



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Genanvendelse af glasfibermaterialer

Miljøprojekt nr. 1455, 2012

Titel:

Genanvendelse af glasfibermaterialer

Redaktion:

Jakob W Nielsen

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2012

ISBN nr.

978-87-92903-74-7

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Konklusion og sammenfatning	5
Summary and Conclusion	6
1. Indledning	7
1.1 Baggrund.....	7
1.2 Affald & energi	7
1.3 Projektets formål og afgrænsning	8
2. Udførte undersøgelser	9
2.1 Forarbejdet.....	9
2.2 Termisk isolerende egenskaber	10
2.3 Akustisk isolerende egenskaber	10
2.3.1 Test i absorptionsrør	10
2.3.2 Test i Diffusfelt	11
2.4 Brandtest	12
2.5 Mekaniske test	12
2.6 Hygroskopi	12
3. Hovedresultater	13
3.1 Termisk isolerende egenskaber	13
3.2 Akustisk isolerende egenskaber	14
3.2.1 Absorptionsrør	14
3.2.2 Diffusfelt	17
3.3 Brandtest	18
3.4 Mekaniske test	19
3.5 Hygroskopi	19
4. Konklusion	21
Referencer	22

Forord

Denne rapport er udfærdiget af Jakob W Nielsen for Miljøstyrelsen under ordningen Miljøeffektiv Teknologi 2011.

Projektets formål er at dokumentere mekaniske egenskaber af forarbejdet materiale af kasseret glasfiber materiale fra f.eks. udtjente vindmøllevinger.

Projektet er gennemført i perioden februar – september 2012 af Jakob W Nielsen i samarbejde med i hovedsagen, Teknologisk Institut og Delta, der har udført relevante test samt undersøgelser af tilgængelige fremstillings- og prøvningsmetoder og materialer mv.

Projektets følgegruppe består af:

Anne-Sofie Nielsen	Miljøstyrelsen
Thomas Astrup	DTU Miljø, Institut for Vand- og Miljøteknik
Gilles Pigasse	Vejdirektoratet

Konklusion og sammenfatning

Baggrund

Det anslås, at der årligt kasseres 7 – 10.000 t glasfibermateriale i Danmark (2011), og at der i 2020 vil kasseres 12 – 15.000 t årligt.

Volumenmæssigt giver vindmøllevinger det største bidrag til den aktuelle fremstilling af produkter af glasfiber, og giver – udover det mest synlige – forventeligt også det største bidrag til mængden af kasseret materiale. Glasfiber anvendes også til fremstilling af lystbåde og indgår derudover i blandt andet bygningselementer, karosseridelen til biler og mange andre produkter. Kasseret materiale fra disse anvendelser giver et nok mindre synligt bidrag til den samlede mængde af affald.

Kasseret glasfibermateriale bliver i dag i hovedsagen enten afbrændt i kraftværker eller deponeret.

Undersøgelsen

En række mekaniske egenskaber af kasseret glasfibermateriale i en forarbejdet form er undersøgt og dokumenteret.

Undersøgelserne har været fokuseret på anvendelse af materialet til isolerende formål.

Hovedkonklusion

Resultaterne af udførte test af det forarbejdede glasfibermateriale viser, at materialet har gode termisk og akustisk isolerende egenskaber. Der er dokumenteret egenskaber, der er sammenlignelige med almindeligt anvendte typer af mineraluld.

Endvidere viser mekaniske prøvninger, at materialet er mekanisk stabilt og har egenskaber, der ikke påvirkes ved eksponering til et fugtigt miljø.

Summary and Conclusion

Background

An estimated 7 – 10,000 ton of fibre glass materials are annually discarded as waste material in Denmark (2011). It is estimated that this number will increase to 12 – 15,000 ton in 2020.

With regard to volume, wings from wind turbines are considered to be the largest contribution to today's manufacture of fibre glass products. It is undoubtedly the most visible product made of fibre glass and is equally expected to give the largest contribution to the volume of waste materials. Fibre glass is also used for manufacture of hulls for small vessels, building materials and auto parts and numerous other products. The volume of waste materials from these applications may be less visible to the general public.

Test program

This report describes tests of mechanical properties of processed fibre glass waste material and test results are documented.

The tests have been focused on material properties relevant for applications for insulating purposes.

Main conclusions

The test results document, that the processed fibre glass waste material show good thermal and acoustic insulation properties. Properties comparable to commonly used types of mineral wool have been documented.

In addition, tests show that the material is mechanically stable with properties that are not affected by humid conditions.

1. Indledning

1.1 Baggrund

Glasfibermaterialer, forstået som glasfiberforstærket polyester/epoxy, anvendes i dag i stort omfang til produkter spændende fra vindmøllevinger over skibsskrog og bygningselementer til karosseridele til biler og indgår i mange andre produkter.

I mange tilfælde har glasfiber erstattet anvendelsen af metal – blandt andet fordi det sparer vægt, ikke er udsat for korrosion og fremstillingsmæssigt er relativt billigt.

Miljøstyrelsen anslår, at der årligt kasseres ca. 7 - 10.000 ton glasfibermaterialer i Danmark (2011), og at mængden i 2020 vil være steget til ca. 12 - 15.000 ton per år.

Og udenfor Danmark findes problemet i en større skala: Det anslås eksempelvis, at der i Storbritannien årligt deponeres ca. 150.000 ton glasfibermaterialer (2011).

