno konstrukcijo in del cestnega telesa pod njo pred vplivi vremena in
- zaščititi voziščno konstrukcijo pred sesalnimi silami, ki jih ustvarjajo vozila.



Slika 3: V voziščni konstrukciji nastopa več vrst napetosti (Hribar, Žmavc, 2012)

Obrabno zaporne plasti morajo nuditi odpor tudi proti preoblikovanju, zglajevanju, prekomernemu staranju (razpokanju) ter učinkom mraza in soli (posipavanje pozimi). Sestava asfaltne zmesi mora zagotavljati za določene pogoje uporabe posebne značilnosti:

- tesnitev površine voziščne konstrukcije,
- dreniranje vozne površine (kjer to seveda želimo doseči),
- absorbiranje hrupa, ki ga ustvarjajo vozila,
- svetlost vozne površine.

Osnovne vrste asfaltnih zmesi za obrabne, zaporne ali obrabnozaporne plasti (Žmavc, 2007):

- bitumenski beton (AC surf),
- diskontinuirani bitumenski beton,
- tankoplastne prevleke (SS),
- bitumenski mulj,
- liti asfalt (MA),
- površinske prevleke (SD),

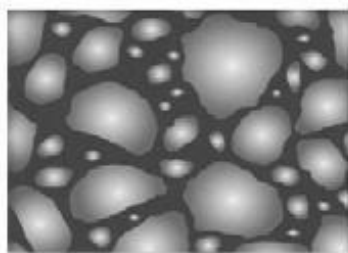
- drobir z bitumenskim mastiksom (SMA),
- drenažni asfalt (PA).

Vse navedene asfaltne zmesi spadajo v obrabnozaporne, izjemi sta le drenažni asfalt (izključno obrabna plast) in liti asfalt (izključno zaporna plast).

Za potrebe diplomske naloge bosta podrobneje opisani samo najbolj pogosto uporabljeni obrabni plasti na avtocestah pri nas: drobir z bitumenskim mastiksom in drenažni asfalt.

2.3.1 Bitumenski beton – BB (Asphalt Concrete – surface, AC surf)

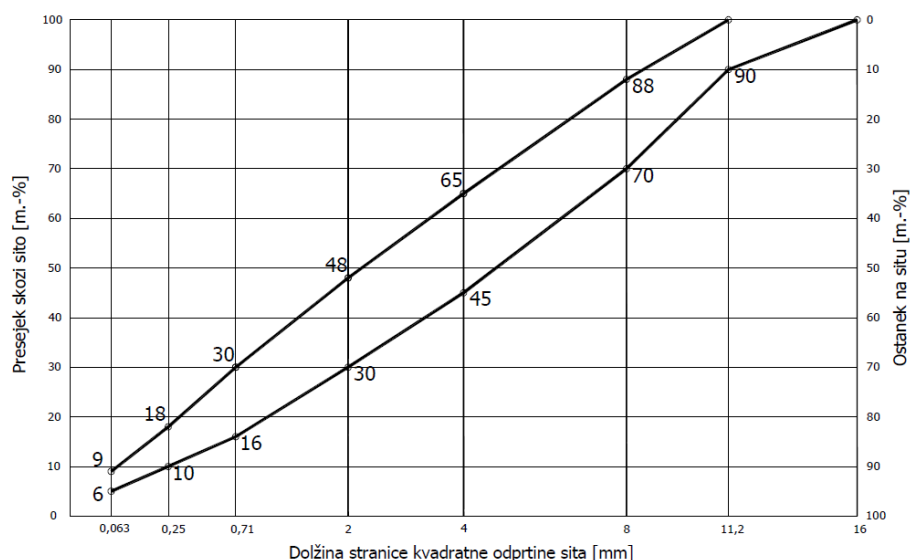
Bitumenski beton (proizveden po vročem postopku) je sestavljen iz zmesi kakovostnih zmesi kamnitih zrn (kamene moke, peska in drobirja) in primerne količine bitumenskega veziva z majhno vsebnostjo votlin (betonski princip) – slika 4.



AC

Slika 4: Shematski prikaz sestave bitumenskega betona (Hribar, Žmavc, 2012)

Grafikon 1 predstavlja mejno območje krivulj za zmesi kamnitih zrn za bitumenski beton AC 11 surf (Z1/Z2).



Grafikon 1: Mejni krivulji območja za zmes kamnitih zrn za bitumenski beton AC 11 surf (Z1/Z2) po TSC 06.300/06.410

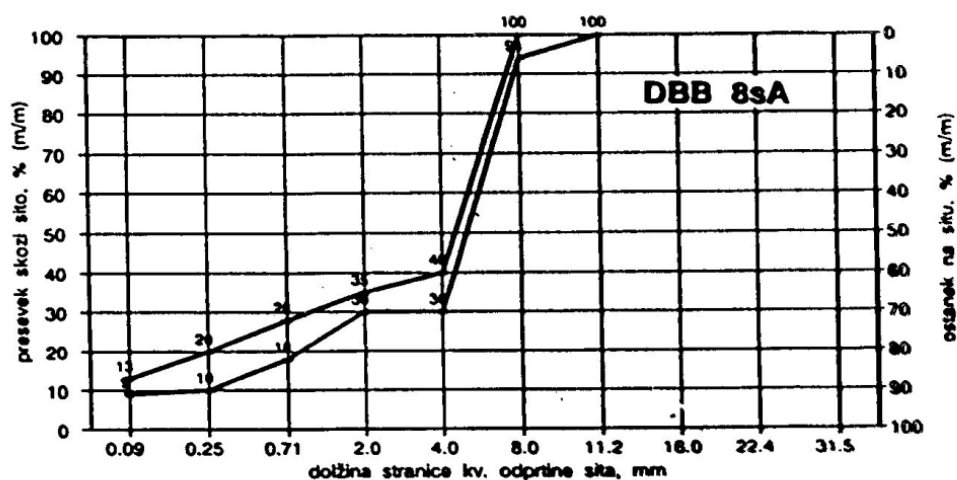
Praviloma je vgrajena plast gosta in odporna proti preoblikovanju in ter dobro oprijemljivost s pnevmatiko. To dosežemo z veliko vsebnostjo drobirja, ki povzroča veliko notranje trenje (kaljenje zrn). Za najtežje prometne obremenitve in za doseg boljših tornih lastnosti se uporabljajo kamnita zrna silikatnih kamnin (predvsem nad 2 mm), za večjo trajnost in boljšo odpornost proti preoblikovanju pa uporabljamo s polimeri modificirane bitumne (PmB) (Tominc, 2006).

Iz grafikona 1 je razvidno, da je v sami zmesi velik delež zrn kamenega agregata manjšega od 2 mm, pri sestavi SMA in PA pa temu ni tako.

2.3.2 Diskontinuirani bitumenski beton - DBB (Discontinuous Asphalt Concrete – DAC)

Podobno kot drobir z bitumenskim mastiksom je asfaltna zmes diskontinuirani bitumenski beton namenjena predvsem za zagotovitev čim večje odpornosti proti preoblikovanju. To je v veliki meri zagotovljeno s še bolj izrazito skeletno sestavo zmesi drobljenih zrn z zelo ozko omejenim območjem, ki jo dopolnjujejo še določene izpuščene zrnivosti (diskontinuirana sestava) (Žmavc, 2007) – grafikon 2.

Asfaltna zmes DBB se razlikuje od običajne po sestavi kamene zmesi. Osnovna značilnost je ta, da ne vsebuje ene od treh frakcij v svoji sestavi. Graf sestave kamnite zmesi ni zvezen, ampak ima stopnico.



Grafikon 2: Primer sejalne krivulje za DBB 8s (Hribar, Žmavc, 2012)

Vsebnost peska in bitumna je podobna kot pri bitumenskih betonih, le količina polnila je nekoliko višja. Zaradi svoje sestave nam omogoča, da ga lahko vgrajujemo v manjših debelinah in je zato voziščna konstrukcija cenejša, saj izdelamo nekoliko debelejši, a cenejši nosilni sloj in tanjši obrabno zaporni sloj (cca 2,5-kratni premer največjega zrna). DBB lahko vgrajujemo na novih, obstoječih voziščnih konstrukcijah ali na betonskih površinah.

Drobir za DBB se uporablja do velikosti zrna 16 mm in je lahko karbonatnega ali silikatnega izvora (odvisno od prometne obremenitve).

V Sloveniji se je DBB največ vgrajeval v letih med 1994 in 1998, po tem obdobju pa se praktično ne proizvaja več, saj ga je izpodrinil drobir z bitumenskim mastiksom (SMA), tudi po zaslugi nekaterih napak pri proizvodnji in vgrajevanju DBB-ja (Tominc, 2006).

2.3.3 Asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke (Slurry surfacing – SS)

Za razliko od drugih asfaltnih obrabnih plasti, se lahko tankoplastne prevleke (ang. Thin asphalt layers) vgrajujejo po hladnem in toplim postopku. Z tankoplastnimi prevlekami je mogoče:

- delno izboljšati ravnost,
- zatesniti površino voziščne konstrukcije,
- povečati torno sposobnost,
- nekoliko zmanjšati hrupnost vozne površine.

Uporabljamo jih predvsem zaradi gospodarnosti, saj so količine osnovnih materialov manjše, hkrati pa je potrebno za najbolj zahtevne vozne površine uporabiti najkakovostnejše zmesi zrn (Žmavc, 2007).

2.3.4 Bitumenski mulj

Asfaltne zmesi za bitumenske mulje vgrajujemo skoraj samo po hladnem postopku, uporabljamo ga pa pretežno za zaščito voziščnih konstrukcij pred pronicajočo vodo. Zmes kamnitih zrn sestoji običajno iz zrn peska 0/2 mm, do 20 m.% pa lahko vsebuje tudi zrna drobnega drobirja (2/4 mm). Kamnita zrna so lahko drobljena ali naravna, odvisno od same uporabe. Kot dodatek k sami zmesi se dodaja cement in njemu potrebno količino vode. Ker je zmes tekoča, je potrebno zagotoviti primerno prevozno sredstvo (prikolica s silosi, naprava za odmerjanje, mešalnik in korito s polžem za razgrinjanje).

Primerna količina asfaltne zmesi bitumenskega mulja za zatesnitev površine voziščne konstrukcije znaša do 10 kg/m² (odvisno od stanja površine podlage). Ta pa mora v vsakem primeru biti ravna, nosilna in stabilna (Žmavc, 2007).

2.3.5 Liti asfalt (Mastic asphalt – MA)

Glavna značilnost litega asfalta je, da je delež bitumna tako velik, da zapolni vse votline kamnitega skeleta in ustvarja še manjši presežek (dvofazni sistem). V vroči bituminizirani zmesi zagotavlja ta presežek veziva tečenje zmesi litega asfalta, zato ga pri vgrajevanju ni potrebno valjati. Hkrati pa je liti asfalt vodotesen in se ga zato lahko uporablja v različne namene, ne samo v cestogradnji. Odpornost litega asfalta proti deformacijam je skoncentrirana predvsem na togost bitumenske malte, ki je v nasprotju z bitumenskimi betoni sestavljena iz bistveno trših vrst bitumna in do trikrat večjega deleža polnila.

Bituminizirane zmesi litega asfalta so namenjene za vgraditev v voziščne konstrukcije za vse skupine prometne obremenitve. Praviloma se liti asfalt uporablja kot vrhnja obrabna plast, predvsem za zelo

težko in težko prometno obremenitev ali pa kot zaporna plast pod odprto obrabno plastjo. Plasti litega asfalta so namenjene tudi za zaščitne plasti pri hidroizolaciji premostitvenih objektov.

Površino plasti vgrajene zmesi litega asfalta je potrebno takoj po vgraditvi posuti z drobirjem. Tehnični pogoji in postopki za graditev vezanih asfaltnih obrabnih in zaščitnih plasti iz litih asfaltov so podrobno opredeljeni v TSC 06.414 (Henigman in sod., 2006).

2.3.6 Površinske prevleke (Surface dressing – SD)

Površinske prevleke uporabljamo na še »zdravih« asfaltnih voziščih za njihovo »osvežitev«, zaporo mikrorazpok in boljše trenje. Izdelava je hitra, saj je debelina tanjša od 1 cm (Tominc, 2006). Površinske prevleke štejemo poleg tankoplastnih prevlek in prevlek z bitumenskimi mulji med postopke obdelav vozni površin. Ta postopek obdelave vozne površine je bil prvi korak k posodobitvi nevezanih vozni površin v večjem obsegu.

Površinske prevleke zagotavljajo dve bistveni lastnosti (Žmavc, 2007):

- zatesnijo vozno površino z neprekinjeno plastjo bitumenskega veziva,
- ohrapavijo vozno površino, tako da sta zagotovljeni potrebni torna in drenažna sposobnost.

Površinske prevleke razlikujemo glede na:

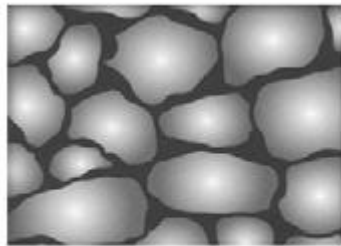
- izvedbo: - z enojnim ali dvojnimi pobrizgom veziva,
- z enojnim ali dvojnimi posipom zrn drobirja,
- tip bitumenskega veziva: hladno, segreto, vroče,
- vrsto drobljenih zrn: obvita, neobvita,
- fazo obdelave: prva, naknadna.

Zrna drobirja za površinske prevleke morajo biti načeloma iz kvalitetnih kamnin silikatnega porekla. Zrna drobirja je priporočljivo obviti z ustreznim bitumenskim vezivom, da zagotovimo boljši oprijem s pobrizgano podlago (Žmavc, 2007).

Navadno delamo površinske prevleke po vročem postopku. Površino pobrizgamo z raztopljenim cestogradbenim bitumnom (ali z polimer modificiranim bitumnom ali emulzijo) in nato površino posipamo z enoznatim silikatnim materialom. Kadar je prevleka izdelana po vročem postopku, mora biti vreme suho, temperatura pa vsaj 20° C, pri uporabi ustrezne emulzije pa lahko površinske prevleke izvajamo tudi na vlažno podlago. Posip valjamo z gumi valjarjem. Zrna drobirja je priporočljivo predhodno obviti z ustreznim bitumnom, tako da zagotovijo boljši oprijem na pobrizgano podlago. Z izborom ustrezne količine in vrste veziva preprečimo prekomerno luščenje oz. preveč gladko površino v primeru prevelike količine veziva. Posip, ki ni vezan z vezivom, ga promet nekaj časa potiska proti robu vozišča, tako da ga je potrebno odstranjevati s strojnim pometanjem. Hitrost prometa pa je potrebno v času luščenja nevezanih zrn omejiti (40 km/h) (Tominc, 2006).

2.3.7 Drobir z bitumenskim mastiksom – SMA (Stone mastic asphalt)

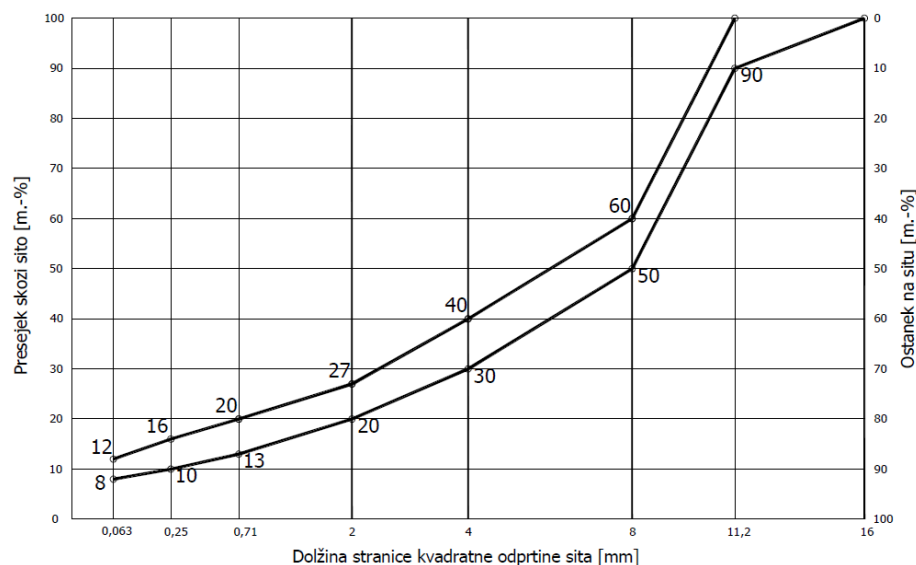
SMA je obrabnozaprna, izravnalna ali zaščitna plast iz bituminizirane zmesi; velik delež drobirja zagotavlja skelet zrn, ki se notranje podpirajo, votline med njimi pa so v veliki meri zapolnjene z bitumenskim mastiksom (fino drobljena zrna, polnilo, bitumen, vlakna) – slika 5. Bitumenski mastiks je v vročem stanju mogoče ulivati in zglajevati (TSC 06.300/06.410:2009).



SMA

Slika 5: Shematski prikaz asfaltne plasti SMA (Hribar, Žmavc, 2012)

Na grafikonu 3 vidimo, da v sestavi zmesi zrn pri SMA ni več prisotnih toliko zrn manjših od 2 mm (peska in kamene moke), kot je to pri AC surf (> 40 m.-%).



Grafikon 3: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za SMA 11 in SMA 11hg (Henigman in sod., 2011)

SMA je bil prvič uporabljen leta 1960 v Nemčiji za večjo odpornost proti obrabi zaradi posebne vrste pnevmatik – jezevk v zimskem času (Henigman in sod., 2011). V Sloveniji smo prvi odsek z SMA dobili leta 1996 na odseku Arja vas–Vransko na avtocesti med Ljubljano in Mariborom v dolžini 20 km. Razlog za projektiranje obrabne plasti SMA 8s je bilo zmanjšanje hrupa na tem odseku.

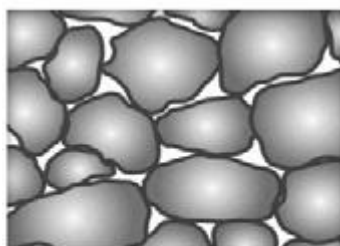
Na sodobnih voziščih se je SMA uveljavil predvsem za zmanjšanje prekomernega preoblikovanja (težki promet) in hrupnosti, v začetku pa je bil namenjen za povečanje odpornosti proti obrabi. Za razliko od bitumenskega betona, ki vsebuje razmeroma enakomerno sestavljeno zmes kamnitih zrn,

vsebuje SMA pretežno večja (t.j. odpornejša) zrna drobirja, ki ustvarjajo nosilni skelet, votline pa so v pretežni meri zapolnjene z bitumenskim mastiksom. Za SMA je značilno, da poleg velike odpornosti proti preoblikovanju do določene mere tudi zmanjšajo hrup, ki ga povzročajo motorna vozila in to lastnost ohranijo pod prometom razmeroma dolgo časa (Žmavc, 2007).

Debelejši film bitumenskega veziva, ki ovija kamnita zrna, upočasnjuje nastanek škodljivih sprememb, ki so v veliki meri posledica staranja bitumenskega veziva.

2.3.8 Drenažni asfalt – PA (Porous asphalt)

Drenažni asfalt je obrabna plast (ne pa tudi zaporna!) iz bituminizirane zmesi¹ z veliko vsebnostjo votlin, v kateri so makrovotline med seboj povezane (slika 6). PA je namenjen za odvodnjavanje vode, za preprečevanje akvaplaninga in za zmanjšanje hrupa kotalečih pnevmatik vozil (TSC 06.300/06.410:2009).



PA

Slika 6: Shematski prikaz drenažnega asfalta (Hribar, Žmavc, 2012)

Značilnost PA je velika sposobnost dreniranja oz. odvajanja vode z vozne površine, predvsem prečno skozi plast. Za to je potrebno zagotoviti dovolj med seboj povezanih votlin in zagotoviti tej obrabni plasti vodotesno podložno plast, po kateri bo voda odtekala z območja voziščne konstrukcije, ne da bi pri tem kakorkoli škodljivo vplivala nanjo (Žmavc, 2007). V plasti PA je približno 1/3 votlin zaprtih, preostala 2/3 pa zagotavlja količnik prepustnosti $k = 0,003 - 0,004$ m/s.

PA so zato primerni predvsem za vozišča cest, kjer so dovoljene velike hitrosti vožnje in kjer so majhni vzdolžni in prečni nagibi, zaradi česar voda počasneje odteka z vozišča (v obeh primerih obstoja nevarnost hidroplaninga oz. akvaplaninga) (Žmavc, 2007).

Razmeroma zelo velika vsebnost votlin pri PA omogoča hitro oksidacijo bitumenskega veziva. Vendar pa velika količina veziva (informativni delež 4–5 m.-%) glede na specifično sestavo zmesi kamnitih zrn, zagotavlja obvitje kamnitih zrn z debelejšim filmom (do cca 25 μm). S tem je škodljivo prekomerno staranje veziva kljub veliki prepustnosti vgrajene plasti v veliki meri zmanjšano.

¹ Bituminizirana asfaltna zmes je zmes kamnitih zrn polnil, peska, drobirja in/ali proda ter bituminiziranega veziva in morebitnih potrebnih dodatkov, proizvedena po vročem postopku v asfaltnem obratu

Zaradi naknadne zgostitve vgrajene asfaltne zmesi pod prometom in zapolnjevanja drenažnih votlin v asfaltni zmesi z odpadnimi snovmi (prah, delci gume, olje) se s časom drenažni učinek (prepustnost vode) zmanjšuje. Prav tako se zmanjšuje sposobnost plasti za učinek zmanjšanja hrupa. Kljub temu, da ti dve lastnosti s časoma izgubljata na učinku, pa tretja pomembna lastnost – torna sposobnost, razmeroma dobro ohranja prvotne lastnosti (Žmavc, 2007).

PA vsebujejo zelo velik delež frakcij drobirja², ki tvorijo razmeroma stabilen skelet z veliko vsebnostjo votlin in razmeroma majhen delež frakcij do 2 mm. Ker so redkejša kamnita zrna na vozni površini bolj obremenjena s silami, ki se vnašajo s pnevmatikami, je treba uporabiti kamnita zrna, ki so kar najbolj odporna proti zglajevanju oziroma obrabi. Votline v drenažnem asfaltu predvsem zmanjšajo moč črpanja zraka, ki predstavlja pretežni vir hrupa, prav tako pa votline v asfalti plasti PA zmanjšajo hrup tudi zaradi sposobnosti absorpcije zvoka.

PA pa tudi prispeva k varnosti v prometu, saj tekstura plasti drenažnega asfalta skoraj popolnoma prepreči nastanek pršca za vozili (Henigman in sod., 2007).

² Drobir (crushed aggregate, Splitt) je popolnoma drobljena zmes kamnitih zrn velikosti nad 2 mm do 63 mm, ki imajo najmanj 90 % lomljenih ploskev.

3 UPORABA IN IZKUŠNJE Z DRENAŽNIMI ASFALTI V SLOVENIJI

3.1 Kratka zgodovina PA

3.1.1 Tujina

Leta 1963 je bila na letališki stezi v Angliji prvič uporabljena plast drenažnega asfalta z namenom čim boljšega odtekanja vode z letališke steze.

V Švici so PA prvič uporabili leta 1979. Po podatkih raziskave iz leta 2004 9 od 26 zveznih dežel (kantonov) v Švici uporablja PA. Vodilna dežela v uporabi PA pa je dežela Vaud na zahodu Švice in je znana po promociji in uporabi PA. Trenutno je 1/3 avtocest v deželi Vaud prekritih z drenažnim asfaltom in imajo celo načrt povečati uporabo drenažnih asfaltov na vse odseke avtocest do nadmorske višine 600 m (Yalcinkaya, 2006). V letu 2004 je bilo po vsej Švici že 130.000 km cest z obrabno plastjo PA (70 km samo v deželi Vaud). Leta 1993 pa so drenažni asfalt uporabili tudi na mostu (Poulikakos, Takahashi, Partl, 2006). Na Nizozemskem, kjer je uporaba poroznega asfalta zelo priljubljena, se je ta obrabna plast prvič pojavila v letu 1986. Leta 1997 pa je porozni asfalt predstavljal že 40 % vseh obrabnih plasti na avtocestah.

Tudi v ZDA se je drenažni asfalt prvič pojavil na letaliških stezah (v 60 letih 20. stoletja). Leta 1972 je Franklin Institute (ZDA) razvil koncept poroznega asfalta za uporabo na parkirnih mestih. Ideja in zasnova za uporabo geotekstila v kombinaciji z drenažnim asfaltom na parkiriščih v ZDA pa se je porodila nekaj let kasneje (1979).

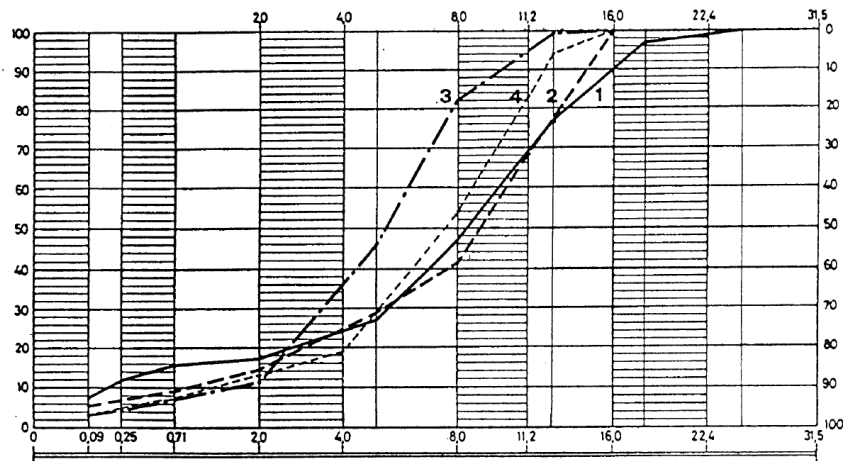
Yalcinkaya (2006) omenja, da so v Avstraliji prvič PA (v večjih količinah) uporabili leta 1973, na Japonskem pa šele 1987. Strojno čiščenje drenažnih asfaltov pa je bilo prvič predstavljeno leta 1995 na Japonskem.

3.1.2 Slovenija

Že leta 1965 je bila na odseku nove hitre ceste Podtabor–Črnivec (slika 7) vgrajena plast grobozrnatega drenažnega asfalta, v naslednjih letih pa preskušene tudi drugačne bituminizirane zmesi za drenažne plasti (Henigman in sod., 2007). Na tem odseku je bil vgrajen PA 18, ki je imel zrnastostno sestavo prikazano na grafikonu 4 – krivulja 1.



