

Vastupidava põranda võimalus

Juba vanad egiptlased teadsid, et saviplokid peavad kauem vastu, kui materjali õlgede või loomakarvade abil siduda. Kaasaja uus materjal on kiudbetoon.

Mati Laurson
Savekate OÜ juhatuse esimees

Möödunud sajandi alguses kasutati betooni sidusalaneks asbestikiudu. Et betooniplokid vastupidavamad oleksid, püüti nende armeerimiseks kasutada ka naelu ja metallilaaste, esimesed sellelaadsed katsetused ulatuvad aastasse 1910. Läbirimurre saabus, naüg paljudel muudelgi juhtudel, sõjaväeuringute abil. NATO väed olid häädas selllega, et lennuradade betoonplaatid polnud piisavalt löögikindlad. 1960. aastatel jötigi USA-s kiudbetoonplaatideeni, millega kaetud lennukite maandumis- ja öhkutöös-

misrajad osutusid oluliselt vastupidavamateks.

Kümne aasta pärast osati teha juba selliseid kiutüüpe, mis parandasid oluliselt betooni paindetömbetugevust ja kontrollisid pragude avanemist. Inimene pole küll sõjaväelennuk, aga vastupidavam põrand on hea igas olukorras. Tänapäeval valatakse Eestis 85–90% põrandatest just kiudbetooni kasutades.

Tulemus eeldab teadmisi

Kiudbetoonid ilmusid Eesti betoon-ehitusse 1990. aastate alguses. Aastaraastalt on selle kasutamine kasvanud. Teatud valdkondades on kiudbetoonid suures osas äsendanud ta-

vapärase varrassarrusega armeeritud betoonkonstruktsiooni. Näiteks tehakse selliselt betoonpõrandaid vaid haruharva, sest kiudbetoon kasutada on palju lihtsam. Kiudbetoon on tavapärase sarrustatud konstruktsiooni välja törjunud peamiselt tänu lühemale ehitusajale ning tööjõumahuka armeerimistöö puudumisele.

Peamiselt samadel põhjustel on kiudbetoonid ka eramuuehituses leidnud laialdast kasutamist. Juba mainitud betoonpõrandatele nii elu- kui ka tehnilistes ruumiides kasutatakse kiudbetooni ka linn- ja plaatvundamendite ehitamisel.

Kiudbetoonide edukas kasutamine eeldab materjalide ja tehnoloogia

tundmist ning „vanade heade“ betoneerimisreeglite järgimist. Kiudbetoon ei ole „võlusõna“, mis lahendab iseenesest köik küsimused. Kiudude lisamine betoonile parandab teatud materjali omadusi, mida tuleb osata ära kasutada. Samas ei garanteeri kiudbetooni kasutamine soovitud lõppulemust, kui eiratakse olulisi nõudeid betoonisegu valmismisel ja tööde tegemisel. Vaatamegi järgnevalt, millised teadmised kiudbetoonidest aitavad kaasa hea betoonpõranda valmimisele.

Põrand – projekti vaeslaps

Põrand on ehituskonstruktsiooni- ja huvitava situatsioonis. Betoon-

põrand toetub ehitises kogu aeg mingile alusele – pinnasele, vahelaineelile, soojustuskihilile vms. Erinevalt hoone kandekonstruktsoonidest ei teki seetõttu betoonpõranda täielikul lagunemisel eluohlikku avariisituatsiooni.

Arvatavasti sel põhjusel on projekteerijad ja sageli ka ehitajad põrandud põrandakonstruktsoonidele vähe tähelepanu. Täna selgi päeval leiab ehitusprojektides liiga sageli järgmisi sõnastusi: „põrandakonstruktsoon vastavalt töövõtja ettepanekule“, kuidude tüüp ja kogus vastavalt töövõtja arvutustele” jne.

Vaatamata põhjalike arvutusmetoodikate olemasolule, eelistavad paljud projekteerimisbürood suunata kiud-betoonist põrandakonstruktsoonide spetsifitseerimise kiude turustavatele ettevõtetele, kelle lahendus mõjutab sageli soov oma tooteid müüa. See teeb tellija olukorra raskemaks, kuna vale valik annab ikkagi vale tulmuse.