I et vist omfang afbrændes kasserede glasfiber materialer i store forbrændingsanlæg, da indholdet af polyester har en god brændværdi.

Mange glasfibermaterialer har dog et relativt højt indhold af ikke-brændbare glasfibre (op til omkring 70%), og ved forbrænding bidrager disse kun til at øge forbrændingsanlæggets mængde af slagge.

Afbrænding bliver derfor ikke anset for den bedste løsning på affaldsproblemet, og da der i dag endnu ikke er udviklet tilgængelige og økonomisk rentable metoder / teknologi til genanvendelse, deponeres det kasserede materiale, der ikke afbrændes.

Deponering vil sige at materialet henlægges på lossepladser / deponier på ubestemt tid. Da glasfibermaterialer i naturen har en meget lang nedbrydningstid, vil de henlagte materialer i realiteten være stort set upåvirkede i mange år ud i fremtiden.

1.2 Affald & energi

Kasseret glasfibermateriale kan, så vidt vides, ikke i dag nedbrydes kemisk eller termisk på rentabel vis og er heller ikke umiddelbart velegnet til mekanisk fremstilling af andre, nye produkter.

Dette projekt tager udgangspunkt i mulighederne for genanvendelse af glasfiber baseret på granuleret materiale og efterfølgende fremstilling af et materiale af limet granulat.

Ved erstatning af eksisterende produkter med produkter fremstillet af kasseret glasfibermateriale, vil miljøbelastningen ved deponering af kasseret materiale kunne reduceres. Der er endvidere potentiale for en energi- og CO₂-mæssig besparelse ved erstatning af fremstillingsmæssigt mere energikrævende produkter.

Et produkt af glasfibergranulat forudses ved skader eller kassering at kunne indgå i fremstilling af nye produkter af glasfibergranulat. Dermed vil der ved anvendelse af produkter fremstillet af kasseret glasfibermateriale ikke blive produceret øgede mængder affald, end der er i udgangspunktet.

1.3 Projektets formål og afgrænsning

Projektet bygger på forsøg udført af Jakob W Nielsen i 2011, hvor limet granulat blev fremstillet af kasseret glasfiber materiale og indledende forsøg viste, at materialet havde gode isolerende egenskaber.

Formålet med nærværende undersøgelser er at gennemføre en række systematiske test af materialets isolerende egenskaber og at eftervise nogle basale mekaniske egenskaber.

Resultaterne af undersøgelserne giver viden om materialets potentiale for anvendelser som isoleringsmateriale.

Udarbejdelse af et grundlag for kommerciel fremstilling af isolerende produkter falder udenfor rammerne af dette projekt.

2. Udførte undersøgelser

2.1 Forarbejdet

Der er til de udførte test i hovedsagen anvendt glasfibermateriale fra kasserede vindmøllevinger. Dette materiale opgives at have et indhold af glasfibre på ca. 70% af vægten. Glasfibermateriale fra fremstilling af lystbåde og en række andre anvendelser kan have et relativt lavere indhold af glasfibre.

Forsøg med limning af granulatet blev udført med forskellige typer af klæbere, idet flere forskellige typer af lim er i stand til at binde på glasfibermateriale.

Forsøgene viste, at limens evne til at befugte granulatet er afgørende for opnåelse af en tilstrækkelig sammenhængende struktur af det limede materiale. Derudover kan der ikke peges på en entydig anbefaling for anvendelse af en bestemt type lim, da det konkrete valg af lim i hovedsagen vil være bestemt af produktionsudstyr og fremstillingsproces samt anvendelsen af det færdige produkt.

Et materiales isolerende egenskaber kan kun i begrænset omfang forudsiges og beregnes teoretisk, da disse egenskaber er resultatet af et vanskeligt definerbart samspil af materialets fysiske udformning og egenskaber. Det kan formuleres som værende et produkt af materialets grundlæggende egenskaber som partikelstørrelse, densitet, porøsitet og struktur, og derudover har såvel overfladekarakteristik som fremstillingsmetode betydning for egenskaberne.

Bestemmelse af de isolerende egenskaber af limet glasfiber granulat blev undersøgt ved fysiske test udført af de akkrediterede institutter Teknologisk Institut og Delta. Der blev udført test af fremstillede prøveemner med variationer af partikelstørrelse, densitet, porøsitet, struktur og overfladekarakteristik.

Prøveemnerne blev fremstillet ved enkle processer og med anvendelse af almindeligt anvendt værktøj og udstyr.

Processen var meget håndværksmæssigt orienteret, og det er vanskeligt at give en præcis kvantitativ beskrivelse af, især, emnernes porøsitet, struktur og overfladekarakteristik.

Indenfor projektets økonomiske og tidsmæssige begrænsninger var det ikke muligt at foretage et så stort antal test, som kræves for at kortlægge følsomheden af materialets egenskaber som funktion af hver enkelt af de ovenstående parametre.

Resultaterne af de udførte test skal derfor ses som et udtryk for materialets potentiale for anvendelse til produkter til isolerende formål.