Slika 7: Prva uporaba drenažnega asfalta pri nas na nekdanji gorenjski hitri cesti na odseku Podtabor–Črnivec (Hribar, Žmavc, 2012)



Grafikon 4: Sejalne krivulje skozi zgodovino drenažnega asfalta pri nas (Hribar, Žmavc, 2012)

Zaradi številnih izletov iz ceste ob deževnem vremenu na priključku na avtocesto (Vrhnika) je bil leta 1973 oz. 1974 vgrajen PA 12,5 (grafikon 4 – krivulja 2). Od takrat naprej na tem odseku ni bilo več izleta iz ceste.

Na odseku Dolgi Most–Brezovica je bil vgrajen PA 8 (grafikon 4 – krivulja 3). Tu je nastopil problem v zimskem obdobju, saj je v pogojih sneženja in nizkih temperatur prišlo do močne poledice. Snega namreč ni bilo mogoče odstraniti niti s soljenjem niti s pluženjem. Prav zaradi tega PA 8 kasneje ni bil tako aktualen. Leta 1984 se je vgradil prvi drenažni asfalt v sklopu izgradnje slovenskih avtocest, odsek AC Ljubljana (Šentvid)–Kranj vzhod, pri mostu čez Savo (Tacen). Tu pa je bil vgrajen PA 11 (grafikon 4 – krivulja 4). Skupnost za ceste Slovenije je leta 1989 naročila strokovno publikacijo z naslovom Popis del in posebni tehnični pogoji za voziščne konstrukcije, kjer je bil drenažni asfalt že vključen v literaturi. Izvajalec publikacije je bil Prometnotehniški inštitut (FAGG Ljubljana). Leta 1998 so prvič prakticirali vgrajevanje drenažnega asfalta z dodatnim odvodnjavanjem (vgrajevanje Al-letvic v zgornjo nosilno asfaltno plast), in sicer na severni ljubljanski obvoznici, odsek AC Zadobrova–Koseze. Leta 2004 so izšla prva Priporočila za projektiranje in izvedbo vijačnih prehodov

na avtocestah, ki so bila objavljena v Dopolnilih splošnih in tehničnih pogojev, knjiga V. Leta 2006 je izšla sprememba Priporočila za projektiranje in izvedbo drenažnih asfaltov. Al-letvice za dodatno odvodnjavanje vode so odstranjene, povečala se je tudi debelina vgrajevanja na najmanj 5 cm. Leta 2007 so bila izvedena polja drenažnega asfalta skladno s spremenjenimi Priporočili, in sicer pri sanaciji vijačnih prehodov na odseku AC Grosuplje–Ivančna Gorica (Fortuna, 2011), kar je prikazano na sliki 8.



Slika 8: Uporaba PA na vijačenju na odseku AC Grosuplje–Ivančna Gorica (Henigman in sod., 2011)

V Sloveniji so med letoma 2003 in 2009 veljale smernice in tehnične specifikacije za javne ceste TSC 06.413: 2003 (Vezane asfaltne obrabne plasti – drenažni asfalti), ki so natančneje opredeljevale uporabo drenažnih asfaltov pri nas. Od leta 2009 do 2011 so veljali TSC 06.300/06.410: 2009 (Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti). V najnovejši publikaciji *Asfalt* (2. izdaja), ki je izšla v letu 2011, pa so še nekoliko modificirane lastnosti uporabe PA. Trenutno pa za drenažni asfalt veljajo TSC 06.418:2011 (Smernice in tehnični pogoji za asfaltne obrabne plasti za zmanjšanje hrupa). Te specifikacije so predstavljene na naslednjih straneh.

3.2 Osnovne karakteristike

Pri nas glede na sestavo zmesi kamnitih zrn poznamo naslednje tipe drenažnih asfaltov:

- PA 8,
- PA 8 og (odprta sestava),
- PA 11,
- PA 11 og (odprta sestava).

Kratica »og« v angleškem jeziku pomeni »Open Graded«, kar predstavlja nekakšno kombinacijo med SMA in PA v smislu sestave zmesi kamnitih zrn. Bolj zvezna sestava torej vsebuje večji delež drobnih zrn kot tipični drenažni asfalt. Ta vrsta sestave drenažnih asfaltov je novost pri nas.

3.2.1 Področja uporabe bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta

Kljub temu, da so drenažni asfalti zaradi velike vsebnosti votlin bolj občutljivi na prometne obremenitve, se jih lahko vgrajuje skoraj v vsakem primeru (preglednica 1). Izogiba pa se vgraditev na mestu, kjer so velike strižne obremenitve (križišča, ostri zavoji, strmi vzdolžni nakloni).

Preglednica 1: Področja uporabe bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta za obrabne in drenažne plasti v odvisnosti od povprečne letne dnevne prometne obremenitve (PLDO) (TSC 06.418: 2011)

Skupina prometne obremenitve	PLDO (NOO 100 kN)	Razred bituminizirane zmesi	Razred zmesi kamnitih zrn	Vrsta bituminizirane zmesi			
				PA 8	PA 8 og	PA 11	PA 11 og
- izredno težka	> 3000	A1	Z1 ¹⁾	+	+	+	+
- zelo težka	> 800 do 3000	A2	Z1 ¹⁾ /Z2	+	+	+	+
- težka	> 300 do 800			+	+	+	+
- srednja	> 80 do 300	A3	Z2	+	+	+	+
- lahka	>30 do 80	A4	Z2 ²⁾ /Z3	+	+	+	-
- zelo lahka	≤ 30			+	+	+	-

¹⁾ V primeru uporabe zmesi grobih zrn žindre je dopustno uporabiti zmes zrn 0/2 mm razreda Z2

²⁾ Pogoji za državne ceste.

Tudi pri gostoti prometa veljajo določene omejitve. Gostejši promet ima večji samočistilni učinek, zato PA ni zaželeno vgrajevati na odseke ceste z manjšimi gostotami oz. PLDP-ji. V nadaljevanju je ta problematika natančneje pojasnjena.

Preglednica 2: Področja uporabe bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta za obrabne in drenažne plasti v odvisnosti od povprečne letne dnevne gostote prometa (PLDP) (TSC 06.418: 2011)

Skupina prometne obremenitve	PLDP (vozil)	Razred bituminizirane zmesi	Razred zmesi kamnitih zrn	Vrsta bituminizirane zmesi			
				PA 8	PA 8 OG	PA 11	PA 11 og
- izredno velika	> 20000	A1	Z1 ¹⁾	+	+	+	+
- zelo velika	> 10000 do 20000	A2	Z1 ¹⁾ /Z2	+	+	+	+
- velika	> 5000 do 10000			+	+	+	+
- srednje velika	> 2000 do 5000	A3	Z2	+	+	+	+
- majhna	>1000 do 2000	A4	Z2 ²⁾ /Z3	+	-	+	-
- zelo majhna	≤ 1000			+	-	+	-

¹⁾ V primeru uporabe zmesi grobih zrn žindre je dopustno uporabiti zmes zrn 0/2 mm razreda Z2

²⁾ Pogoji za državne ceste.

3.2.2 Projektne debeline plasti drenažnih asfaltov

Tudi debelina vgrajene obrabne plasti je natančno določena v tehniških specifikacijah za ceste (TSC). Glede na vrsto drenažnega asfalta se razlikuje tudi njegova vgrajena debelina (preglednica 3). V primerjavi z AC surf in SMA je ta ponekod nekoliko večja, vendar ne v vseh primerih.

Preglednica 3: Mejne projektne debeline plasti drenažnih asfaltov (TSC 06.418: 2011)

Projektna debelina plasti	Enota mere	Vrsta bituminizirane zmesi			
		PA 8	PA 8 og	PA 11	PA 11 og
- najmanj	mm	30	20	35	30
- največ	mm	45	25	50	35

3.2.3 Prostorske lastnosti vgrajenih zmesi drenažnega asfalta

Ena bistvenih lastnosti vgrajenega PA je njegova porozna oz. odprta sestava. Vsebnost votlin je eden najvažnejših podatkov pri gradnji PA (preglednica 4). Ta je bistveno večja kot pri ostalih vrstah obrabnih plasti.

Preglednica 4: Mejne lastnosti za prostorske lastnosti vgrajenih zmesi drenažnega asfalta (TSC 06.418: 2011)

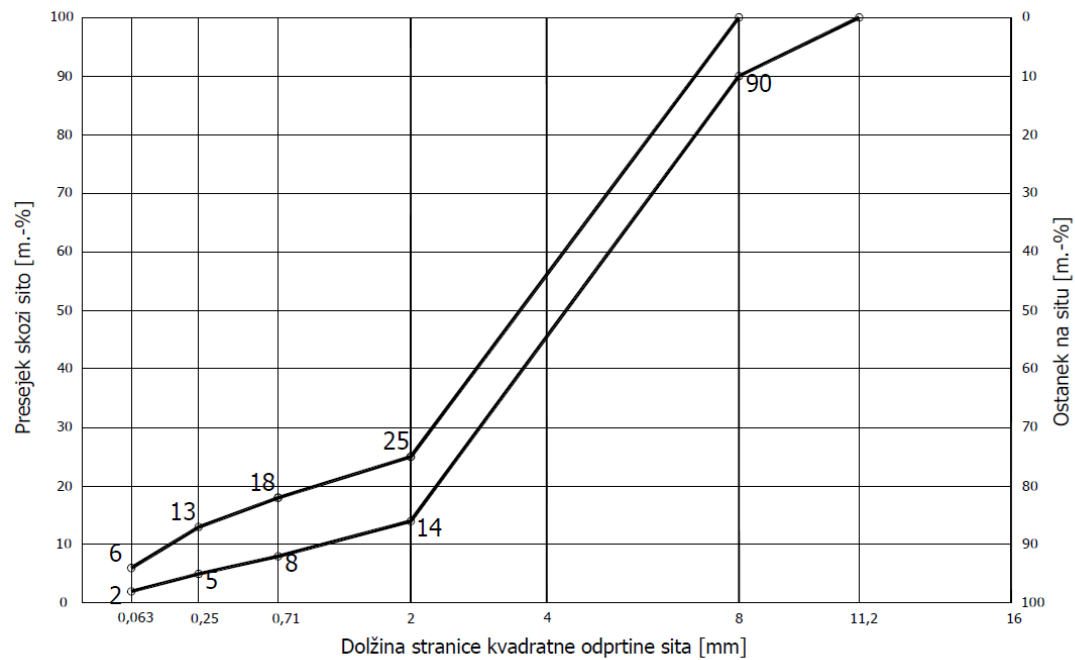
Lastnost vgrajene bituminizirane zmesi	Postopek za preskus	Enota mere	Vrsta bituminizirane zmesi			
			PA 8	PA 8 og	PA 11	PA 11 og
- zgoščenost plasti	TSC 06.711	%	≥ 97		≥ 97	
- vsebnost votlin v plasti	SIST EN 12697-8	V.-%	$V_{\min 15} - V_{\max 28}$	$V_{\min 2,5} - V_{\max 11}$	$V_{\min 15} - V_{\max 28}$	$V_{\min 2,5} - V_{\max 11}$

Za lažjo predstavbo še podatek o vsebnosti votlin vgrajenih asfaltnih plasti za:

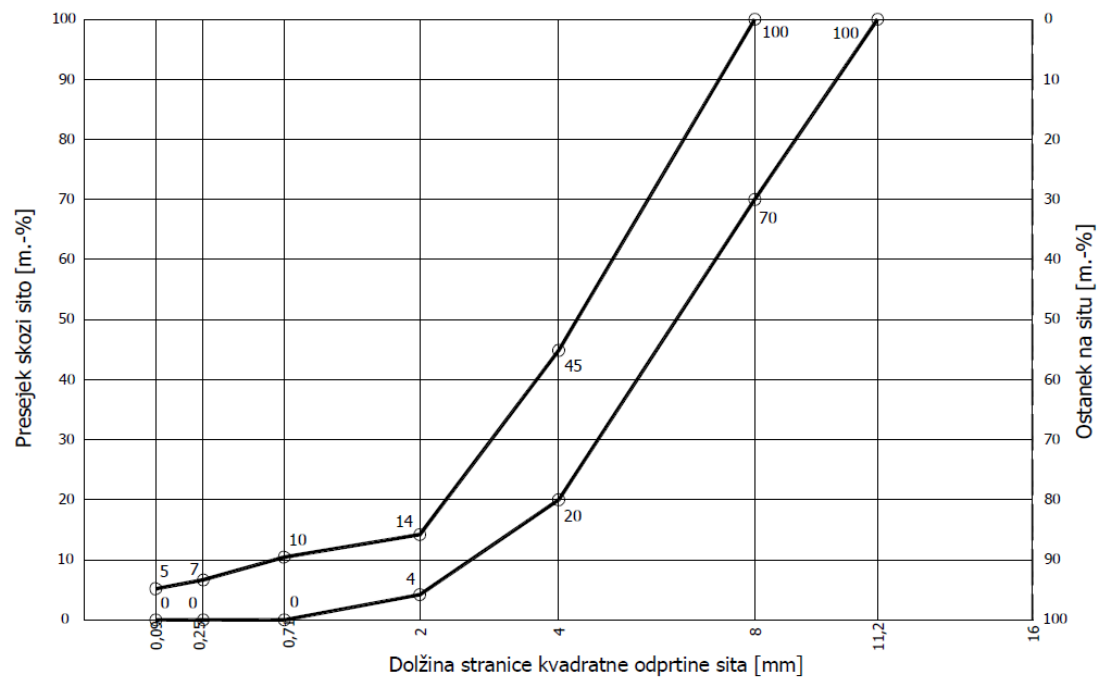
- SMA (8 in 11) $= V_{\min 1,5} - V_{\max 7}$,
- SMA (8 in 11) hg (votlave sestave) $= V_{\min 10} - V_{\max 14}$,
- SMA (8 in 11) gg (porozne sestave) $= V_{\min 2,5} - V_{\max 11}$.

3.2.4 Mejne krivulje za sestavo zmesi kamnitih zrn za drenažne asfalte

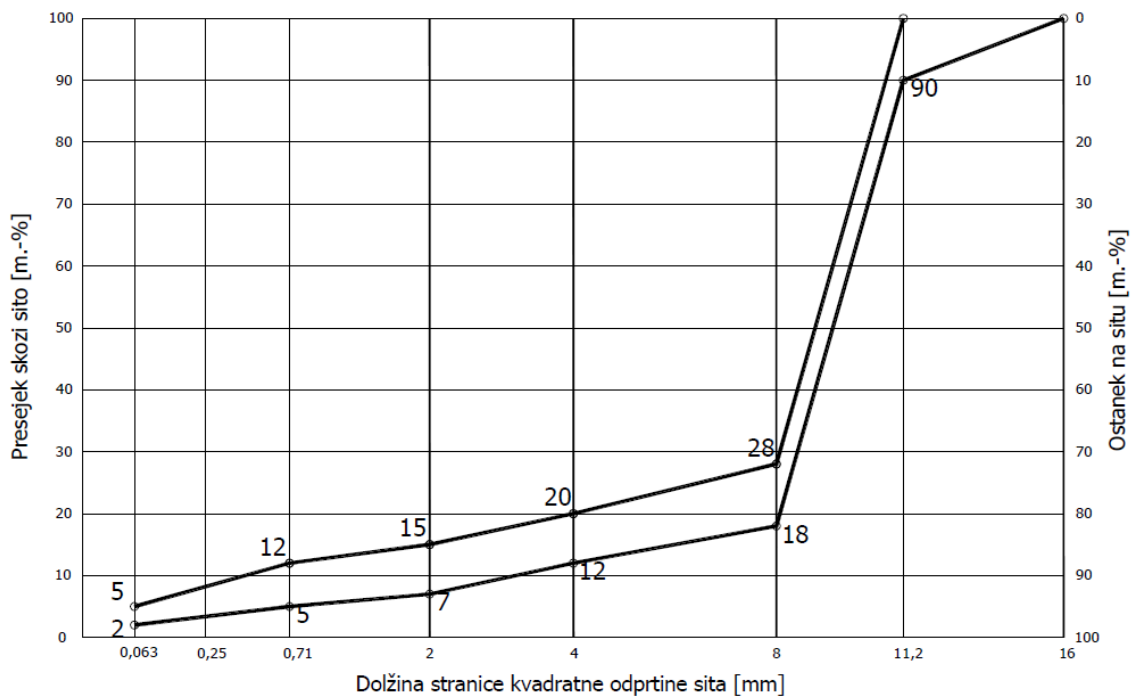
Sestava zmesi kamnitih zrn je pri drenažnih asfaltnih specifična, saj vsebuje zelo majhen delež frakcij, manjših od 2 mm. Ima pa v svoji sestavi zelo veliko največjih dovoljenih zrn za posamezen tip PA. Na primer, če je tip drenažnega asfalta PA 11, je v tej asfaltni plasti največ zrn med 8 mm in 11 mm. Na grafikoni 5–9 so prikazane mejne krivulje za območje zmesi kamnitih zrn za posamezne tipe PA.



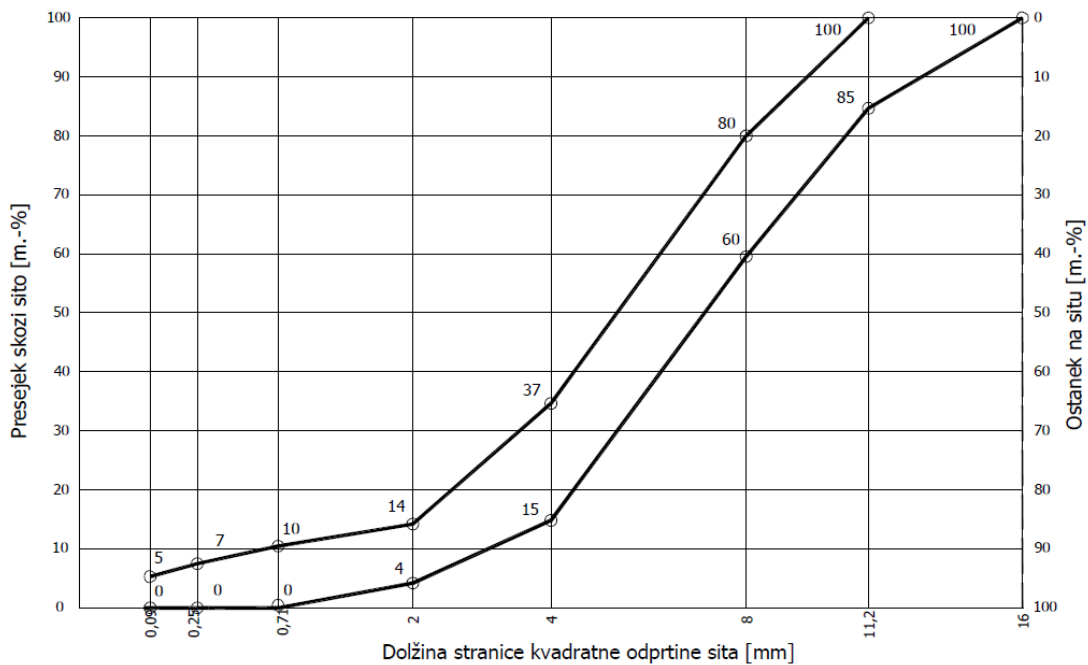
Grafikon 5: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 8 (Henigman in sod., 2011)



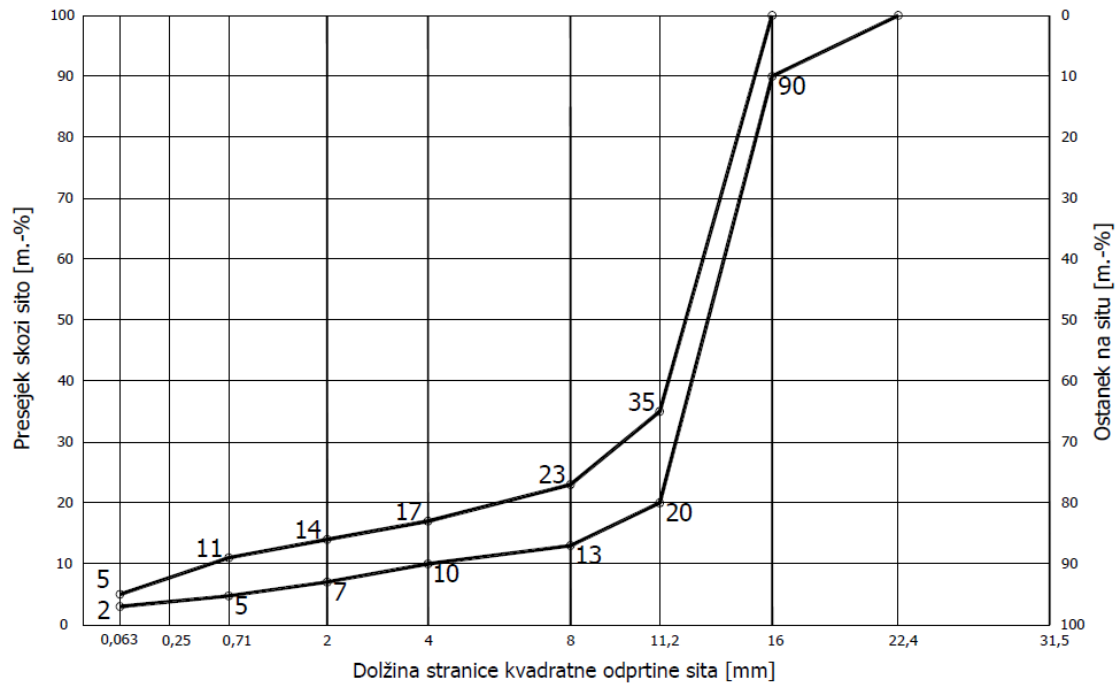
Grafikon 6: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 8 og (Henigman in sod., 2011)



Grafikon 7: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 11 (Henigman in sod., 2011)



Grafikon 8: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za drenažni asfalt PA 11 og (Henigma in sod., 2011)



Grafikon 9: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za nekdanji drenažni asfalt PA 16, ki pa ga v TSC 06.418:2011 ne poznamo več (Henigman in sod., 2011)

3.2.5 Delež veziva in vsebnost votlin pri PA

V spodnji preglednici sta bistvena predvsem dva podatka, in sicer:

- delež veziva (najmanj 5,5 m.-% za PA 8),
- vsebnost votlin (16–26 V.-%).

Podatki (v preglednici 5) veljajo za proizvedeno bituminizirano zmes, kar pomeni, da je ta podatek pridobljen v asfaltnem obratu (razsuti material).

Preglednica 5: Mejne vrednosti za prostorske in mehanske lastnosti proizvedenih bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta za obrabne in drenažne plasti (TSC 06.418: 2011)

Lastnosti bituminizirane zmesi	Postopek za preiskus SIST EN 13108-20, dodatek B/D	Majne vrednosti	Enota mere	Skupine prometnih obremenitev ter razredi in vrste bituminiziranih zmesi						Skupine prometnih obremenitev ter razredi in vrste bituminiziranih zmesi							
				izredno težka	izredno težka	zelo težka	težka	srednja	lahka	zelo lahka	izredno težka	izredno težka	zelo težka	težka	srednja	lahka	zelo lahka
				A1	A2			A3	A4			A1	A2			A3	A4
				PA 8, PA 11						PA 8 og, PA 11 og							
				Z1 ⁷⁾	Z1 ⁷⁾ /Z2		Z2	Z2 ⁸⁾ /Z3			Z1 ⁷⁾	Z1 ⁷⁾ /Z2		Z2	Z3		
Delež veziva	tč. B.7	najmanjša ⁹⁾	m, %	PA 8 ≥ B _{min5,5} PA 11 ≥ B _{min5,0}						B _{min7}							
Vsebnost votlin	tč. D.2 ¹⁾	najmanjša	V, %	V _{min16}						V _{min3,5}							
		največja		V _{max26}						V _{max9}							
Vsebnost votlin v zmesi kamnitih zrn, zapoljenih z bitumnom	tč. D.2 ²⁾	najmanjša	%	-						VFB _{min25}							
		največja		-						VFB _{max30}							
Občutljivost na vodo	tč. D.3 ³⁾	najmanjše razmerje indikativne natezne trdnosti	%	ITSR _{NRR} navesti vrednost													
Odpornost proti trajnemu preoblikovanju	tč. D.6 ⁴⁾	največja sorazmerna globina kolesnic	%	PRD _{AIRNR} navesti vrednost													
Odtekanje veziva	tč. D.13 ⁵⁾	največji delež	m, %	D ₀						D _{NRR} - navesti							
Izguba delcev	tč. D.16 ⁶⁾	največji delež	m, %	PL ₃₀		PL ₄₀		PL _{NRR}				-					

1) Preskušanci morajo biti pripravljani po SIST EN 13108-20, razpredelnica C.1. Vsebnost votlin mora biti določena po SIST EN 13108-20, razpredelnica B.1.
2) Stopnja zapoljenosti votlin mora biti določena po SIST EN 12697-8
3) Občutljivost na vodo mora biti določena po SIST EN 12697-12
4) Votline v kamniti zmesi morajo biti določene po SIST EN 12697-8
5) Odpornost proti trajnemu preoblikovanju mora biti določena po SIST EN 13108-20, pogoj preskušanja so opredeljeni v SIST EN 13108-20, razpredelnica D.1, tč. D.1.6 (temperatura preskušancev pri preskusu 60 °C in odstopanje vsebnosti votlin posamezne zmesi od deklarirane V_{max} ± 1,5 V, %)
6) Izguba delcev mora biti določena po SIST EN 12697-17
7) V primeru uporabe zmesi grobih zrn šlindre je dopustno uporabiti zmes zm 0/2 mm razreda Z2
8) Pogoj za državne ceste
9) Najmanjši delež veziva je treba popraviti s kalcijem α, določenim po enačbi α = 2,650/ρ_{sk} kjer pomeni ρ_{sk} povprečno specifično gostoto zmesi kamnitih zrn (t/m³)

Tako kot vse asfaltne plasti tudi drenažne asfalte označujemo na naslednji način.

