

AVSTRIJSKE IZKUŠNJE Z BETONSKIMI VOZIŠČI

THE EXPERIENCE ON CONCRETE PAVEMENTS IN AUSTRIA

Dipl. Ing. Dr. Johannes Steigenberger

steigenberger@voezfi.at

Raziskovalni inštitut VÖZ (Združenje avstrijske cementne industrije)

A - 1030 Wien, Reisnerstraße 53, Avstrija

Strokovni članek¹

UDK 613.63:697.94

Povzetek | V Avstriji se je gradnja betonskih cest v glavnem osredotočila na ceste višjega ranga, kot so hitre ceste in avtoceste, kjer to zahtevajo na eni strani velik porast predvsem težkega prometa in na drugi strani prizadevanja za povečanje prometne varnosti. Betonske ceste moderne generacije ponujajo optimalno rešitev: visoko nosilnost in odpornost proti preoblikovanju (ni kolesnic), manj pogosto in manj obsežno vzdrževanje in s tem manj zastojev zaradi gradbišč. V urbanem okolju se betonska vozišča gradijo predvsem na avtobusnih postajališčih, pasovih za avtobusni promet in križiščih. Dodatne prednosti betonskih vozišč so varnost v primeru požara, manjše emisije hrupa, visoka odpornost proti drsenju in svetlost površine. Realna pričakovana življenjska doba pravilno dimenzioniranih in skladno z modernimi smernicami zgrajenih betonskih vozišč je 40 let.

Ključne besede: beton, betonska vozišča, ceste, avtoceste, hitre ceste, trajnostni razvoj, sestava betona, zahteve za beton, predori, krožišča, agregati, življenjska doba.

Summary | Construction of concrete roads in Austria focused primarily on high-level roads as highways and expressways, where strong increase of heavy traffic as well as the requirements for the improvement of traffic security demand such material. The concrete roads of modern generation offer an optimal solution: high load bearing capacity and deformation resistance (no ruts), longer maintenance intervals and therefore fewer sites and lower maintenance requirements. In urban areas, the concrete construction application is used mainly for bus stops, bus lanes and at intersections. Additional advantages of concrete pavements are safety in case of fire, noise-reducing properties, high grip and brightness. For properly sized concrete roads, constructed according to the most advanced concepts, the renewal intervals of 40 years are quite realistic.

Key words: concrete, concrete pavements, roads, highways, expressways, sustainable development, concrete composition, concrete requirements, tunnels, roundabouts, aggregates, life cycle.

1 • UVOD

Prvo betonsko vozišče, izvedeno po postopku izpostavljenih zrn agregata, z manjšo emi-

sijo hrupa in višjim odporom proti drsenju, je bilo v Avstriji zgrajeno leta 1990. Danes

tovrsten način gradnje predstavlja standardni način gradnje na vseh cestah višjega ranga, istočasno pa se vse bolj uveljavlja v urbanem okolju. Raziskave (Haberl, 2005) potrjujejo trajnost tovrstnih vozišč: betonska površina, izvedena po postopku izpostavljenih zrn

¹ Predavanje na strokovnem posvetu Beton in trajnostna gradnja, Betonska vozišča, 16. oktobra 2013, v GZS v Ljubljani, ki so ga organizirali SLOCEM, Združenje slovenske cementne industrije, ZBS Združenje za beton Slovenije in GZS Zbornica gradbeništva in industrije gradbenega materiala. Prevod dr. Aljoša Šajna, univ. dipl. inž. grad., ZAG, Zavod za gradbeništvo, in mag. Dejan Zwitter, Salonit Anhovo.

agregata, manjših od 8 mm, tudi po več kot 10-letni uporabi izgubi le malo svojih protihrupnih lastnosti.