2.2 Termisk isolerende egenskaber

Varmeledningsevne udtrykt ved Lambda-værdi blev bestemt ved direkte målinger

2.3 Akustisk isolerende egenskaber

Materialeprøver er undersøgt ved to forskellige typer akustiske test:

2.3.1 Test i absorptionsrør

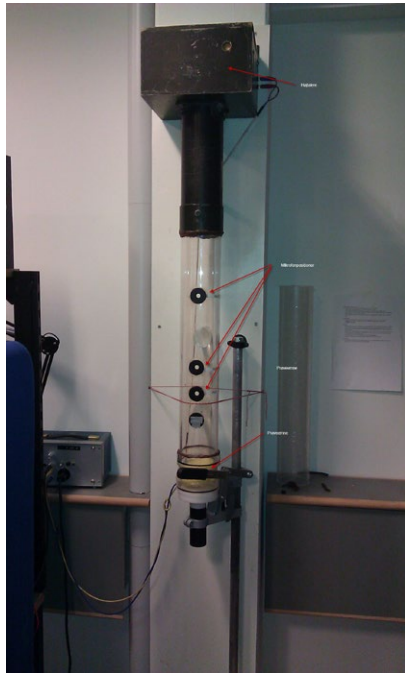


Fig. 1: Absorptionsrør (Delta)

Små materialeprøver sættes ind i et rør med en indvendig diameter på 90mm og testes for absorption af vinkelret indfald af et lydspektrum med frekvenser 50 – 2000 Hz. Denne test udføres i henhold til DS/EN ISO 10534-2, hvor materialets absorptionsevne udtrykkes ved forskellen imellem den indfaldende og den reflekterede lyd, der måles med hver sin mikrofon.

Metoden er relativt billig, da den udføres forholdsvis hurtigt og ikke kræver store materialeprøver.

2.3.2 Test i Diffusfelt

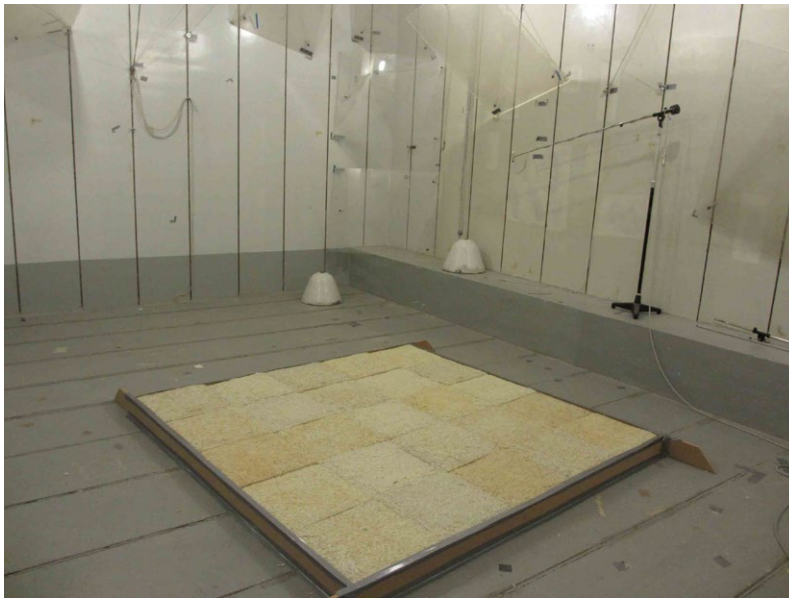


Fig. 2: Test i diffus-felt; Bygningsakustisk laboratorium, DTU

Denne test udføres i.h.t. DS/EN ISO 354:2003 og udføres ved måling på udlagt materiale i et lydmæssigt hårdt rum.

Testen kan betegnes som en fuld skala test og viser materialets lydabsorberende evne ved lydindfald i arbitrære vinkler

Et af testens formål er eftervisning af, om der opnås sammenlignelige resultater ved måling på små emner i absorptionsrør med vinkelret lydindfald og på et stort areal med diffust lydindfald.

2.4 Brandtest

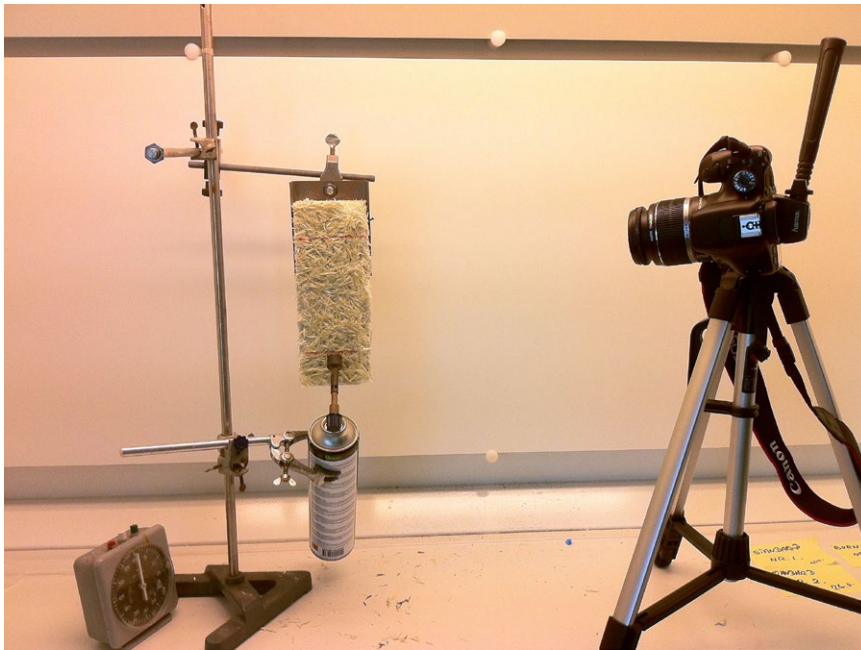


Fig. 3: Test opstilling til brandtest

Indholdet af polyester gør glasfiber materiale til et brandbart materiale. For at kunne kvantificere brandbarheden af det limede granulat blev der udført en række brandtest i.h.t. DIN 4102.