Sellise „ah, otsustage ise, kuidas saate“ lähenemise tõttu esinevad ehitusprojektides sageli järgmised puudused:

- koormuste vähene või vale tulmendus;
- betoonplaadi paksuse ülemäärase vähendamine;
- materjalide omaduste mitte arvestamine – betooni tardumisel ja kivistumisel toimuvalt protsessid jäetakse sageli tähelepanuta;
- oluliste sõlmede lahenduste puudumine, nägu vuukide joonis, lisasruste asetus jms.

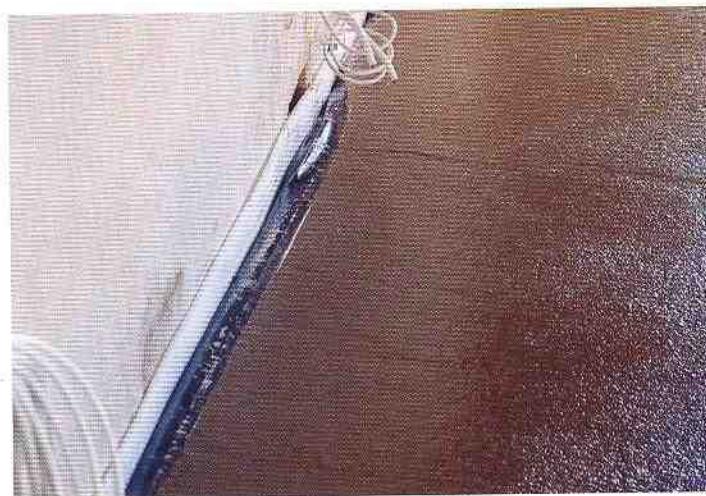
Hoone kasutaja tahaks aga, et kõik töötaks suurepäraselt, mugavalt ja kauakestvalt. Eriti oluline on kõrge kvaliteet suure koormusega tootmisruumides, kuid ega pragunev-pudi-sev keldripõrandki majaomanikku önnelikuks tee.

Paar pragu uhiuues betoonpõrandas võivad esile kutsuda tõsise rahulolematuse, kuigi praod ei pruugi põranda kandevõimet ega kasutusomadusi vähimalgi määral alandada. Katmata betoonpõrandate puhul on ju praod näha ja võivad muuta põranda välisilmet. Seega esitab hoone tellija põrandakonstruktsoonile kohati isegi rangemaid nõudeid kui näiteks raudbetoonist kandekonstruktsoonidele.

Selline olukord paneb betoonpõranda ehitajale väga suure vastutuse ja näitab selgelt, kui oluline on põhjalike teadmiste olemasolu. Kahjuks võimendab eelpool toodud probleemi eestikeelsete juhendmaterjalide puudumine, mis raskendab ka kõige paremate kavatsustega ehitusbrigaadi tööd.



Betonivalu toimub suletud ruumis.



Betonpõrand tuleb hoone vertikaalsetest konstruktsoonidest eraldada.

Millest algavad valikud?

Kui projekt jaab napiks, tuleb materjalide valikul ja ehitustöödel ise targem olla.

Esmalt tuletagem meeldib betooni kui materjalil mõningaid omadusi. Enamik betoone kahaneb kivinemise käigus oma mahus, mis lähenab lihtsalt seda, et betoonkonstruktsooni mõõtmed vähenevad. Kui selline kahaneamine toimub takistamatult (näiteks korralikult õlitatud metallipinnal asetseva betoonplaadi korral), siis kivinev betoonkeha ei pragune.

Juhul kui osutame kivinevabetoonkeha kahanemissele vastupanu, tekivad betooni kahanemispingeid tõttu praod. Selline seaduspära kehtib ka kiudbetoonide korral. Praktikas esineb vaba kahanemist haruharva. Betoonpõrandate juures on alati tegemist betooni takistatud mahukahanemisega. Kahanemist takistavateks teguriteks on näiteks hõore aluse ja betoonplaadi vahel, aluse ebatasasused, vertikaalsed hõoneosad, põrandapla-

ti läbivad kommunikatsioonid, plaatidis paiknev sarrus jms. Meenutades nüüd hoone omaniku ootusi pragudeta betoonpõrandate osas, on ilmne, et lisaks kandevõime tagamisele tuleb nii kavandamisel, materjalide valikul kui ka ehitustöödel leida lähenusi, kuidas võimaldada põrandaplaatil betooni kivinemise ajal maksimaalselt vabalt liikuda (kahaneada). Üldiselt on nii, et betoonpõrandate pragudest on vähem kui 10% tekkinud põrandate ülekoormamise või alustevajumise tõttu. Enamikul juhtudest tekivad praod just takistatud mahukahanemise toimel.