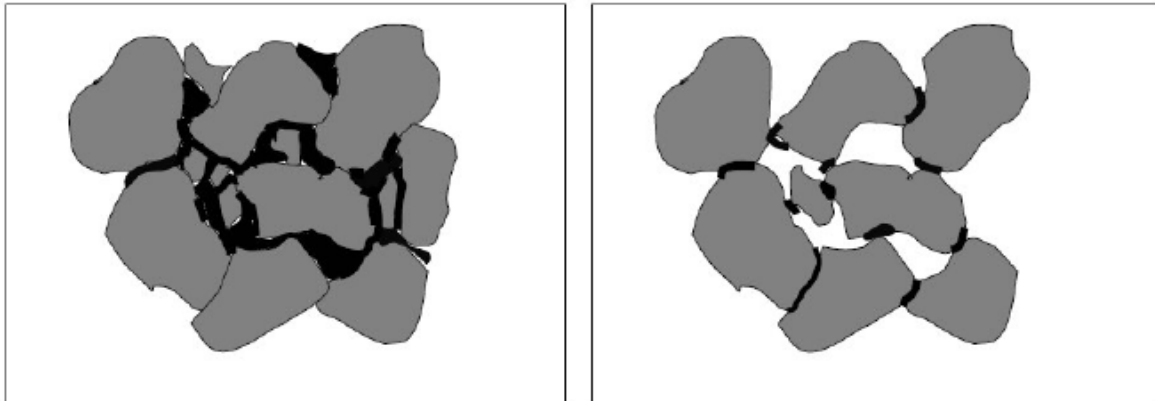
Primer: PA 8 PmB 45/80-65 A2

- PA Porous Asphalt – drenažni asfalt,
- 8 največja velikost nazivnega zrna v zmesi,
- PmB 45/80-65 polimerni bitumen s penetracijo 45/80 in zmeščičem 65° C,
- A2 razred bituminizirane zmesi.

Hitro staranje z odprtimi votlinami bogate bituminizirane zmesi v plasti drenažnega asfalta je treba zmanjšati oziroma upočasniti z ustreznim izborom in razmeroma velikim deležem bitumenskega veziva oz. bitumenske malte. Optimalni vezivi, ki sta sposobni zagotoviti potrebne značilnosti, sta polimerni in gumirani bitumen (Henigman in sod., 2011).

3.2.6 Primerjava PA in SMA

Asfaltna zmes drobira z bitumenskim mastiksom trenutno velja za najpogostejšo obrabno plast, kadar govorimo o avtocestni gradnji. V diplomski nalogi je zato velikokrat ta plast omenjena kot nekakšna referenčna plast, da ima bralec lažjo predstavbo, v čem je drenažni asfalt drugačen od »običajnega asfalta« za obrabne plasti pri avtocestni gradnji. Shematski prikaz sestave drobirja z bitumenskim mastiksom in drenažnega asfalta je predstavljen na sliki 9.



Slika 9: Shematski prikaz sestave drobirja z bitumenskim mastiksom in drenažnega asfalta: levo SMA in desno PA (Cotič, Jurjavčič, Čibej, 2010).

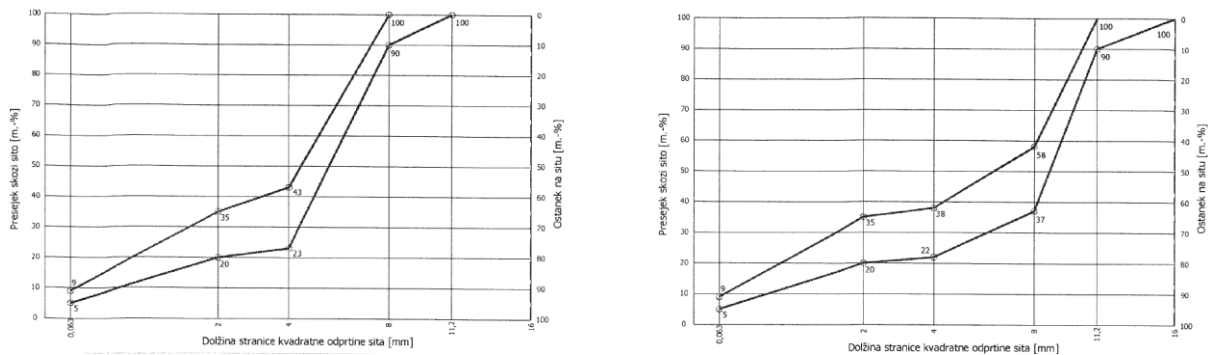
Za primerjavo je priložena tudi spodnja preglednica 6, kjer je razvidno, da je delež veziva pri SMA večji kot pri PA, vsebnost votlin pa manjša.

Preglednica 6: Mejne vrednosti za prostorske in mehanske lastnosti proizvedenih običajnih, votlavih (hg) in poroznih (gg) bituminiziranih zmesi drobirja z bitumenskim mastiksom (TSC 06.418: 2011)

Lastnosti	Postopek za		Enota	Skupine prometnih obremenitev ter razredi in vrste bituminiziranih zmesi				Skupine prometnih obremenitev ter razredi in vrste bituminiziranih zmesi				Skupine prometnih obremenitev ter razredi in vrste bituminiziranih zmesi				Skupine prometnih obremenitev ter razredi in vrste bituminiziranih zmesi			
	preskus	Mejne vrednosti		SMA				SMA In				SMA hg				SMA gg			
bituminizirane zmesi	SIST EN 13108-20, dodatok B/D	mere	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	
Delež veziva	Tč. B.5	Najmanjša %	Z1 ⁶⁾ /Z2	Z2	Z2	Z2 ⁷⁾ /Z3	Z1 ⁶⁾ /Z2	Z2	Z2	Z2 ⁷⁾ /Z3	Z1 ⁶⁾ /Z2	Z2	Z2	Z2 ⁷⁾ /Z3	Z1 ⁶⁾ /Z2	Z2	Z2	Z2 ⁷⁾ /Z3	
			SMA 8 ≥ B _{min} 6,5		SMA 8 ≥ B _{min} 6,8		SMA 8 In ≥ B _{min} 5,6		SMA 8 In ≥ B _{min} 5,4		SMA 8 hg ≥ B _{min} 6,5		SMA 8 hg ≥ B _{min} 6,3		SMA 8 gg ≥ B _{min} 7,0		SMA 11 gg ≥ B _{min} 7,0		
Vsebnost votlin	Tč. D.2 ¹⁾	najmanjša	V _{min} 2,5		V _{min} 2		V _{min} 6		V _{min} 10		V _{min} 9		V _{min} 12		V _{min} 12		V _{min} 12		V _{min} 9
		največja	V _{max} 4,5		V _{max} 4		V _{max} 6		V _{max} 12		V _{max} 9		V _{max} 12		V _{max} 12		V _{max} 12		V _{max} 9
Vsebnost votlin v zmesi kamnitih zrn, zapornjenih z bitumenskim	Tč. D.2 ¹⁾	najmanjša	VFB _{min} 75		VFB _{min} 78		VFB _{min} 50		VFB _{min} 50		VFB _{min} 53		VFB _{min} 50		VFB _{min} 53		VFB _{min} 53		VFB _{min} 42
		največja	VFB _{max} 88		VFB _{max} 90		VFB _{max} 70		VFB _{max} 70		VFB _{max} 61		VFB _{max} 70		VFB _{max} 61		VFB _{max} 61		VFB _{max} 67
Odklekanje veziva	Tč. D.13 ³⁾	največji delež	m.-%	D _{0,6}				D _{0,6}				D _{IR} – navesti vrednost				D _{IR} – navesti vrednost			
Občutljivost na vodo	Tč. D.5 ⁴⁾	najmanjša razmerje indirektna nalazna trdnost	%	ITSR _{IR} navesti vrednost				ITSR _{IR} navesti vrednost				ITSR _{IR} navesti vrednost				ITSR _{IR} navesti vrednost			
Odpornost proti trajnemu preoblikovanju	Tč. D.6 ⁵⁾	največja sorazmerna globina kolesaric	%	SMA 8; PRD _{AIR} 9,0 ⁶⁾		PRD _{AIR} 8R		SMA 8 In; PRD _{AIR} 9,0 ⁶⁾		SMA 11 In; PRD _{AIR} 7,0 ⁶⁾		PRD _{AIR} 8R		SMA 8 In; PRD _{AIR} 9,0 ⁶⁾		SMA 11 In; PRD _{AIR} 7,0 ⁶⁾		PRD _{AIR} 8R	

1) Preskusni vzorci morajo biti pripravljani po SIST EN 13108-20:2006, razpredelnica C.I. Vsebnost votlin mora biti določena po SIST EN 13108-20:2006, razpredelnica B.1.
2) Stopnja zapornjenosti votlin mora biti določena po SIST EN 12697-8.
3) Odpornost proti trajnemu preoblikovanju mora biti določena po SIST EN 13108-20:2006, poglavje preskušanja so opredeljeni v SIST EN 13108-20:2006, razpredelnica D.1, št. D.1.6 (temperatura preskušalcev pri preskusu 60 °C in odčitovanje vsebnosti votlin posamezne zmesi od delitarske V_{max} ± 1,5 V_{max}-%).
4) Občutljivost na vodo mora biti določena po SIST EN 12697-12.
5) Votline v kamnitih zmesi morajo biti dobečne po SIST EN 12697-8.
6) V primeru uporabe grobih zrn žindre je dopustno uporabljati zmesi zrn 0/2 mm razreda Z2.
7) Pogoj na dolžine cele.
8) V naglo podvojeno zahtevo ni dopustna kombinacija z votlinami, zapornjenimi z bitumenskim, določeni po SIST EN 13108-1 št. 5.3.6.
9) Najmanjši delež veziva je treba popraviti s količnikom α, določenim po enačbi α = 2,650p₁, kjer pomeni p₁ povprečne specifične gostote zmesi kamnitih zrn (t/m³).
10) Za bituminizirane zmesi za zaščitne in izravnavne plasti je dovoljena uporaba zmesi razreda Z4 z lastnostmi, opredeljenimi v preglednici 2.

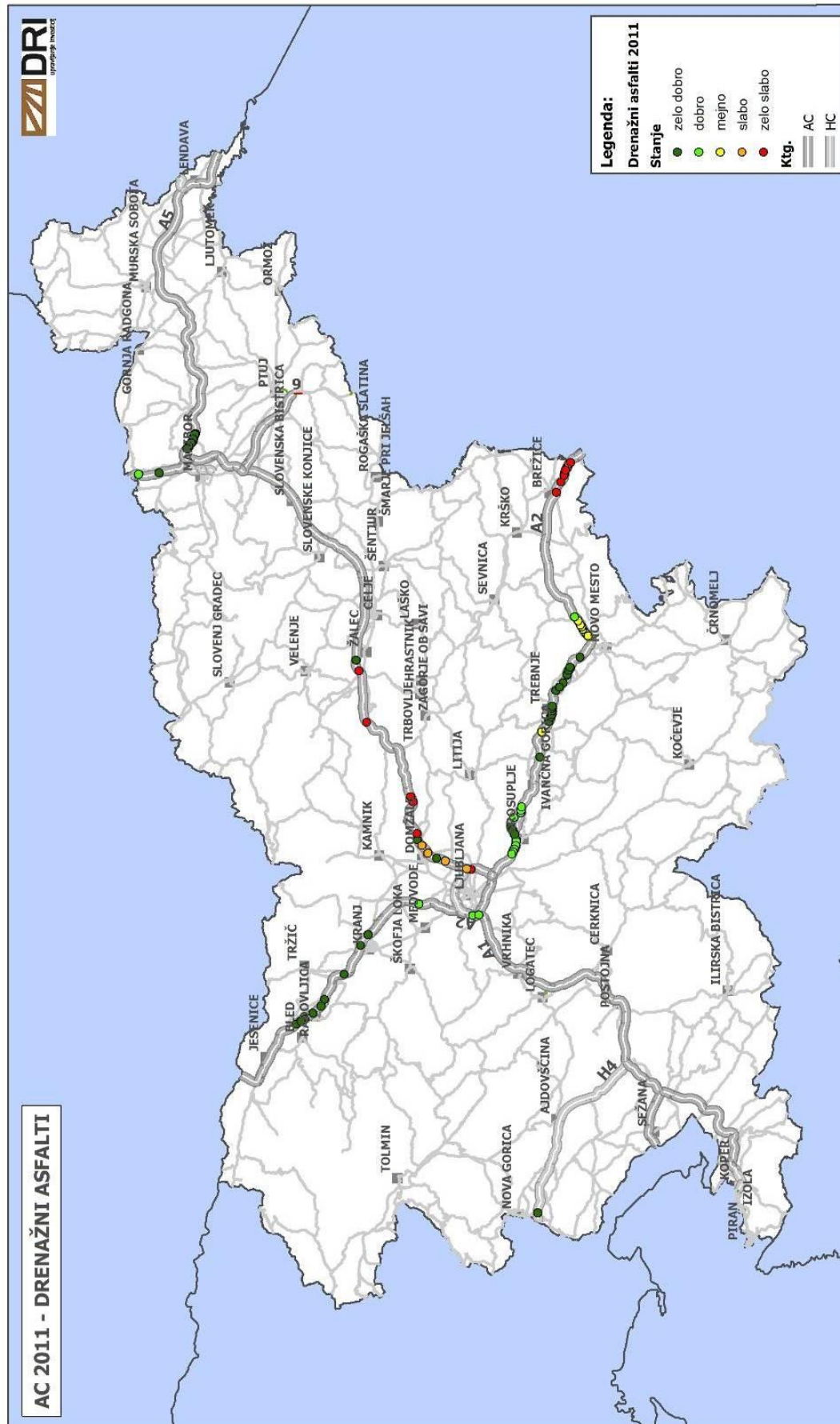
SMA In (low noise ali znižanje hrupa) je bil uporabljen tudi pri nas, je pa sicer novost v tehniških specifikacijah (od leta 2011). Grafikon 10 predstavlja mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za SMA In 8 in SMA In 11 v skladu s TSC 06.418:2011.



Grafikon 10: Mejni krivulji za območje zmesi kamnitih zrn za SMA 1n 8 (levo) in SMA 1n 11 (desno) (TSC 06.418:2011)

3.3 Lokacije uporabe PA v Sloveniji

Fortuna (2011) opisuje, da imamo v Sloveniji v letu 2011 vgrajenih 7.840 m (ali 86.300 m²) drenažnih asfaltov, kar predstavlja manj kot 1 % vseh obrabnih asfaltnih plasti na avtocestah in hitrih cestah. Kje točno pa so vgrajene te asfaltne plasti je prikazano na sliki 10.



Slika 10: Prikaz lokacije drenažnih polj ter stanje drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)

3.3.1 Vijačni prehodi na avtocestah

S priporočili v dopolnilih Splošnih in posebnih tehničnih pogojev (št. V, 2004) so bili na vijačnih prehodih, ki ležijo v območju vzdolžnega nagiba ceste, ki je manjši od 2,5 %, projektantom dani pogoji, da na vijačnih prehodih, na katerih z običajnim potekom ceste ni možno zagotoviti ustreznega odvodnjavanja, predvidijo dodatne ukrepe (preglednica 7).

Preglednica 7: Območje uporabe različnih gradbenotehničnih ukrepov za vijačne prehode na AC v Sloveniji

Prečni nagib	Vzdolžni nagib			nad 2,5 %
	do 1 %	od 1 % do 2,5 %		
		Tok vode v smeri vožnje	Tok vode proti smeri vožnje	
$-q_{krit}$ do $-1,0$ %	DA	žlebičenje	DA	Brez ukrepa
$-1,0$ do $+1,0$ %	*DA+dodatno odvodnjavanje (simetrično)	žlebičenje	DA	DA
$+1,0$ do $+q_{krit}$	DA	žlebičenje		Brez ukrepa

* dodatno odvodnjavanje pod drenažnim asfaltom je zahtevano le, kadar pride na območju vijačenja do polja zastajajoče vode,

Opomba: velikost q_{krit} je treba izbrati glede na vrsto ceste in njeno širino

Dodatna ukrepa v priporočilih sta:

- vgradnja drenažnega asfalta,
- izvedba žlebičenja.

Henigman (2006) omenja, da kljub temu, da gre samo za priporočilo naročnika, se projektanti v glavnem odločajo za dodatne ukrepe, pri čemer smo v zadnjih letih predvsem pri izvedenem dodatnem odvodnjavanju z aluminijastimi profili ugotavljali številne poškodbe, zato se je dodatno odvodnjavanje pri PA pričelo opuščati. Kljub dilemi, ali so dodatni ukrepi na vijačnih prehodih potrebni, se je prometna varnost s temi ukrepi znatno izboljšala, že nekaj let pa se kažejo tudi pozitivne izkušnje glede same izvedbe, kar kaže na dobro prakso. Tako reševanje vijačnih prehodov je inovativno, za te uveljavljene rešitve se tako zanimajo tudi izven Slovenije. V skladu z dopolnilom SPTP (dopis DDC LJ št. 402-26/06-SH-38 z dne 09. 03. 2006 se t.i. drenirana podlaga pod drenažnimi asfalti PA ne izvaja več. Namesto tega se je v praktičnem delu diplomske naloge, debelina PA povečala za 1 cm (s 4 cm na 5 cm).

3.3.2 Hitra cesta H4/0780 Šempeter–Vrtojba

Hitra cesta H4/0780 Šempeter–Vrtojba je trenutno najdaljši (860 m) odsek ceste z obrabno plastjo drenažnega asfalta v Sloveniji – slika 11.



Slika 11: Hitra cesta H4/0780 Šempeter–Vrtojba (Fortuna, 2011)

Rekonstrukcija ceste: december 2009

PLDP (2008): 8894

Število kamionov/dan: 1940

Prometna obremenitev: zelo težka

Odsek je razdeljen na tri dele, tako da je v srednjem delu obrabna plast drenažnega asfalta (PA), na začetku in koncu pa obrabna plast SMA:

0,000 km – 0,440 km: SMA 11 PmB 45/80-65 A2; debeline 4 cm in 5,4 % votlin

0,440 km – 1,300 km: PA 11 PmB 45/80-65 A2; debeline 5 cm in 21,6 % votlin (slika 12 in 13)

1,300 km – 1,950 km: SMA 11 PmB 45/80-65 A2; debeline 4 cm in 5,4 % votlin (slika 12 in 13).



Slika 12: Pogled od zgoraj na različni obrabni plasti: PA (levo) in SMA (desno) (Fortuna, 2011)



Slika 13: Razlika v deležu votlin v obrabni plasti je vidna s prostim očesom (levo PA, desno SMA) (Fortuna, 2011)

Cesta se je gradila po avstrijskih predpisih za SMA LN asfalte. Leta 2011 je pri nas prišel tudi ta tip asfalta v tehniške specifikacije.

3.3.3 Cesta Portorož–Lucija (le pogojno drenažni asfalt)

Odsek ceste v dolžini 600 m in širine 4 m ne ustreza kriterijem za drenažne asfalte po priporočilih standarda, saj je vsebnost votlin proizvedene zmesi le $V_{\min} = 14,4\%$ (po SIST 1038-7 pa je minimalna vrednost 16 %). Z željo pridobiti kar najbolj trajnostni asfalt z upoštevanjem čim več dejavnikov je bil v mesecu juniju 2009 izvedeno poskusno polje na cesti Portorož–Lucija (slika 14). Asfaltna zmes je bila projektirana na tak način, da vsebuje čim več pozitivnih lastnosti drobirja z bitumenskim mastiksom in drenažnega asfalta. Ker ustreza evropskemu standardu SIST EN 13108-7 za drenažne asfalte, so zmes poimenovali PA 8 PmB 45/80-65 A3. V času gradnje so se zgledovali po avstrijskih specifikacijah za SMA In 8, ki smo jih leta 2011 v specifikacijah spoznali tudi pri nas. Obrabno zaporni sloj v debelini 4 cm je bil vgrajen na porezkano in s PmB emulzijo pobrizgano podlago.



Slika 14: Rekonstrukcija ceste skozi Portorož (Fortuna, 2011)

Za zmes kamnitih zrn v asfaltni plasti so izbrali frakcijo peska 0/2 mm karbonat ter frakciji žlindre 2/4 mm in 4/8 mm. Za uporabo žlindre v asfaltni plasti so se odločili predvsem iz dveh razlogov. Njena kamnita zrna imajo namreč visoko odpornost proti zaglajevanju, kar izboljšuje torno sposobnost vozišča. Druga pozitivna lastnost uporabe žlindre pa izhaja iz okoljevarstvenega vidika, saj predstavlja žlindra sekundarni industrijski material, ki ni nujno samo »odpadek«.

Kot vezivo je bil uporabljen bitumen, modificiran s polimeri (PmB 45/80-65). Uporaba s polimeri modificiranega bitumna poveča odpornost asfaltne zmesi proti nastanku deformacij (kolesnic) in omogoča kakovostnejši bitumenski film okoli zrn agregata, s čimer se podaljša življenjska doba konstrukcije ter zmanjšajo stroški vzdrževanja.

Tudi delež bitumna ne ustreza kriterijem za drenažne asfalte, ki znaša za PA 8 minimalno 5,5 m.-%, (SIST 1038-7) v tem primeru pa je le 5,1 %.

V preglednici 8 so navedeni podatki o lastnostih kamnitih zrn proizvedene in vgrajene asfaltne plasti (izvrtano asfaltno jedro).

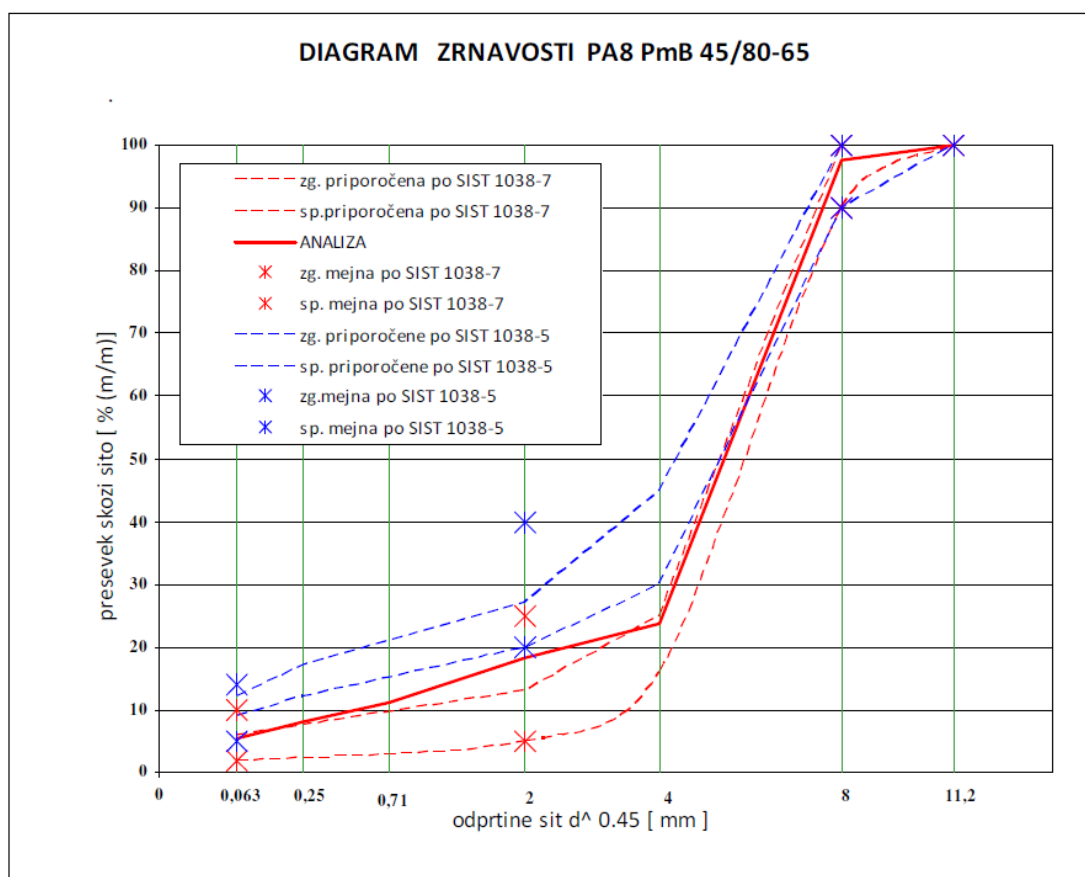
Preglednica 8: Rezultat analize proizvedene in vgrajene zmesi (Fortuna, 2011)

VRSTA ZMESI: PA8 PmB 45/80-65 PROIZVAJALEC: CPG d.d. VGRAJEVALEC: Primorje d.d.	BITUMEN	LASTNOSTI KAMNITE ZMESI							LASTNOSTI PROIZVEDENE ASFALTNE ZMESI			LASTNOSTI ASFALTNE PLASTI*	
	CELOKUPNI DELEŽ BITUMNA	Presevek skozi sito kvadratne odprtine (mm)							Največja gostota asf.zmesi	Prost.gostota asfalta	Delež celokupnih votlin	Zgoščenost	Delež celokupnih votlin
		0,063	0,25	0,71	2,0	4,0	8,0	11,2					
Lokacija vgrajevanja	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	Mg/m ³	Mg/m ³	% (V/V)	%	% (V/V)
Poskusno polje - Cesta Portorož-Lucija	5,1	5,4	8,1	11,1	18,3	23,7	97,7	100	3,098	2,651	14,4	97,8	16,3

Opomba: * Povprečje rezultatov treh asfaltnih jeder

Izbrana je bila krivulja zrnivosti (grafikon 11), ki je nekje med zahtevami za SMA 8 (po priporočilih standarda SIST 1038-5) in PA 8 (SIST 1038-7).

Grafikon 11: Potek zrnivosti asfaltne zmesi PA 8 PmB 45/80-65 (Fortuna, 2011)



3.4 Prednosti in slabosti drenažnih asfaltov

Tako kot vsaka obrabna plast ima tudi drenažni asfalt svoje prednosti in slabosti.

3.4.1 Prednosti

Razlog za vgradnjo te plasti so bile nedvomno prometna ekologija (hrup) in prometna varnost (hidroplaning in pršenje za vozili).

3.4.1.1 Zmanjšuje pršenje vode za vozili in zastajanje vode na vozišču

V nasprotju z gostimi bituminiziranimi zmesmi lahko pri uporabi PA površinska voda odteče skozi pore, ki jih ima v svoji strukturi v deležu od 16 do 26 V.-%. Takšna asfaltna plast omogoča dobro vidljivost v deževnih razmerah. Absorpcija površinske vode je učinkovita pri zmanjšanju aquaplaninga, ki se pojavi kot posledica tanke plasti vode, po kateri se premikajo vozila. Izkazalo se je, da drenažni asfalt prispeva k zmanjšanju števila nesreč v deževnih dneh. Še posebej učinkovite so drenažne asfaltne plasti na vijačnih prehodih, kjer prihaja zaradi spreminjanja prečnega naklona vozišča do zastajanja ali pretakanja vode po površini vozišča (Fortuna, 2011). Na spodnjih fotografijah (sliki 15 in 16) se jasno vidi zmanjšano pršenje vode in hkrati boljšo vidljivost v prometu.