I tillæg til det ubehandlede materiale blev der også udført prøvninger af materiale behandlet med forskellige typer af brandhæmmere.

2.5 Mekaniske test

De fremstillede prøveemners mekaniske styrke og sammenhæng blev løbende vurderet og evalueret

Der blev endvidere udført nogle mekaniske prøvninger af det limede granulats bøjestykke og trykstyrke i.h.t. standarder, der normalt anvendes for eftervisning af egenskaber af isoleringsmaterialer.

2.6 Hygroskopi

For bestemmelse af det limede granulats evne til at optage fugt og vand (hygroskopi), blev prøveemner eksponeret for henholdsvis en fugtmættet atmosfære og neddyppet i vand i en begrænset periode.

Prøveemnerne blev undervejs i forløbet vejret for bestemmelse af fugtoptagelsen, og deres generelle mekaniske tilstand blev vurderet.

3. Hovedresultater

I dette afsnit præsenteres de væsentligste resultater af de udførte test.

3.1 Termisk isolerende egenskaber

Bestemmelse af varmeledningsevnen blev udført med ISOMET 2104 Lambda-måleudstyr monteret med overfladesonde.



Fig. 4: ISOMET måleudstyr

Der udførtes målinger på 4 forskellige strukturer af limet glasfibergranulat, 2 prøveemner af hver. Målinger udførtes som 6 enkeltmålinger på hvert emne.

Varmeledningsevnen for almindeligt anvendte typer af mineraluld, udtrykt ved Lambda-værdien, opgives til at ligge i intervallet 0,035 – 0,045 [W/m K].

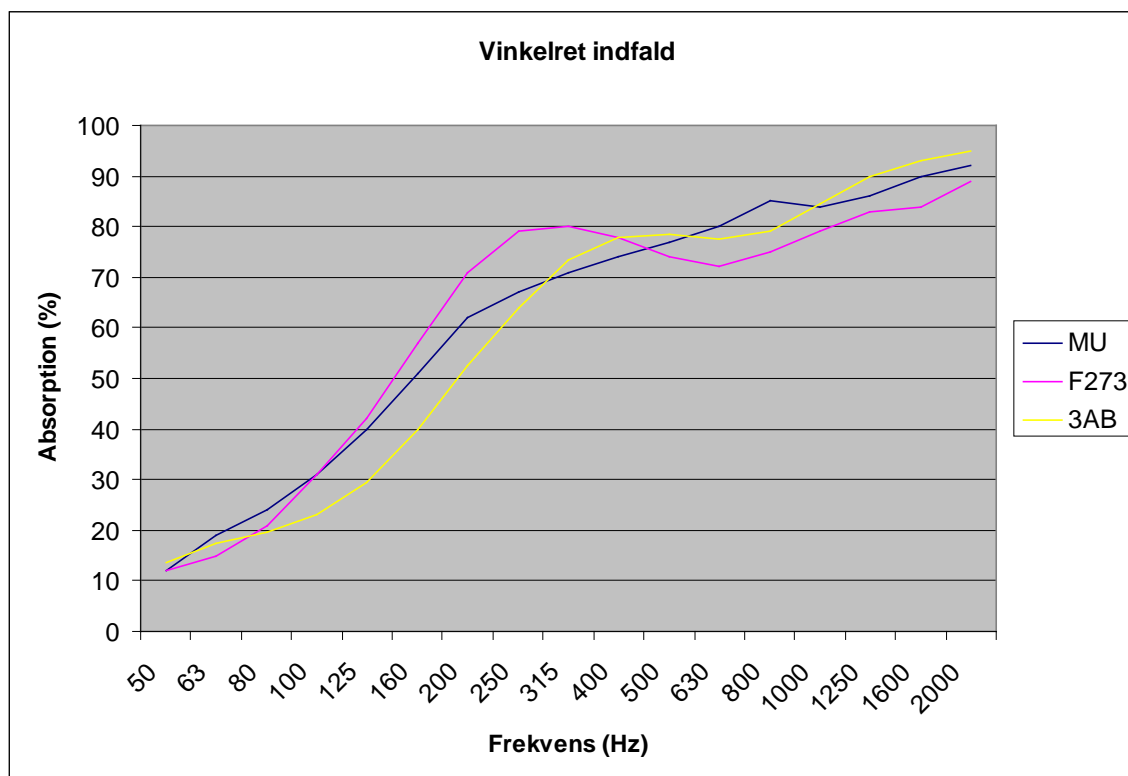
For det limede glasfibergranulat målttes værdier i intervallet 10 – 30% højere end værdierne for mineraluld. Dette indikerer, at granulatet i forhold til mineraluld har en mindre, men dog sammenlignelig, isoleringsevne.

