



TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MATERIALS AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

DEVELOPMENT AND STUDY OF THE PROPERTIES OF COMPOSITES WITH PHRAGMITES AUSTRALIS FILLER

**PHRAGMITES AUSTRALIS TÄITEAINEGA
KOMPOSIITIDE ARENDUS JA OMADUSTE UURIMINE
MASTER THESIS**

Student: Heleene Pak

Student code: 211995KVEM

Supervisor: Dr. Percy Fesus Alao, Researcher
Dr. Heikko Kallakas, Researcher

Tallinn 2023

SUMMARY

This thesis investigated the suitability of *Phragmites australis* as a biomass filler to produce bio/green composites. Hence, the *Phragmites australis* composites were studied from two polymer matrices (polypropylene (PP) and polylactic acid (PLA)) using injection and compression molding (IM and CM, respectively) fabrication methods. Essential tasks for the thesis were background studies, material preparation, fabrication/production, and testing the mechanical (tensile and flexural properties) and physical properties (porosity, density, gloss, color, water absorption, and thickness swelling) of composites. Furthermore, the composites were subjected to 12 weeks of UV radiation to determine the bio-filler's impact on the composites' durability. Besides, the composites were characterized using advanced analyses, including Fourier-transform infrared (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM).

The results reveal that filler content increases density, water absorption, and swelling, but this effect was more visible in CM samples. The composite with the highest filler content had the maximum porosity (13 %), which increased by around 3 % after UV exposure. Regarding water exposure, green composites performed less fairly than PP-based composites because the PLA matrix has a higher affinity for water.

Although FTIR examination revealed no significant changes in the structural features of the composites after UV exposure, new peaks from 1700 cm^{-1} to 1600 cm^{-1} were found in certain cases, indicating the creation of chemical groups produced by the simultaneous photodegradation of the polymer and filler. However, compared to the matrices, the inclusion of the bio-filler resulted in better UV radiation stability. Regardless, colour and gloss show a degradation in the surface appearance of the composites after UV radiation. Tensile and flexural studies show that utilizing the *Phragmites australis* filler reduces tensile and flexural strength while increasing composite stiffness. There was a relationship between filler content and strength performance, with more filler content decreasing composite strength while increasing stiffness. Overall, the composite batches fabricated by CM show poorer performance than the IM variants, suggesting a possible higher void content, inadequate dispersion, and distribution of the filler within the matrices.

To summarize, *Phragmites australis* shows potential as a suitable alternative for use in the production of polymer composites. However, to achieve performance comparable to or better than the polymers utilized in this study (PP and PLA), further studies or adjustments are necessary to improve the properties of the bio-filler.

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös uuriti *Phragmites australis*'e sobivust biomassi täiteainena bio/roheliste komposiitide tootmiseks. Seega valmistati *Phragmites* australisega komposiidid, mis koosnevad kahest polümeerimatriksist (polüpropüleen (PP) ja polüpiimhape (PLA)). Komposiidid valmistati pressvormimisega (CM) ja survevalu meetoditega (IM). Lõputöö olulised ülesanded olid taustauuringud, materjali ettevalmistamine, valmistamine/tootmine ja komposiitide mehaaniliste (tõmbe- ja paindeomadused) ja füüsikaliste omaduste (poorsus, tihedus, läige, värvus, veeimavus ja paisumise paisumine) katsetamine. Lisaks sellele allutati komposiidid 12 nädala jooksul UV-kiirgusele, et määrata kindlaks biotäiteaine mõju komposiitide vastupidavusele. Lisaks kasutati komposiitide morfoloogiliste ja struktuuriliste omaduste iseloomustamiseks Fourier-transformatsiooni infrapuna analüüsi ja skaneerimismikroskoopiat (SEM).

Tulemused näitavad, et täiteaine sisaldus suurendab tihedust, veeimavust ja paisumist, kuid see mõju oli nähtavam CM-proovide puhul. Kõige suurema täiteainesisaldusega komposiitidel oli maksimaalne poorsus (13 %), mis suurenes pärast UV-kiirgusega kokkupuudet umbes 3 % võrra. Vee kokkupuute osas rohelised komposiidid omadused langesid rohkem kui PP-põhised komposiidid, sest PLA matriksil on suurem afiinsus vee suhtes.

Kuigi FTIR-uuring ei näidanud olulisi muutusi komposiitide struktuurimuutusi pärast UV-kiirgusega kokkupuutumist, leiti teatud juhtudel uusi piike vahemikus 1700 cm⁻¹ kuni 1600 cm⁻¹, mis viitab polümeeri ja täiteaine samaaegse fotodegradatsiooni käigus tekkinud keemiliste rühmade tekkimisele. Võrreldes matriksitega andis biotäiteaine lisamine siiski parema stabiilsuse UV-kiirguse suhtes. Sellest olenemata on värvus ja läige pärast UV-kiirguse toimumist komposiitide pinnakujunduses halvenenud. Tõmbe- ja paindumisuuringud näitavad, et *Phragmites australis*'e täiteaine kasutamine vähendab tõmbe- ja paindetugevust, suurendades samas komposiidi jäikust. Täiteaine sisalduse ja tugevuse vahel oli seos, kusjuures suurem täiteaine sisaldus vähendas komposiidi tugevust, suurendades samas jäikust. Üldiselt on CM-meetodil valmistatud komposiitpartiid halvemate omadustega kui IM-variandid, mis viitab võimalikule suuremale tühimikusisaldusele, ebapiisavale dispersioonile ja täitematerjali jaotumisele matriksis.

Kokkuvõtteks võib öelda, et *Phragmites australis* võib olla sobiv alternatiiv polümeerikomposiitide tootmiseks. Kuid käesolevas uuringus kasutatud polümeeridega (PP ja PLA) võrreldavate või paremate omaduste saavutamiseks on biotäiteaine omaduste parandamiseks vaja täiendavaid uuringuid või kohandusi.