Slika 15: Prikaz pršenja vode za vozilom: levo bitumenski beton, desno drenažni asfalt (FEHRL, 2006)



Slika 16: Vožnja po drenažnem asfaltu je zaradi boljše vidljivosti manj stresna (Google, 2012)

Dimenzioniranje elementov odvodnjavanja ceste je odvisno od tega, kakšen naliv se upošteva v hidravličnem računu v skladu z naslednjo preglednico 9.

Preglednica 9: Dimenzioniranje elementov odvodnjavanja ceste (Pravilnik o projektiranju cest, 2005)

Vrsta ceste	Projektna hitrost (km/h)	Pogostost naliva (let)	Jakost naliva (l/sek, ha)
Daljinska	80–130	25	350
Povezovalna	60–90	10	220
Zbirna	40–70	5	170
Dostopna	40–60	1	130

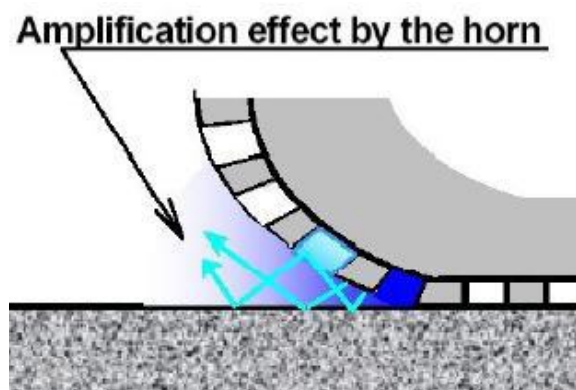
Problematika vijačenja na avtocestah je v Sloveniji že dobro poznana, saj ji je bilo v preteklih letih posvečenega veliko truda, znanja in energije. Vsa vijačenja so potencialna mesta nastanka pojava hidroplaninga, še posebej nevarna pa so vijačenja pri minimalnih vzdolžnih nagibih (med -1% in $+1\%$), kjer prihaja do zastajanja vode že pri nizki intenziteti padavin. Najbolj kritični so široki cestni odseki, kjer je možno razviti vsaj 90 km/h, kar velja za spodnjo mejo nastanka hidroplaninga (Podgoršek, 2006). Efekt pršenja za vozili se zmanjša tudi do 95 % v primerjavi z običajnimi gostimi obrabnimi plastmi (Greibe, 2008).

3.4.1.2 Zmanjšanje hrupa

Raven hrupa poroznih obrabnih plasti (Open Graded Frictin Courses) zavisi predvsem od štirih dejavnikov (The Asphalt Handbook, 2007):

- povezave zračnih por med seboj oz. poroznost plasti,
- debeline plasti,
- velikost maksimalnega zrna oz. sejalna krivulja,
- in količine veziva v asfalti plasti.

Širjenje hrupa na poroznem asfaltu je pretežno na osnovi akustične absorpcije. Hrup kotaljenja (hrup med pnevmatiko in vozno površino) in hrup pogona je absorbiran. Še več, efekt roga (slika 17) je dejansko zatrt in prav tako hrup črpanja zraka (slika 18) je zmanjšan na poroznem asfaltu (Hribar, 2006).

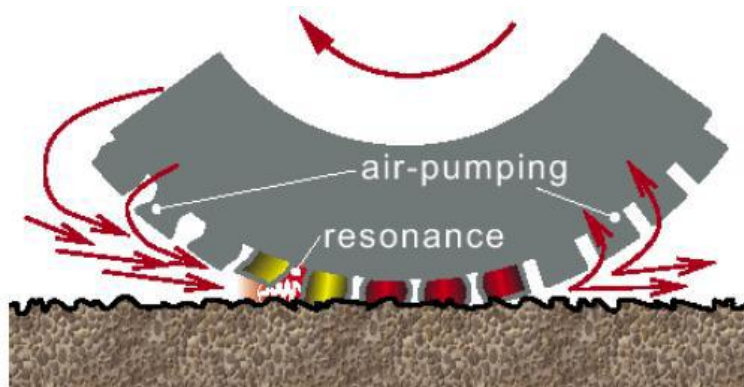


Slika 17: Efekt roga (Hribar, 2006)

Vozna površina in površina pnevmatike posnema votlino, ki se obnaša kot rog. Oddajanje zvoka na kontaktu med pnevmatiko in vozno površino ima za posledico učinkovitejšo širjenje. Proces je osredotočen na osnovi dveh kvalitativnih značilnosti:

- povečan nivo tlaka in
- skupno povečanje moči širjenja zvoka.

Najdaljše povečanje, ki je bilo predstavljeno privede v območja 2 kHz.



Slika 18: Črpanje zraka (Hribar, 2006)

Osnovna teorija črpanja zraka je bila predstavljena kot nenadno odtekanje ujetega zraka v žlebovih profila pnevmatike ali v teksturi naležne površine. Ko se kontakt pnevmatike in podlage nenadoma premakne naprej, se zgoščeni zrak zaradi velike hitrosti sprosti od kontakta površine in ta proces črpanja zraka povzroča hrup. Črpanje zraka je lahko glavni povzročitelj širjenja hrupa. Nedavna dognanja o črpanju zraka govorijo, da kotaleča pnevmatika odmika zrak od pnevmatike, ko se predel začetka kontakta deformira. Zgoščeni zrak je sproščen, ko se odlepijo od podlage žlebovi in zareze pnevmatike, v katerih je ujet. Pritisk zraka prilagojen vzroku tega procesa, ki je bil teoretično predstavljen, dosega važen nivo hrupa, nekje 1–3 kHz, zlasti, ko vozna površina ni porozna in relativno gladka.

Helmholtzova resonanca lahko poveča ta hrup. Ukrep za zmanjšanje omenjenega hrupa je v podlagi vozne površine (npr. porozna površina), s katero razpršimo zrak, ki je ujet v žlebovih.

Porozna vozna površina ne absorbira vsega nastalega zvoka. Absorpcija je predvsem odvisna od frekvence in od parametrov (Hribar, 2006):

- debelina poroznega sloja,
- hrapavosti in
- poroznosti.

Zavod za gradbeništvo (ZAG) je po 5 mesecih od datuma vgradnje na H4/0780 Šempeter–Vrtojba izvedel meritve hrupa (2010), ki ga emitirajo v okolje vozila. Izvedene so bile meritve po standardu SIST EN ISO 11819-1:2002, torej po statični »pass-by« metodi (SPB). Po tej metodi se na oddaljenosti 7,5 m od osi vožnje in na višini 1,2 m nad ravnijo površine vozišča meri maksimalne ravni hrupa (LA_{max}) mimo vozečih vozil, ob sočasnem merjenju hitrosti. ZAG je dobil naslednje rezultate – preglednica 10 in 11 (Fortuna, 2011).

Preglednica 10: Zmanjšanje ravni hrupa za osebna vozila v odvisnosti od hitrosti (po 5ih mesecih)

V	SMA 11	PA 11	Razlika
(km/h)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
50	65,8	61,9	3,9
80	72,8	68,3	4,5
110	77,5	72,5	5,0

Preglednica 11: Zmanjšanje ravni hrupa za več osna tovorna vozila v odvisnosti od hitrosti (po 5ih mesecih)

V	SMA 11	PA 11	Razlika
(km/h)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
50	81,6	76,9	4,7
70	84,3	78,9	5,4
80	85,4	79,3	6,1
85	85,9	79,6	6,3

Ameriški NCTA test je pokazal, da se z večanjem maksimalnega zrna pri SMA asfaltih povečuje tudi raven hrupa. Po metodi CPX se je raven hrupa povečevala na naslednje vrednosti (The Asphalt Handbook, 2007):

- SMA 3/8 inch (9,5 mm) – 93 dB(A)
- SMA 1/2 inch (12,5 mm) – 95dB(A)
- SMA 3/4 inch (19 mm) – 97dB(A).

Podobno torej velja tudi za drenažne asfalte.

Izkušnje na Nizozemskem so pokazale, da pri hitrostih manj kot 70 km/h PA povzroča celo nekoliko več hrupa kot obrabna plast bitumenskega betona prav zaradi grobe makro teksture vozne površine. Dvoslojni drenažni asfalt je bil skonstruiran (Bochove v letu 1996), da prepreči ta pojav, saj je vrhnja plast iz drobnejših zrn.

3.4.1.3 Zmanjšanje odboja svetlobe in bleščanja žarometov

Fortuna (2011) v svoji predstavitvi pojasnjuje, da drenažni asfalt deluje kot drenažni sloj, ki omogoča deževnici, da pronica skozi asfaltno plast. S tem preprečuje pršenje vode in odboj svetlobe od razpršenih kapljic, kar je eden od nevarnejših dejavnikov za voznike, še posebej v nočnem času. Poleg zmanjšanja odboja svetlobe in bleščanja žarometov se poveča tudi vidnost horizontalne signalizacije na mokrem vozišču.

Primer odboja svetlobe od asfaltno površine je prikazan na sliki 19. Na spodnjem delu slike je plast PA, na zgornjem delu pa plast AC surf.



Slika 19: Primerjava odboja svetlobe na bitumenskem betonu in drenažnem asfaltu (Poulikakos, Takahashi, Partl, 2006)

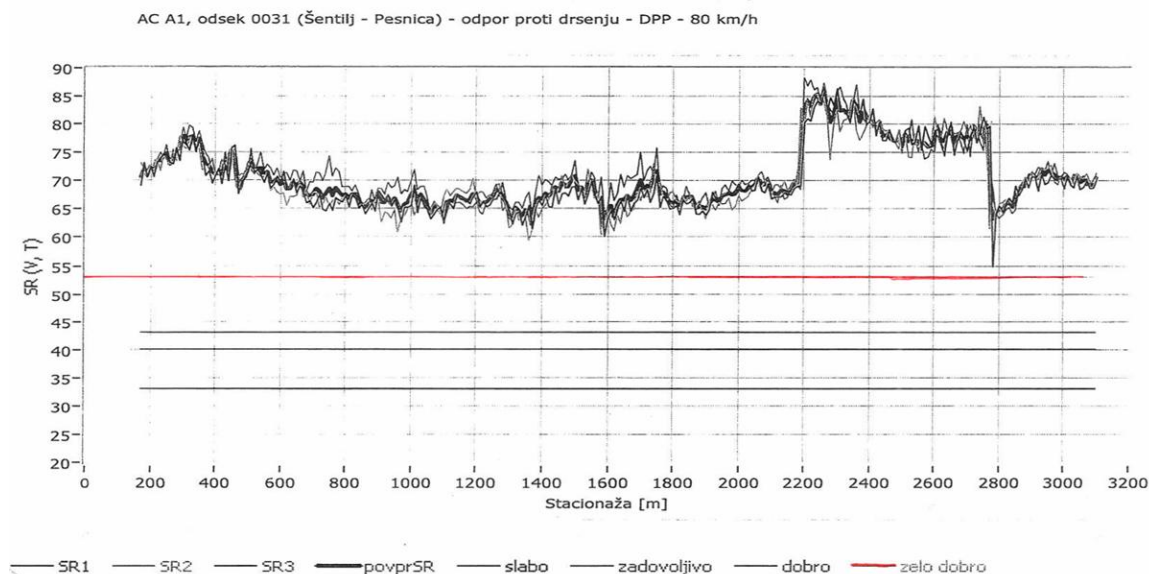
3.4.1.4 Izboljšanje tornih karakteristik vozišča

Povečana odpornost proti drsenju v mokrih razmerah je eden od glavnih razlogov za uporabo PA. Zbrani podatki o tornih lastnostih voznih površin kažejo na boljše lastnosti drenažnih asfaltov v primerjavi z SMA (meritve torne sposobnosti voznih površin s merilnim vozilom Scrimtex).

Meritve so se izvajale na odseku AC 0031 Šentilj–Pesnica pri konstantni hitrosti 80 km/h. Rezultati so pokazali:

- povprečna vrednost odpora proti drsenju za SMA je SR 67,
- povprečna vrednost za PA je SR 79.

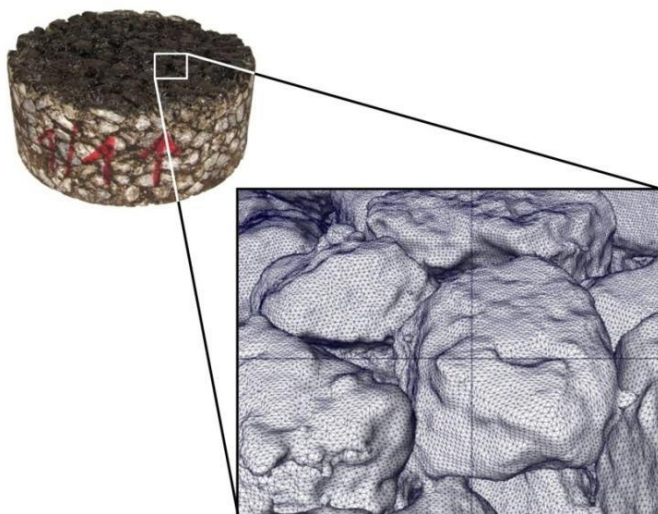
Na sliki 20 je razvidno, da je med stacionažo 2200 m in 2800 m boljša torna sposobnost, saj je na tem odseku ceste vgrajena plast drenažnega asfalta. Ostale meje so opisane v legendi pod sliko 20 (Fortuna, 2011).



Slika 20: Primerjava odpornosti proti drsenju za SMA in PA (Fortuna, 2011)

Nizozemska študija je pokazala, da PA 6/16 ne predstavlja večjega kotalnega upora in hkrati povečane porabe energije za premagovanje kotalnega upora v primerjavi z AC 0/16. Pri SMA 0/6 pa so zaznali za 3,5 % povečano porabo goriva osebnega avtomobila v primerjavi z AC 0/16³ (EAPA, 2004).

Pri polnem zaviranju, kjer kolesa vozila blokirajo, je torna sposobnost poroznega asfalta slabša od običajnega bitumenskega betona. Ugotovljeno je bilo, da je zavorna pot blokirane kolesa daljša za 20–40 % zaradi porušitve bitumenske podlage. Ta problem nastopi le nekaj mesecev po odprtju cestnega odseka za promet. V tem obdobju je okrog kamenega agregata še debela plast bitumna na površini drenažne plasti (FEHRL Report, 2006). Na sliki 21 je prikazana računalniška rekonstrukcija vozne površine PA. Na njen se jasno vidi, kako zrna kamenega agregata med seboj tvorijo skelet. Tudi sama tekstura vozne površine je groba v primerjavi z AC surf.



Slika 21: Računalniška rekonstrukcija geometrije vozne površine – 3D skeniranje (Ressel, 2010)

³ Osebni avtomobil znamke Volvo V70 pri konstantni hitrosti 90 km/h v pogojih brez vetra.

3.4.1.5 Odpornost proti nastanku kolesnic

Zaradi njegove skeletne strukture ima PA zagotovljeno ustrezno odpornost proti nastanku kolesnic, tudi za najtežje prometne obremenitve (Fortuna, 2011).

3.4.2 Slabosti

Čeprav ima PA veliko prednosti, ima tudi nekaj slabosti. Nekaterih od teh strokovnjaki niso predvideli oziroma so upali, da se ne bodo pojavile.

3.4.2.1 Staranje in površinsko luščenje

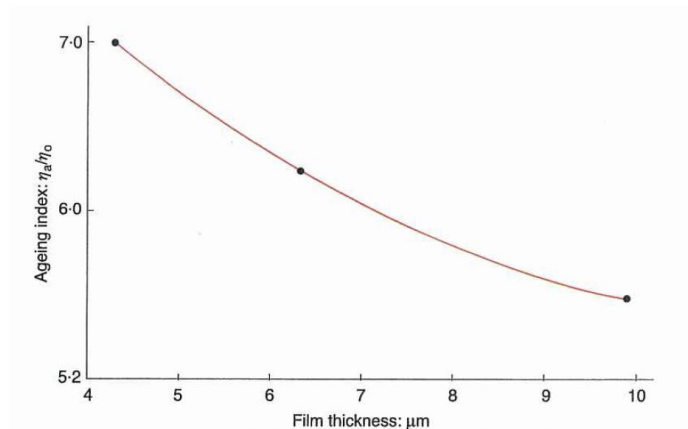
Ena najbolj motečih lastnosti pri zagotavljanju trajnosti PA je stalna izpostavljenost veziva kisiku, vodi in sončni svetlobi, kar povzroča pospešeno otrjevanje veziva. Otrdelo bitumensko vezivo slabše veže kamena zrna, kar povzroča površinsko izpadanje zrn. Tak primer je prikazan na sliki 22 (Fortuna, 2011).



Slika 22: Primer nastanka udarnih jam na drenažni asfaltni plasti (Fortuna, 2011)

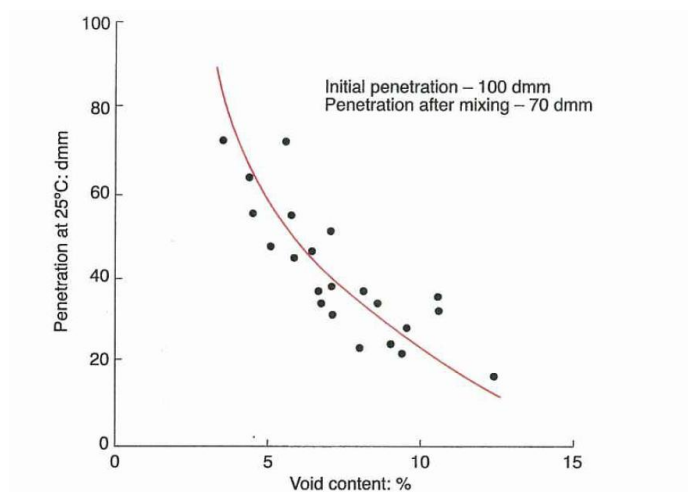
Tako kot na vse ostale organske snovi tudi na bitumen vplivajo dejavniki: izpostavljenost kisiku, ultravijolično sevanje in sprememba temperature. Ti zunanji vplivi povzročijo, da bitumen postaja vedno trši – staranje bitumna (angl. bitumen hardening). Na staranje bitumna vpliva več različnih faktorjev, vendar pa je izpostavljenost veziva kisiku oz. oksidacija daleč najpomembnejši. Polarne skupine, ki vsebujejo kisik, se oblikujejo in se poskušajo povezati v micelle z višjo micelno maso, s čimer se poveča viskoznost bitumna. Polarni hidroksil, karbonil in karboksilne skupine se formirajo v

več molekul, ki so tudi bolj kompleksne, kar povzroči, da postane bitumen trši in manj fleksibilen. Stopnja oksidacije je zelo odvisna od temperature, časa in debeline bitumenskega filma. Indeks staranja bitumna (slika 23) je razmerje med viskoznostjo starega bitumna in viskoznostjo svežega bitumna.



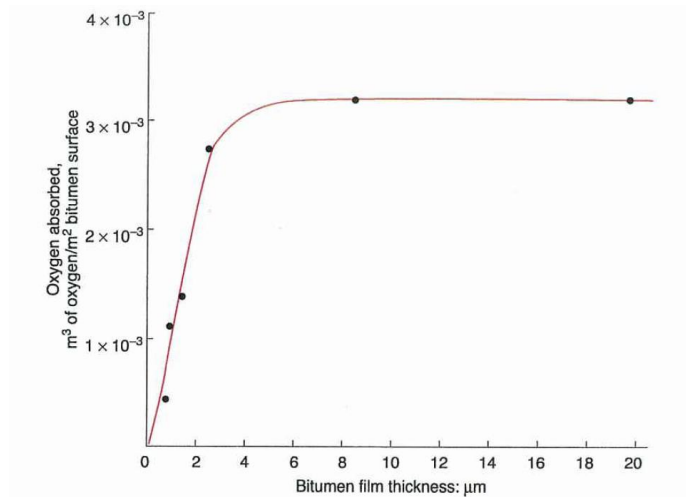
Slika 23: Povezava med debelino bitumenskega filma in indeksom staranja bitumna (Read, Whiteoak, 2003)

Glavni faktor, ki vpliva na strjevanje bitumna na cesti, je vsebnost votlin v obrabni plasti. V podrobni raziskavi so primerjali lastnosti obrabnih plasti z različnimi vsebnostmi votlin v obdobju petnajstih let po vgradnji. Obrabna plast z največjo vsebnostjo votlin je omogočala nenehen vdor zraka, kar znatno pospeši strjevanje bitumna. Raziskave na pet let stari obrabni plasti pa so pokazale naslednje razmerje med vsebnostjo votlin in stopnjo penetracije, ki je pomembna lastnost bitumna (slika 24). V projekt so bile vključene obrabne plasti z vsebnostjo votlin od 3 do 12 V.-%.



Slika 24: Razmerje med vsebnostjo votlin v obrabni plasti strjevanjem bitumna (Read, Whiteoak, 2003)

Vsebnost bitumna (debelina filma bitumna) prav tako pomembno vpliva na hitrost strjevanja bitumna tekom življenjske dobe obrabne plasti. Laboratorijske preiskave so pokazale, da je debelina filma bitumna zaradi oksidacije pri visokih temperaturah (med 40° C in 60° C) omejena na debelino 4 μm (slika 25).



Slika 25: Povezava med absorpcijo kisika pri 50° C in debelino filma bitumna (Read, Whiteoak, 2003)

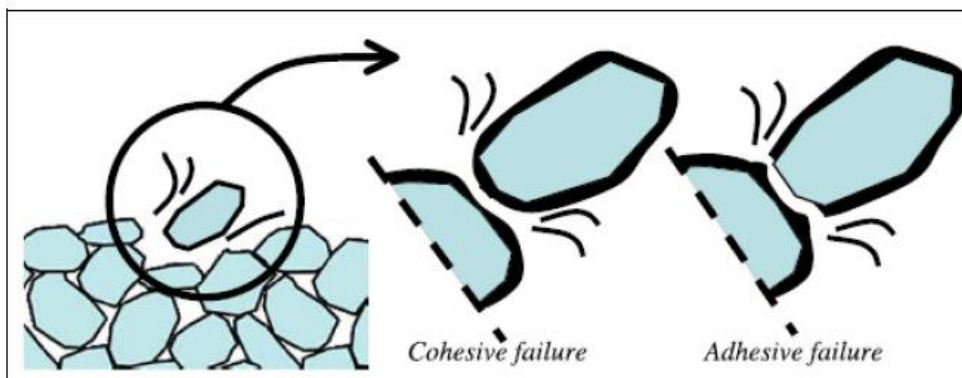
Strokovne literature svetujejo tudi minimalno debelino filma bitumna, ki znaša od 6 do 8 μm za običajne obrabne plasti. Za drenažne asfaltne plasti pa priporočajo debelino filma bitumna več kot 12 μm (Read, Whiteoak, 2003).

Ker je izguba materiala velik problem pri drenažnih asfaltih, se je v tujini uveljavil laboratorijski preizkus specifičen za drenažne asfalte. Ta preizkus se imenuje Cantabro test (Cantabrian test), ki oceni odpornost bituminiziranega vzorca na abrazijo oz. obrabo. Vzorec, pripravljen po postopku po Marshallu, se vstavi v Los Angeles boben brez železnih kroglic, ki se zavrti 300–krat pri hitrosti 30–33 obratov na minuto. Iz razlike mas vzorca pred in po testu se določi odstotek izgube materiala med samim testom. Ta test je močno povezan s temperaturo vzorca in deležem bitumna. Od uveljavitve polimernega bitumna dalje, je rezultat tega testa neprimerno boljši. Z padanjem temperature in padanjem deleža bitumna se izguba materiala pri testu večja.

3.4.2.2 Površinsko luščenje zaradi nizkih zimskih temperatur

Na staranje veziva oz. bitumna pomembno vpliva tudi temperatura. Ekstremno nizke zimske temperature na Nizozemskem v zimi 2009/2010 so bile razlog za trajne poškodbe na odsekih z obrabnimi plastmi iz drenažnih asfaltov (Mohan, 2010). Ugotovili so, da je prišlo v obrabni plasti do dveh tipov poškodb (slika 26 in 27):

- porušen stik med zrnom kamenega agregata in vezivom (adhezivna poškodba), oz. poškodba v neposredni bližini površine zrn,
- pretrganje veziva, nekoliko stran od površin posameznih zrn v zmesi (kohezivna poškodba) oz. pretrganje samega veziva.



Slika 26: Tipi poškodb pri drenažnih asfaltih (Mohan, 2010)



Slika 27: Odpadla zrna jasno nakazujejo tip poškodbe (Mohan, 2010)

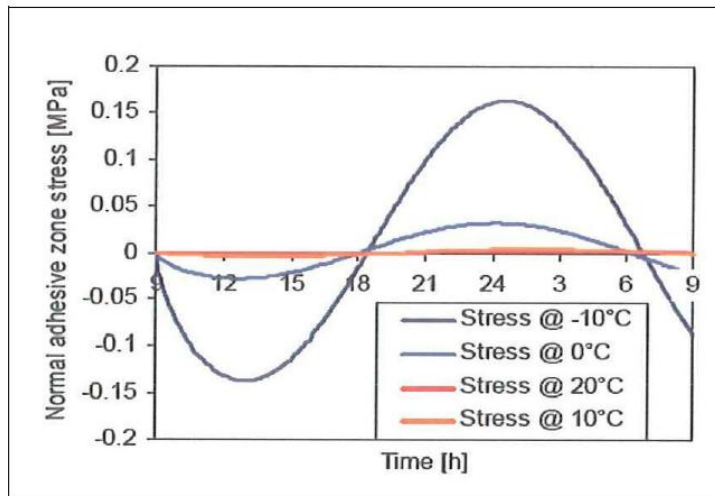
V praksi so vpliv teh tipov poškodb podrobno analizirali. V študiji so ugotovili, da so vzroki za poškodbe predvsem trije tipi obremenitev (Mohan, 2010):

- deformacije vozne površine,
- obtežba zaradi prometa,
- temperaturna nihanja.