3.2 Akustisk isolerende egenskaber

3.2.1 Absorptionsrør

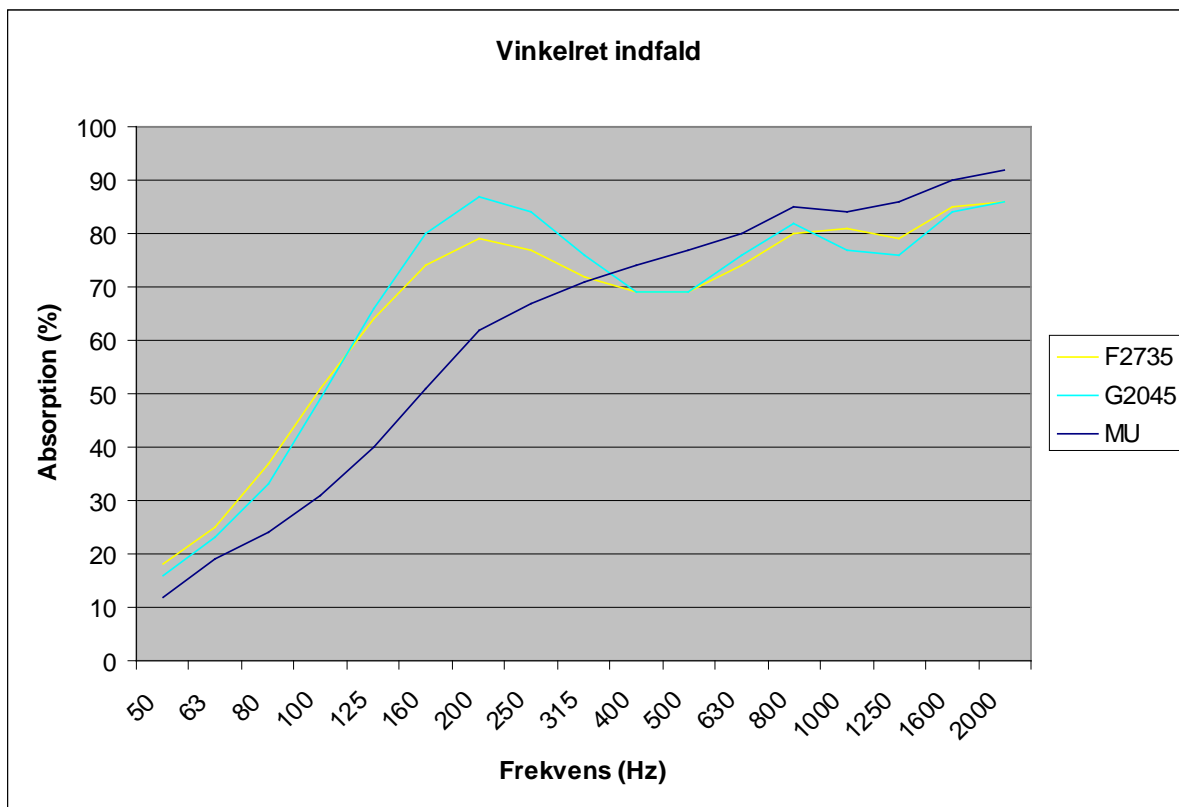
Der udførtes målinger på 4 forskellige strukturer af limet glasfibergranulat, samt 8 forskellige kombinationer af disse. For reference udførtes endvidere måling på et akustisk kendt materiale af mineraluld. Måleresultater er baseret på test af 3 prøveemner i alle opstillinger.

I diagrammerne fig. 5 - 7 vises akustisk absorption (i procent) som funktion af frekvens.



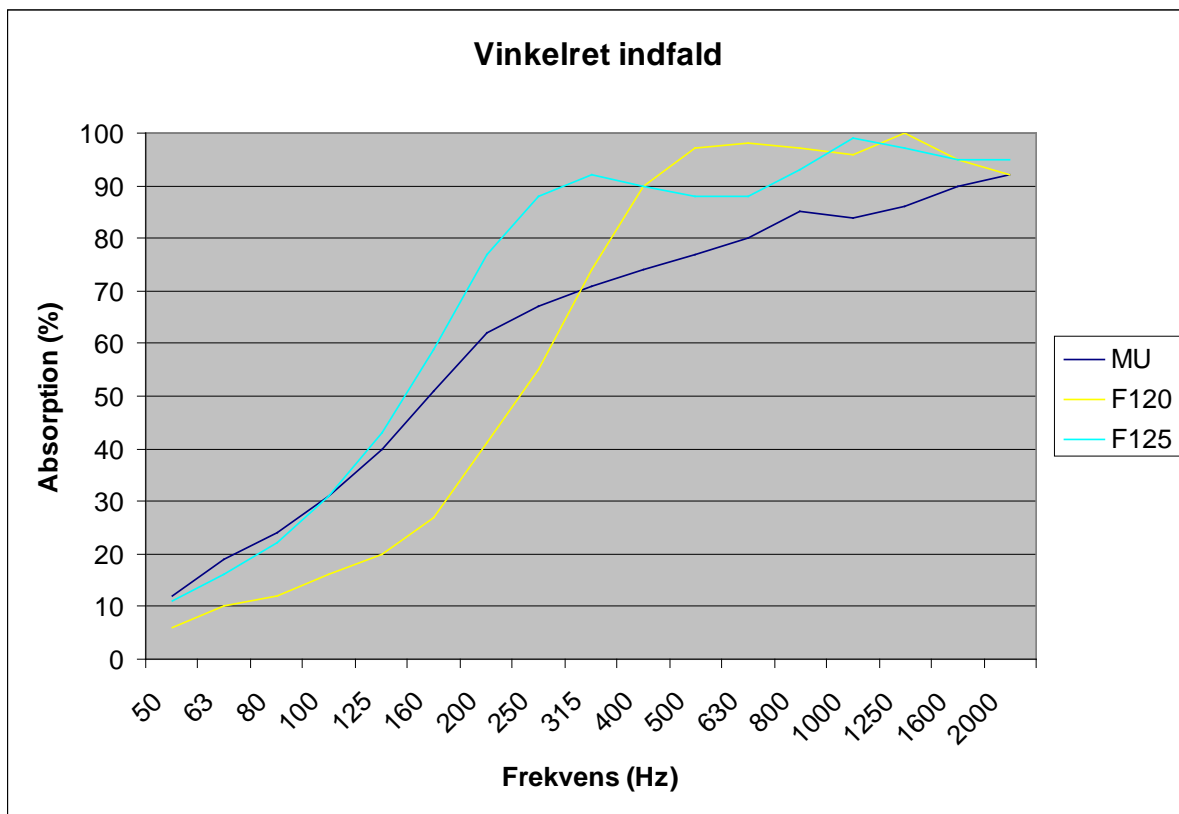
Figur 5: Akustisk absorption i absorptionsrør