V Nemčiji je bila gradnja betonskih vozišč po tehnologiji izpostavljenih zrn agregata predpisana kot standard leta 2006, v letu 2008 pa so prvo betonsko vozišče po avstrij-

skem vzoru zgradili tudi v ZDA. Pričakovati je, da bodo zaradi gospodarnosti betonska vozišča v prihodnosti še pridobivala pomen. Betonska vozišča vse bolj izstopajo predvsem zaradi svojih trajnostnih lastnosti, kot so po eni strani manjši stroški v celotni življenjski dobi, reciklabilnost, manjše emi-

sije škodljivih delcev, manjše emisije hrupa, manjša poraba energije, po drugi strani pa druge koristi, kot so večja prometna varnost, udobje vožnje, nižji stroški vzdrževanja zasebnih avtomobilov, manjša poraba goriva ter manj zastojev zaradi daljših intervalov vzdrževalnih in obnovitvenih del.

2 • GRADNJA IN OBNOVA AVTOCEST

Betonska vozišča imajo v Avstriji dolgo in neprekinjeno tradicijo. Že desetletja ne mine leto brez novega betonskega vozišča (slika 1). Na probleme in razvoj, ki jih prinaša praksa, znajo hitro odgovoriti ter s prilagajanjem predpisov in smernic slediti razvoju tehnike.

Betonska vozišča so s stališča nosilnosti, raznosa obtežbe, odpora proti drsenju, svetlosti, majhne obrabe in odpora proti preoblikovanju primerna za vse vozne površine. Za ceste višjega ranga (hitre ceste in avtoceste), kjer beležimo hiter porast predvsem težkega prometa, predstavljajo zaradi prometne varnosti, varstva okolja in gospodarnosti optimalno rešitev.



Slika 1 • Generalna obnova in razširitev vozišča Vösendorf–Južna avtocesta A2, 2005 (Vir: VÖZ)

3 • OSNOVNA NAČELA GRADNJE

Avstrijske smernice za betonska vozišča RVS 03.08.63, Oberbaubemessung (FSV, 2008) za najbolj obremenjene ceste (razred S z 18 do 40 milijoni prehodov) predvidevajo naslednjo sestavo voziščne konstrukcije:

- 25 cm beton (nosilni in obrabni sloj)
- 5 cm asfalt
- 20 cm cementna stabilizacija ali 45 cm nevezan nosilni sloj

V Avstriji betonska vozišča niso armirana, so pa moznice vzdolžni in prečni stiki (FSV, 2007). Za višje obremenitve je debelino betona treba povišati na 28 cm, za prometne obremenitve nad 80 milijonov prehodov vozil pa je vozišče treba posebej dimenzionirati. Za zagotavljanje napovedane življenjske dobe vozišča je treba veliko pozornost posvetiti dimenzioniranju debeline betonskega vozišča, minimalnim debelinam, nedoseganju

dimenzionirane debeline se je treba izogibati. Realna pričakovana življenjska doba pravilno dimenzioniranih in skladno z modernimi smernicami zgrajenih betonskih vozišč je 40 let (Litzka, 2003).

Na življenjsko dobo betonskega vozišča ne vpliva samo debelina betona, ampak tudi drugi pogoji izvedbe, kot so izvedba delovnih stikov, odvodnjavanje, erozijska obstojnost, kakovost podlage itd. (Litzka, 2003). Nova avstrijska betonska vozišča imajo praviloma zatesnjene delovne stike. Dodatno naj ustrezno odvodnjavanje podlage zagotavljajo na najnižjih točkah v asfaltno podlago vrezkani drenažni profili.

4 • SESTAVE BETONA IN ZAHTEVE ZA BETON

Poleg tlačne in upogibne trdnosti se za beton za vozišča zahteva ustrezna odpornost proti obrabi, proti zmrzovanju brez in ob prisotnosti soli, homogenost proizvodnje, manjša hrupnost, ustrezen odpor proti drsenju idr.

Za proizvodnjo betona je predpisan cement CEM II ...-S trdnostnega razreda 32,5 ali 42,5

((ÖN, 2000), (ÖN, 2002)). Upogibna trdnost pri starosti 28 dni, izmerjena po EN 196-1 (ÖN, 1995), mora znašati najmanj 7 MPa. Finost cementa, določena kot specifična površina (po Blaine), mora biti manjša od 4000 cm²/g, začetek vezanja pri 20°C pa ne sme biti krajši od 120 min.

