

Teadus- ja arendustöö

Nihkekindlate katendite väljatöötamine ristmikel

Teekatte vajumisest tingitud roopad mnt nr 11 Tallinna ringtee Põrguvälja ristmikualas.

ERC Konsultatsiooni OÜ koos kolleegidega uuris teadus- ja arendustöö „Ristmikel nihkekindlate katendite väljatöötamine“ raames Eesti maanteed ristmikualade katendeid, et analüüsida staatilise koormusega seonduvaid teelõike (ristmikualasid) ja töötada välja meetmed staatilise koormuse vastuvõtmiseks, mis võimaldaks pikendada teekatete remontide vahelist perioodi. Teadus- ja arendustöö teostamiseks valiti Eesti riigimaanteedelt 15 ristmikku, mille ristmikualas mõõdeti teekattes olevate roobaste sügavused, määrati kindlaks teekatte seisukord ning teostati puurimised katendikihtide paksuste määramiseks.

Teekatenditele kujunevad roopad kahel viisil: esimene seonduv sõiduautode naastrehvide kasutusega, misjuhu roobaste vahe on kitsam ja ka roopad ise veidi kitsamad ning roobastel ristmike alal ja mujal teekattel erilist vahet ei ole; teine seonduv otseselt raskeliiklusega ja aeglase sõidukiiruse aladega, kus roopad on laiemad ja ka roobaste vahe on suurem.

ROOPA TEKKIMINE

ROADEX-projekti (www.roadex.org) raames on analüüsitud roobaste tekke mehhanisme ning roopad jagunevad selle järgi nelja tüüpi (*Mode*). Esimesed kolm on erinevat tüüpi deformatsioonid, neljas puhtalt kulumine. Reaalses elus toimivad need protsessid kõik siiski korraga ja teatud ulatuses on võimalik eristada, kui suure ulatuses võib katte pinnal moodustu-

nud roobas olla põhjustatud ühest või teisest tegurist.

Kui esimest liiki deformatsioonide (*Mode 0*) vähendamine on võimalik korrekse ehitustehnoloogiaga (nt segu projekteerimine, paigaldustemperatuur ja objektile saavutatud tihedus), siis teist liiki deformatsioonid (*Mode 1*) tulenevad konkreetselt asfaltsegu omadustest ja ehitusprotsessis neid enam kahjaks muuta ei ole võimalik. Kolmanda liigi (*Mode 2*) puhul on tegemist teekonstruktsiooni aladimensioneerimisega, mille võimalikud põhjused võivad olla nii ehituslikud (nt kihtide segunemine, sobimatud materjalid) kui ka tuleneda projektist (tagasihoidlik liiklusprognoos, muutlikud geotehnoloogilised tingimused või ebapiisav uuritus, arvestuslikust nõrgem aluspinnas või kõrgem veetase) ning neljanda (*Mode 3*) puhul võib protsessi pidurdada kulumiskindlama kivimaterjali kasutamine, kuid naastrehvide kasutamise korral seda täielikult ära hoida ei ole võimalik. Järelduseks liikluse all on paratamatu, roopasügavuse uuringud nii meil kui ka mujal maailmas näitavad, et esimese hooajaga moodustuv roobas areneb kaks kuni neli korda kiiremini kui järgmistel aastatel. Asfaldi toimimiseks elastse struktuurina peab konstruktsiooni kiht sisaldama tühikuid, mis ei ole täidetud bituumeni ja filleeriga. Need tühikud on koormuse all kokkusurutavad ja teekattele tekkinud deformatsioonid on taastuvad. Kui poore on liiga vähe, deformeerub koormuse all asfaldikiht ise ning see deformatsioon



Tiit Kaal,
konsultant
ERC Konsultatsiooni OÜ



Ain Kendra,
konsultant
T-Konsult OÜ

enam ei taastu. Samuti on oluline asfaltsegu karkassi moodustav mineraalmaterjali skelett, sest mida suuremat fraktsiooni kasutatakse, seda nihkekindlam asfaltsegu saadakse.

Näiteks ulatusid Pärnus Tallinna maantee ristmikul mõõdetud roopasügavused 9 cm-ni, kusjuures kõigil suurema roopasügavuse juhtumitel esines selge lainehari roopa kõrval. Roopa sügavus algse kattetasandi suhtes on samas suurusjärgus laineharja kõrgusega, mis viitab selgelt materjali ümberpaiknemisele asfaldikihtide piires.