Målinger af 2 strukturer af limet granulat (3AB og F273), der viser akustiske egenskaber, der ligger tæt op af reference-materialet af mineraluld (MU)



Figur 6: Akustisk absorption i absorptionsrør

Målinger af 2 strukturer af limet granulat (F2735 og G2045), der i forhold til reference-materialet af mineraluld (MU) viser større absorption af lave frekvenser og lidt mindre absorption af høje frekvenser.



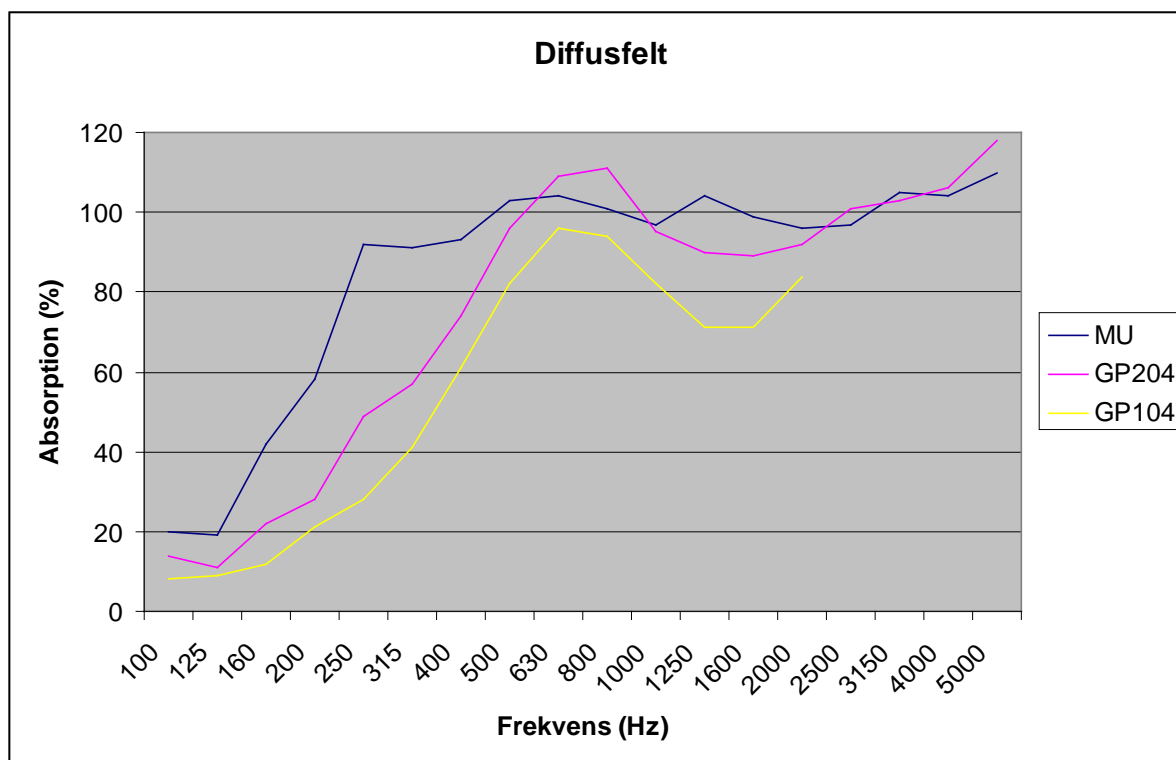
Figur 7: Akustisk absorption i absorptionsrør

Målinger af 2 strukturer af limet granulat (F120 og F125), der i forhold til reference-materialet af mineraluld (MU) viser større absorption af høje frekvenser.

3.2.2 Diffusfelt

Det var indenfor projektets begrænsninger kun muligt at få fremstillet en tilstrækkelig mængde limet glasfibergranulat af en type struktur til målinger i diffusfelt. For reference udførtes også måling på samme areal af et akustisk kendt materiale af mineraluld. Måleresultater er baseret på 3 målinger af hvert materiale.

