

REIB-i ja Geolite-i ehitusgeoloogiliste uuringute võrdlus E67 Tallinn-Pärnu-Ikla maantee Konuvere–Päärdu teelõigul (km 78,8–85,3)

Eesmärk

Esile tuua peamised erinevused viirsavi kihtide (kihid 2.–4.) ja aluspõhja (kihid 7a, 7b, 7c) pinnaseomadustes, mis on määratud Geolite SIA uuringuga GL-3150 ja võrrelda neid riigihankes (viitenumber: 301473) sisalduvate või viidatud uuringute (REIB GE-2371; GE-3238 ja GE-3424) tulemustega.

Rõhuasetus on muudatustel, mis on ehituse töövõtja GRK Eesti AS jaoks ebasoodsamad või võivad mõjutada projekteerimis- ja ehituslahendusi ning kulusid. Erilist tähelepanu pööratakse rajatistele: Konuvere ökodukt, Vana-Matsi riste ja Päärdu liiklussõlm.

Varasemad uuringud teelõigul:

- GE-2371-1 (REIB 2019 a.; km 77,7–88,7; eelprojekt) – 846 puurauku rikutud struktuuriga pinnaseproovi võtmist.
- GE-3238 (REIB 2022 a.; km 78,8–99,0; eelprojekt rajatistele) – 149 puurauku, 23 SLP/LP sondeerimist sügavuseni 13,45 m ümp ja 74 pinnaseproovi võtmist.
- GE-3424 (REIB 2023 a.; Konuvere – Pärnu-Jaagupi; eelprojekt müraseintele ja rajatistele) – 40 puurauku sügavuseni 17,3 m ümp DPSH dünaamilise sondeerimisega, müratõkete ja viaduktide jaoks, paar puurauku km 78,8–85,3 teelõigu rajatiste lähedal.

Kõigis nendes uuringutes võeti rikutud struktuuriga proovid puurimisega ning teostati SLP/LP sondeerimised. Varasemad uuringud geoloogilisest kihistusest, kihtide piiridest ja põhjaveest esitavad hea ning omavahel kooskõlalise pildi, kuid pinnaste tugevus- ja deformatsiooniomadused põhinevad normatiivsetel korrelatsioonidel. Eeldatavasti on kasutatud ainult SLP/LP meetodi tulemusi. Need annavad usaldusväärsemaid tulemusi keskmise kuni keskmisest suurema tugevusega pinnastes, kuid pole piisavalt tundlikud nõrkade savipinnaste jaoks.

Laboriprogrammid (Eesti Keskkonnauuringute Keskus, Gruntseksperits / LatGeoLab, TREV-2) hõlmasid ainult pinnase klassifitseerimist. Näiteks GE-3238 uuringu Gruntseksperitsi katseprotokoll 723-2022 sisaldab pinnaste lõimise määramist koos klassifikatsiooniga (36 lehte).

1. Savi kihid 2, 3 ja 4

REIB ja Geolite uuringute sondeerimisprofiilid on sarnased ja omavahel kooskõlas. Erinevused on kihtide omaduste väärtustes. REIB GE-2371-1 aruandes on savi kihid 11 (orgaanikaga savi) ja 10 (savi). Kiht 11 on õhukese kihina maapinna lähedal, analoogselt Geolite uuringu kihiga 2. Kiht 10 on põhiline savikiht, mis oma sügavuselt vastab Geolite kihtidele 3 (põhiline savikiht) ja 4 (vähema veesisaldusega savi alumine osa). REIB GE-3238 aruandes on peamiseks saviks kiht 23 (savi kuni liivaga savi). GE-3424 aruandes on peamiseks saviks kiht 5 (savi).

Geolite määrangud põhinevad ulatuslikel välitöödel ja laborikatsetel. REIB-i aruanded ei sisalda savide rikkumata struktuuriga proovide võtmist ja katsetamist, mistõttu deformatsiooni- ja tugevusparameetreid (E , ϕ' , c' , c_u) on esitatud ainult üldistatud kujul, vastavalt eeluuringu nõuetele. Geolite uuring sisaldab laboriprogrammis ödomeetri-, nihke- ja kolmetelgseid surveteime ning tavapärased veesisalduse määranguid. Selleks puuris Geolite 8 puurauku, kust võeti Shelby torusse rikkumata struktuuriga pinnaseproovid ja lasti katsetada savisid laboris ödomeetri-, kolmetelgse-, otsese nihtekatsetel. Välitöödel määrati nõrkade pinnaste drenimata nihketugevus tiivikkatsetega. Lisaks kontrolliti pinnaste parameetreid 82 CPT/CPTU sondeeringu alusel. Samuti hõlbustas viirsavi kihtides iga 20 cm sügavuse intervalliga võetud proov veesisalduse määranguks liigitada savikihi kolmeks osaks (2, 3, 4), mida ei ole võimalik eristada ainult puuraugu- ja SLP/LP sondeerimisandmete põhjal.