Ugotovili so, da ima temperatura prevladujoč vpliv na poškodbe v zimskih pogojih. Pomemben podatek je tudi dejstvo, da imata vezivo in zrno kamenega agregata različen temperaturni koeficient:

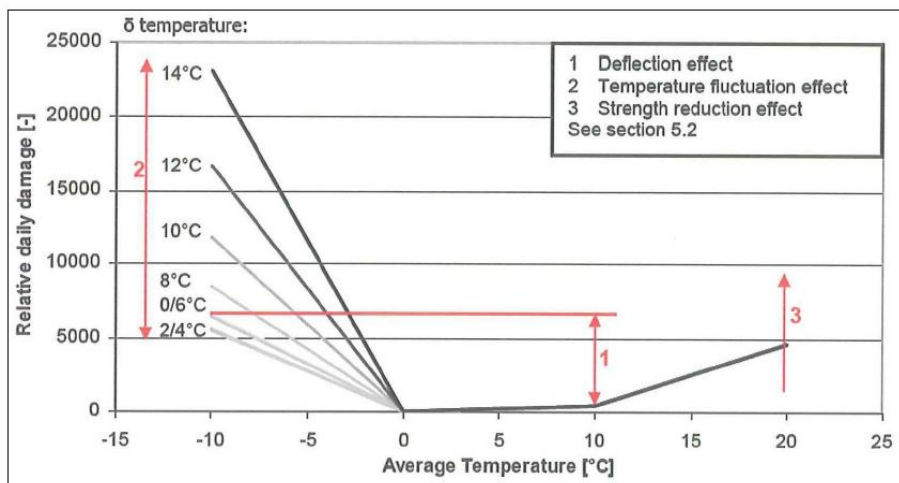
- zmes zrn kamenega agregata = $6,6 \cdot 10^{-6} / ^\circ \text{C}$
- bitumensko vezivo = $2,5 \cdot 10^{-5} / ^\circ \text{C}$.

Med preiskavami so prišli do spoznanja, da ima temperaturno nihanje v obdobju enega dneva pri zelo nizkih temperaturah velike posledice v prirastkih temperaturnih napetosti v asfaltni zmesi (slika 28).



Slika 28: Izračunane temperaturne napetosti v obdobju 24h (Mohan, 2010)

Nizozemska študija je predstavila rezultate simulacij orodja LOT (Lifetime Optimisation Tool for Porous Asphalt) v obliki diagrama med povprečno temperaturo in relativno dnevno poškodbo (slika 29).



Slika 29: Relativna dnevna poškodba v odvisnosti od povprečne dnevne temperature (Mohan, 2010)

Rezultati so pokazali, da je pri relativno nizkih dnevni temperaturah glavni razlog za povečano izletavanje zrn v asfaltni zmesi posledica zmanjšanja relaksacijskega potenciala bitumenskega veziva (kohezivna cona). Ta pojav povzroči, da se v adhezijski coni zelo povečajo napetosti, kar povzroči porušitev teh delov. Temperaturna nihanja v območju 24 ur so razlog za povečanje napetosti v teh conah. Optimalno obnašanje drenažnih asfaltov v zimskih pogojih je odvisno od sposobnosti veziva, da pri nizkih temperaturah ohrani viskoznost (omejene defomacije), pri višjih temperaturah pa zagotavlja dobro adhezijsko moč (Mohan, 2010). Take zimske poškodbe so prikazane na sliki 30 in sliki 31.



Slika 30: Primer zimskih poškodb - izletavanje zrn (Mohan, 2010)

Voda, ki zastaja v drenažni asfaltni plasti, lahko povzroči tudi razlepljenje asfaltnih plasti (predvsem v zimskem času) ter v najhujšem primeru izpadanje večjih površin drenažnega asfalta (slika 31) (Fortuna, 2011).

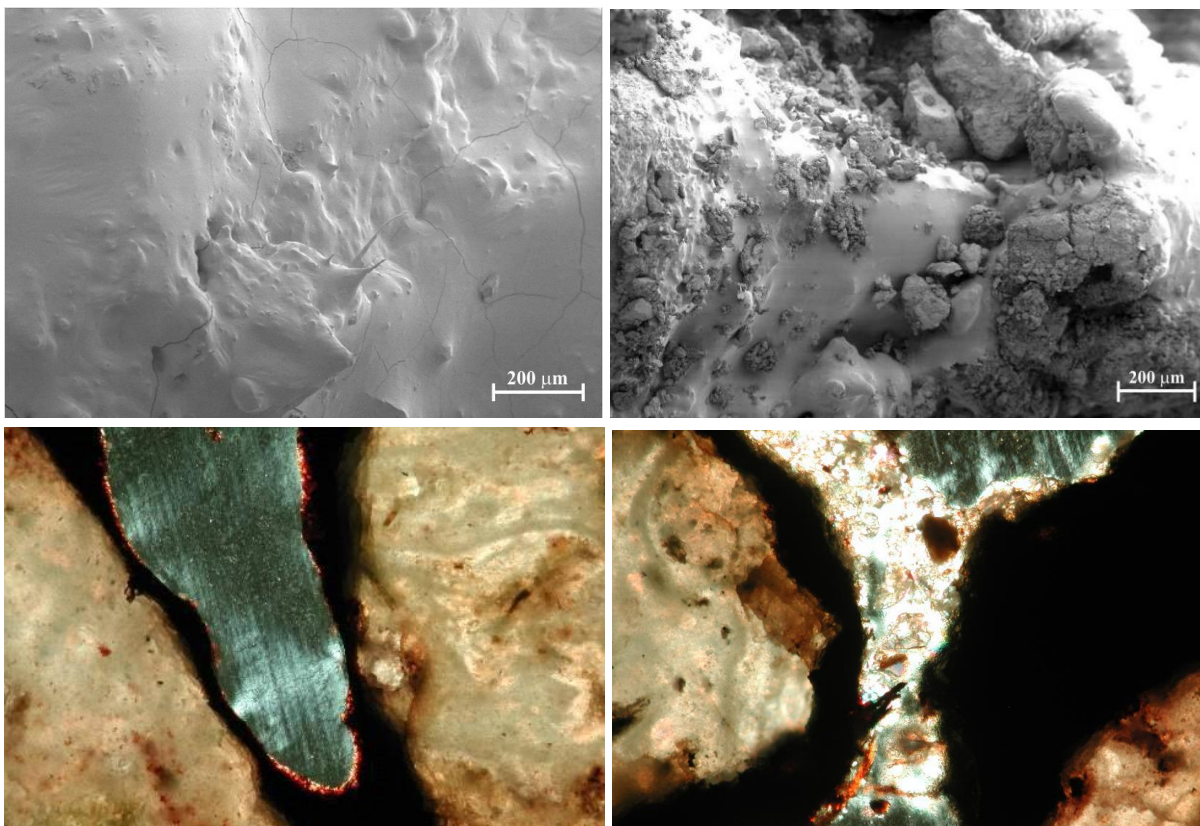


Slika 31: Primer izpada večje površine PA v zimskem obdobju (Fortuna, 2011)

3.4.2.3 Zmanjšanje poroznosti

Fortuna (2011) omenja, da se pore v drenažnem asfaltu s časom zamašijo z umazanijo oz. prahom. Pri visokih hitrostih se s pomočjo pnevmatik ustvarja samočistilni učinek, medtem ko pri nižjih hitrostih do samočistilnega učinka ne prihaja, zato se pore zaprejo, kar negativno vpliva na zmanjšanje hrupa in na drenažno funkcijo.

Na sliki 32 je s pomočjo mikroskopa prikazana zapolnjenost votlin z nečistočo.



Slika 32: Pore pred čiščenjem (desno) in po čiščenju (levo) (Ressel, 2010)

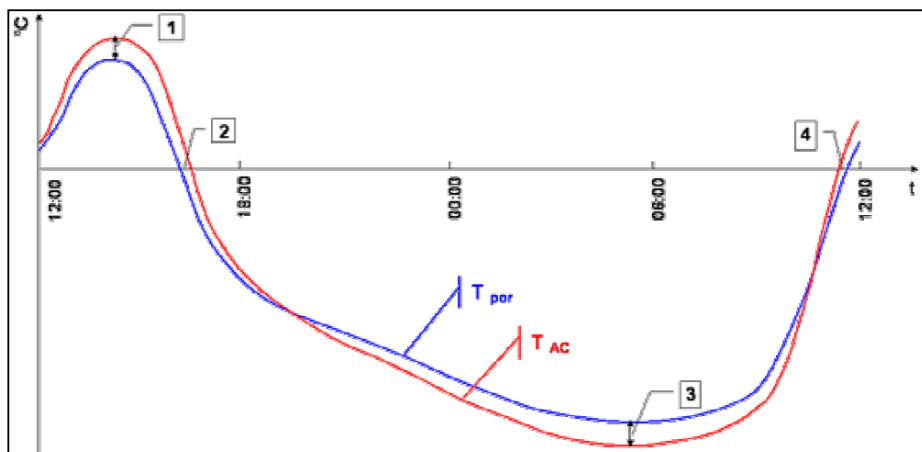
Za preprečitev tega pojava ponekod v tujini strojno čistijo vozno površino drenažnih asfaltov, kar ohranja drenažno funkcijo in zmanjšanje hrupa dlje časa.

3.4.2.4 Zimska služba

Pri odsekih cest z drenažnimi asfalti je potrebno količino soljenja povečati, saj sol »izgine« v zračne votline v asfaltni plasti (pore). To privede do povečanih stroškov zimskega vzdrževanja. Prepovedano je tudi posipanje cest s peskom, ker bi s tem zamašili zračne pore.

Drenažni asfalti imajo tudi manjšo toplotno prevodnost. To v praksi pomeni, da temperatura drenažnih asfaltov prej pade pod temperaturo ledišča kakor temperatura običajne obrabne plasti in se tudi kasneje povzpne nad temperaturo ledišča (Greibe, 2008).

Belgijska študija je pokazala, da je amplituda temperature podlage dvoslojnega drenažnega asfalta za 1–3 ° C manjša kot amplituda bitumenskega betona v jasnem zimskem dnevu (slika 33). V pogojih oblačnih zimskih dni pa so razlike veliko manjše (Cocu, Lefebvre, 2007).



Slika 33: Temperatura vozišča v jasnem zimskem dnevu: dvoslojni drenažni asfalt (modra) in bitumenski beton (rdeč) (Cocu, Lefebvre, 2007)

Študija je pokazala, da je temperatura podlage dvoslojnega drenažnega asfalta v zimskem obdobju 2,3–2,8 % več časa pod temperaturo ledišča. Dvoslojni drenažni asfalt se je tako v povprečju 40 min prej spustil pod 0° C in 15–20° C kasneje segrel preko 0° C kot bitumenski beton (Cocu, Lefebvre, 2007).

Odpirna struktura PA povzroči, da se voda in vlaga dlje časa zadržuje v obrabni plasti, saj pri klasičnih obrabnih plasteh voda odteče po površini bistveno hitreje. Vlaga v zračnih porah in nizke temperature podlage tako povzročijo, da so PA bolj občutljivi na pojav zamrzovanja (Greibe, 2008).

3.4.2.5 Krajša življenjska doba in cena

Zaradi zgornjih pomanjkljivosti je življenjska doba drenažnih asfaltov krajša od življenjske dobe klasičnih asfaltov. Posledično je tudi cena vgrajene plasti na dolgi rok višja, čeprav je cena enkratno vgrajene plasti primerljiva ceni plasti SMA. Zaradi manjšega deleža bitumna v PA v primerjavi z SMA je načeloma pri novogradnji PA celo cenejši od SMA. Dodatna podražitev je posledica zatesnitve plasti pod drenažnim asfaltom, vgrajeni najboljši material (kameni agregat in vezivo in dodatki) in morebitno stransko kontrolirano dreniranje. Velika vsebnost votlin je navadno slabost iz vidika vzdržljivosti in dolge življenjske dobe asfalta. Vgrajene plasti drenažnega asfalta se tudi ne sme pretirano zgoščati (samo določeno število ponovitev valjanja).

EAPA (European Asphalt Pavement Association) je leta 2007 predstavil naslednje podatke o povprečni trajnosti obrabnih plasti (preglednica 12):

Preglednica 12: Trajnost različnih obrabnih plasti na avtocestah in glavnih cestah (EAPA, 2007)

Tip obrabne plasti	15 % zmanjšan nivo	Evropsko povprečje	85 % višji nivo
Bitumenski beton	8	14	18
Drenažni asfalt	8	10	14
Dvoplastni drenažni asfalt	9	11	12
Drobir z bitumenskim mastiksom	14	20	25

4 TEHNOLOGIJA GRADNJE DRENAŽNIH ASFALTOV

Posebnosti gradnje drenažnih asfaltov so:

- temperatura zraka in tal večja od 10° C,
- prepovedano valjanje (kompaktiranje) z dinamičnimi in gumijastimi valjarji,
- ročni gradnji se je potrebno izogibati (skora neizvedljivo),
- kontinuirna oz. zvezna gradnja,
- če je le mogoče se šivom izogibamo, vzdolžni šivi pa ne smejo biti prekriti z barvo (prepreči se pretok vode) (Kretzer, 2002).

PA ima v primerjavi z ostalimi obrabno zapornimi plastmi dokaj visok delež veziva (podobno kot SMA), hkrati pa ima v svoji strukturi le kameni agregat enakih dimenzij – brez manjših delcev in relativno majhen delež polnila. Ti pogoji lahko povzročijo, da se bitumensko vezivo med transportom pod vplivom gravitacije usede na dno. Da bi preprečili ta pojav, se lahko asfaltni zmesi dodajo vlakna za stabilizacijo veziva med časom mešanja in vgrajevanja. Vlakna omogočajo nekaj večji delež veziva v asfaltni plasti, hkrati pa povečajo debelino filma veziva okrog posameznega zrna v zmesi zrn, kar poveča življenjsko dobo vgrajene plasti. Tako celulozna kot mineralna vlakna sta po funkciji stabilizatorja pri vroče valjanih asfaltih. Mineralna vlakna so navadno iz bazalta, diabaza, žindre ali drugih silikatnih kamnin (The Asphalt Handbook, 2007).

4.1 Slovenija

4.1.1 Priprava planuma podlage

Drenažni asfalti se vgrajujejo na vodoneprepustno ali zatesnjeno podlago, da se po njej odvaja voda, ki tako ne more škodljivo vplivati na spodnje plasti v voziščni konstrukciji oziroma cestnem telesu. Količina pobrizga za zatesnitev podlage je odvisna od stanja podlage ter jo je treba prilagoditi vsakemu stanju posebej, tako da je površina pred pričetkom vgrajevanja zmesi drenažnega asfalta popolnoma prekrita z bitumnom. Če je podložna plast vodotesna, jo je treba za dosego dobre zlepljenosti enakomerno pobrizgati s kationsko bitumensko emulzijo v količini 0,3 do 0,5 kg/m². Če je zmes drenažnega asfalta proizvedena z uporabo polimernega bitumna, je treba podlago pobrizgati z emulzijo polimernega bitumna. Če je kot podlaga vodoprepustna plast, je površino te plasti potrebno zatesniti (tudi robove, da se prepreči zamakanje s strani). Orientacijska količina pobrizga je za:

- bitumensko emulzijo 1,5 do 2,2 kg/m² in za
- polimerni bitumen 1,0 do 1,5 kg/m².

Po pobrizgu z bitumenskim vezivom je treba nanesti na podlago še neobvita ali minimalno obvita zrna drobirja frakcije 4/8 mm ali 8/11 mm v količini

- 5 do 8 kg/m² za drobir 4/8 mm ali
- 7 do 10 kg/m² za drobir 8/11 mm

in jih po potrebi z valjarji vtisniti. Količina posipa je le tolikšna, da se prepreči lepljenje veziva na asfaltni razdelilnik in pnevmatike kamionov. Pri pobrizgih nad 1,5 kg/m² je priporočena uporaba frakcije drobirja 8/11 mm. Višek posutega drobirja je treba odstraniti. Pobriz podlage mora biti izvršen

strojno in pravočasno, tako da je omogočeno hlapljenje vode oziroma sredstva za razredčenje bitumna pred pričetkom vgrajevanja asfaltne zmesi drenažnega asfalta. Višino (niveleto) posameznih merilnih mest na planumu podlage je treba določiti z niveliranjem. Planum sme na poljubnem mestu odstopati od projektirane kote največ ± 10 mm. Površinski vodi, ki pronica skozi plast drenažnega asfalta, je potrebno preprečiti zastajanja na podložni plasti. Povsod tam, kjer je moteno odtekanje vode (menjava prečnega nagiba, območje objektov, prehod v obrabno zaporno plast, dolgi odseki z velikim vzdolžnim padcem), so potrebni na podlagi dodatni ukrepi za odvodnjavanje (TSC 06.413:2003).

Prečni nagib podložne plasti bi bilo smiselno nagniti nekoliko bolj, kot znaša minimalni nagib v premi, saj voda pod drenažno plastjo odteka ovirano in ne tako suvereno kot na površini obrabne plasti. Povečanje minimalnega prečnega nagiba torej lahko v tem primeru nekoliko povečamo.

4.1.2 Proizvodnja asfaltne zmesi

Proizvodnja zmesi drenažnega asfalta mora biti strojna v ustreznem obratu za pripravo bitumeniziranih zmesi s šaržnim načinom dela, pri katerem morajo naprave za odmerjanje zagotoviti ustrezno količino sestavin v zmesi drenažnega asfalta po masi (tehtanje). Bitumen je dovoljeno odmerjati tudi po prostornini, pri čemer je potrebno upoštevati spremembo prostornine (in s tem prostorske mase) s temperaturo. Čas mešanja in drugi vplivi na kakovost obvijanja zrn z vezivom oziroma razdelitev veziva v zmesi morajo biti tako naravnani, da je zagotovljena enovita zmes drenažnega asfalta. Zmes drenažnega asfalta za vezane obrabne plasti mora biti proizvedena po vročem postopku. Temperatura mešanja zmesi drenažnega asfalta je odvisna od vrste uporabljenega veziva (TSC 06.413:2003).

4.1.3 Navoz asfalte zmesi

Na ustrezno pripravljen planum podlage, ki mora biti predhodno pobrizgan z bitumensko emulzijo in ne sme biti ne prašen niti vlažen, se lahko prične vgrajevati zmes drenažnega asfalta šele, ko to odobri nadzorni organ. Za prevoz zmesi drenažnega asfalta je treba uporabiti ustrezna vozila – prekucnike, opremljene za zvrčanje nazaj (v finišer) in z ustrezno zaščito asfaltne zmesi pred padavinami, hlajenjem in prahom. Notranjo površino (stranice in dno) kovinskih kesonov tovornih vozil je praviloma treba pred natovarjanjem asfaltne zmesi pobrizgati z ustreznim sredstvom za preprečevanje zlepenja (na bazi mil, rastlinskih olj ali drugih netopil), pri čemer je potrebno paziti, da višek pobrizga odteče. Keson mora biti pri tem delno dvignjen in zadnja stranica kesona odprta. Stranice in dno kesona mora biti pred pobrizgom čisto, na njem ne sme biti starega sprijetega asfalta ali drugih nečistoč. Število vozil za prevoz asfaltne zmesi na gradbišče mora biti prilagojeno pogojem enakomernega vgrajevanja glede na zmogljivost strojnih naprav za proizvodnjo in razdaljo prevoza (TSC 06.413:2003).

4.1.4 Vgrajevanje asfaltne zmesi

Vgrajevanje zmesi drenažnega asfalta mora biti praviloma strojno s finišerjem, ki poleg razprostiranja vrši tudi delno zgoščanje asfaltne zmesi. Stopnja zgostitve, ki jo finišer (razdelilnik asfaltne zmesi) mora doseči, je najmanj 85 % referenčne gostote laboratorijskega preskušanca. Izjemoma je dovoljeno

ročno vgrajevanje, če zaradi omejenega prostora uporaba strojev ni mogoča. Hoja po nezgoščeni razgrnjeni zmesi drenažnega asfalta delavcem ni dovoljena. Ročno vgrajevanje mora odobriti nadzorni organ. Asfaltno zmes je dovoljeno vgrajevati in zgoščati samo v ustreznih vremenskih razmerah, ko je temperatura zraka in podlage najmanj 10° C. Izjemoma je dovoljeno s soglasjem nadzornega organa izvajati dela na suhi in nezmrznjeni podlagi v nevetrovnem vremenu pri temperaturi 5° C, če je pri tem debelina asfaltne zmesi na zgornjem območju tehnološke debeline za dano zrnastost zmesi. Najnižja in optimalna temperatura asfaltne zmesi na mestu vgrajevanja sta glede na vrsto uporabljenega veziva za proizvodnjo natančno opredeljeni. Pri ročnem vgrajevanju in zgoščanju mora biti najnižja temperatura asfaltne zmesi višja za 20° C, v vetrovnem in hladnem vremenu mora biti najnižja temperatura asfaltne zmesi drenažnega asfalta višja za 10° C od zahtevane spodnje mejne vrednosti za določeno vrsto veziva. Če dopuščajo pogoji dela, je treba vgrajevati zmes drenažnega asfalta naenkrat v vsej širini vozišča. Če se uporablja za vgraditev več finišejev z zamikom, razlika v kakovosti vgrajene asfaltne zmesi na območju stika ne sme biti opazna. Priporočljivo je, da zamik dveh finišejev ni daljši od 20 m, da se s tem doseže v stiku ustrezna zlepljenost vzporednih vgrajevanih pasov. Pri vgrajevanju zmesi drenažnega asfalta morajo biti vzdolžni stiki glede na stike v podložni plasti zamaknjeni praviloma za 20 cm, najmanj pa za 10 cm, prečni (delovni) stiki pa najmanj za 50 cm. Za izvedbo prečnih stikov (geometrijsko pravilne oblike) je priporočljivo uporabiti trdne lesene letve dimenzij debeline plasti, ki jih je treba pritrditi na podlago. Robove in zaključke je dovoljeno v neizogibnih primerih izvesti z žaganjem. Vgrajevane pasove v vzdolžni smeri (vzdolžni stiki) je potrebno stikati praviloma samo po vročem postopku. Če to ni mogoče, je potrebno stik predhodno vgrajenega pasu indirektno ogrevati. Vsako prekinitev dela je treba izvršiti v vsej širini vozišča oziroma voznega pasu, praviloma pravokotno na os ceste in navpično. Odstopanje od tega je mogoče samo s soglasjem nadzornega organa. Pred nadaljevanjem vgrajevanja je treba površine delovnega stika ogreti z gorilnikom s posrednim segrevanjem, nikakor pa ga ni dovoljeno premazati z vezivom (bitumenska emulzija), da se ne prekine pogojene vodoprepustnosti. Za zgoščanje plasti asfaltne zmesi se lahko uporabljajo le valjarji s kovinskimi kolesi (tandemi). Uporaba valjarjev s pnevmatikami in kombiniranih valjarjev ni dovoljena. Izogibati se je tudi vibracijskemu zgoščevanju. Valjarji morajo imeti vgrajen sistem za močenje koles z vodo ali drugimi ustreznimi sredstvi za preprečitev lepljenja asfalta na kolesa. Uporaba naftnih derivatov za močenje koles ni dovoljena. Izbrana vrsta valjarjev in način zgoščanja mora zagotoviti kar najbolj enakomerno zahtevano gostoto oziroma zgoščenost zmesi drenažnega asfalta v vsej projektirani širini vozišča. Zmes drenažnega asfalta je treba zgoščevati s statičnimi prehodi od roba proti sredini plasti in od nižjega proti višjemu robu plasti. Posamezni prehodi valjarjev se morajo vedno prekrivati za od 15 do 20 cm. Vsakršno zadrževanje valjarjev na vgrajeni vroči plasti ni dovoljeno, enako ni dovoljeno tudi sunkovito zaviranje in pospeševanje valjarja ter sprememba smeri valjanja na vroči plasti. Vsa za stroje nedostopna mesta je treba zgostiti do zahtevane zgoščenosti z drugimi sredstvi, katerih uporabo mora odobriti nadzorni organ, ki odredi tudi pogoje, v katerih je treba takšna sredstva uporabiti. Meritve gostote vgrajene plasti drenažnega asfalta morajo biti izvedene po določilih TSC 06.711. Na vgrajeno plast drenažnega asfalta je mogoče pripustiti promet šele, ko se je asfaltna zmes v sredini plasti ohladila na manj kot 30° C (praviloma preko noči). Nadzorni organ lahko določi tudi drugačne pogoje za pripustitev prometa (TSC 06.413:2003).

4.1.5 Problem odvodnjavanja

Na mestih, kjer voda ne more nemoteno odtekat ob strani oz. na bankino, se vgrajujejo posebne monobloke, kjer voda nemoteno odteka v posebnih za to namenjenih kanalih. Za boljšo predstavbo je sistem prikazan na spodnji fotografiji (slika 34).



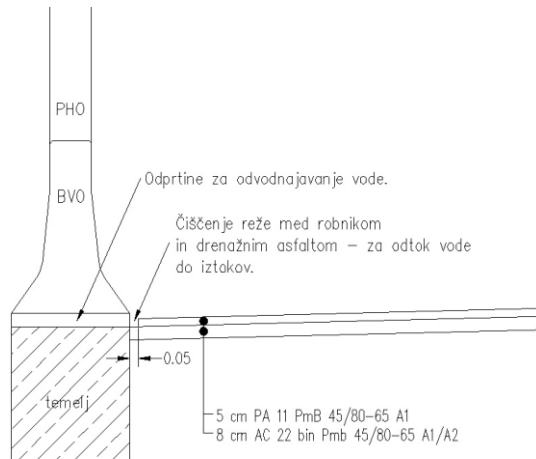
Slika 34: Vgraditev betonskih monoblokov (ACO DRAIN Monoblock, 2009)

Tak sistem gradnje je bil uporabljen na nemški avtocesti A67, kjer so takšne monobloke iz polimernege betona vgradili v skupni dolžini 3500 m.

Tudi pri sanaciji drenažnih asfaltov leta 2011 pri nas so se uporabili enaki monobloki (izvoz Domžale na AC Maribor–Ljubljana).

Posebno pozornost je potrebno nameniti tudi čiščenju odprtih med betonsko varnostno ograjo in drenažnim asfaltom, tam kjer voda ne odteka prosto na bankino.

Tak primer imamo tudi v Sloveniji (slika 35).



Slika 35: Detajl pri uporabi drenažnega asfalta in betonske varnostne ograje (CP Ljubljana, 2011)

4.2 Tujina

V nekaterih državah je uporaba drenažnih asfaltov zelo razširjena. Numerični podatki o njegovi uporabi so prikazani v naslednji preglednici 13.