Enamikul mõõdetud teelõikudel (ristmikualadel) oli selgelt täheldatav oluline roopa sügavuse suurenemine ristmiku stopppoone suunas. Suurimad roopa sügavused on mõõdetud üldjuhul vahemikus 0–20 m enne stopppoont.

Võrreldes omavahel teekatte vanust ja roopa sügavuse kasvukiirust, taandatuna

1000 sõidukile (AKÖL), ilmnes, et uuematel teekatetel (vanus alla 4 aasta) on roopa sügavuse arengukiirus selgelt suurem kui vanematel teekatetel.

Suuremate kattepinna deformatsioonide aladel, kus võrreldi teekonstruktsiooni kandevõime mõõtmistulemust praeguse liiklussageduse alusel tuletatud vajaliku kandevõime väärtusega, fikseeriti ka kogu katendikonstruktsiooni kandevõime puudujääk. Samuti uuriti detailsemalt FWD vajumikausi parameetrite väärtusi (SCI, BDI, BCI).

Teekonstruktsiooni kandevõime olukorra põhjal oli analüüsitud 15 ristmikku võimalik jagada kolme gruppi:

Grupp I: teekonstruktsiooni kandevõime (nii üldine kui ka konstruktsiooni erinevates kihtides) vastab või peaaegu vastab nõuetele; ristmikel mõõdetud suurima roopa sügavuse väärtus (ristmike keskmine) on 10 mm;

Grupp II: teekonstruktsiooni kandevõime nõuetele vastavuse suhtes esineb kohati (erinevates kihtides) probleeme; ristmikel mõõdetud suurima roopa sügavuse väärtus (ristmike keskmine) on 28 mm;

Grupp III: teekonstruktsiooni kandevõime nõuetele vastavusega on üldiselt ja/või konstruktsiooni kihiti tõsiseid probleeme; ristmikel mõõdetud suurima roopa sügavuse väärtus (ristmike keskmine) on 50 mm.

Analüüsi tulemusena eristus tugev seos teekonstruktsiooni kandevõime probleemide ning roopa sügavuse vahel. Grupi III ristmikealade keskmine roopa sügavus on viis korda suurem võrreldes grupi I ristmikealade roopa sügavusega.

Ilmselt on vajalik tugevdatud katendikonstruktsiooni kasutamine siiski kogu ristmikuala ulatuses, kuid tõenäoliselt puudub vajadus ala pikendada veel saja meetri ulatuses ristmikult lahkuval suunal, nagu tänasel päeval on projekteerimismõnnetes määratud. Kontrollarvutused kiiruse mõju ulatuse hindamiseks katendikihtide paksusele Taani katendiarvutuse tarkvaraga MMOPP2013 näitavad, et sõltuvalt koormussagedusest on vaja lisada, võrreldes meie tänase katendiarvutustetoodikaga, asfaltkatte alakihis täiendav kihipaksus vahemikus 20–60 millimeetrit.

RAHVUSVAHELINE KOGEMUS

Uuriti ka teiste riikide kogemusi raskelt koormatud alade katendikonstruktsioonide dimensioneerimisel. Soome projekteerimisjuhendites loetakse staatilise koormusega alaks peatumiskohustusega ristmikuala 100 meetrit enne stoppjoont kuni 60 meetrit pärast stoppjoont teedel, kus liigub vähemalt 3000 autot ööpäevas. Soome reeglite järgi tuleb sellistes kohta-



Teekatte roopa sügavuse mõõtmine 3-meetrise latiga.

des kasutada täiendavat 8 cm asfaldikihti, vähendades sama palju killustikaluse pakust, ning lisaks sellele ka nihkekindlamat asfaltsegu. Eesti projekteerimismõnnetes on kirjutatud Soome eeskujul täiendava asfaldikihi kasutamise kohustus. Rootsi normides arvestatakse üldisena lisaks dimensioneeritud katte paksusele kulumisvaru 2 cm, kuid ristmikualadel erikäsitus ette ei nähta. Taani normides nähakse ette asfaldi elastsusmooduli sõltuvus sõiduki kiirusest, mis otseselt mõjub ristmikualadele (sõiduki liikumisel jalakäijakiirusel väheneb asfaltkatte elastsusmoodul võrreldes tavasõidukiiruse olukorraga 70%). Lisaks arvestatakse koormuse erisusi üherajalistel ringristmikel (koormussagedus kahekordistatakse, mis sisuliselt on lähedane summaarsele koormussageduse arvestusele koos ristuva teega) ning parandustegurit sõiduraja laiusest ja tehniliselt kitsendatud liikluskoridorist.