Seega on mahukahanemise haldamine betoonpõrandate ehitamisel äärmiselt oluline märksõna.

Kvaliteetse lõppulemuse saamiseks on oluline valida õiged materjalid. Esimese sammuna tuleb koostada õige betoonisegu. Eestis on vähesed kaubabetoonisegude tootjad välja töötanud eraldi põrandabetonide retseptid ning ka need vaja-

Tark põrandaehitaja pöörab enne valutööde algust tähelepanu järgmistele asjaoludele:

- pinnasaluse kandevõime, eriti selle ühtlus;
- aluse tasasus – pinnasaluse tasasuse tolerants peaks jäama piiridesse $\pm 15 \text{ mm}$;
- aluse temperatuur talvistes tingimustes ei tohiks langeda alla $+5^\circ\text{C}$;
- pinnasaluse ja põrandaplaadi vahele tuleks paigaldada hõordeteguri vähendamiseks ehituskile paksusega min. 0,12 mm. Valutööde ajal jälgida, et kilesse ei tekiks suuri kortse;
- kõik vertikaalsed ehitise osad (seinad, postid, vundament jms) tuleb põrandaplaadist eraldada soovitavalta ca 10 mm paksuse eraldusmaterjaliga (näiteks spetsiaalse polüüreensindi abil);
- eralduslint tuleks paigaldada ka läbi põrandaplaadi ulatuvate suuremate torustike, kaevude jms ümber;
- betoonivalu peaks toimuma suletud ruumis, kus ei ole tuuletõmbust ega otsetest pääkeskiurgust.

vad jooksvat kohendamist sõltuvalt täitematerjalide omadustest, betoneerimiskeskonnast ja töövõtja valitud paigaldustehnoloogiast. Töö reaalse tegija ja kaubabetooni müüja koostöö on selles staadiumis ülimalt oluline. Betoonisegu koostamisel on põhieesmärgiks säavutada võimalikult madala kahanemispotentsiaaliga betoon.

Kiudused on mitut masti

Kiudude valimiseks tutvume esmalt võimalike variantidega. Betoonides kasutatavad kiud jaotatakse kolme klassi (standardite EVS-EN 14889-1:2006 ja EVS-EN 14889-2:2006 alusel):

- teraskiud
 - sünteetilised mikrokiud
 - sünteetilised makrokiud
- Teraskiude on maailmas tööstuslikult toodetud ja turustatud alates 1970. aastatest.

Teraskiud tagaväid muidu haprake betoonkonstruktsoonile teatud

kandevõime ka peale betoonristlõike pragunemist. Seega on teraskiud otseselt alternatiiv tavasarissele. Põrandate ehitamisel kasutatakavad teraskiud on 30–60 mm pikad diameetriga 0,5–1,4 mm. Betoonile lisatavate teraskiudude kogus variereerub 20–50 kg/m³.

Polümeersed mikrokiud on väältötatud naftakeemia- ja tekstilitööstusettevõtete poolt ning on samuti leidnud laialdast kasutamist betoonides materjalil omadustel parandamiseks. Valdavalt polüpropüleenist kiud on pikkusega 6–20 mm ning betoonile lisatavad kogused varieeruvad 0,6–3 kg/m³. Polümeersetel mikrokiudude betoonile lisamise peamine eesmärk on plastilisest kahanemisest tekkiva pragunemise kontrollimine. Plastiline kahanemine on betooni kivinemise varases staadiumis (esimese 48 tunni jooksul) toimuv protsess. Mikrokiud ei suurenda betoonkonstruktsiooni kandevõimet pärast prao tekkimist.

Polümeersed makrokiud on suhteliselt uus tootegrupp, mis on alles viimasel viiel aastal jõulise märgi turule joudnud. Tänu makrokiudude pikkuisele ja kujule on need kasutatavad sarnaselt teraskiududega. Makrokiudude pikkus on vahemikus 35–50 mm ja betoonisegule lisatav kogus jäääb vahemikku 3–9 kg/m³.