Kakovosten, proti obrabi in zmrzovanju obstojen agregat se zaradi zmanjševanja stroškov uporablja le za pripravo obrabnega sloja betona. Nosilni beton je lahko iz lokalnih, cenovno ugodnejših agregatov ali iz recikliranega betona, običajno iz starega betonskega vozišča. Beton za oba sloja je aeriran.

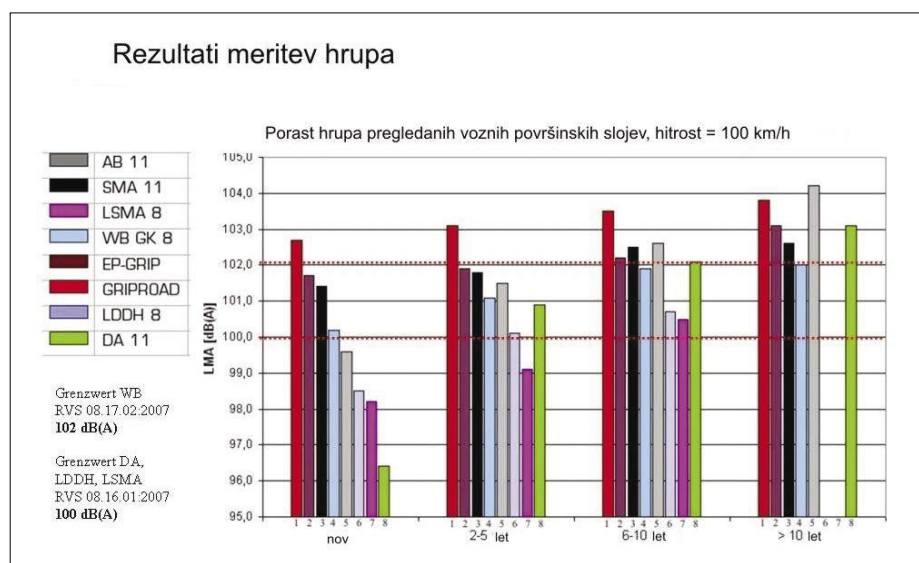
Podrobnejše smernice za sestavo betonov (količina cementa, vsebnost por itd.) so dane v smernici RVS 08.17.02 (FSV, 2007).

5 • STRUKTURA POVRŠINE

Površina betonskega vozišča se v Avstriji izvaja po postopku izpostavljenih zrn agregata. Ta postopek, ki zagotavlja manjšo hrupnost in boljši odpor proti drsenju, se uspešno uporablja že od leta 1990.

Danes površina z izpostavljenimi zrnimi agregati predstavlja standarden način izvedbe, ki se je uveljavil tudi na betonskih voziščih v urbanem okolju. Zadnje raziskave (Haberl, 2005) potrjujejo dobro dolgoročno obnašanje, in sicer trajno zmanjšanje hrupnosti tovrstnih površin: površine z izpostavljenimi zrnimi zrnovitosti pod 8 mm tudi po 10-letni prometni obremenitvi izkazujejo praktično enake učinke zmanjšanja hrupa (slika 2), v posameznih primerih pa se je hrupnost sčasoma celo zmanjšala (Haider, 2009).

Rezultati meritev hrupa



Slika 2 • Hrupnost povoznih površin različnih starosti



Slika 3 • Obnesla se je tudi gradnja v urbanem okolju

6 • BETONSKA VOZIŠČA V PREDORIH

Pri konstruiranju in gradnji predorov se upoštevajo najvišji prometovarnostni vidiki. Kot posledica vrste hudih požarov v predorih

v zadnjih letih je leta 2001 izdana smernica RVS 09.01.23 (FSV, 2001b) predpisala, da morajo biti vozišča v predorih dolžine nad

1000 m obvezno betonska. Od leta 2011 sta zopet dovoljeni obe vrsti vozišč.