Tabel 1. Põhiliste savikihtide 3 ja 4 andmete võrdlus eelprojekti uuringutega

Asjaolu kirjeldus	REIB uuringu aruanded	Geolite uuringu aruanne GL-3150	Geolite GL-3150 järgi võimalik mõju projekteerimisele ja ehituskuludele
Deformatsioonimoodul E (MPa)	Kiht 10 aruandes GE-2371-1. $E = 6$ MPa. Kiht 23 aruandes GE-3238. $E = 4$ MPa. Kiht 5 aruandes GE-3424. $E = 3$ MPa. (E üldistatud väärtused, survevahemikku ei ole määratletud.)	Kihid 3 ja 4. $E_o = 1,0\text{--}1,6$ MPa (survel 100 kPa) ja $E_o = 0,9\text{--}1,4$ MPa (survel 200 kPa)	REIB aruannetes on savi jäikus hinnatud 2–4 korda suuremaks. Prognoositavad vajumised tekivad GL-3150 andmete järgi oluliselt suuremad, mis mõjutavad geotehnika erimeetmete projekteerimist ja ehitamist.
Dreenimata nihketugevus $c_{u,k}$ (kPa)	Kiht 10 aruandes GE-2371-1 $c_{u,k}$ ei ole määratud. Kiht 23 aruandes GE-3238 $c_{u,k} = 35$ kPa. Kiht 5 aruandes GE-3424 $c_{u,k} = 25$ kPa.	Kihid 3 ja 4. $c_{u,k} = 17\text{--}18$ kPa	Geolite tiivikkatsetega mõõdetud ja arvutatud c_u väärtused on kontrollitud ka kolmetelgsete surveteimide, nihketeimide ja CPT korrelatsioonide järgi. Nihketugevuse madalam väärtus mõjutab oluliselt stabiilsus-arvutusi ning geotehnika erimeetmete projekteerimist ja ehitamist.
Efektiivne sisehõõrdenurk ϕ' (normatiivsed väärtused)	15–18°	17–21°	Võrreldavad suurusjärgud. Geolite väärtused on määratud laborikatsetuste põhjal.
Efektiivnidusus c' (normatiivsed väärtused)	15–25 kPa	5 kPa	REIB aruandes nidusus 3–5 korda suurem. Mõjutab stabiilsusarvutusi.
Kokkusurutavus ja konsolidatsioon viirsavis	---	$C_c \approx 0,5\text{--}1,1$; $c_v \approx 1,4\text{--}2,2$ m ² /a	Sisendinfo vajumisarvutusteks. Väga aeglane primaarne konsolidatsioon. Geotehnika erimeetmete projekteerimise ja ehitamise vajadus.
Pingeajalugu viirsavis	---	$\sigma'_{p,k} \approx 68\text{--}85$ kPa; OCR $\approx 1.5\text{--}1.7$ (POP $\approx 26\text{--}27$ kPa)	Sisendinfo vajumisarvutusteks. Vähesel määral ületihenenud pinnas. Vajumite juurdekasv on mittelineaarselt kasvav koormuse lisamisel üle POP väärtuse. Geotehnika erimeetmete projekteerimise ja ehitamise vajadus.

2. Aluspõhja kihid

REIB aruannetes GE-3238 käsitletakse aluspõhja ülaosa lubjakivina. Geolite kontrollis aluspõhja kõigi rajatiste piirkonnas manteltoru abil tehtud südamikpuurimisega ja tegi kindlaks, et aluspõhi algab kõva saviga (kiht 7a), kohati tuvastati mergel (kiht 7b). Massiivne lubjakivi (kiht 7c) lasub mitu meetrit sügavamal REIB-i pinnaseprofiilidel esitatust. Märkimisväärne on see, et REIB-i staatilise ja dünaamilise penetratsiooni (SLP ja LP) sondeerimiste graafikud langevad kokku Geolite tuvastatud aluspõhja pindadega. Järelikult tuleneb lahknevus REIB-i puuraukude dokumenteerimisest / interpreteerimisest, mitte aga sondeerimismõõtmistest.

