

SUMMARY

The aim of the current thesis was to apply fire-retardant treatment and to investigate the impact of the hemp fibre surface modification in combination with fire retardants on the mechanical and functional characteristics (moisture resistance and reaction to fire) of hemp fibre reinforced PLA composites. Fire retardant treatments were carried out using a novel fire-retardant system, which had not been tested for fibre treatments so far. Consequently, there was lack of information regarding the effect of combining such fire retardant with hemp fibres.

Hemp fibres were prepared, and alkali treatments were carried out. Suitable fire retardants and an effective treatment method was selected. Different variations of hemp fibre reinforced PLA composites were fabricated. The mechanical and functional properties of the composites were investigated.

Alkali treatments were able to provide better separation of individual hemp fibres and remove some of the non-cellulosic components from the fibre surface. Consequently, there was better interfacial adhesion between the fibres and PLA and fibres were more uniformly distributed throughout the matrix. Due to these reasons the mechanical properties of the alkali treated composites were improved.

Reaction to fire tests showed that fire retardant treatment substantially increased the fire-retardant properties of the composites, which was further improved when combined with alkali treatments. The composites were predicted to fulfil the requirements for the highest fire class B. Smoke release was increased by the fire-retardant treatments, while the CO₂ release was much lower. The reaction to fire parameters achieved in current thesis were superior to previous studies regarding natural fibre composites.

As predicted, there was a notable negative effect to the mechanical strength, especially to the tensile properties, as tensile strength was reduced by 46 %. Flexural strength was however only a marginally decreased. Slightly larger reduction in mechanical properties was noted when combined treatment was used. However, FR treatment increased the stiffness and brittleness of the composites. FR treated composites were shown to be vulnerable to moisture when exposed to high relative humidity conditions, as they started to leach when RH exceeded 60 %.

The investigation demonstrates that the fire-retardant properties of biocomposites can be improved without fully negating functional characteristics of the material, enabling

them to be possibly used for applications where fire retardant properties are of importance. SBI tests must be conducted to acquire official fire classification for the composites. Additional development of the material could furthermore improve the overall performance of biocomposites.

Comprehensively, the characterisation of the FR treated hemp-PLA composite suggests that such composites would be used most purposefully and effectively in dry conditions and for applications where low density, minimal contribution to fire and the ability to withstand flexural forces is required. Widespread adaptation of sustainable materials offers numerous financial and environmental benefits and is essential in achieving the EU green deal goals.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli Eestis kasvatatud kanepikiudude modifitseerimine kombineeritult tuletõkkeaine ja naatriumhüdroksiidiga ning selle töötamise mõju uurimine kanepi-polüpiimhappe komposiidi füüsikalise-mehaanilistele karakteristikutele ja tuletõkkeomadustele. Uurimustöö uudsus seisneb asjaolus, et konkreetset tuletõkkevahendit ei olnud veel seni kasutatud looduslike kiudude töötlemiseks, mistõttu puudus arusaam ja teave tulekaitsevahendi mõjust ning tõhususest taoliste komposiitmaterjalide tuletõkkeomaduste parandamisel.

Töö käigus eraldati kanepikiud kestadest, kraasiti ning modifitseeriti keemiliselt kasutades naatriumhüdroksiidi (NaOH). Komposiitmaterjali pindmistes kihtides kasutatud kanepikiudusid töödeldi erinevate tuletõkkeainetega. Seejärel valmistati töötluste poolest erinevad 50 m.% kiusisaldusega sarrustatud PLA komposiidid ning uuriti nende funktsionaalseid ja mehaanilisi omadusi, et selgitada välja parimaid tulemusi pakkuv kombinatsioon ja tuletõkkeaine.

Tulemustest selgus, et leelisega töötlemine parendas kiudude ja maatriksi vahelist nakkuvust ning võimaldas kiudude paremat eraldumist pundardest, mistõttu oli sarruse jaotumine PLA maatriksis ühtlasem. Seejärel paranes oluliselt ka komposiitide mehaaniline tugevus.

Tulekindluse katsed näitasid, et parimad tuletõkkeomadused on saavutatavad kombineerides kiudude eeltötlust leelisega. Komposiitidele oli võimalik prognoosimise teel omistada kõrgeim tuleohutusklass B, mis tähistab materjale mille panus tule intensiivsusele on väga limiteeritud. Tuletõkketötlus suurendas komposiidi suitsu eraldumist, kuid vähendas põlemise käigus vallanduva süsihappegaasi hulka. Käesolevas töös tuleohutusparameetrid olid oluliselt paremad kui varasemates biokomposiite käsitlevates uurimustes avalikustatud näitajad. Ootuspäraselt vähenes tulekaitse vahendiga töötlemise tulemusena märkimisväärselt komposiitide mehaaniline tugevus. Seda eriti kombineeritud töötluste puhul, mis vähenesid tõmbetugevust 46 % võrra. Mõju paindetugevusele osutus aga statistiliselt mitteoluliseks. Töötluste tulemusena suurenes materjalide jäikus ja haprus. Tuletõkketötlus vähendas komposiitide niiskuskindlust, mistõttu kõrge õhuniiskuse tingimustes täheldati märkimisväärset tulekaitsevahendi eraldumist materjalist.

Materjali tulekindluse ametlikuks klassifitseerimiseks tuleks läbi viia suuremahulisemad testimised. Materjali edasine arendamine võib veelgi täiendada biokomposiidi funktsionaalseid ja mehaanilisi omadusi.

Kokkuvõtvalt näitavad tulemused, et säärase komposiitide tuletõkkeomadusi on võimalik märkimisväärselt parendada, tagades optimaalsed mehaanilised omadused. See omakorda loob eeldused biokomposiitide kasutamiseks valdkondades nagu ehitus- ja autotööstus kus on olulised materjali tuletõkkeomadused. Valmistatud komposiite on kõige otstarbekam kasutada kuivades tingimustes ning rakendusteks kus on oluline materjali kaal, tulekindlus ja paindetugevus. Jätkusuutlike materjalide osakaalu suurendamisel on hulgaliselt keskkondlikke ja majanduslikke eeliseid ning vältimatu osatähtsus ELi rohe-eesmärkide saavutamisel.