7 • BETONSKA KROŽIŠČA

V vzhodni Avstriji se tudi vse več krožišč izvede z betonskim voziščem. Izvedba v betonu je uspešna, če je debelina vozišča pravilno

dimenzionirana in če je izvedba kakovostna. Za betonska krožišča so bila leta 2006 izdana prva priporočila Kreisverkehrsanlagen mit

Betonfahrbahndecke za izvedbo betonskih krožišč (FSV, 2006), dve leti kasneje pa še smernica RVS Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecke (FSV, 2008).

8 • WHITE TOPPING

Na asfaltnih voziščih, na mestih stoječega prometa (krožišča, avtobusna postajališča), se v poletnem času pogosto formirajo kolesnice. Popravilo kolesnic zahteva zamenjavo debelejših slojev asfalta, pogosto pa se kljub sanaciji kolesnice ponovno oblikujejo.

Z inovativno tehniko je možno tvorbo kolesnic uspešno trajno odpraviti: asfaltno podlago v debelini 10 cm se odrezka, nato se skrbno očisti površina in odstranjeni asfalt nadomesti z visokokakovostnim betonskim slojem, tako da nastane dobra povezava. Taka rešitev, imenovana White Topping, izrablja nosilnost ohranjene nosilne asfaltno podlage, tanjši obrabni sloj betona pa preprečuje nastanek novih kolesnic.

Ta, v ZDA že uveljavljeni postopek gradnje se je v Avstriji prvič uporabil leta 1997 (na območju podjetja Pittel & Brausewetter na Dunaju, industrijskem kompleksu družbe Lafarge Perlmooser GmbH v Mannersdorfu, in v mestnem središču Hartberga, Štajerska, ter leta 2006 na mejnem prehodu Berg, Nižja Avstrija) (slika 6).

Ta tehnologija je bila medtem uspešno uporabljena tudi pri sanaciji površinske poškodbe betonskega vozišča na avtocesti A1 (2011/2012).



Slika 6 • White Topping, testno polje Berg, Nižja Avstrija (Vir: VÖZ)

9 • BETON V RURALNEM OKOLJU

Tudi na manj obremenjenih cestah in poteh ruralnega okolja je možno smiselno in ekonomično graditi betonska vozišča.

V začetku osemdesetih let, začeni na Štajerskem, Zgornji in Spodnji Avstriji, so se betonska vozišča začela graditi tudi v ruralnem okolju (VÖZ, 1982). Kot glavna razloga se navajajo zelo nizki stroški vzdrževanja in dolga življenjska doba. Ta vozišča, ki so bila zgrajena z drsnimi opažnimi finišerji ali s predelanimi asfaltnimi finišerji, so izpolnila vsa tehnična in druga pričakovanja.

Leta 2012 so bila izdana priporočila za gradnjo betonskih poti.

Danes beton pri gradnji podeželskih cest predstavlja že znaten delež. Tudi danes se po ca. 1 m široka betonska trakova gradita s finišerji. Betonske poti pa izpolnjujejo tudi vse visoke okoljevarstvene zahteve v občutljivih naravovarstvenih območjih.



Slika 7 • Gradnja s finišerjem (Vir: ISTU, arhiv)



Slika 8 • Poljska pot v Horitschonu, Gradiščanska (Vir: VÖZ)

10 • GOSPODARNOST BETONSKIH VOZIŠČ

V Avstriji izbor materiala za voziščno konstrukcijo poteka na osnovi makroekonomskih kriterijev ob upoštevanju življenjske dobe, razpoložljivosti in potrebnih vzdrževalnih posegov (Breyer, 2004). Gospodarnost uporabe betonskih vozišč se kaže v večji prometni varnosti, manjših zastojih zaradi obnovitvenih del in daljši življenjski dobi. Te prednosti betonskih vozišč pa pridejo do izraza le, če je betonsko vozišče pravilno načrtovano in dimenzionirano ter kakovostno zgrajeno.