Mitmed välismaised uuringud näitavad, et suurimad nihkepinged asfaldis esinevad sügavusel 4–10 cm katte pinnast. Samuti on leitud, et paigaldatav asfaldi kihipaksus peaks olema vähemalt 3D ehk kolm korda suurem asfaltsegus kasutatava täitematerjali terasuuruse maksimaalsest mõõdust. Väiksema paksuse puhul võib tihendamisprotsessis kivimaterjal puruneda, suurema paksusega võib kiht olla raskesti tihendatav. USA uuringud on kinnitanud, et nihkekindluse saavutamiseks peab tiheda asfaltbetooni (kulumis- ja vahikiht) jäävpoorsuse olemas projekteeritud 4% juurde. Väiksema poorsuse korral on segu küll paremini paigaldatav (töödel-dav), kuid deformatsioonid muutuvad

plastseks. Lisaks terastikulisele koostisele on oluline ka kasutatav bituumen – seetõttu kasutatakse näiteks Taanis polümeermodifitseeritud bituumenit ja tardkivikillustikku kahes ülemises kihis. Sealne aluskiht on üldjuhul purustatud kruusast tavabituumeniga ning vajalik kandevõime saavutatakse just alumise asfaldikihi tasemel. Nihkekindluse saavutamiseks on polümeermodifitseeritud bituumenit otstarbekas kasutada AC bin kihis, mis katab just nihkepingete seisukohalt olulise 4–10 cm sügavusvahemiku. Kulumiskihis modifitseeritud bituumeni kasutamine on vajalik ainult selleks, et kompenseerida tavabituumeni puudujääke, tagamaks kulumiskihis omaduste stabiilsust.

JÄRELDUSED

Suurimad probleemid ristmikel esinevad stoppjoonele eelneval alal, mis võib teatud juhtudel olla ka pikem kui 100 meetrit (kui tegemist on maanteekiirusest kiiruse alandamisega või ka pikkade ootejärjekordadega). Pikem mõjuala esineb nii maanteel nr 11 Tallinna ringteel Põrguvälja ringile pealesõidul ja Jälgimäe foorrismikul kui ka maanteel nr 49 Imavere – Viljandi – Karksi-Nuia Paia ristis Imaveres. Samas on paljudel juhtudel raske tulemusi võrrelda, kuna vahetult ristmikule eelnev ala on hiljem remonditud (info selle kohta teeregistris aga puudub), kaugemal kui 100 meetrit seda teatud ei ole ja seetõttu võivad järeldused olla moonutatud.

Ristmike staatilise koormuse esinemisalaks tuleks lugeda ala vähemalt 100 meetrit enne stoppjoont kuni ristmiku piirini ristmikult väljasõidul. Staatilise



koormusega tuleb arvestada juhul, kui perspektiivne liiklussagedus sellel harul ületab 3000 autot ööpäevas ning üle kuue meetri pikkuste sõidukite liiklussagedus on vähemalt 300 sõidukit ööpäevas (mõlemad suunad kokku).

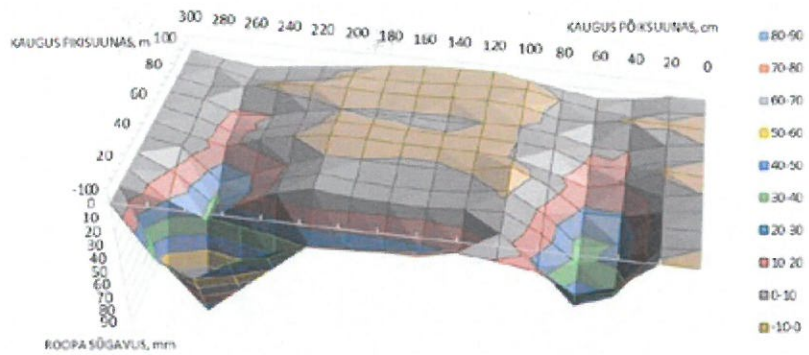
Staatilise koormuse korral tuleb kasutada polümeermodifitseeritud bituumeeni AC bin kihis ning suurendada AC base kihipaksust 2–6 cm võrra. Ruutmeetri ehitismaksumus tõuseb sellega (2015. aasta sügise bituumenihinna alusel) ca 6–10 €;