Kiu tühbi valik sõltub põhiliselt põrandatastustest:

- Teraskiude ja polümeerseid makrokiude kasutatakse peamiselt pinnasele toetuva põrandate korral, kus põrandaplaadilt eeldatakse koormustele kindlat kandevõimet. Kasutatakavad kiud peavad tagama põrandaplaadi kandevõime säilitamise kätte pärast võimaliku prao tekke betoonristlõikes.

- Polümeersed mikrokiud leiavad kasutamist peamiselt betoontasanduskihtides (vahelagede konstruktsioonides või vanade põrandaplaatide peal), kus tasanduskiht paigaldatakse ainult tasasuse saavutamiseks. Koormusted peab vastu võtma tasanduskihi all paiknev vahelaekonstruktsioon. NB! Lahenduse valik viinimetus „uuvavate“ tasanduskihtide korral võib olla keerulised.

Kiudude kogus esitatakse kaaluna betooni mahuühiku kohta, näiteks kg/m³-le.

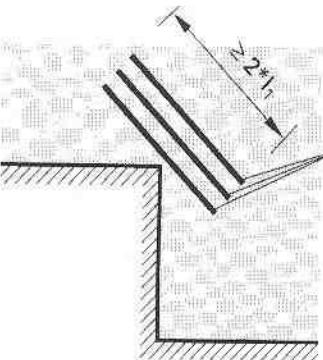
Kiudude koguse valik (teraskiud ja makrokiud puhul) sõltub kahest tegurist:

1. konstruktsiooniarvutustega määratud vajalik minimaalne kiudude kogus valitud põrandaplaadi paksuse ja kasutuskoormuste korral;

2. optimaalne kiudude kogus mahukahemispingete vastuvõtmiseks lähtuvalt konstruktsiooni paksusest,

Vuukide joonise kujundamisel tuleb arvesse võtta järgmist:

- kandekonstruktsiooni-elementide paiknemist (postid, vaheseinad jms);
- ruumi geomeetriat;
- vuukidega eraldatud ala peaks jäääma võimalikult ruudukujuline (külgepikkuste maks. suhe ei tohiks olla suurem kui 1:1,5);
- vältida tuleb T-kujulisi vuukide ristumisi;
- vältida tuleks teravnurkade tekete;
- vuukidega eraldatud alal peaks olema võimalik takistusteta kahaneda.



Lisasarrus soovimatu pragunemise vältimiseks.

mis ei kuulu katmisele kleebitavate katetega, kasutada kiudbetooni teraskiudude doseeringuga mitte alla 25 kg/m³ ning makrokiudude doseeringuga mitte alla 4 kg/m³.

Polümeersetel mikrokiudude valik tasanduskihtide konstruktsioonis toimub vastavalt tootja soovitustele. Enamasti kasutatakse doseeringut 0,9 kg/m³.

Eestis sisestab kiud betoonisegusse valdavalt betooni tootja. Vastavuskontrolliks (kiudude koguse määramine betoonisegus) kasutatakse kokkuleppeliselt kas Soome juhendis by45/BLY7 osas 2.5.6 toodud meetodit või katsestandardit EVS-EN 14721:2005.

Enne kui valada

Asjakohaste eestikeelsete juhendite puudumisel kasutatakse Eesti vabariigis soomlaste PYL süsteemi. See puudutab kvaliteedikriteeriumide kehtestamist ja kontrolli. Ka betoonpõrandate vallas on harjutud kasutama vastavat juhendit by45/BLY7 „Betonilattiat 2000“, mis kajastab kiudbetooni küll üsna lühidalt, kuid samas annab hulgalielt soovitusi erinevate ehituslike sõlmide lahendustele osas. Paljuks tänu sellele juhendile on sellised lahendused joudnud ka meie projektidesse. Tuleb siiski silmas pidada, et mainitud sõlmide lahendused on välja pakutud eranditult tavapärase varasarmatuuriga sarrustatud põrandaplaatidele. Mõned neist on kiudbetoonplaatide puhul üheselt vastutäidustatud.

Nimelt peab betoonpõrandatastaja tagama betoonplaci võimalikult vaba kahanemise. Kiudbetoonitehnoloogia kasutamine annab selleks erakordsed võimalused – meil puudub konstruktsioonis üheks suureks kahanemistakistuseks olev armatuurvõrk.