Makroekonomska analiza upošteva trajnost gradnje in vzdrževanja ter prijaznost do uporabnika. Ocenjevanje teh kriterijev naj bo opravljeno transparentno, po enakih, če je možno standardiziranih procesih. Običajne analize primerjave stroškov in koristi ponujajo ustrezna orodja za tovrstne ocene. Tako je npr. možno korist za investitorja določiti na osnovi ocene celostnih stroškov življenjskega cikla konstrukcije, korist za naravo je reciklabilnost, zmanjšanje porabe naravnih surovin kakor

tudi nižje emisije hrupa in varčevanje goriva, korist za uporabnika pa so prometna varnost, višje udobje vožnje, nižja poraba goriva in manj zastoj zaradi obnovitvenih del.

10.1 Kriteriji odločanja za investitorja

Z objavo smernice Analiza gospodarnosti zgornje voziščne konstrukcije RVS 03.08.71 Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Oberbaukonstruktionen im Strassenbau, (FSV1, 2001a) je Avstrija pripravila ustrezno orodje za oceno stroškov življenjskega cikla različnih voziščnih konstrukcij. Metoda investicijskega izračuna omogoča investitorju tudi določanje stroškov za definirano časovno obdobje. Po-

leg tega so vsebovani tudi nastavki za ugotavljanje stroškov, ki bremenijo uporabnike.

Izkušnje kažejo, da je za najbolj obremenjene ceste (povprečno nad 8000 težkih vozil na dan) betonsko vozišče nesporno prava odločitev. Na mestih počasnega težkega prometa ali na mestih pogostega zaviranja in pospeševanja težkih vozil je tudi pri manjših prometnih obremenitvah izbira betonskega vozišča ekonomsko upravičena. Sem spadajo npr. območja vzponov, križišč, avtobusnih postajališč ali pasov za avtobusni promet. Dunaj, kjer se delež betonskih vozniških površin stalno povečuje, je dober primer upravičenosti gradnje betonskih vozišč v urbanem okolju.

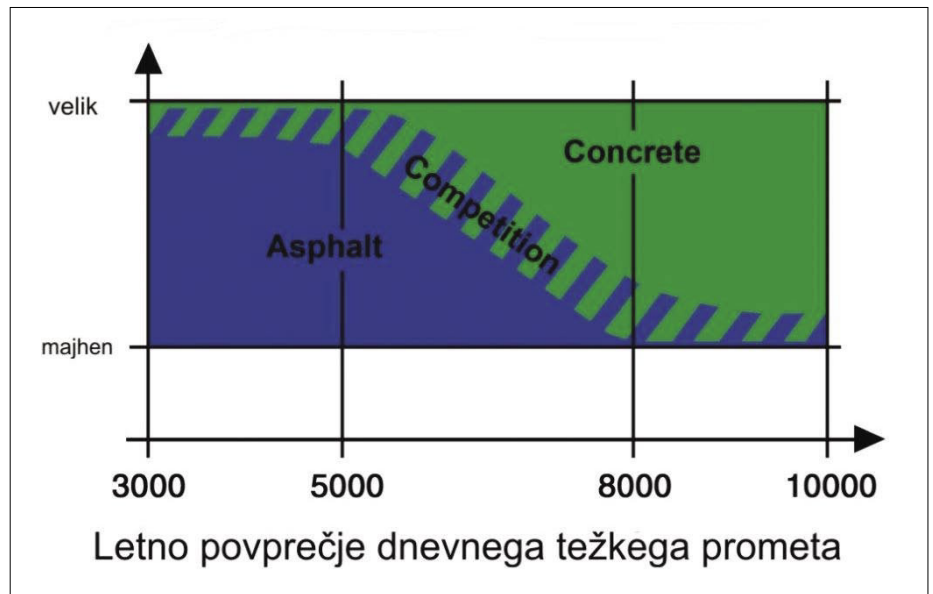
Slika 9 shematsko prikazuje območja upravičenosti gradnje betonskih in asfaltnih vozišč v odvisnosti od prometne obremenitve ter deleža cest s počasnim težkim prometom. V primeru presečnega območja se mora za dotično gradbišče odločitev sprejeti na osnovi makroekonomskih kriterijev in konkurenčne primerjave tržnih cen.