Teadusuuringute ja eri riikide praktika analüüs viitab vajadusele korrigeerida asfaltsegude projekteerimise ja kvaliteedikontrolli käigus kasutatavaid parameetreid, et tagada katendikihtide vajalik jäävpoorsus, kaotamata seejuures tugevusnäitajates.

Katendi kulumiskihis jäigemate (sh hüdraulilise sideainega) segude kasutamisega efekti ei saavutata, see võib kaasa tuua pigem probleeme ristmikuala haardeteguriga;

Tsementstabiliseeritud ja ka kompleksstabiliseeritud aluste kasutamine parandab katendi nihkekindlust, kuid komplitseerib ehitusprotsessi juhul, kui tuleb tagada pidev liiklus objektil. Uusehitiste puhul on see siiski üks võimalus, nagu ka tsementbetoonist alusele asfaltbetoonist katte ehitamine (tsementbetoonist aluse ja asfaltbetoonist kulumiskihi vahel suhteliselt õhuke AC bin kiht, mille ülesanne on tagada nake tsementbetooni ja kulumiskihi vahel ning kaitsta alust libedustõrje soolvee eest, mis võib läbida SMA kihi).

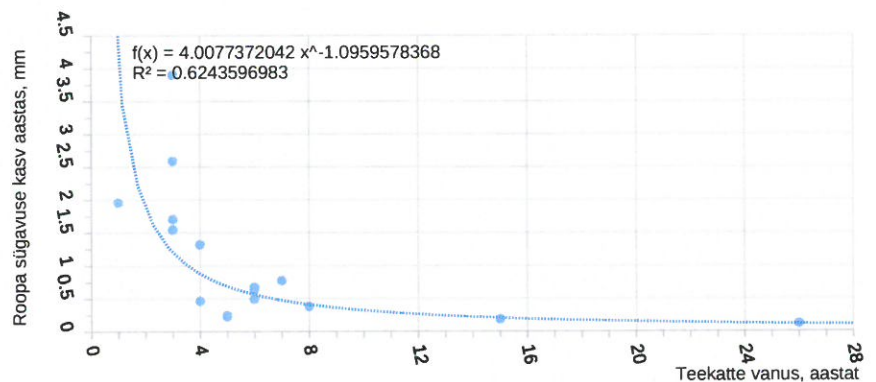
Teadus- ja arendustöö on täismahus leitav Maanteameti kodulehelt www.mnt.ee.



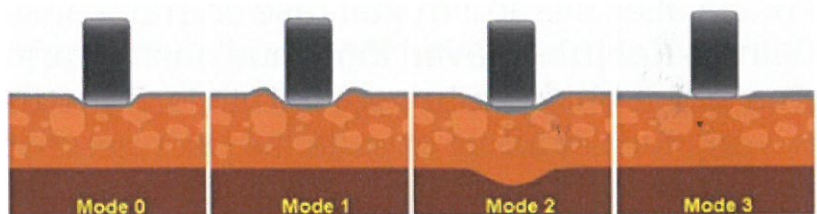
Roopa sügavus maanteel nr 4 Pärnus Tallinna mnt ristmikul välimisel vasakpöörde sõidurajal.



Roopa sügavuse muutus maanteel 4 Pärnus Raba tn ristmikualal



Teekatte vanuse ja roopa sügavuse aastase kasvu (taandatuna AKÖL-i väärtusele 1000 autot/ööpäevas) vaheline seos.



Roobas on tekkinud asfaldi järeltihenemisest. Täiendavad deformatsioonid pinnal aluses puuduvad.

Roobas on tekkinud asfaldi madalast nihkekindlusest. Materjal surutakse sõidujäljest kõrvale ja ilmneb selge laine-hari jälje kõrval.

Roopa tekke põhjus on teekonstruktsiooni puudulik kandevõime ning deformatsioonid ulatuvad alusesse.

Puhtakujuline kulumisroobas. Deformatsioon piirdub ainult kulumiskihiga.