Kuigi kiudbetoonplat on enamasti täiendavat sarrustamist ei vaja, ei tähenda see siiski, et kiudbetoonpla-

tidesse lisaarmatuuri paigaldada vaja ei ole. Täiendav sarrus paigaldatakse viinimetusatud pingekontsentraatsiooni kolletesse, s.o kohtadesse, kus betooni mahukahemise töttu võib esmajoones pragu tekkida. Sellisteks kohtadeks on postide ja seinte välinsurgad, väljaasted, plati läbivad torustikud, kaevud, trapid jms. Täiendavat sarrust on soovitatav kasutada ka yärava- ja ukseavade kohal, sest need on tavapäraselt kõige intensiivsemalt kõrmatud alad. Sarruse maksurnus on tühine vörreldes kogu põrandaplaadi hinnaga, kuid selline lisaabinõu võib end kuhjaga ära tasuda.

Kiudbetoonpõrandate valu ja viimistlusprotsessid ei erine teiste betoonpõrandate paigaldustehnoloogiatest. Tähele tuleb panna asjaolu, et suure hulga kiudude töttu betoonisegus võib viimistlustööde lõppedes neid ka betoonipinnalt leida.

Kui põrandale esitatakse kõrgendatud nõudmisi (näiteks et põrandapinnal nähtavate kiudude arv oleks minimaalne), puistatakse esimese masinöhõrumise käigus betoonpinna 2–3 kg/m² kvartsliva-tsemendi segu. See määritab suurendab peenaine kogust betoonipinnal ja võimaldab hõlpsamini viimistlusprotsessi ajal üksikuid kiude pinda suruda. Betoonpõrandate pinnal esinevate kiudude lubatud arv ja loendamise metoodika on toodud juhendis by45/BLY7 osas 1.5.8.

Pragudest vuukideks

Suurte betoonpõrandate juures ei ole tavalahendustega võimalik pragunemist ära hoida. Seetõttu jaotatakse põrandaplaat mahukahemis-vuukidega väiksemateks paneelideks. Vuugid tehakse teemantaagimisega. Mahukahemisvuugid on oma olemuselt betoonplati läbivad prao, ainult et paiknevad korrapäraselt ega riku põranda välisilmel. Need vuugid saetakse võimalikult varakult pärast põrandatastust ja viimistlusprotsesside lõppu – üldjuhul hiljemalt 24 tunni mööduedes. Vuuki moodustades saetakse läbi ¼ – 1/3 plaadi paksusest. Tänu nõrgestatud betoonplaci ristiõikele tekitab pragu lõike alla juba iseeneslikult. Vuukide paiknemine tuleks ette näha projekti või kokku leppida hiljemalt enne valutööde algust.

Töö lõpetus vajab hoolitsevat kätt

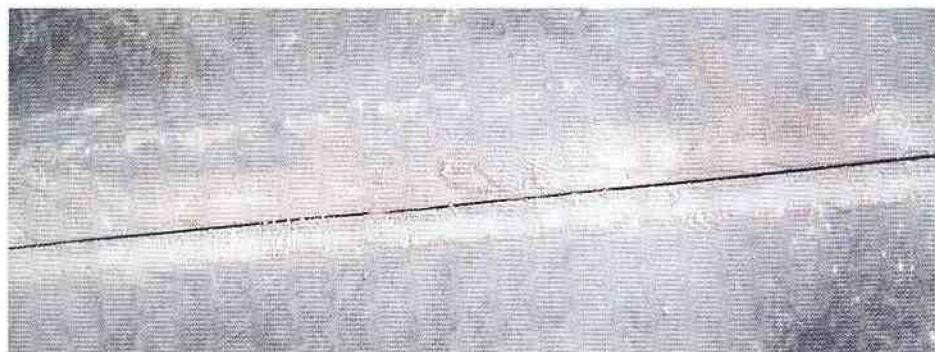
Viimase ja ühe olulisima faktoriga betoonitööde õnnestumise seisukohalt tahan rõhutada betooni järelhoolduse tähtsust. Järelhooldusega tagatakse tsemendi kivinemiseks vajaliku vee olemasolu betoontarindis ja välitakse betooni liiga kiiret kuivamist. Betoonpõrandate ehitamisel on õigeaeg-



Betoonpörand tuleb hoone vertikaalsetest konstruktsioonidest eraldada.

Lisasarrus ebasoovitava pragunemise vältimiseks.

Vuugid moodustatakse kiudbetoonplati teemantsaagimisega.



sel järelhooldusel kriitiline roll. Betoonpörand on ju tarind, mis on avatud väga suurel pinnal ning seetõttu võib vee eraldumine olla väga kiire. Ebasoodsates ilmastikuoludes (tugev tuul, päike) tuleb varajase järelhooldusega alustada juba enne pöranda viimistlustööde algust, ehk siis koheselt pärast betoonpinnma latlmist.

Järelhoolduse meetodeid on erinevaid, kuid soovitaksin peamiselt kahte:

- Kui ehitusgraafik ja ehitusplatsi

korraldus seda võlmaldavad, võiks kasutada vesihoidlust – viimistlustööde lõppedes kasta pörand märjaks ja katta kilega (jälgida, et kile paikneks tihedalt vastu betooni). Alternatiivina võib kile alla paigutada veevooliku, millest pidevalt vaikselt lastakse vett joosta ning hoitakse hooldatav ala üleujutatuna. Vesiholdus on edukas, kui pörandapind on pidevalt veega kaetud.

- Pritsida betoonpinnale koheelt pärast masinhöörumise lõpetamist.

mist spetsiaalset järelhooldusainet, mis tekib piinnale veeauru mitte läbi laskva kile. Soovitay on kasutada selliseid järelhooldusaineid, mis ei sisalda vaha või parafiini.

Järelhoolduse kestvus peaks kattematerjalidega viimistletavatel pörandatel pääkeselistes või tuulistes tingimustes või suhtelise niiskuse juures, mis on alla 50%, olema vähemalt 7 päeva ja kulutamiskoormustele alluvatel betoonpörandatel vähemalt 2 nädalat. Niisketes tingimustes (suh-

teline niiskus > 80%) on järelhooldusajad vastavalt 3 päeva ja 1 nädal.

Eesti Betooniühing kavandab lähiajal välja anda betoonpörandate ehitust puudutava juhendmaterjali, kus on kindlasti põhjalikumat informatsiooni ka kiudbetoonidest. Iseenesest ju lihtne materjal annab kvaliteetse tulemuse loogiliselt ning loodusseaduste järgi möeldes ja tegutsedes, olgu tegemist väikeses maasauna pörandaga või suure korusmaja kapitaalremondiga.

Peamised tegurid, millele betoonisegu valikul tähelepanu pöörata:

■ Vee hulk betoonisegus: mida suurem kogus vett, seda suurem on oodatav kahanemine. Pörandabetoonide seisitsemantegur (betoonisegu koostises oleva tsemendi ja vee koguste suhe) peaks olema väiksem kui 0,55.

■ Mitte ületähtsustada betooni survetugevust: mida kõrgem survetugevus, seda suurem kahanemispotentsiaal. Soovitatav survetugevus võiks jääda vahemikku 25...40 MPa. Survetugevus peab olema optimaalne, sest küsimus on betoonisegu minimaalses kahanemises: kõrgema survetugevuse saavutamiseks kasutatakse betoonisegus enam tsementi, mis suurendab segu kahanemist kivistumisel.

■ Tsemendi kogus betoonisegus peaks olema piisav, et moodustada vajalik kogus tsemendipastat betoonisegu piinale pöranda viimistlusprosesside läbiviimiseks, kuid mitte enam. Eesti tingimustes sobilik tsemendi hulk võiks jääda piiridesse 280...330 kg/m³.

■ Täitematerjalide ühtlane summaarne söelkõver. Liiva ja killustiku fraktsioonid ja kogused tuleks valida selliselt, et tekkiva kogumi poorsus oleks minimaalne. Eesti tingimustes eeldab see üldjuhul vähemalt 4 erineva täitematerjali fraktsiooni kasutamist. Valida on üldjuhul 2–3 erineva liiva ja 5–6 erineva killustikufraktsiooni vahel.

■ Betoonisegu töödeldavus peab olema sobilik valitud paigaldustehnoloogiale, kuid mitte kõrgem. Töödeldavuse reguleerimiseks tuleb kasutada spetsiaalseid lisandeid (superplastifikaatorid jms), mitte vett.