Tabel 2. Aluspõhja (kalju)pinnaste andmete võrdlus eelprojekti uuringutega

Asjaolu kirjeldus	REIB uuringu aruanne GE-3238	Geolite uuringu aruanne GL-3150	Geolite GL-3150 järgi võimalik mõju projekteerimisele ja ehituskuludele
Aluspõhja kihistus	Kiht 27. Murenenud lubjakivi, mis sisaldab mergli vahekihte. Kiht 28. Lubjakivi, mis sisaldab mergli vahekihte.	Uuritud sügavuses jagatud kolmeks. Kiht 7a, kõva aluspõhja savi. Kiht 7b, mergel. Kiht 7c massiivne paas.	Sõltuvalt pinnaste omadustest, rajatise koormustest, vundeerimisest jms projekteeritakse vaiad toetuma kihti 7a, 7b või 7c.
Massiivse lubjakivi pealispind rajatiste piirkondades	Tuvastatud 0,1–9,2 m kõrgemal kui Geolite uuringus	Südamikpuurimiste tulemuste järgi: ökoduktil ≈ 9 m sügavamal; Vana-Matsi riste $\approx 0,9$ –4,5 m sügavamal; Velise jõe kallastel – sama; Päärdu LS $\approx 1,6$ –6 m sügavamal.	Vaiad, mis on vaja projekteerida massiivsesse lubjakivisse, saavad olema pikemad. Võimalik mõju Konuvere ökoduktil, Vana-Matsi ja Päärdu maasildadel.
Kivimite (pinnaste) füüsilis-mehaanilised omadused / parameetrid	Ei ole kirjeldatud. On kirjeldatud mahukaal ja lubatava arvutussurve väärtused q_u (MPa).	Kiht 7a. Kõva savi. R_c 0,6–3,1 MPa; $c_{u,k} \approx 500$ kPa. Kiht 7b. Mergel. $R_{c,k} \approx 8$ MPa. Kiht 7c. Paas. $R_c = 26$ –136 MPa (keskm. ≈ 54 ; $R_{c,k} \approx 40$ MPa); RQD 37–59 % (keskm. ≈ 48 %); karsti reljeef kihi ülaosas	On tuvastatud murenenud nõrgad kihistused ja võimalikud karsti kohad, mida arvestada projekteerimisel ja kohtvaiade ehitamisel.
Vaia taldmiku ühikpinna kandevõime aluspõhja kihtidel $q_{b,k}$ (MPa)	Kiht 27. $q_{b,k} = 800$ t/m ² ehk ≈ 8 MPa. Kiht 28. $q_{b,k} = 2000$ t/m ² ehk ≈ 20 MPa.	Kiht 7a. $q_{b,k} = 4,5$ MPa. Kiht 7b. $q_{b,k} = 8$ MPa. Kiht 7c. $q_{b,k} = 40$ MPa.	Kiht 7a katsetulemused on nõrgemad kiht 27 väärtustest. Kiht 7b ja kiht 27 andmed on võrreldavad. Kiht 7c katsetulemused on keskmiselt tugevamad kiht 28 väärtustest.
Sondeerimise graafikud	SLP / LP sondeerimise andmed on esitatud esinduslikult (kvaliteetselt).	SP (CPT) andmed REIB andmetega hästi, kihistuse määramisel takistuste hälbed 0 +/-0,5 m. LP sondeerimist ei tehtud. (Märkus: CPT takistus Päärdu LS iseloomustab CPT-masina penetratsiooni jõudluse maksimumi, mitte aluspõhja lasumissügavust.)	Kaks uuringut kattuvad seal, kus andmed on võrreldavad. Uut, täiendavalt uuritud, aluspõhja mudelit (kihid 7a, 7b ja 7c) võib pidada projekteerimise alusena usaldusväärsemaks.

3. Kokkuvõte

Riigihanke (viitenumber: 301473) dokumentatsiooniga võrreldes on peamised ebasoodsamad muutused ehituse töövõtjale GRK Eesti AS järgmised:

(1) pehmete viirsavide mõõdetud väga väike jäikus ja tugevus ($E_0 \approx 0,9-1,6$ MPa; $c_{u,k} = 17-18$ kPa) koos aeglase konsolideerumisega, mis määravad vajaduse eeldatust suuremas mahus projekteerida ja ehitada geotehnilisi lahendusi kõrgete muldkehade stabiilsuse tagamiseks, vajumiste kontrolliks ja/või nende esile kutsumiseks ettenähtud lepingu täitmise perioodil ja arvestades Transpordiameti kehtestatud piirväärtusi. Geotehnilisteks erimeetmeteks on pinnassambad, plastikust vertikaaldreenid, geosünteedid, jms. Samuti ka rajatiste vaivundamendid, mis on mõjutatud suurematest vajumistest (vertikaalsuunalised), kaasnevatest horisontaalsuunalistest deformatsioonidest nõrgas viirsavis, aga ka täiendavatest põikjõududest ja momentidest.

(2) massiivse lubjakivi lasuvus on sügavamal Konuvere ökodukti, Vana-Matsi riste ja Päärdu liiklussõlme piirkonnas. Asjaolu võib avaldada mõju kohtvaiade pikkustele, mis selgub projekteerimisel. Samuti lubjakivi pinna karstiline, kehv kuni rahuldav kvaliteet, mis nõuab arvestamist projekteerimisel ja kontrollimist vaiamistöode ajal ning kiht 7a (kõva savi, Geolite GL-3150 uuringus) madalam tugevus võrreldes kihiga 27 (murenenud paas, REIB GE-3238 uuringus).