I diagram fig. 9 vises akustisk absorption (i procent) som funktion af frekvens.



Figur 8: Akustisk absorption i diffusfelt

Egenskaber af en struktur af limet granulat (GP204), der i forhold til reference-materialet af mineraluld (MU) viser mindre absorption af lave frekvenser og omtrent samme absorption af højere frekvenser.

Endvidere er vist måling af samme struktur af limet granulat foretaget i absorptionsrør med vinkelret lydindfald (G104). Her ses et godt kvalitativt sammenfald imellem de 2 forskellige målinger af samme materiale.

Dette giver validitet til anvendelsen af resultaterne fra målingerne foretaget i absorptionsrør.

Måleresultater, der viser værdier over 100% absorption, er fejlindikationer, idet randeffekter bliver relativt store ved måling på et forholdsvis lille udlagt areal af materiale.

Det limede granulats egenskaber i diffus-feltet skal derfor i hovedsagen vurderes i forhold til referencemålingen på mineraluld.

3.3 Brandtest

Alle prøvninger udførtes på samme struktur af limet glasfibergranulat. Der udførtes test på prøveemner af den ubehandlede struktur, og på prøveemner imprægneret med 3 forskellige typer brandhæmmere. Derudover blev nogle enkelte prøveemner imprægneret med brandhæmmer afvasket med vand og derefter testet.

Alle resultater er baseret på test af 5 prøveemner.



Fig. 9: Billede af ubehandlede prøveemner efter test i.h.t. DIN 4102.

Den udførte brandtest foretages med en gasbrænder, der i en vinkel rettes mod overfladen af materialet, der testes. Overfladens struktur har derfor stor betydning for testens resultat. For opnåelse af klassifikation B2 må længden af afbrændt materiale i overfladen ikke overstige 150 mm (afstanden imellem de røde streger) i løbet af 20 sekunder.

Den brandmæssige klassifikation fremkommer som produkt af tid til slukning, efter brænderen er taget væk, og størrelsen af det afbrændte areal på materialets overflade.

Alle ubehandlede prøver opnåede klassifikationen B3.

Alle prøveemner imprægneret med kommercielt tilgængelige (ikke-bromerede) brandhæmmere opnåede klassifikationen B2.

De imprægnerede og derefter afvaskede prøveemner kunne ikke alle opnå klassifikationen B2

3.4 Mekaniske test

Det limede glasfibergranulat er et hårdt materiale, der kan opnå en væsentlig stivhed og stor trykstyrke.

Der udførtes 3 prøvninger af 2 forskellige strukturer af limet glasfibergranulat, og måleresultater er baseret på test af 3 prøveemner af hver.

Testene viste følgende værdier:

Bøjestykke i.h.t. DS/EN 12089 (1999) op til ca. 320 kPa

Trykstyrke i.h.t. DS/EN 826 (1996) op til ca. 130 kPa

Målingerne viste en variation af egenskaber for emner med forskellig struktur.

3.5 Hygroskopi

Der udførtes 2 test for bestemmelse af det limede granulats fugt- og vandoptagelse.

Prøveemner blev:

- eksponeret for en fugtmættet atmosfære i 100 dage
- neddyppet i vand i 100 dage

Prøveemnerne blev undervejs i forløbet udtaget og vejret for bestemmelse af fugt- og vandoptagelse samt bedømmelse af emnernes mekaniske tilstand.

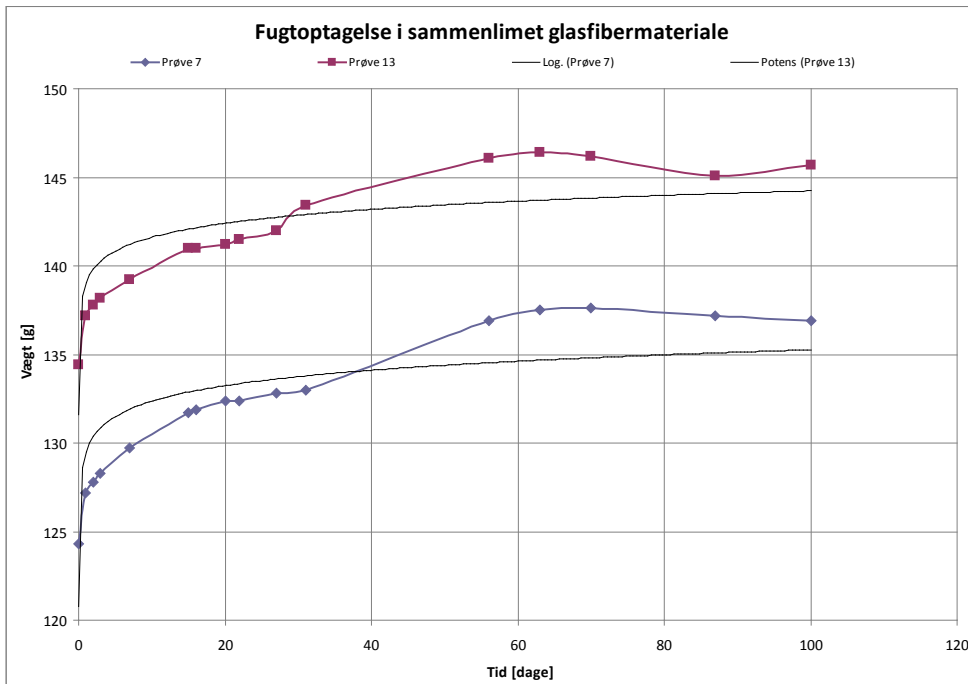


Fig. 10: Vægtbestemmelse af prøveemner eksponeret til fugtmættet atmosfære

Materialet ses at være i en mættet tilstand efter de 100 dage.
 Materialet viste ingen tegn på degradering eller nedbrydning ved testens afslutning.