Absolutno pravilne izbire ni. Izbor voziščne konstrukcije vedno predstavlja neki kompromis. Betonska vozišča so ekonomsko upravičena in konkurenčna za ceste s težko prometno obremenitvijo, če so koncipirane za 40- do 50-letno življenjsko dobo in izvedene tako, da v prvih 15 do 20 letih ne potrebujejo praktično nobenega vzdrževanja. Pri gradnji betonskih vozišč se je treba zavedati, da sta proizvodnja in vgradnja betona relativno zahtevna procesa. Beton ne dopušča napak in površnosti. Napake in pomanjkljivosti vodijo k manjvrednosti, ki se pogosto dajo le nezadovoljivo odpraviti. To postavlja visoke zahteve glede strokovnega znanja in skrbnosti vseh udeležencev.

10.2 Ekonomski vidiki

Mednarodni strokovni posvet Makroekonomski vidiki betonskih vozišč 2005 (Breyer, 2006)) je pokazal, da mora trajnostna in celostna analiza betonskih vozišč poleg diskusije o materialnih in načinu izvedbe vozišča upoštevati socialne, ekonomske in okoljske vidike gradnje betonskih vozišč, ki zahtevajo dolgoročno vizijo. Makroekonomske koristi nekega vozišča je možno oceniti in ovrednotiti na osnovi analize celotnih stroškov življenjskega cikla ter analize koristi (analiza stroškov in koristi) ter na osnovi pravnih predpisov in pogodbenih obveznosti, okoljskih prednosti in prednosti za uporabnike cest.

Za strateško in makroekonomsko ovrednotenje investicij pa se ponuja analiza uporabne vrednosti (analiza stroškov in koristi). Ob



Slika 9 • Shema za odločanje o izbiri nosilnega in obrabnega sloja

tem se upoštevajo vsi pomembni cilji, kot so makroekonomski in regionalni pomen, koristi za uporabnike cest in krajane. Da bi omogočili primerjavo rezultatov analiz, se priporoča standardizacija tega procesa. Ovrednotenje ciljev in kriterijev zniža subjektivnost in napačne interpretacije izsledkov. Poleg diskontirane vrednosti in ovrednotenja koristi se pri analizi uporabne vrednosti priporočata ekološka sprejemljivost in morebitna tveganja ob izvedbi projekta kot dodatna kriterija.

Pri izbiri nosilnega in obrabnega sloja cestišča so pomembni tudi določanje intervalov vzdrževanja in določitev obdobja, ki se analizirajo, pa seveda tendenca naraščajoče prometne obremenitve. Čeprav je načeloma treba za vsak primer posebej pripraviti primerjalni izračun stroškov in uporabne koristi, ti izračuni kažejo naslednje značilnosti: gradnja betonskega cestišča je ekonomsko upravičena pri visokem deležu težkega prometa, pri visokem deležu počasnega prometa kakor tudi pri poljskih in gozdnih poteh z nizko prometno obremenitvijo. Poleg tega v specialnih primerih, kot so cestišča v predorih, odstavne površine za težki promet in krožišča. Zakonski predpisi zapovedujejo upoštevanje makroekonomske gospodarnosti v čedalje večjem obsegu. Gre predvsem za vprašanje, kaj zakoni nalagajo investitorju in kakšno stanje cest mora zagotavljati. Zaradi daljše časovne uporabnosti betonskih cestišč brez potrebnih vzdrževalnih posegov se na dolgi rok dosega dodatna prednost: neomejena razpoložljivost cest in pozitiven učinek na prihodke iz cestninjenja.

10.3 Okoljski vidiki

Ne samo na področju stroškov, tudi z okoljskega vidika imajo betonska cestišča prednosti. Reciklabilnost betona je pomemben dejavnik pri ovrednotenju trajnosti. Na ta način se varčuje z naravnimi surovinami, saj je mogoče koristiti material starega betonskega cestišča in iz njega ustvariti ponovno visokokakovostno cestišče. Tudi naravna pokrajina se ščiti, saj niso potrebna odlagališča, in obremenitev zaradi prevozov (do- in odvoz) se omeji na minimalni ravni in s tem se zmanjšajo tudi emisije.

10.4 Socialni vidiki

Zelo pomemben argument je varnost. V Avstriji že 15 let uveljavljeno betonsko vozišče, izvedeno po postopku izpostavljenih zrn agregatov, dosega odpor proti drsenju, ki ga uporabniki cest danes pričakujejo kot samoumevnega. Ravnost cestišča tako v prečni kot tudi vzdolžni smeri je varnostna in udobnostna značilnost, ki se v določeni meri pozitivno odraža pri porabi goriva. Posebna ugodnost je, da pri betonskih cestiščih ne nastanejo kolesnice. Še premalo pa so raziskani pozitivni učinki svetlejših površin cestišča, ki jih velja prištevati k socialni trajnosti.

Makroekonomsko korist nekega vozišča je mogoče ovrednotiti le ob skupnem upoštevanju in tehtanju vseh navedenih vidikov – ekonomskih, socialnih in ekoloških – tako za investitorja kot za uporabnika cest in okolje, in to ob predpostavki trajne uporabnosti.

11 • LITERATURA

- Breyer, G., Entscheidungskriterien für den Bau von Betonfahrbahndecken in Österreich, Vortrag bei der 1. Konferenz »Betonfahrbahnen 2004« in Slavkov, CZ, 2004.
- Breyer, G., Steigenberger J., Betondecken aus volkswirtschaftlicher Sicht, Wien, 2006.
- Haberl, J., Litzka, J., Bewertung der Nahfeld-Geräuschemission österreichischer Fahrbahndeckschichten, Reihe Strassenforschung des BMVIT, Heft 554, p. 63, Wien, 2005.
- Haider, M., Lärmtechnisches Verhalten von Waschbetonoberflächen, BMVIT Straßenforschung, Heft 583, Wien, 2009.
- Klinke, H., Rischer, M., Steigenberger, J., 12-Stunden-Beton, Reparaturarbeiten an der A 23 jetzt noch schneller, Zement und Beton, Heft 3, 2002.
- Litzka, J., Dimensionierung von Betondecken – Bemessungssicherheit und Life-Cycle-Costs, Betonstrassen 2003, Vortragsveranstaltung 22, Zement und Beton, Mai 2003.
- Merkblatt »Kreisverkehrsanlagen mit Betonfahrbahndecke«, ÖVBB, Wien, 2006.
- FSV, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße–Schiene–Verkehr, Merkblatt RVS 08.17.03, Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecke, Wien, www.fsv.at, Oktober 2008.
- ÖN, Österr. Normungsinstitut, ÖNORM EN 196-1, Prüfverfahren für Zement, Teil 1, Bestimmung der Festigkeit, , Wien, Juli 1995.
- ÖN, Österr. Normungsinstitut, ÖNORM EN 197-1, Zement – Teil 1, Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement, Wien, Dezember 2000.
- ÖN, Österr. Normungsinstitut, ÖNORM B 3327-1, Zemente gemäß ÖNORM EN 197-1 für besondere Verwendungen, Teil 1, Zusätzliche Anforderungen, Wien, Jänner 2002.
- FSV, Österr. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, RVS 03.08.71 (RVS 2.21),, Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Oberbaukonstruktionen im Straßenbau, Wien, Mai 2001a.
- FSV, Österr. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, RVS 09.01.23 (9.234),, Projektierungsrichtlinien für Tunnel, Bauliche Gestaltung, Innenausbau, Wien, September 2001b.
- FSV, Österr. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, RVS 08.17.02, Betondecken, Deckenherstellung, 2007.
- FSV, Österr. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, RVS 03.08.63, Oberbaubemessung, 2008.
- Steigenberger, J., Noch kürzere Reparaturzeiten mit dem 12-Stunden-Beton, Aktuelles zum Thema Betonstraßen, update, 2/2003.
- Steigenberger, J., Macht, J., Krispel, S., White Topping – Erfahrungen von einer Versuchsstrecke, Straßenbautechnisches Seminar, ISTU, Vortragsmanuskript, 2007.
- VÖZ, Verein der Österr. Zementfabrikanten, Wegebau mit Beton, Broschüre, Wien, 1982.