Preglednica 13: Količina vgrajenega drenažnega asfalta po državah (EAPA, 2010)

Država	Delež PA glede na skupno vgrajene vroče valjane asfalte v letu 2010 (%)	Vgrajena površina z PA v letu 2010 (Milijon m ²)	Skupna površina z PA (vključno z letom 2010) (Milijon m ²)
Belgija	0,45	0,26	
Češka	0,30	0,20	
Danska	0,30	0,16	2,40
Madžarka	0,06	0,01	
Italija	5,00		100,0
Nizozemska	13,00		
Portugalska	1,00	5,00	
Romunija	1,76	3,50	
Slovenija	0,40		
Španija	2,00		
Švedska	1,00	0,20	
Švica	8,00	1,90	25,9
Japonska	11,92	6,35	48,6

4.2.1 Dvoplastni drenažni asfalt

Pričakovana trajnost in akustična učinkovitost drenažnega asfalta še ni v ustrezni meri dosežena. Ker sestave zmesi zrn ni več mogoče bistveno spremeniti, preostane samo še možnost izboljšanja lastnosti bitumenskega veziva (lepljivost in odpornost proti staranju) in uveljavitve novih postopkov vgrajevanja.

Zmanjšanje hrupa na enoplastnih drenažnih asfaltih – ob upoštevanju upadanja s časom – še ni zadovoljivo. To velja predvsem za hitrosti vožnje, manjše od 70 km/h, in vozne površine z velikim deležem tovornih vozil. V takšnih primerih je lahko v pomoč dvoplastni drenažni asfalt (Henigman in sod., 2011) – slika 36:

- v vrhnjo plast (debelo približno 2,5 cm) je vgrajena bituminizirana zmes PA 8s,
- v spodnjo (debelo 4,5 cm) pa bituminizirana zmes PA 16s.



Slika 36: Prikaz izvrtanega jedra dvoplastnega drenažnega asfalta (Google, 2012)

Bistveni element za zmanjšanje hrupa bituminiziranih zmesi drenažnega asfalta je vsebnost votlin v vgrajeni plasti. Številni doslej izvršeni preizkusi so pokazali, da je – proti pričakovanju – mogoče zagotoviti v plasti bolj drobnozrnate bituminizirane zmesi drenažnega asfalta PA 8 večjo vsebnost votlin (tudi 24 V.-% in več) kot v grobozrnati bituminizirani zmesi drenažnega asfalta PA 16 (22 V.-%).

Primerjava absorpcije zvoka pri enoplastnih in dvoplastnih drenažnih asfaltih je pokazala,

- da je pri enoplastnih PA v razmeroma ozkem območju frekvenc pri približno 800 Hz absorbirane skoraj 100 % zvočne energije,
- pri dvoplastnih PA pa pri 500 Hz približno 90 % in pri 1500 Hz 80 % zvočne energije.

Na vozni površini z dvoplastnim PA kot obrabno plastjo se je emisija zvoka zmanjšala za (Henigman in sod., 2011):

- pri hitrosti 50 km/h tudi za 5 dB(A) in več ter
- pri hitrosti 100 km/h za do 8 dB(A).

Pri ustrezno vgrajenem dvoplastnem PA pa je bila doslej ugotovljena tudi pomembna sprememba trajnosti takšne obrabne plasti: vrhnja plast učinkuje kot zaščitni filter za spodnjo plast, ki zato ohrani votline dalj časa. Ker pa je zaradi zelo velike vsebnosti votlin – v primerjavi z drugimi zmesmi za obrabne plasti – oksidacija in s tem otrjevanje veziva bistveno večje, je potrebno povečati delež veziva (za 0,2 do 0,3 m.-%) in ga ustrezno ojačati z mineralnimi vlakni, da se obdrži na kamnitih zrnih. Kot vezivo mora biti uporabljen s polimeri ali granulatom gume modificiran bitumen v drenažnem asfaltu za vrhnjo in spodnjo plast. Ker so krovne plasti na določenih delih vozni površin (križišča, vzponi,

zaviralni pasovi) zelo izpostavljeni velikim strižnim obremenitvam, na njih dvoplastni PA niso primerni (Henigman in sod., 2011). Za vgrajevanje dvoplastnega drenažnega asfalta je podjetje Dynapac celo razvilo posebno strojno opremo za hkratno polaganje obeh plasti istočasno (slika 37).



Slika 37: Asfaltni razdelilec za hkratno polaganje obeh plasti dvoplastnega PA (Morgan in sod., 2007)

4.2.2 Uporaba dodatkov

Življenjska doba asfaltne zmesi PA je morda daljša z uporabo primernih dodatkov. Ti dodatki (skupaj z polimernih bitumnom) se uporabljajo, da zmanjšajo možnost pojava kombinacije oksidacije in vlage z izboljšanjem oprijema med agregatom in vezivom (pojav ločitev agregata od veziva v tujini imenujejo »striping«).

Tipični dodatki so vlakna (mineralna, celulozna ali oboje) in polnila (cement in hidratizirano apno). Najbolj razširjena uporaba dodatkov proti pojavu »striping« je hidratizirano apno. Volume 1, Series 0900, Clause 938 (Porous Asphalt Surface Courses) iz priročnika Manual of Contract Documents for Highway Works (Highways Agency, 2006b) priporoča uporabo hidratiziranega apna v deležu najmanj 2 % mase celotnega agregata.

Kot dodatek dvoplastnemu drenažnemu asfaltu z zg. plastjo 4/8 mm v Avstriji dodajajo celulozna vlakna. Ponekod pa so celo uporabili z gumo modificiran bitumen (CTS Bitumen – Rubber).

V okviru nizozemskega programa IPG so proučevali tudi uporabo dodatkov kot npr. steklena žindra in sintetična vlakna za izboljšanje torne sposobnosti v začetnem obdobju življenjske dobe dvoplastnega PA (Morgan in sod., 2007).

5 TEHNOLOGIJA IN POSTOPKI VZDRŽEVANJA DRENAŽNIH ASFALTOV

5.1 Slovenija

V projektni tehnični dokumentaciji je v Navodilih za obratovanje in vzdrževanje objekta (NOV) na mestih, kjer se uporablja drenažni asfalt potrebno pripraviti naslednji elaborat.

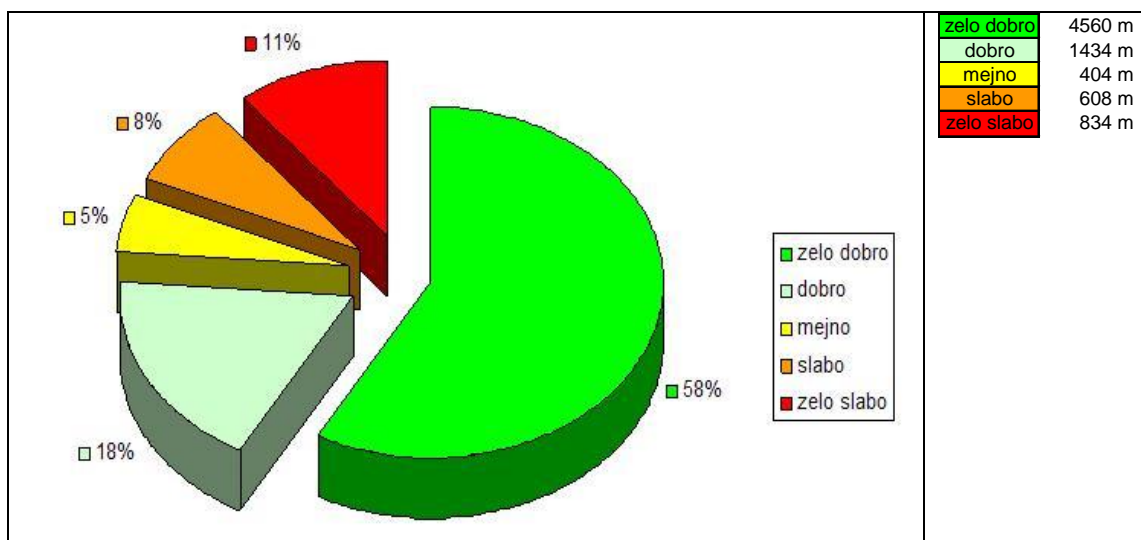
POSLOVNIK ZA VZDRŽEVANJE VOZIŠČA (Elaborat o obratovanju in vzdrževanju objekta):

V njem je navedena naslednja zahteva: »Čiščenje drenažnih asfaltov je potrebno vsaj dvakrat na leto. Čiščenje se izvaja s pritiskom vode, da ne pride do zablatenja votlin in s tem tudi posledično do manjše torne sposobnosti in s tem do manjše prometne varnosti. Drenažna asfaltna plast je plast asfaltne zmesi z veliko vsebnostjo votlin, v kateri so makrovotline med seboj povezane; namenjena je za odvajanje vode, za preprečitev aquaplaninga in za zmanjševanje hrupa kotalečih koles (pnevmatik) vozil. Zato je pomembno, da se te votline redno čistijo«.

Teh ukrepov trenutno še ne izvajamo, saj v Sloveniji še nimamo na razpolago ustrezne strojne opreme.

5.1.1 Statistični podatki o stanju vgrajenih drenažnih asfaltov

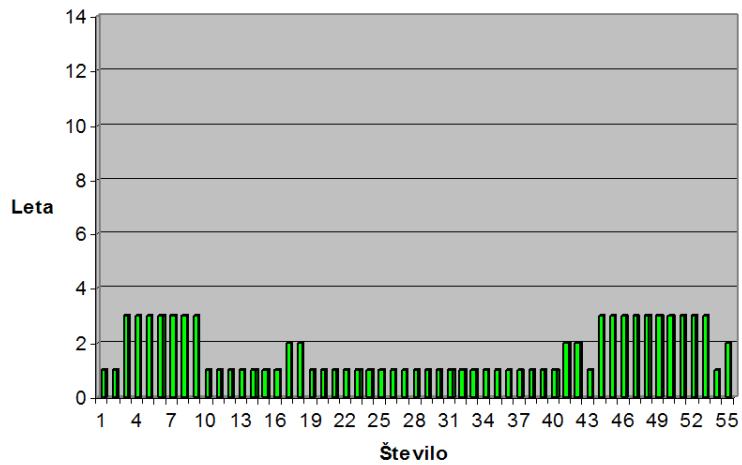
DRI, upravljanje investicij, d. o. o., je predstavil stanje drenažnih odsekov v Sloveniji na 13. kolokviju o asfaltnih in bitumnih. To stanje je grafično prikazano na grafikonu 12.



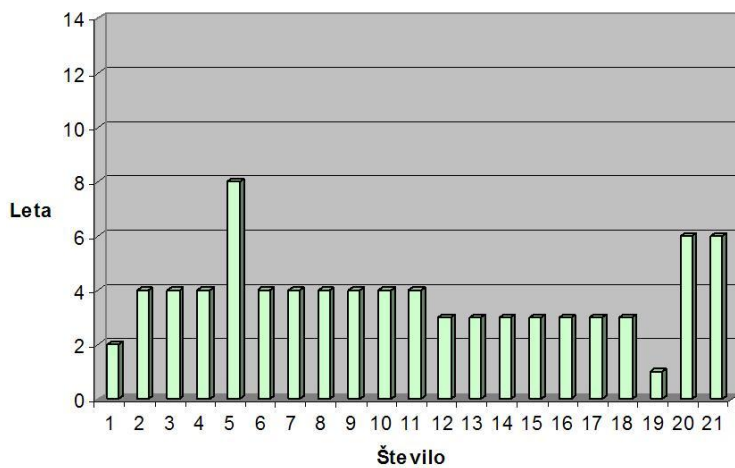
Grafikon 12: Grafični prikaz stanja drenažnih asfaltov pri nas (Fortuna, 2011)

Slika ohranjenosti oz. stanja drenažnih odsekov je relativno ugodna, saj je večina odsekov z PA ocenjena z oceno zelo dobro in dobro. V letu 2011 pa je bila izvedene sanacija »zelo slabih« odsekov na štajerskem kraku avtoceste, tako da je v letu 2012 (v času zagovora diplome) teh poškodovanih odsekov manj, kot prikazuje zgornji grafikon.

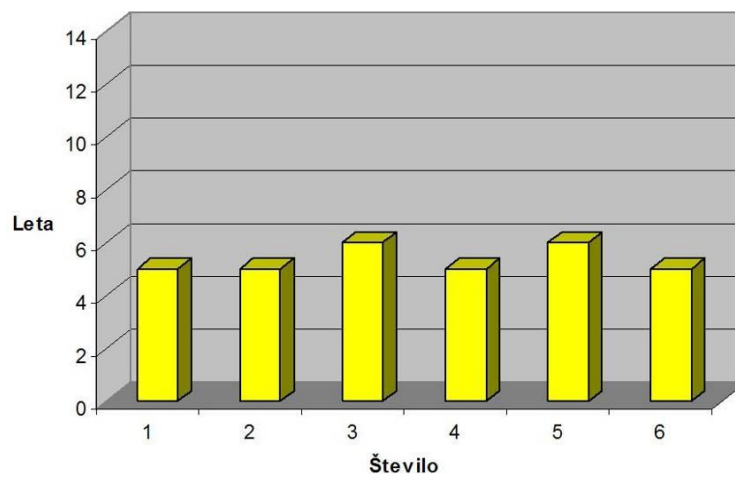
Na grafikonih 13–17 je prikazano število odsekov v odvisnosti od stanja ohranjenosti in pretečenega časa od same gradnje oz zadnje sanacije.



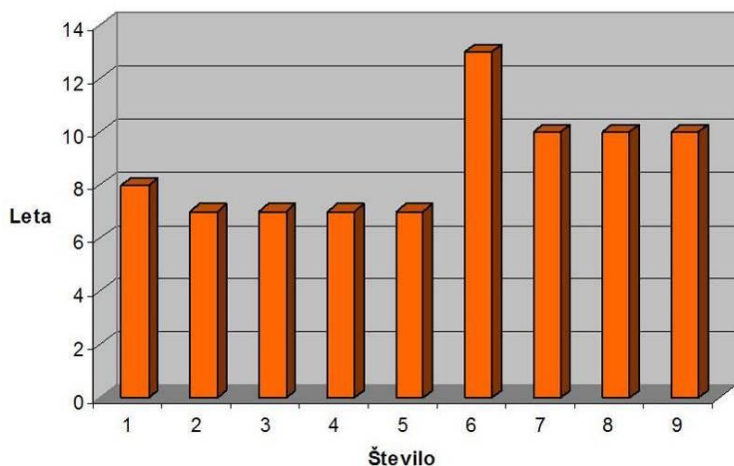
Grafikon 13: Starost zelo dobrih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)



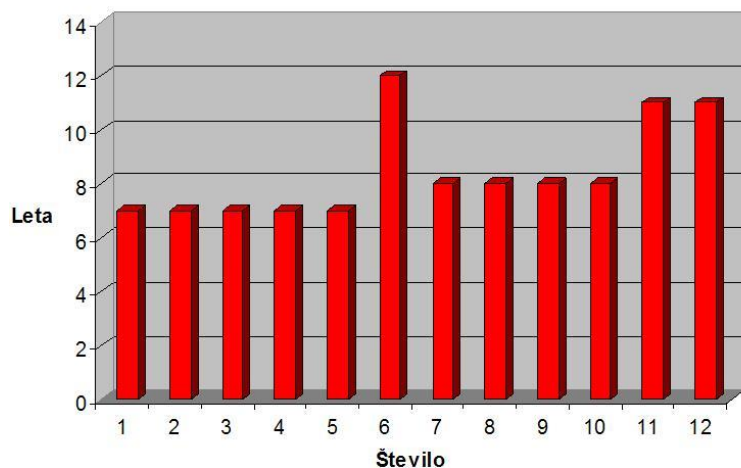
Grafikon 14: Starost dobrih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)



Grafikon 15: Starost mejnih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)



Grafikon 16: Starost slabih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)



Grafikon 17: Starost zelo slabih drenažnih asfaltov (Fortuna, 2011)

Ti podatki samo potrjujejo dejstvo, da je trenutna življenjska doba teh obrabnih asfaltnih zmesi krajša v primerjavi z ostalimi obrabnimi plastmi (AC,SMA ...).

V preglednici 14 so navedeni vsi odseki drenažnih asfaltov, ki so bili ocenjeni kot zelo slabi.

Preglednica 14: Pregled drenažnih polj v zelo slabem (ZS) stanju (Fortuna, 2011)

odsek	Leto izdelave	Dolžina	Stik	Izletavanje zrn	Drenažni profili	Delovni stik	Ocena PA	Skupna ocena PA	Starost v letih
0028 Drnovo–Brežice	2004	130	2	2	2	2	8	ZS	7
0029 Brežice–Obrežje	2004	50	2	2	2	2	8	ZS	7
0029 Brežice – Obrežje	2004	68	2	2	2	2	8	ZS	7
0629 Brežice – Obrežje	2004	68	2	2	2	2	8	ZS	7
0629 Brežice –Obrežje	2004	68	2	2	2	2	8	ZS	7
0624 Lj (Zaloška–Litijska)	1999	64	2	2	2	2	8	ZS	12
0644 Blagovica–Krtina	2003	80	2	2	2	2	8	ZS	8
0644 Blagovica–Krtina	2003	77	2	2	2	2	8	ZS	8
0644 Blagovica–Krtina	2003	75	2	2	2	2	8	ZS	8
0641 Arja vas–Šentrupert	2003	54	2	2	2	3	9	ZS	8
0041 Arja vas–Šentrupert	2000	54	2	2	2	3	9	ZS	11
0043 Vransko–Trojane	2000	46	1	2	2	3	8	ZS	11

Na podlagi strokovnih ocen je bila tako predvidena sanacija vijačnih prehodov na štajerski avtocesti (modro obarvani), ki jih je DARS saniral v letu 2011. Ta sanacija je podrobno opisana tudi v nadaljevanju tega diplomskega dela.

5.2 Tujina

V tujini imajo že dolgoletne izkušnje tako z enoplastnimi kot z dvoplastnimi drenažnimi asfalti. Države z ugodnimi klimatskimi pogoji imajo manj težav s krajšo življenjsko dobo PA. Težki zimski pogoji namreč skrajšajo življenjsko dobo asfaltne zmesi PA.

V nekaterih državah PA čistijo s posebno strojno opremo (s pomočjo vode in zraka pod pritiskom). To ohranja drenažno sposobnost in zmanjšanje emisij hrupa dlje časa. Je pa potrebno paziti, da se s temi ukrepi ne poškoduje struktura obrabno-drenažne plasti.

5.2.1 Strukturno vzdrževanje

Najpogostejši način poškodbe drenažnih asfaltov je izguba materiala. Manjša popravila se lahko izvedejo z nedrenažnimi asfaltnimi plastmi, dokler ni porušeno odvodnjavanje cestišča. Takšna popravila se lahko izvedejo le do 10 % celotne površine odseka z PA. Dodatni problem pa predstavlja dejstvo, da je potrebno odsek ceste preplastiti po celi širini cestišča in ne le na delu cestišča (lokalno), kakor je to mogoče z običajnimi asfalti (Puchner, Litzka, Haberl, 2007).

5.2.2 Čiščenje

Pore v zmesi drenažnih asfaltov se tekom življenjske dobe zapolnijo z umazanijo, prahom, ostanki vozne površine in z majhnimi delci avtomobilskih pnevmatik. Tako se vsebnost votlin lahko kmalu zmanjša oz. zapolni z nesnago. Vsebnost votlin se pod vplivom dolgotrajnega težkega prometa tudi lahko nekoliko zmanjša. Posledično se, z vidika hrupa in vodoprepustnosti (drenažna sposobnost), z zmanjšanjem vsebnosti votlin poslabšajo prednosti drenažnih asfaltov. Pore se najprej začnejo zapolnjevati z nesnago v zgornjem delu obrabne plasti PA. Zato je pomembno, da se začne čistiti površino še preden se zamašijo pore po vsej debelini. V tem primeru je zelo težko ponovno povrniti prvotno poroznost (oz. vodoprepustnost) obrabne plasti. Na delih ceste, kjer so hitrosti prometa velike pnevmatike poskrbijo za t.i. »samočistilni efekt«. Ta efekt je še nekoliko bolj izrazit v močnih deževnih nalivih. Hitrejša je hitrost prometa, toliko bolj pride torej do izraza ta efekt. Pore se torej prej zamašijo na cestah z nižjimi hitrostmi prometa, na cestah nižje kategorije (manjše gostote prometa) in v mestih. Za zmanjšanje težav z zamašitvijo zračnih por v plasti poroznih asfaltov je bila razvita posebna oprema za čiščenje PA. Oprema navadno vključuje strojno čiščenje pod pritiskom in srkanje umazane tekočine s pomočjo podtlaka. Daljše obdobje suhega vremena pomeni, da bo strojno čiščenje manj učinkovito. V tem primeru je priporočljivo površino predhodno zmočiti. To izboljša učinkovitost postopka. Obrabne plasti PA z manj prometa naj bi se čistile enkrat ali dvakrat na leto, ceste z več prometa pa zaradi samočistilnega efekta pnevmatik ne potrebujejo tako pogostega čiščenja. OECD

(Organization of Economic Cooperation and Development) v vzdrževalni študiji (Roadside Noise Abatement, 1995) priporoča prvo čiščenje dve leti po zgraditvi (ali rekonstrukciji) obrabne plasti in nato vzdrževalno čiščenje na vsaki dve leti (Nilsson, Nordlander, Sliwa, 2005). Na spodnjih slikah 38 in 39 je prikazana oprema za takšno čiščenje.



Slika 38: Prikaz strojne opreme za čiščenje PA (Attenberger, 2010)



Slika 39: Primer strojne opreme za čiščenje PA (Attenberger, 2010)

Obstajajo pa tudi že načini, kako se izmeri stopnjo zamašitve por v plasti PA. Sposobnost dreniranja asfaltne plasti (vodoprepustnost) je mogoče izmeriti na dva načina:

- Beckerjev postopek (pretok vode),
- Zračni postopek (s pomočjo pretoka zraka).

Beckerjev postopek (Becker drainometer) je zasnovan na stolpcu vode (cilinder oz. valj), ki steče skozi vzorec (cilinder) vozne površine PA. Ta pristop ima nekaj pomanjkljivosti, in sicer uporabo vode, daljši postopek merjenja in nenatančnost merjenja, saj je premer »vzorca« majhen in ne moremo iste karakteristike posplošiti za celoten odsek. Za določitev stopnje zamašitve oz. zapolnjenosti por je tako potrebno opraviti več meritev. Na površinah z grobo vozno površino na točnost rezultata vpliva prelivanje vode na stiku med valjem in vozno površino.

Zračni postopek (Air drainometer), ki ga je razvil Sanchez, se tem težavam delno izogne. Naprava je pritisnjena na vozno površino in izpihava zrak v premeru 400 mm s pretokom 1,5 m³/min.

Obe metodi omogočata izmeriti stopnjo zamašitve por in delež votlin v asfalti plasti PA. Posamezni razredi zamašitve por so predstavljeni v preglednici 15.

Preglednica 15: Stopnja zamašitve por v plasti PA (FEHRL Report, 2006)

Stopnja zamašitve por	Zračni pritisk (mbar) (pri zračnem postopku)	Delež zračnih votlin %	Čas pretoka (pri uporabi vodnega postopka)
Čiste odprte pore	30–180	16–23	< 25
Rahlo zamašene pore	180–300	13–16	25–50
Zmerno zamašene pore	300–700	11–13	50–75
Skoraj zamašene pore	>700	< 11	>75

Nizozemska študija zamašitve zračnih por v zmeseh PA je s pomočjo Beckerjeve naprave (vodni postopek) pokazala, da vodoprepustnost PA na vozni pasovih z manjšimi hitrostmi upada prvih nekaj let po izgradnji, dokler ne doseže nekoliko bolj konstantne vrednosti. Začetni Beckerjev čas pretoka znaša 10 s in po dveh letih naraste za dodatnih 10–15 s. Domneva se, da nihanje tlaka zaradi premikajočih (kotalečih) se pnevmatik zmanjšuje proces nadaljnje zamašitve. Stopnja zamašitve je tako odvisna od velikosti prometa in vozni hitrosti vozil. Meritve prepustnosti na skrajnih robovih in na odstavnih pasovih so pokazale stalno izgubo prepustnosti po Beckerjevem času pretoka za nadaljnjih 10 s na leto.

Nizozemske meritve so vključevale tudi ugotavljanje posledic mokrega čiščenja na prepustnost plasti (zračni postopek). Iz vrednosti rezultatov je razvidno, da močno zapolnjene oz. zamašene plasti drenažnih asfaltov ni mogoče več očistiti z trenutno dostopno (2006) tehnologijo. Le z nenehnim čiščenjem od same vgradnje naprej je mogoče ohraniti prepustnost.

Zaključek nizozemske študije je potdil, da na glavnih cestah in avtocestah čiščenje na vozni pasovih ni potrebno. Le na robovih vozni pasov in na odstavnih pasovih je potrebno ohranjati sposobnost dreniranja s čiščenjem, tako da tudi na vozni pasovih ni ovirana prepustnost. Interval čiščenja je

odvisen od stopnje zamašitve por, dovolj pa je že čiščenje enkrat ali dvakrat na leto. To je na splošno v skladu z določili OECD (FEHRL Report, 2006).

Posebna strojna oprema za čiščenje poroznih asfaltov je bila razvita na Japonskem in v Evropi. Različne naprave so bile razvite za čiščenje z vodnim pritiskom, ki čistijo s hitrostjo 1–2 km/h. Te naprave niso popolnoma upravičile svojega namena (z vidika hrupa vozniških površin). Te naprave so bile najprej na trgu (Japonska) in jih sedaj imenujemo naprave prve generacije (konvencionalni način). Kasneje so na trg prišle naprave, ki delujejo z višjimi hitrostmi čiščenja in tudi čistijo s pomočjo vodnega curka (2–10 km/h), vendar so učinkovite samo za delno zamašene pore PA, bolj zamašene PA pa je potrebno čistiti z napravami z manjšimi obratovalnimi hitrostmi. Zadnja generacija naprav na Japonskem pa uporablja tehniko »izpihavanje zraka pod visokim tlakom«, ki pa zahteva bolj pogosto čiščenje – 1x tedensko. Ta princip čiščenja se je izkazal za najprimernejšega v študiji ekonomske upravičenosti na Japonskem (glej spodnjo preglednico 16).

Preglednica 16: Učinkovitost posameznih načinov čiščenja in stroški čiščenja dvoplastnega PA na Japonskem (Morgan in sod., 2007)

Opis čiščenja	Konvencionalni način	Čiščenje z višjo hitrostjo s pomočjo vode pod visokim pritiskom	Čiščenje z zrakom pod visokim pritiskom
Količina umazanije/cikel (g/m ²)	100	10	6
Pogostost čiščenja (število/leto)	3	30	50
Stroški čiščenja (€/m ²)	6,90	0,22	0,08
Stroški čiščenja (€/m ² /leto)	20,70	6,60	4,00

Obstajajo pa tudi drugi načini čiščenja poroznih asfaltov. Kot del nizozemskega programa IPG so bile predstavljene in tudi prikazane tri tehnike (od desetih) čiščenja dvoplastnih drenažnih asfaltov (2006). Demonstracije so potekale na voznem in odstavnem pasu ceste z dvoplastnim DA, ki je odprta za promet že pet let. Te tri tehnike čiščenja so predstavljene na spodnjih straneh (Morgan in sod., 2007).

Ostale oblike čiščenja poroznih asfaltov:

- **Vakuumsko čiščenje:** namesto izpihavanja umazanije iz por zgornjega dela v spodnji del dvoplastnega PA, ta tehnika srka umazanijo iz dvoplastnega PA. Obstajata dve metodi (i) hitra metoda čiščenja, ki uporablja zrak za transport umazanije iz dvoplastnega PA, ki zahteva redno uporabo, in (ii) počasna metoda čiščenja, ki uporablja vodo za transport umazanije, ki je primerna za obsežnejše čiščenje (slika 40).



Slika 40: Vakuumsko čiščenje dvoplastnega PA (Morgan in sod., 2007)

- **Ultrazvočno čiščenje:** vozno površino je potrebno najprej vakuumsko očistiti (svobodno umazanijo) in jo nato predhodno zmočiti, da se umazanije lažje odstrani iz dvoplastnega PA. Nato se preostalo umazanijo z ultrazvočnim zvokom loči od strukture bitumenizirane zmesi zgornje plasti dvoplastnega PA. Kasneje pa se to umazanijo vakuumsko odstrani (slika 41, levo)
- **Čiščenje s pomočjo pare (slika 41, desno):** tudi tu se površino najprej vakuumsko očisti, da se najprej odstrani umazanijo, ki jo je lažje odstraniti. Nato se z izpihajočo paro odstrani umazanijo iz zgornjega dela dvoplastnega PA v spodnji del. Umazanija se nato odstrani tako, kot se navadno umazanija odstrani iz spodnjega dela – s padavinsko vodo (dež).



Slika 41: Levo – ultrazvočno čiščenje (prototip), desno – čiščenje s pomočjo pare (Morgan in sod., 2007)

Te demonstracije so pokazale, da sta parno čiščenje in počasno vakuumsko čiščenje primerna načina za čiščenje dvoplastnih PA. Ultrazvočno čiščenje se ni izkazalo za učinkovito zaradi zelo majhne površine čiščenja prototip naprave. Vse tri metode čiščenja se izvajajo pri nižjih hitrostih kot drugje po svetu, npr na Japonskem (Morgan in sod., 2007).

5.2.3 Zimsko vzdrževanje

Obrabne plasti drenažnih asfaltov je prepovedano posipati s peskom, saj lahko pesek zamaši oz. zapolni zračne pore v plasti PA, kar bi katastrofalno vplivalo na emisije hrupa in sposobnost dreniranja vode. Tako se vozne površine PA posipava izključno s soljo oz. solno tekočino.

Na obrabni plasti bitumenskega betona se sol na vlažni oz. mokri cesti (podlagi) stopi. Pri drenažnih obrabnih plasteh pa je veliko več zračnih por in sol se porazgubi v te majhne votlinice. Zato je količino soljenja potrebno povečati od 25 do 100 % (Greibe, 2008).

Temperatura ledišča vode je 0 °C, pri dodatku soli pa je lahko nižja. V normalnih okoliščinah je dovolj 5,5 g NaCl/m² vozne površine, da znižamo temperaturo ledišča vlage, ki se je predhodno nabrala na vozišču. Ker pa ima drenažni asfalt več zračnih por v svoji zmesi (in hkrati več vlage), je potrebno količino soli sredstva temu primerno povečati. Za specifično nizozemskih cest je potrebno količino soljenja povečati za 25 % (Noort, 1991).

Efekt zračnega podtlaka oz. vakuuma za (pod) pnevmatiko povzroči, da delčki soli in vlaga v zračnih porah drenažnega asfalta prideta na površje in obratno (vertikalni transport). Ta efekt (ang. air pumping effect) pri gostem prometnem toku povzroči, da cesta ostane nezasnežena. Voznik tako ne prepozna nobene razlike med drenažnim asfaltom in bitumenskim betonom dokler je promet dovolj gost.

Kadar je vozna površina iz bitumenskega betona v času soljenja suha sol kristalizira. Ko se solna raztopina posuši se to vidi kot »bel asfalt«. To skristalizirano sol potem promet počasi odstrani z vozne površine. Pri drenažnem asfaltu pa solna tekočina kristalizira v zračnih porah, kar pomeni da sol ostane dlje časa na vozišču.

Poledica je pojav, kadar dež ob stiku z mrzlo podlago zmrzne. Na začetku sol stali led, vendar se količina soli počasi manjša, saj ta voda počasi odteče skozi zračne pore. Med sneženjem je učinek zračnega podtlaka še prisoten in tako sol ponovno pride iz zračnih votlin na površje. Pri pojavu poledice pa je ta cirkulacija prepečena s plastjo ledu, tako da sol ne kroži več med votlinami in podlago (Greibe, 2008).

Pri majhni količini sneženja se v primeru uporabe PA sneg prej oprime cestišča zaradi nižje temperature podlage. Tudi v času taljenja snega, le-ta ostane na podlagi dlje časa. Drenažni asfalt je namreč zaradi manjše toplotne prevodnosti neke vrste »izolator« na zemljini površini in zato so tla pod njim hladnejša kot v primeru konvencionalnih asfaltov, kar prikazuje belgijska študija (slika 42).



Slika 42: Na podlagi dvoslojnega PA se sneg na začetku sneženja prej oprime cestišča kot v primeru uporabe bitumenskega betona (Cocu, Lefebvre, 2007)

Pri večjih količinah snežnih padavin je debelina snežne podlage in torna sposobnost drenažnih asfaltov v tej študiji pokazala identične rezultate. Po sneženju se v določenih pogojih vlage in debeline snežne odeje (1–2 cm) lahko zaradi specifične strukture podlage (makrotekstura) drenažni asfalt obnese celo nekoliko bolje (boljša torna sposobnost).

Belgijska študija uporabe dvoslojnega drenažnega asfalta je tudi dokazala, da se sol po strojnem raztrosu dlje časa obdrži na vozni površini kot v primeru uporabe bitumenskega betona. Razlog tiči v boljšem sprejemanju in shranjevanju kristalov soli (NaCl frakcije 0–3 mm). Groba površina drenažnih asfaltov prepreči hitro odstranitev kristalov soli. V odsotnosti padavin so bili kristali soli vidni tudi 12 ur po raztrosu. Razlika je bila vidna celo s prostim očesom (Cocu, Lebevre, 2007).

Čiščenju voznih površin s snežnimi plugi je tudi potrebno posvetiti nekaj pozornost. Zelo agresivnim plugom se je potrebno izogniti, saj lahko povzročijo trajne poškodbe na površini. V severnem delu Japonske, kjer je število čiščenj s strojnimi plugi 100–300 krat na leto, so podatki pokazali, da se je 40 mm debela plast PA kmalu začela tanjšati. Na vozni površini, kjer so sledi traktacij, je bila plast debela le še 5 mm, med traktacijami pa 24 mm. Razlog je bila nepravilna uporaba grobega snežnega pluga. Velike količine odpadlega kamenega agregata je ležalo ob cesti. Začasno popravilo so opravili z bitumenskim betonom, kasneje pa so PA zamenjali z nekakšno mešanico med SMA in PA, s čimer so zagotovili boljšo strukturno odpornost v primeru pluženja.

Na Nizozemskem je praksa takšna (Eijbersen, 2005), da se ceste posipajo s soljo, preden poledenijo. Toda avstrijska študija (Pracherstorfer, Litzka, 1994) je pokazala, da predčasno soljenje ni učinkovito ker padavine sol sperejo v zračne votline. Kakorkoli, ko je enkrat sol v zračnih porah, preprečuje zmrzovanje vozne površine. Zato je bolje cesto soliti večkrat v manjših količinah, kakor enkrat v večji količini. To pomeni, da mora biti zimsko vzdrževanje PA bolj točno oz. da je potrebno neprestano kontrolirati razmere na terenu (Morgan in sod., 2007).

Obnašanje drenažnega asfalta v zimskem obdobju je tako drugačno od navadnih asfaltnih obrabnih plasti, zato je potrebno zimsko vzdrževanje oz. soljenje prilagoditi. Na sliki 43 je prikazano, da je pozimi na vozni površini PA manj stoječe tekočine.



Slika 43: Tudi pozimi je na vozni površini PA manj stoječe tekočine (Google, 2012)

6 PRAKTIČNO VZDRŽEVANJE DRENAŽNIH AFALTOV

6.1 Strukturno vzdrževanje

Dotrajani vijačni prehodi ocenjeni z oceno ZS (zelo slabo) so bili potrebni preplastitve. DARS je na podlagi strokovnih ocen izvedel sanacijo vijačnih prehodov na štajerskem kraju avtocestnega križa. Gradbena dela je leta 2011 izvajalo podjetje CP Ljubljana d.o.o..

6.2 Postopek vzdrževanja drenažnih asfaltov na odseku AC A1 Šentilj–Koper



Slika 44: Pregledna situacija obnovljenih polj z PA na mestih vijačenja (Načrt gradbenih konstrukcij, 2012)

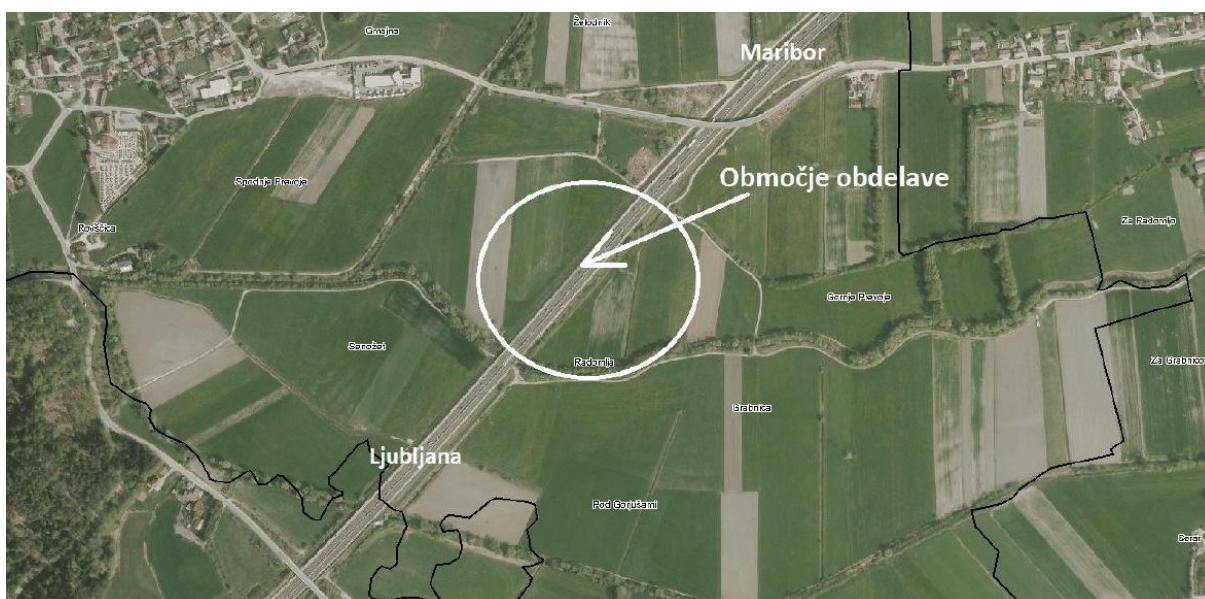
Odseki so bili označeni na naslednji način:

- A – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0044 Blagovica–Krtina, v km 1+317
- B – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0644 Kompolje–Krtina, v km 2+317
- C – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0644 Kompolje–Krtina, v km 3+542
- D – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0644 Kompolje–Krtina, v km 10+467
- E – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0644 Kompolje–Krtina, v km 11+537
- F – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0045 Krtina–Domžale, v km 1+250
- G – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0045 Krtina–Domžale, v km 3+350
- H – AC A1 Šentilj–Koper, odsek 0649 Ljubljana (Zaloška–Litjska), v km 0+228

Zaradi nesmiselnosti obdelave vseh odsekov oz. preobsežne diplomske naloge, sem se osredotočil na odsek F (Krtina–Domžale), kjer sem bil tudi prisoten pri nanosu nove obrabne plasti tipa SMA (drobir z bitumenskim mastiksom) in PA (drenažni asfalt).

6.2.1 Obnova voziščne konstrukcije na odseku F AC Šentilj–Koper, 0045 Krtina–Domžale v km 1+250

Na sliki 45 je prikazana pregledna situacija območja obdelave na odseku F AC Šentilj–Koper, 0045 Krtina–Domžale v km 1+250.



Slika 45: Pregledna situacija odseka F (Načrt gradbenih konstrukcij, 2012)

6.2.1.1 Tehnično poročilo (CP Inženiring, d. o. o., 2012)

Obnova voziščne konstrukcije je bila izvedena na dolžini 130 m. V km 1,285 se menja predznak obstoječega prečnega sklona. Na odseku je vzdolžni sklon 0,10 %.

Predmet obdelave je bila zamenjava obstoječega dotrajanega drenažnega asfalta, ki je bil vgrajen na mestu vijačenja v cilju odprave aquaplaninga (preprečitev zastajanja vode) na vozišču AC.

Sprememba vijačenja je bila obdelana z upoštevanjem »Dopolnila splošnih in tehničnih pogojev – knjiga V – 2004, priporočila za projektiranje in izvedbo vijačnih prehodov na AC« (glej poglavje 3.3.1 te diplomske naloge).

TEHNIČNI PODATKI:

Pričakovana hitrost:

Pri izdelavi projekta je bila upoštevana računaska hitrost za $v_r = 130$ km/h.

Niveleta:

V cilju, da se je zagotovilo kvalitetno odvodnjavanje drenažnega asfalta, pri tem pa ne slabilo voziščne konstrukcije, se je predvidela rešitev, s katero se ni slabila obstoječa voziščna konstrukcija. Predvidena je bila zamenjava obstoječe nosilne plasti v območju drenažnega asfalta (50 m + 10 m na vsako stran, skupaj 70 m) na voznem in prehitevalnem pasu. Ker vijačenja ni bilo možno predvideti, tako da bi se znižala niveleta AC, se je predvidelo v območju odstavnega pasu na celotni dolžini obdelave odstranitev obrabne in nosilne plasti in vgradnjo obeh novih plasti. Z nadgradnjo obst. voziščne konstrukcije se je zagotovilo:

- ojačitev voziščne konstrukcije oz. vsaj ohranitev nosilnosti,
- ustrezno zaprt sistem asfaltov pod PA,
- kvalitetno odvodnjavanje v cilju preprečitve zadrževanja vode v plasti PA in
- vgradnjo drenažnega asfalta na t.i. toplem stiku (vgradnja SMA – vgradnja PA – vgradnja SMA), brez prekinitvev oz. t.i. hladnega stika.

Zaradi izvedbe del pod zaporo pa se žal ni bilo možno izogniti vzdolžnemu hladnemu stiku med voznim in prehitevalnim pasom (slika 46).



Slika 46: Prikaz vzdolžnega hladnega stika (lasten vir)

Vijačenje:

Vijačenje se je izvedlo na obstoječi lokaciji z vgradnjo drenažnega asfalta. Na območju vijačenja se je predvidel vzdolžni sklon 0,10 % s tokom vode v smeri vožnje.

Prečni skloni:

- Obstoječi skloni:

Na obravnavanem območju so bili naslednji obstoječi prečni skloni:

- na začetku vijačenja je bil obstoječ prečni sklon ~ 2,4 %, (višji je desni rob),
- na koncu vijačenja je bil obstoječ prečni sklon ~ 2,3 % (višji je levi rob).

Prečni sklon odstavnega pasu je bil na celotnem poteku istosmeren prečnemu sklonu vozišča.

- Predvideni skloni:

Vozišče AC:

Na vklopu v obstoječe stanje na začetku in na koncu je ostal prečni sklon nespremenjen. Hitro vijačenje se je izvedlo z vijačenjem okrog osi VP in PP v območju prečnega sklona od +2,5 % do -2,5 %, to je na dolžini 50 m z relativnim nagibom roba 0,375 %.

Odstavni pas:

Predvideni prečni skloni odstavnega pasu so istosmerni s skloni vozišča.

Opis projektних rešitev:

Obdelana rešitev je obsegala:

Izvedbo drenažnega asfalta PA s korekcijo vijačenja in ureditvijo odvodnjavanja predvidenega PA.

Opis in utemeljitev horizontalnega poteka:

Horizontalni potek je ostal v celoti nespremenjen.

Opis in utemeljitev vertikalnega poteka:

Niveleta se je vodila, tako da se je v največji možni meri nadgradilo obstoječe vozišče. Predvidena niveleta je omogočala zvezno vgradnjo PA, ki je predstavljala vgradnjo brez t.i. hladnega stika (prečno), zaradi izbranih zapor vozišča pa se žal ni bilo možno izogniti vzdolžnemu hladnemu stiku med voznim in prehitevalnim pasom.

Odvodnjavanje:

Odvodnjavanje je bilo rešeno, tako da se je v celoti koristilo obstoječ sistem odvodnje.

PREUREDITEV KOMUNALNIH VODOV:

Komunalni vodi:

Vsi komunalni vodi so bili izven mej posegov. Vsi predvideni posegi so bili znotraj obstoječih asfaltnih površin in VO.

Pogoji izvedbe:

Izvedba del za odpravo aquaplaninga se je izvedla ob zaporah tipa B1 in A2:

- pod zaporo tipa B1 se je izvedla obnova prehitevalnega pasu,
- pod zaporo tipa A2 se je izvedla obnova voznega in odstavnega pasu.

POGOJI IN TEHNOLOGIJA GRADNJE:

Dela so se izvajala pod zaporami prometa, ko je promet potekal po sosednjem pasu, zato je bila potrebna skrajna previdnost. Izvajalec del je v največji možni meri izvajal dela mehanizirano, izbor mehanizacije pa podredil tehnološkim in kvalitativnim zahtevam ter terenskim zmožnostim.

PROMETNA OPREMA IN SIGNALIZACIJA

Prometna oprema in signalizacija je bila obdelana v elaboratu prometne opreme. Dejansko se je vzpostavilo talno signalizacijo v prvotno stanje. V območju dviga roba prehitevalnega pasu za več od 5 cm je bil potreben dvig obstoječe JVO (jeklne varnostne ograje) na novo višino. Dvig JVO se je izvedel, tako da se je odstranilo ograjo na tem območju, vgradilo nove stebre, distančnike in pritrdilni material. Uporabilo se je obstoječe odbojnice. Z vertikalno signalizacijo se ni dogajalo nič.

Zaključek:

Vsa dela so bila izvedena v skladu s predhodno izdelano dokumentacijo, tehnično pravilno ter v skladu s predpisi in standardi. Morebitna odstopanja od projekta so se reševala v dogovoru s projektantom in nadzornim organom investitorja.

SPREMEMBE MED GRADNJO:

Projekt je bil izveden, kot ga je pripravilo podjetje Lineal, d. o. o., Jezdarska ulica 3, 2000 Maribor, PZI, št. projekta 1034, št. načrta 1034-F. Manjše spremembe so bile le pri dolžini odseka zamenjave voziščne konstrukcije. Dolžina je bila določena glede na stanje vozišča.

6.2.1.2 Tehnološki elaborat (CP Ljubljana, 2011):

TEHNOLOGIJA IZVAJANJA ASFALTNIH PLASTI:

Priprava in ureditev mesta vgrajevanja:

V skladu s projektom se je rezkala obstoječa asfaltna utrditev na voznem, prehitevalnem in odstavnem pasu. Za zagotovitev ustreznega niveletnega poteka trase in prečnih nagibov se je na posameznih odsekih globina rezkanja korigirala (slika 47).



Slika 47: Dotrajano plast drenažnega asfalta je bilo potrebno strojno odstraniti - porezkati (lasten vir)

Tako pripravljeno podlago se je očistilo vsega nevezanega materiala z mehanizirano krtačo, po potrebi pa tudi z avtocisterno za pranje z vodo pod pritiskom. Očiščena podlaga se je nato pobrizgalo s 60 % polimerno kationsko bitumensko emulzijo v količini $0,50 \text{ kg/m}^2$ pred vgrajevanjem asfaltne zmesi AC 22 bin PmB 45/80-65 A1 na voznem in prehitevalnem pasu, ter AC 22 base B 50/70 A3, A4 na odstavnem pasu. Pred vgradnjo asfaltnih zmesi se je stik »hladno-vroče« pri obrabno-zapornih plasteh premazal z Dilaplastom za zagotavljanje dobre zlepljenosti. Pred vgradnjo vsake naslednje asfaltne plasti (razen PA) se je podlaga pobrizgala s 60 % polimerno kationsko emulzijo v količini $0,50 \text{ kg/m}^2$. Po vgraditvi plasti SMA 11 PmB 45/80-65 A1, A2 se je plast posula s predobitnim drobirjem frakcije 2/4 mm Bleiberg.

Tehnološki postopek:

Vgrajene so bile naslednje asfaltne zmesi:

- AC 22 bin PmB 45/80-65 A1 (v debelini 8cm),
- AC 22 base B 50/70 A3, A4 in AC surf 11 B70/100 A4 v debelini 8 cm,
- SMA 11 PmB 45/80-65 A1, A2 (v debelini 5cm),
- PA 11 PmB 45/80-65 A1, A2 (v debelini 5cm).

Površino, na katero se je vgrajevala asfaltna zmes drenažnega asfalta, se je predhodno pobrizgala z vročim polimernim bitumnom v količini $1,6 \text{ kg/m}^2$ (slika 48).



Slika 48: Pobrizg z bitumenskim vezivom za zagotavljanje vodonepropustnosti (lasten vir)

Za preprečitev lepljenja bitumna na pnevmatike tovornjakov, se je površina posipala z eruptivnim drobirjem frakcije 4/8 mm v količini 10 kg/m^2 (slika 49).



Slika 49: Na pobrizg bitumenske emulzije se je nato izvedel posip zrn drobirja (lasten vir)

Na tako pripravljeno podlago se je vgradila asfalta plast SMA in drenažnega asfalta z asfaltnim razdelilnikom (finašerjem) – slika 50.



Slika 50: Vgradnja asfaltne zmesi PA z razdelilnikom v območju hladnega stika (lasten vir)

Hladnemu stiku SMA – PA so se izognili, saj je to šibka točka. V kolikor se pojavijo razpoke, na tem območju le-teh ni mogoče zaliti z emulzijo, saj bi lahko emulzija neprestano odtekala v pore PA. Tako je prehod (stik) iz obstoječe obrabne plasti na novo plast izveden na obrabni plasti SMA (možnost zalivanja razpok), prehod iz SMA v PA pa je izveden zvezno. V asfaltni razdelilnik se je namesto SMA stresla zmes za vgradnjo drenažnega asfalta in razdelilnik je svoje delo nadaljeval po kakšnih treh minutah. Tako je prehod iz SMA v PA izveden zvezno, kar pomeni tudi daljšo življenjsko dobo samega stika.

Za asfaltnim razdelilnikom pa so asfaltno zmes začeli zgoščati valjarji (slika 51). Notranja kontrola je vsakič sproti določila število prehodov glede na doseženo zgoščenost.



Slika 51: Prikazano kontrolirano zgoščanje PA (lasten vir)

Investitorju in nadzoru je bila s strani izvajalca predhodno predana dokazana proizvodnja in vgrajevanje (glej prilogo A), in sicer:

- Izjava o skladnosti,
- EC izjava o skladnosti,
- SIST EN 13108-7:2006 PA 11 45/80-65,
- Poročilo o začetnem preizkusu bituminizirane zmesi,
- Rezultati preizkušanja.

6.2.1.3 Končno poročilo o kontroli kakovosti proizvedenih in vgrajenih asfaltnih zmesi (PMA, d.o.o.)

Notranjo kontrolo kakovosti proizvodov in vgrajenih asfaltnih zmesi je za izvajalca del opravil Asfaltni laboratorij podjetja PMA preiskave, meritve, analize in inženiring, d. o. o., iz Ljubljane.

DRENAŽNA PLAST DRENAŽNEGA ASFALTA PA 11 PmB 45/80-65 A2

Kakovost proizvedene in vgrajene asfaltne zmesi smo preverjali s preiskavami proizvedene asfaltne zmesi, odvzetih jeder in meritvami zgoščenosti.

Proizvedena asfaltna zmes:

Odvzeti so bili trije vzorci proizvedene asfaltne zmesi (ASF 659-11, ASF 673-11 in ASF 769-11), rezultati pa so povzeti v preglednici 17. Kakovost preiskanih vzorcev ustreza zahtevam predpisov SIST 1038-7 in TSC 06.413 (upoštevane strožji kriterij) za ceste s težko in zelo težko prometno obremenitvijo.

Preglednica 17: Rezultati meritev proizvedene asf. zmesi (PMA, 2011)

Lastnost	Delež bitumna %	Prost. masa kg/m ³	Navid. prost. masa kg/m ³	Vseb. votl. v asf. zmesi %	Prost. vsebnost bitumna %	Vsebnost votl. v kam. zmesi %	Prost. zapolnjenost z bit. %
Zahteve	A2:> 5.0 $\alpha=0.90$ B _{min} =4.5	-	-	16,0-26,0	-	-	-
Rezultati							
ASF 659-11	4,6	2128,2	2685,2	20,7	9,5	30,2	31
ASF 673-11	4,7	2136,3	2691,9	20,6	9,8	30,4	32
ASF 769-11	4,7	2184,3	2666,7	18,1	10,1	28,2	36

Vgrajena asfaltna zmes:

Kakovost vgrajene drenažne plasti PA 11 smo vrednotili na osnovi odvzetih jeder (preglednica 18) in meritev zgoščenosti z neporušno metodo, pri čemer so v izračunih uporabljene povprečne vrednosti rezultatov preiskanih vzorcev.

- Preiskava asfaltnih jeder

Preglednica 18: Rezultati preiskav odvzetih asfaltnih jeder (PMA, 2011)

Lab. številka	Odvzemno mesto	Debelina (mm)	Prost. Masa (kg/m ³)	Stop. Zbito. (%)	Vseb. Votlin (%)	Zahteva po TSC 06.300/06.410		
						Debelina (mm)	Zgoščenost plasti	Vsebnost votlin
ASF-702-11/1	AC Blagovica	54,6	2108,9	98,1	21,3	35-50	≥97	V _{min15} - V _{min28}
ASF 702-11/2	AC Blagovica	51,2	2147,4	99,9	19,9			

- Meritve zgoščenosti

Kakovost vgrajene asfaltne plasti PA 11 smo ugotovili na osnovi elektromagnetnih meritev prostorninske mase (preglednica 19), za kar smo uporabili elektromagnetno sondo TransTech.

Preglednica 19: Rezultati meritev zgoščenosti na osnovi elektromagnetnih meritev (PMA, 2011)

Zap. št.	Merilno Mesto (profil/km)	Prost. masa (Mg/m ³)	Zgoščenost (%)	Vseb. votlin (%)	Zahteva po TSC 06.300/06.410	
					Zgoščenost plasti	Vsebnost votlin
28	Krtina/VP	2,185	101,7	18,5	≥97	V _{min15} - V _{min28}
29	Krtina/OD	2,179	101,4	18,7		
30	Krtina/VP	2,183	101,6	18,6		
31	Krtina/OD	2,186	101,7	18,5		
32	Krtina/VP	2,176	101,2	18,8		
33	Krtina/OD	2,180	101,4	18,7		
34	Krtina/VP	2,174	101,1	18,9		
35	Krtina/OD	2,187	101,7	18,4		
36	Krtina/PP	2,176	101,2	18,8		
37	Krtina/PP	2,176	101,2	18,9		
38	Krtina/PP	2,174	101,1	18,9		
39	Krtina/PP	2,189	101,8	18,4		

V prilogi B so rezultati preiskav podrobneje predstavljeni v poročilu o laboratorijskih preiskavah na treh vzorcih proizvedene asfaltne zmesi. V prilogi je prikazana tudi zrnavostna sestava oz. sejalna krivulja asfaltne zmesi PA.

6.2.1.4 Grafični del odseka F (glej prilogo C)

Grafični del načrta gradbenih konstrukcij projekta izvedenih del (PID) je priložen v prilogi C. Podrobnosti so opisane v tehničnem poročilu projekta oz. v poglavju 6.2.1.1., in sicer:

- Situacija s plastnicami,
- Gradbena situacija,
- Situacija prometne ureditve,
- Vzdolžni profil,
- Prečni prerezi,
- Karakteristični prerez.

Projektiranje je izvajalo podjetje CP inženiring, d. o. o.

6.3 Optimizacija postopkov vzdrževanja PA v Sloveniji v prihodnje

6.3.1 Strukturno vzdrževanje:

V bodoče je potrebno posebno pozornost nameniti vgrajenim materialom in izvedbi sanacije. Bitumensko vezivo mora biti najkvalitetnejše in vsebovati tudi dodatke (vlakna), ki podaljšajo življenjsko dobo obrabne plasti. V tujini to že uspešno prakticirajo.

6.3.2 Zimsko vzdrževanje

V tujini daljšim odsekom z drenažnimi asfaldi namenijo posebno pozornost in količino soljenja temu ustrezno prilagodijo (povečajo količino za 25–100 %). Tudi število ponovitev soljenja prilagodijo – povečajo. V Sloveniji pa so odseki z drenažnimi asfaldi (razen izjeme) dolgi le 50–70 m in je težko precizno odmeriti ustrezno količino soli. Stroji za posipanje soli in solne tekočine (DARS) imajo pri soljenju običajnih SMA asfaltov točno določeno hitrost vožnje. Dejansko bi morali hitrost vožnje na vijačnih prehodih zmanjšati (25–100 %), kar pa je na odsekih, dolgih le nekaj 10 m iz vidika prometne varnosti zelo nevarno početje.

Na daljšem odseku (HC Šempeter–Vrtojba) je količino soljenja lažje prilagoditi. Je pa ta odsek zaradi nekoliko toplejšega primorskega podnebja manj izpostavljen izrazitim zimskim razmeram.

6.3.3 Čiščenje

Čiščenja drenažnih asfaltov pri nas še ne izvajamo, čeprav je v projektni dokumentaciji (Poslovnik za vzdrževanje vozišča - Elaborat o obratovanju in vzdrževanju objekta) ta ukrep potreben dvakrat letno. Ovira je seveda draga strojna oprema, ki se finančno hitreje obrestuje za množično uporabo na daljših in številnejših odsekih. Bo pa v prihodnosti potrebno stremeti k nakupu te opreme, posebno v primeru, če bo drenažni asfalt postal vse bolj razširjena obrabna plast tudi pri nas. Nekaj primerov strojne opreme posameznih proizvajalcev je prikazano tudi v naslednjem poglavju 6.3.4.

6.3.4 Stroji za vzdrževanje drenažnih asfaltov

Strojna oprema za to vrsto ukrepa se razlikuje od države do države. Nekatere države prisegajo na svoje lastne izvajalce, spet druge te proizvajalce najdejo v tujini. Nekaj teh izvajalcev je predstavljenih tudi na svetovnem spletu, in sicer:

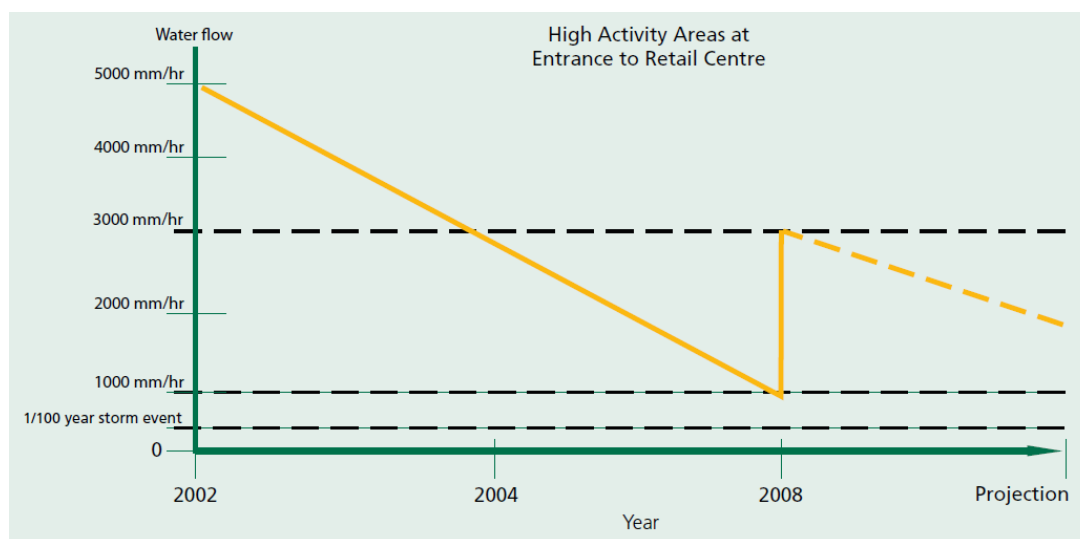
- TarmacDry (Velika Britanija)

Podjetje Tarmac je veliko gradbeno podjetje, ki se ukvarja z asfalterskimi deli in produkti. Med svojimi produkti uspešno tržijo tudi produkcijo in izvedbo parkirnih prostorov z uporabo PA pod marketinškim nazivom »TarmacDry Porous Asphalt System« (slika 52). Ta parkirišča pa na željo investitorja tudi redno vzdržujejo s svojo lastno opremo.



Slika 52: Čiščenje parkirnega prostora z strojno opremo proizvajalca Tarmac (TarmacDry)

Na svojem referenčnem parkirišču so leta 2008 izvedli čiščenje celotnega parkirišča. Na sliki 53 so prikazani rezultati vodoprepustnosti za omenjeno parkirišče v času izgradnje (leta 2002) in vse do leta 2008, ko so izvedli čiščenje. Minimalna zaželjena vodoprepustnost je izražena z enoto »stoletne vode«.



Slika 53: Ponovno povečanje prepustnosti po čiščenju parkirne površine iz PA (TarmacDry)

Na sliki 54 je prikazana oprema za čiščenje PA s pomočjo vode. Tudi pred samim čiščenjem je bila površina »sposobna prenesti stoletno vodo«.



Slika 54: Čiščenje površine s pomočjo pritiska vode (TarmacDry)

- Gaoyuan (Kitajska)

Gaoyuan, naprava za vzdrževanje oz. čiščenje drenažnih asfaltov, je namenjena za daljšo življenjsko dobo obrabne plasti in zagotavlja boljše odtekanje vode skozi pore v asfaltni plasti (slika 55). Posamezne komponente naprave so: motorni sklop, rezervoar čiste vode, rezervoar odpadne vode, sesalni sklop, sistem za splakovanje pod visokim pritiskom, napeljava sesalnih cevi, sistem za čiščenje odplak, cevovodi za vračanje vode, sistem za kroženje zraka v podtlaku (vakum), hidravlični sistem nadzora in elektronski nadzorni sistem.

Princip delovanja: voda pod visokim pritiskom spere obrabno plast PA. To omogoča motorni sklop, ki preko hidravličnega in električnega kompleksnega kontrolnega sistema poganja ta sistem. Zatem se voda pod negativnim tlakom odstrani oz. posepa in deponira v kanalizacijski rezervoar, kjer se preko čistilnih filtrov reciklira in ponovno uporabi. Gosta tekočina z umazanijo in težkimi kovinami pa se nato po koncu postopka odstrani.



Slika 55: Strojna oprema za čiščenje PA proizvajalca Gaoyuan (Gaoyuan, 2012)

V preglednici 20 so predstavljeni tehnični podatki opreme za čiščenje drenažnih asfaltov znamke Gaoyuan.

Preglednica 20: Tehnični podatki stroja za čiščenje PA znamke Gaoyuan (Gaoyuan, 2012)

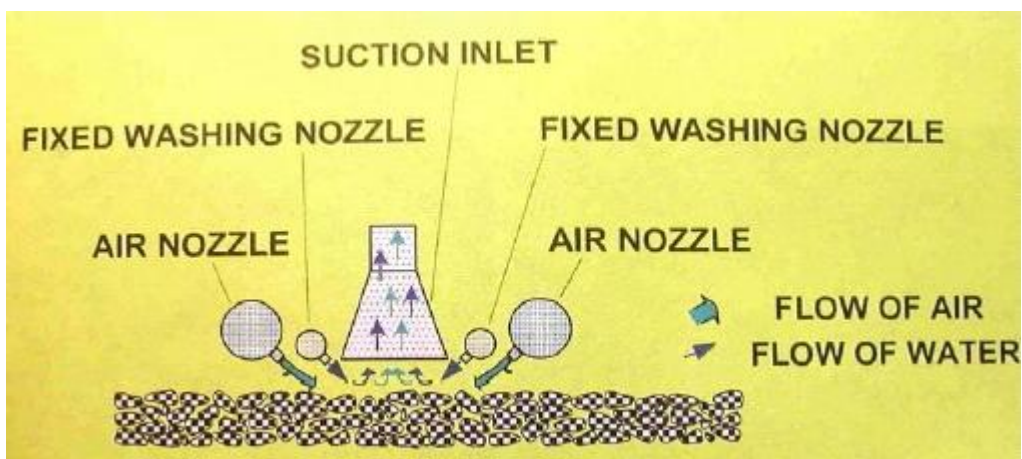
Model	HGY5250TPH
Vzdrževalna metoda	Čiščenje ceste s pomočjo curka vode pod pritiskom in nato srkanje z negativnim pritiskom
Delovna širina	2000 mm
Delovna hitrost	1,5–3,0 km/h
Rezervoar čiste vode	5 m ³
Rezervoar odpadne vode	2,8 m ³
Delovna površina z enim rezervoarjem	cca 2000–6000 m ²
Potovalna hitrost	70 km/h

- Spec – Keeper (Japonska)

Naprava Spec – Keeper na sredini površino namoči, okrog namočene površine pa zrak pod pritiskom poriva nečisto vodo iz asfaltne površine nazaj v vodni rezervoar, kjer se preko filtrov prečisti in ponovno uporabi za postopek čiščenja. Ta postopek je prikazan na slikah 56 in 57. Obratovalna hitrost te naprave je 1–2 km/h.



Slika 56: Japonska strojna oprema za čiščenje PA Spec – Keeper (Morgan in sod., 2007)



Slika 57: Prikaz delovanja naprave SPEC –Keeper (Morgan in sod., 2007)

Čistilni medij novejšje japonske naprave istega proizvajalca je zgolj zrak pod pritiskom. Naprava pri straneh izpihava zrak pod visokim nadtlakom, na sredini pa je ustvarjen podtlak, ki nečistočo odstrani iz obrabne plasti. Obratovalna hitrost te naprave je precej višja, in sicer do 20 km/h. Intervali čiščenja so pogostejši kot pri vodnih napravah z manjšimi hitrostmi. Naprava je prikazana na sliki 58 (Morgan in sod., 2007).



Slika 58: Japonska naprava za čiščenje PA samo s pomočjo zraka (Morgan in sod., 2007)

7 ZAKLJUČEK

Trenutno stanje slovenskega gospodarstva in našega gradbeništva ni naklonjeno investicijsko potrebnim projektom. To se zaveda tudi naša gradbena stroka, ki teži k temu, da se podaljša življenjska doba vgrajenih materialov. Pomagamo lahko le, tako da strokovno in pravilno načrtujemo, izvedemo in vzdržujemo naše ceste. Za slednje navadno zmanjka volje, znanja in denarja. Vemo pa, da brez rednega in gradbenega vzdrževanja naše ceste ne bodo sposobne prenesti tako zahtevnih prometnih in klimatskih obremenitev.

Drenažni asfalt je še posebej občutljiv na omenjene obremenitve, zato zahteva posebno pozornost pri vzdrževanju. Do sedaj se je pri nas PA uporabljal skoraj izključno za povečanje prometne varnosti, vendar pa bo v prihodnje njegova uporaba slonela tudi na zmanjšanju prometnega hrupa.

Čiščenja drenažnih asfaltov pri nas še ne poznamo, čeprav je v tej diplomski nalogi prikazanih nekaj primerov strojne opreme, ki so bili razviti izključno za ta namen. S tem ukrepom se namreč zelo podaljša učinkovitost v spopadanju z nadležnim prometnim hrupom.

V tujini že nekaj let prisegajo tudi na dvoplastne drenažne asfalte, pri katerih je čiščenje bolj učinkovito kot pri enoplastnih PA. Tudi tu je še veliko raziskovalnega prostora, saj bi z morebitnim testnim poljem pridobili še en mozaik v cestogradbenem znanju in tako dobili nove informacije, ki bi bile zelo dobrodošle za naše bodoče rodove.

Res pa je, da se trendi nagibajo v smer uporabe bolj odprtih oz. poroznih SMA asfaltov (SMA In), saj je njihova pričakovana življenjska doba nekoliko daljša. Nekaj podobnega je bilo pri nas že vgrajeno na obalni cesti Portorož–Lucija.

Drenažni asfalti so bolj primerni za območja z milejšimi zimami. Nizke zimske temperature, soljenje in čiščenje snega z vozne površine imajo nekaj negativnih vplivov na življenjsko dobo, tako da so dežele s takim podnebjem neprimerno manj naklonjene morebitni uporabi drenažnih asfaltov.

Optimalne in premišljene projektantske zamisli in rešitve (morebiti tudi iz tujine) bomo morali natančno preučiti, da se izognemo morebitnim kasnejšim nevšečnostim. Veliko pozornosti bo potrebno posvetiti tudi uporabi najkvalitetnejših materialov (veziva z dodatki in zmesi kamnitih zrn) in posvetiti še večjo pozornost natančni izvedbi.

Hitrost prometnega toka in njegova gostota sta naslednja faktorja, ki ju ne smemo zanemariti. Če je hitrost vozil premajhna, se namreč votline v asfaltni plasti hitreje zapolnijo z nesnago. Večja gostota prometnega toka tudi pozitivno vpliva, t.i. »samočistilni pojav«.

Po vzoru nekaterih ameriških in angleških parkirišč z uporabo poroznih plasti, bi tudi pri nas lahko zgradili nekaj vzorčnih primerov take gradnje in na podlagi teh izkušenj v prihodnje odpravljali morebitne neznanke, ki odvrčajo uporabo drenažnih asfaltov v večjem obsegu.

Prav tako bi bilo v prihodnje v Sloveniji potrebno in smiselno pristopiti še k dodatnim in poglobljenim raziskavam s tega področja.

VIRI

ACO Tiefbau Vertrieb GmbH. 2009. ACO DRAIN Monoblock.

http://www.aco-tiefbau.de/files/GER_ACO_Tiefbau/BAB67_V3_OBZ.qxd.pdf (Pridobljeno 11.01.2012.)

Attenberger, A. 2010. Offenporiger Asphalt. Bayerisches Landesamt für Umwelt.

<http://www.lfu.bayern.de/laerm/opa/projektbeschreibung/doc/2opa.pdf> (Pridobljeno 22.03.2011.)

Cocu, X., Lefebvre, G. 2007. A study into the winter behaviour of a test section in two-layer porous asphalt. Belgian Road Research Centre.

http://www.brrc.be/pdf/15/f01h_02.pdf (Pridobljeno 1.7.2012.)

Cotič, Z. 2010. Vrste asfaltnih obrabnih plasti za znižanje hrupa. Ljubljana, Združenje asfalterjev Slovenije.

http://www.zdruzenje-zas.si/Razno/Znizanje_hrupa_v_cestnem_prometu/%20Vrste_asfaltnih_obrabnih_plasti_za_znizanje_hrupa.htm (Pridobljeno 20.5.2011.)

Cotič, Z., Jurjavčič, P., Čibej, K., 2010. Primer asfalta za 21. stoletje.V: Zbornik referatov. 10. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20.-22. oktobra 2010. Ljubljana, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 55-62.

European Asphalt Industry Association (EAPA). 2004. Environmental Impacts and Fuel Efficiency of Road Pavements. Fuel Efficiency Report: 17 str.

http://www.eapa.org/usr_img/position_paper/fuel_efficiency_report.pdf (Pridobljeno 3.4.2012.)

European Asphalt Industry Association (EAPA). 2007. LongLife Asphalt Pavements. Technical version.

http://www.eapa.org/usr_img/position_paper/llp_technical2007.pdf (Pridobljeno 12.01.2012.)

European Asphalt Industry Association (EAPA). 2010. Asphalt in figures 2010: 3 str.

http://www.eapa.org/usr_img/Asphalt%20in%20figures%20Version%2022-12-2011.pdf (Pridobljeno 2.3.2012.)

FEHRL Report. 2006. Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces. SILVIA – Sustainable road surfaces for traffic noise control: 38, 83-89 str.

http://www.trl.co.uk/silvia/Silvia/pdf/silvia_guidance_manual.pdf (Pridobljeno 26.12.2011.)

Henigman, S., Bašelj, R., Bradeško, S., idr. 2006. Asphalt. Ljubljana, Združenje asfalterjev Slovenije: 64 str.

Henigman, S. 2006. Nekatere inovativne rešitve na področju voziščnih konstrukcij in izzivi v prihodnje. V: Zbornik referatov/ 8. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, oktober 2006. Ljubljana, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 62-68.

Henigman, S., Bašelj, R., Bradeško, S., idr. 2011. Asfalt, 2.izdaja. Ljubljana, Združenje asfalterjev Slovenije: str. 16, 79, 83, 84, 296, 297.

Henigman, S., Bašelj, R., Bradeško, S., idr. 2011. Priročnik za asfalterska dela. Ljubljana, Združenje asfalterjev Slovenije: str: 55-58.

Gaoyuan OGFC Porous Asphalt Pavement Restoration Machine
<http://www.sgroadmachine.com/e2-pavement-restoration-machine.html> (Pridobljeno 16.03.2012.)

Hribar, D., Žmavc, J. 2012. Gradnja cest – neobjavljeno gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Hribar, D. 2006. Hrup na vozni površini. V: Zbornik referatov. 8. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, oktober 2006. Ljubljana, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 490-496.

Kretzer, P. Materialbericht in Ausführung 3 WS 2002/03. HSR Hochschule für Technik Rapperswil Abt. Landschaftsarchitektur.
<http://technikseiten.hsr.ch/fileadmin/technikseiten/Bibliotheken/Materialberichte/belaege/Drainasphalt.pdf> (Pridobljeno 11.01.2012.)

Litzka, J., Haberl, J. 2009. Manj hrupne vozne površine – prispevek k zmanjšanju hrupa prometa. V: Zbornik referatov. 10. kolokvij o asfaltih in bitumnih, Kranjska gora, november 2009. Vienna, University of Technology in Heller Engineering Ltd, Austria: str. 29-38.

Mohan, S. 2010. Winter Damage of Porous Asphalt. Delft University of Technology.
http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:6e187b10-66e4-4cae-9fe3-aaf75e31062b/Winter_damage_of_Porous_Aspphalt.pdf (Pridobljeno: 24.5.2012.)

Morgan, P.A., Strait, R.E., Reeves, S., Clifton, M. 2007. The feasibility of using twin layer porous asphalt surfaces in the UK. Transport Research Laboratory
http://www.highways.gov.uk/knowledge_compendium/assets/documents/Portfolio/Development%20of%20ultra%20low-noise%20surface%20-%201228.pdf (Pridobljeno 22.02.2012.)

Načrt gradbenih konstrukcij. 2012. Obnova voziščne konstrukcije AC A1 Šentilj – Koper, 0045 Krtina – Domžale v km 1+250. Projekt izvedenih del. Št načrta: 805-F/12. Ljubljana, CP Inženiring d.o.o.

Nilsson, R., Nordlander, J.-O., Sliwa, N. 2005. Design Guidelines for Durable, Noise Reducing Pavement. Silvia Project Deliverable

http://www.trl.co.uk/silvia/Silvia/pdf/Main_Outputs/SILVIA-SKANSKA-018-01-WP4-231105.pdf
(Pridobljeno 01.04. 2012.)

Podgoršek, M. 2006. Raziskava povezave med hidroplaningom in nezgodami na mestih zastajanja padavinske vode na vozišču zaradi vijachenja. V: Zbornik referatov. 8. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, oktober 2006. Ljubljana, DRC – Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 259-267.

Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 91/2005: str. 9315.

Poulikakos, L., Takahashi, S., Partl, M. 2006. Evaluation of Improved Porous Asphalt by Various Test Methods. EMPA Report Nr. 113/13: 12,14 str.
http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/54476/---/l=2 (Pridobljeno 21.12.2012.)

Puchner, E., Litzka, J., Haberl, J., Report on Recycling of Porous Asphalt in Comparison with Dense Asphalt, Silvia Project Report
http://www.trl.co.uk/silvia/Silvia/pdf/Associated_Reports/SILVIA-TUW-036-01-WP3-260204.pdf
(Pridobljeno 05.03.2012.)

Read, J. , Whiteoak, D. 2003. The Shell Bitumen Handbook. Fifth Edition. Shell UK Oil Products Limited. 55 str.

Ressel, W. 2010. Offenporiger Asphalt (OPA) –Wirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrslärm.
http://www.bast.de/mn_42258/DE/Publikationen/Veranstaltungen/SC-Russisch-Deutsche-Konferenz-2010/Ressel-Vortrag.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/Ressel-Vortrag.pdf (Pridobljeno 12.02.2012.)

Fortuna, I. 2011. Izkušnje z uporabo drenažnega asfalta (PA) v Sloveniji. V: Zbornik referatov. 13. Kolokvij o asfaltih in bitumnih, Bled, 24.-25. november 2011. Ljubljana, ZAS - Združenje asfalterjev Slovenije: str. 128-137.

The Asphalt Handbook.2007. Seventh Edition. Asphalt Institute: str. 155, 748, 749.

Tominc, A. 2006. Asfalti v cestogradnji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Tominc): 26, 31-33, 42, 43 f.

Yalcinkaya, C. 2006. Porous Asphalt
http://www.caglaryalcinkaya.com/FileUpload/ks149954/File/porous_asphalt.pdf(Pridobljeno 21.12.2011.)

Žmavc, J. 2007. Gradnja cest: Voziščne konstrukcije, 2.izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani in DRC, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 12, 13, 32, 111, 154-178.

STANDARDI IN TEHNIČNE SPECIFIKACIJE ZA CESTE:

TSC 06.300/06.410:2009. Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti. str: 6,7, 26, 27.

TSC 06.413:2003. Vezane asfaltne in obrabne plasti – Drenažni asfalti. str :12-15.

TSC: 06.418:2011. Smernice in tehnični pogoji za asfaltne obrabne plasti za zmanjšanje hrupa. str: 20-24.

SIST 1038-7:2008. Bituminizirane zmesi – Specifikacije materialov – 7.del: Drenažni asfalt – Zahteve – Pravila za uporabo.

SIST 1038-5:2008. Bituminizirane zmesi – Specifikacije materialov – 7.del: Drobir z bitumenskim mastiksom – Zahteve – Pravila za uporabo.

PRILOGE

PRILOGA A:

- IZJAVA O SKLADNOSTI
- EC IZJAVA O SKLADNOSTI
- SIST EN 13108-7:2006 PA 11 45/80-65,
- POROČILO O ZAČETNEM PREISKUSU BITUMINIZIRANE ZMESI
- REZULTATI PREISKUŠANJA

PRILOGA B:

- REZULTATI PREISKAV PROIZVEDENE ASFALTNE ZMESI
- MERITEV GOSTOTE VGRAJENEGA ASFALTA

PRILOGA C: GRAFIČNI DEL PROJEKTA GRADBENIH KOSNTRUKCIJ

- SITUACIJE:
 - o GRADBENA SITUACIJA
 - o SITUACIJA PROMETNE UREDITVE
 - o SITUACIJA S PLASTNICAMI
- VZDOLŽNI PROFIL
- PREČNI PREREZI
- KARAKTERISTIČNI PREREZ