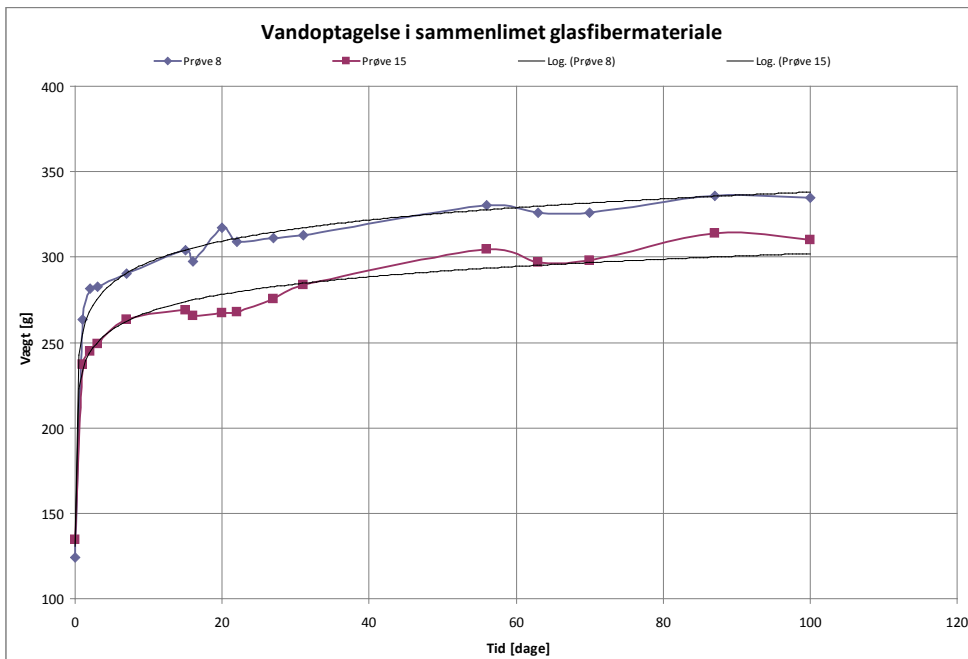


Fig. 11: Vægtbestemmelse af prøveemner neddyppet i vand

Materialet ses at være i en mættet tilstand efter de 100 dage.
 Materialet viste ingen tegn på degradering eller nedbrydning ved testens afslutning.

4. Konklusion

Indenfor projektets tidsmæssige og økonomiske rammer har det været muligt at fremstille et begrænset antal forskellige strukturer af limet glasfibergranulat

Disse strukturer er blevet testet for termisk og akustisk isoleringsevne samt en række mekaniske egenskaber.

De udførte test dokumenterer, at materiale af limet glasfibergranulat har både termisk og akustisk isoleringsevne.

I forhold til almindeligt anvendte typer af mineraluld, viser limet glasfibergranulat sammenlignelige egenskaber.

Brandtest af limet glasfibergranulat viser, at materialet er brandbart, og at brandbarheden kan reduceres væsentligt ved imprægnering med kommercielt tilgængelige brandhæmmere.

Det er endvidere vist at materialet har betydelig mekanisk styrke og er stabilt ved eksponering til et fugtigt miljø.

Projektets resultater viser således et potentiale for, at der af kasseret glasfibermateriale kan udvikles kommercielle produkter til isoleringsformål.

I projektforløbet er der opnået viden og identificeret mulige anvendelser, der søges patenteret. Efter projektets afslutning er det intentionen at gå i gang med at udvikle kommercielle produkter fremstillet af kasseret glasfibermateriale.

Referencer

1. DS/EN ISO 10534-2
2. DS/EN ISO 354:2003
3. DS/EN 12089:1999
4. DS/EN 826:1996
5. DIN 4102
6. DS/EN 1793-1 & -2
7. DS/EN 1794-1 & -2

Resume

Det anslås, at der årligt kasseres 7 – 10.000 t glasfiber materiale i Danmark (2011), og at der i 2020 vil kasseres 12 – 15.000 t årligt.

I dag bliver kasseret glasfiber materiale i hovedsagen enten afbrændt i kraftværker eller deponeret.

En række mekaniske egenskaber af kasseret glasfiber materiale i en forarbejdet form er undersøgt og dokumenteret.

Undersøgelserne har været fokuseret på materialets isolerende egenskaber.

Resultaterne af udførte test på det forarbejdede glasfiber materiale viser, at materialet har gode isolerende egenskaber, der er sammenlignelige med egenskaber for almindeligt anvendte typer af mineraluld.

Endvidere er materialet vist at være mekanisk stabilt med egenskaber, der ikke påvirkes ved eksponering til et fugtigt miljø.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
DK - 1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk