استفاده از ضایعات PVC، دانه‌های زیتون، و تراشه‌های چوب در تولید مواد عایق سازگار با محیط زیست

۱-مقدمه:

مصرف انرژی در کشور ترکیه در ۱۵ سال اخیر ۱۰۰٪ افزایش یافته و وابستگی به منابع خارجی از ۵۱ تا ٪۷٤ بالا رفته است. از این رو، امروزه استفاده بهینه از انرژی به موضعی مهمی تبدیل شده است. در این رابطه، نقشه‌ی راه دولت ترکیه جهت ایجاد فناوری‌های مربوط به بهروه‌وری انرژی در جهت توسعه‌ی تولید نسل جدید مواد و عناصر ساختمانی برای حمایت از بهره‌وری در مصرف انرژی در ساختمان‌ها و صنایع به عنوان یک هدف تنظیم شده است.

امروزه ضایعات دور ریختنی از اهمیت فراوانی برخورداند. استفاده از ضایعات جایگزین به دلیل تخلیه‌ی سریع از منابع طبیعی اجتناب ناپذیر است . مواد پتروشیمی (عمدتا پلی‌استایرن) و مواد دیگر از منابع طبیعی به دست آمده و با مصرف انرژی بالایی (پشم شیشه و پشم سنگ) برای عایق‌سازی ساختمان‌ها، تهیه می‌شوند. این مواد باعث ایجاد آلودگی فراوانی در محیط زیست می‌شود مخصوصا زمانی که مواد غیر قابل تجدید و انرژی‌های فسیلی برای تولید این مواد استفاده می‌شوند. مشکلاتی در استفاده مجدد و یا بازیافت این مواد در پایان دوره‌ی اصلی مصرف آنها به هنگام دفع این مواد به وجود می‌آید. محققان با هدف توسعه گرمایی و اکوستیکی مواد عایق از مواد طبیعی و یا بازیافتی به معرفی مفهوم "پایداری" در طراحی ساختمان ترغیب شده‌اند.

مواد عایق در ترکیه بیش از ۵۰٪ از مشتقات نفتی تشکیل شده‌اند. پرمصرف‌ترین مواد عایق، فوم پلی‌استایرن اکسترود شده (XPS)[۱] و فوم پلی‌استایرن انبساطی (یونولیت) (EPS)[۲] هستند. این محصولات در ترکیه تولید نمی‌شوند و وارداتی هستند که باعث ضرر اقتصادی به کشور می‌شود. توسعه‌ی مواد نسل جدید، جایگزین‌هایی برای محصولات فعلی داخلی ارائه خواهد کرد و انتظار می‌رود که آنها ناسازگاری‌های مشاهده شده در ساختارهای معدنی و محصولات موجود را نداشته به راحتی قابل اجرا باشند. در این پژوهش، نشان داده شده که از ضایعاتPVC ،دانه های زیتون و تراشه های چوب می‌توان مجددا استفاده کرد و باعث ایجاد اشتغال در تولید انبوه و سهیم شدن در اقتصاد ملی شد.

---

[۱] extruded polystyrene
[۲] expanded poly- styrene

۲-مواد:

۲-۱ دانه‌های زیتون

ترکیه رتبه‌ی اول تولید و مصرف زیتون خوراکی را در جهان پس از اسپانیا، یونان و ایتالیا دارد. علاوه بر این، در تولید و مصرف سرانه روغن زیتون در مکان چهارم قرار دارد. در ترکیه، ۸۳ میلیون درخت زیتون در ۸ میلیون جریب وجود دارد و این رقم سالانه افزایش می‌یابد. در دو دهه‌ی اخیر تعداد درختان زیتون سه برابر شده است. پالپ زیتون، ۲۵-۱۰٪ روغن و دانه‌ی آن ۵۰-۲۵٪ روغن دارند. دانه‌های روغن از کارخانه‌های تولید روغن زیتون در شهر مرعش در مناطق جنوب شرقی ترکیه جمع‌آوری شده است.

۲-۲ ضایعات PVC

پلاستیک را می‌توان به فیبر تبدیل کرد و در صنعت نساجی مورد استفاده قرار داد. مواد PVC به عنوان جایگزین چوب در قاب‌های در و پنجره مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین استفاده از PVC باعث کاهش برش درختان و محافظت از جنگل‌ها می‌شود. همچنین، به دلیل ویژگی‌های منحصربفرد PVC ، نیاز به رنگ کردن نداشته در حالیکه چوب برعکس به نقاشی نیاز دارد. PVC بسیار سبک‌تر از چوب است. در این پژوهش، ضایعات PVC از سایت‌های جمع‌آوری زباله تهیه شده است

۲-۳ تراشه‌های چوب

تراشه‌های چوب از ضایعات برش چوب در کارخانه‌های تولید الوار به دست می‌آیند. ترکیه با تولید ۵٫۸ میلیون مترمکعب سیزدهمین تولیدکننده‌ی عمده‌ی الوار در میان ۱٦٦ کشور جهان به شمار می‌رود که ۱٫٦٪ تولید جهانی را به خود اختصاص می‌دهد.

۲-٤ گچ

سنگ گچ یک ماده معدنی است که ترکیب شیمایی آن سولفات کلسیم است. سولفات کلسیم با دو مولکول آب-بلوری را در اصطلاح سنگ گچ ($CaSO_4+2H_2O$) می‌نامند. بلورهای گچ در خاک رس، خاک آهک‌دار، نمک و کوه های گچی یافت می‌شوند. می‌توان آن را در آناتولیا، مخصوصا در سمت بالایی رودخانه سرخ به صورت سنگ‌های بزرگ نمکی پیدا کرد. دو نوع مختلف از سنگ گچ را می‌توان با استفاده از دو روش پردازشی به دست آورد. در این پژوهش، از سنگ گچ آب زدایی شده استفاده شده است.

۲-۵ اپوکسی

اپوکسی یک رزین شیمیایی چسپناک است که از دسته‌ی ترومست[۳]ها (گرماسخت) می‌باشد. این ماده به شکل ویژه‌ای در برابر آب، اسید و قلیاها مقاوم است و خواص استحکامی خود را به مرور زمان از دست نمی‌دهد. چسپ‌های اپوکسی برای پرکردن ترک با تبدیل محیط ناپیوسته، آن را با نرم کردن دو طرف ترک به یک سطح پیوسته تبدیل کرده و از تنش بر روی آن جلوگیری می‌کند.

Fig. 1. Materials used.

۳-روش :

۳-۱ تولید مواد عایق

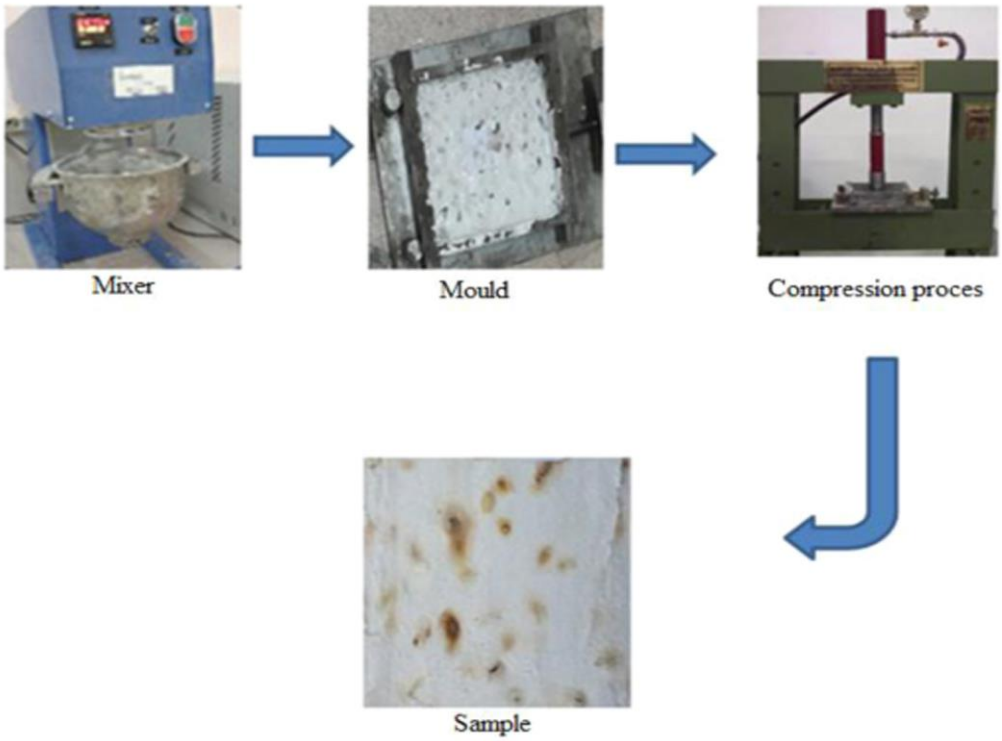
ضایعات PVC در ماشین سنگ‌زنی به اندازه‌های سیمان درآورده و با گچ و اپوکسی مخلوط می‌کنیم. نمونه‌های تهیه شده را به صورت نسبت حجم مخلوطی و وزن آنها در جدول ۱ نمایش داده‌ایم. با استفاده از مواد اولیه‌ی فوق نمونه‌های مختلفی را با مقادیر مختلف تهیه می‌کنیم. تراشه‌های چوب، مستعد باکتری های فاسد هستند که می‌توانند در مخلوط هم حضور داشته باشند. برای غلبه بر این مشکل از یک عامل ضدباکتری استفاده می‌کنیم.

[۳] thermoset

Table 1
Mix proportion (g).

Samples no	Plaster	Olive seeds	Epoxy	Wood chips	Ground PVC	Water
NI	400	0	0	0	0	125
N2	300	100	0	0	0	100
N3	200	200	0	0	0	75
N4	100	300	0	0	0	50
N5	0	50	175	100	200	0
N6	0	100	150	100	150	0
N7	0	150	125	100	100	0
N8	0	200	100	100	50	0

برای مخلوط کردن نمونه‌ها، دانه‌های زیتون، PVC و تراشه های چوب را در یک مخلوط‌کن با گچ و اپوکسی قرار داده و به مدت ۵ دقیقه مخلوط می‌کنیم. برای همگن شدن مخلوط، زمانی که مخلوط می‌چرخد، مقدار صحیحی از آب (نمونه‌های ساخته شده با گچ) را با استفاده از یک پمپ بر روی مخلوط می‌پاشیم. میزان رطوبت نمونه‌ها ۱,۵٪ و اندازه‌ی نمونه‌ها ۲×۱۰×۱۰ cm است. سپس ملات را به داخل قالب ریخته و نیروی فشاری ۵ بار به مدت ۲ دقیقه در تماس با ملات موجود در قالب قرار می‌گیرد. پس از یک روز نمونه‌ها را از داخل قالب بیرون می‌آوریم. پس از ۲ روز ماندن، نمونه‌ها در آون و در دمای ۱۱۰° خشک می‌گردند. فرآیند تولید در شکل ۲ نشان داده شده است. ۸ گروه از نمونه‌های مختلف را تولید می‌کنیم. سه نمونه برای هر گروه تست شده و میانگین سه نتیجه برای هر خاصیت استفاده می‌شود.



٤-نتایج و بحث‌ها

١,٤ وزن‌های واحد و نرخ جذب آب

وزن‌های واحد و نرخ جذب آب نمونه‌ها به ترتیب در شکل ٥ و ٦ نشان داده شده است. وقتی نرخ مقدار دانه‌های موجود در نمونه افزایش می‌یابد، وزن واحد نمونه کاهش می‌یابد. نمونه‌های دارای PVC پایین‌ترین میزان وزن واحد را دارند. وقتی میزان تراشه‌های چوب ثابت است، وزن واحد نمونه‌ها با یک افزایش در میزان دانه‌های زیتون به دلیل شکاف سطحی بین دانه‌ها و چسپ، کاهش می‌یابد. همانطور که انتظار می‌رفت، نمونه‌ها با وزن‌های واحد کمتر نرخ جذب آب بسیار بالاتری دارند.

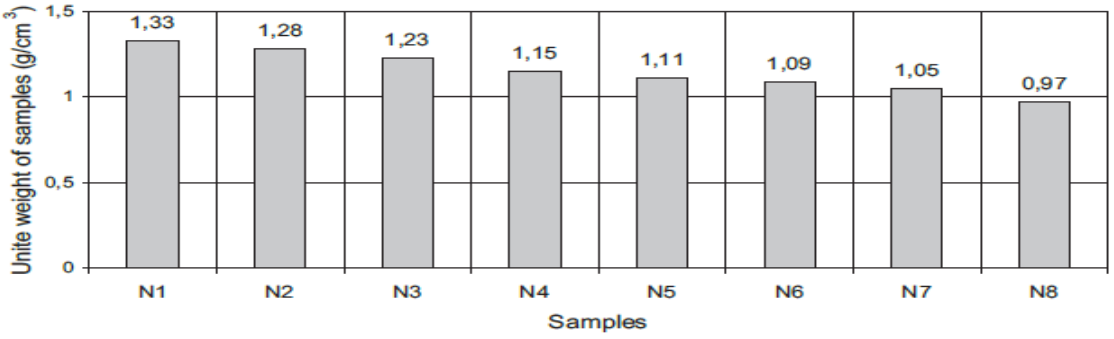


Fig. 5. Unit weights of the samples.

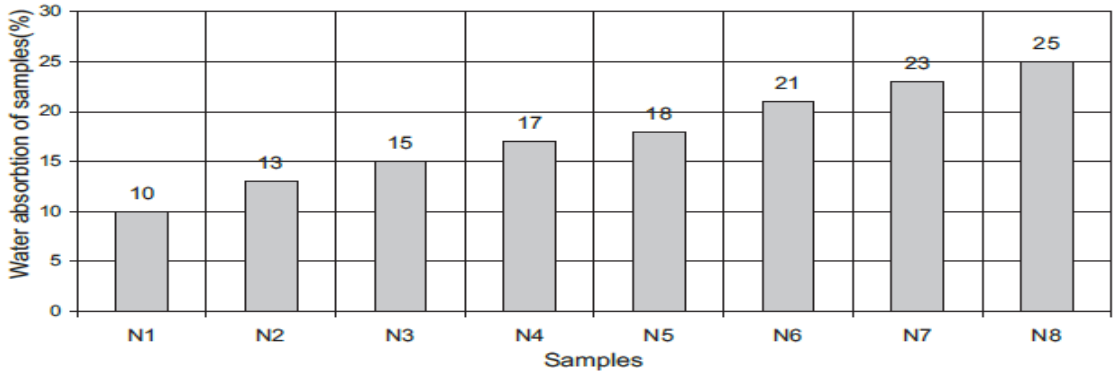


Fig. 6. Water absorption ratios of the samples.

٢,٣ سرعت‌های نفوذ التراسونیک

سرعت‌های نفوذ اولتراسونیک در نمونه‌ها در شکل ٧ داده شده است. نمونه‌های حاوی دانه زیتون و PVC با وزن‌های واحد کمتر، سرعت نفوذ اولتراسونیک پایین‌تری دارند. به همین ترتیب، نمونه‌هایی که با دانه‌های زیتون و با ساختاری متخلخل تهیه شده‌اند، سرعت نفوذ اولتراسونیک پایین‌تری دارند. در این نمونه‌ها، امواج صوتی به علت وجود حفره‌ها میرا می‌شوند. یک رابطه‌ی مستقیم بین ضریب هدایت گرمایی و خواص انتقالی اولتراسونیک در نمونه‌ها وجود دارد. وقتی یک کمیت افزایش می‌یابد، دیگری نیز افزایش می‌یابد چرا که این دو مشخصه به صورت مستقیم به ساختار حفره در مواد تشکیل دهنده ربط دارند. وقتی مقدار تراشه‌های

چوب ثابت است، سرعت انتقال اولتراسونیک در نمونه‌های حاوی دانه‌ی زیتون و PVC، کاهش می‌یابد به این معنی که صوت در مواد به دلیل تخلخل آنها محو می‌شوند. به طور مشابه، ضریب هدایت گرمایی این نمونه‌ها نیز کاهش می‌یابند.

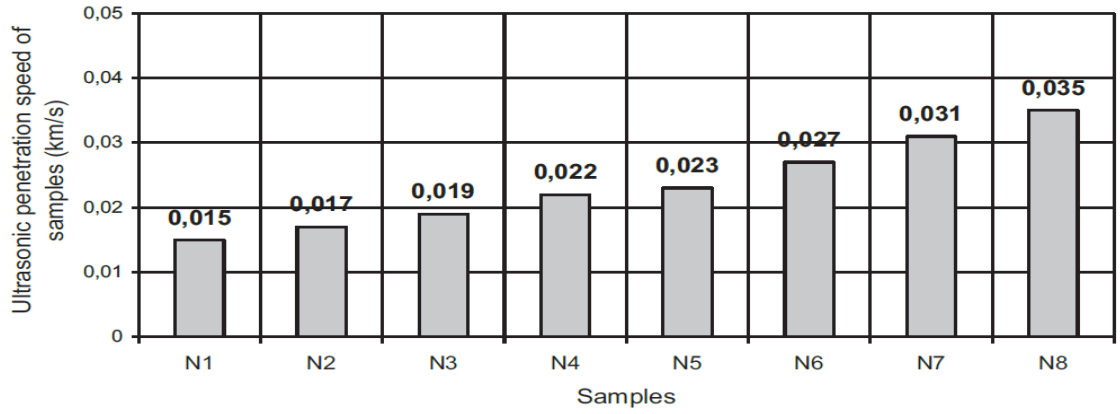


Fig. 7. Ultrasonic penetration velocities of the samples.

ضریب سرعت نفوذ صوت اولتراسونیک با در تماس قرار دادن دستگاه ASTM C ۵۹۷ با نمونه‌ها تست می‌شوند.سرعت نفوذ صوت هیچ رابطه‌ی مستقیمی با مقامت مواد ندارد . سرعت موج P در مواد با افزایش مقدار حفره‌ها، کاهش می‌یابد. سرعت صوت اولتراسونیک در مواد عایق ساخته شده با ضایعات PVC، تراشه های چوب و اپوکسی بین ۰,۰۲۵ تا ۰,۰۳۵ کیلومتر بر ثانیه (km/s) به دست آمد. این مقادیر در مقایسه با سایر مواد ساختمانی کاملا پایین است .

۳,۳ ضریب هدایت گرمایی

ضریبت هدایت گرمایی نمونه‌ها در شکل ۸ داده شده است. برای شناسایی یک ماده به عنوان یک ماده‌ی عایق حرارتی در ترکیه بر اساس استانداردهای بین‌المللی، ضریب هدایت گرمایی (λ) باید کمتر از ۰,۱ W/mK باشد. (شکل ۸) تمام نمونه‌های حاوی دانه‌ی زیتون، PVC و تراشه‌های چوب را به صورت یک عایق گرمایی نشان می‌دهد. با تایید نرخ پایین سرعت انتقال اولتراسونیک، نمونه‌های میکروساختار به حفره‌های وابستگی و عدم وابستگی‌هایی را نشان دادند که نتیجه‌ای از امواج صوتی عبور کرده از میان مواد است. با این حال، نمونه‌هایی که تنها با گچ ساخته شده بودند، سرعت نفوذ اولتراسونیک و ضریب هدایت گرمایی بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند. علاوه بر این، دانه‌های زیتون، PVC و گچ به شدت به هم مرتبط بودند. از این رو، ضرایب هدایت گرمایی به دلیل وجود حفره‌های هوا بین این مواد و پالپ PVC مقدار پایین‌تری داشتند. به طور کلی، ضرایب هدایت گرمایی مواد با یک افزایش در وزن واحد آن‌ها، افزایش می‌یابند.

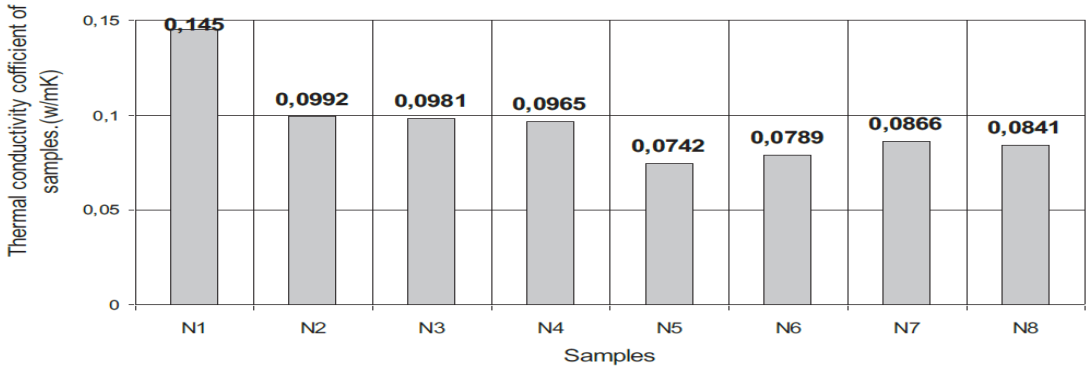


Fig. 8. Thermal conductivity coefficients of the samples.

چگالی پایین این نمونه‌ها باعث ضریب هدایت گرمایی پایین‌تر می‌شود. یک نسبت بالا از مواد مورد استفاده حاوی فضاهای خالی بود. همزمان، به علت استفاده از موادی برای حفظ آب، نمونه‌ها می‌توانند آب را جذب کنند و بنابراین مقدار آب جذب شده انتظار می‌رود که بالا باشد. وقتی که وزن واحد و هدایت گرمایی نمونه‌ی N۸ پایین‌تر از دیگر نمونه‌ها است، نرخ جذب آب آن بالاتر از بقیه است.

٤,٣ مقاومت فشاری و خمشی

مقاومت فشاری و خمشی این کامپوزیت‌ها در شکل ۹ و ۱۰ به ترتیب نشان داده شده است. مقاومت فشاری با افزایش در مقدار دانه‌ی زیتون، PVC و تراشه‌ی چوب، افزایش می‌یابد زیرا PVC و تراشه‌ی چوب فاز اصلی کامپوزیت را تشکیل داده و دانه‌ی زیتون آن را سفت‌تر می‌کند. مقاومت فشاری نمونه‌ها با مواد افزودنی حدود ۲,٤۸ بار از نمونه‌های مرجع بیشتر بود. به طور کلی، نمونه‌های حاوی دانه‌ی زیتون، PVC و تراشه‌ی چوب، مقاومت خمشی بالاتری را نسبت به نمونه‌های مرجع داشتند. این موضوع را می‌توان اینگونه توجیه کرد که دانه‌ی زیتون و تراشه‌ی چوب به عنوان یک فیبر عمل می‌کنند. مقاومت خمشی این نمونه‌ها ٤٤٪ بالاتر از نمونه‌های مرجع بود. این نتایج را می‌توان با سهم فیبرهای موجود در کامپوزیت مرتبط دانست.

در حقیقت، نمونه‌هایی با وزن واحد و ضریب هدایت گرمایی پایین، انتظار می‌رود که مقامت فشاری بالاتری داشته باشند همچنین، نمونه‌هایی که فقط گچ دارند مقاومت کششی بالایی نسبت به آنهایی که فقط اپوکسی دارند از خود نشان می‌دهند. علی رغم بعضی ضعف‌های نسبی مقاومت، مقادیر آن برای مواد عایق کافی است.

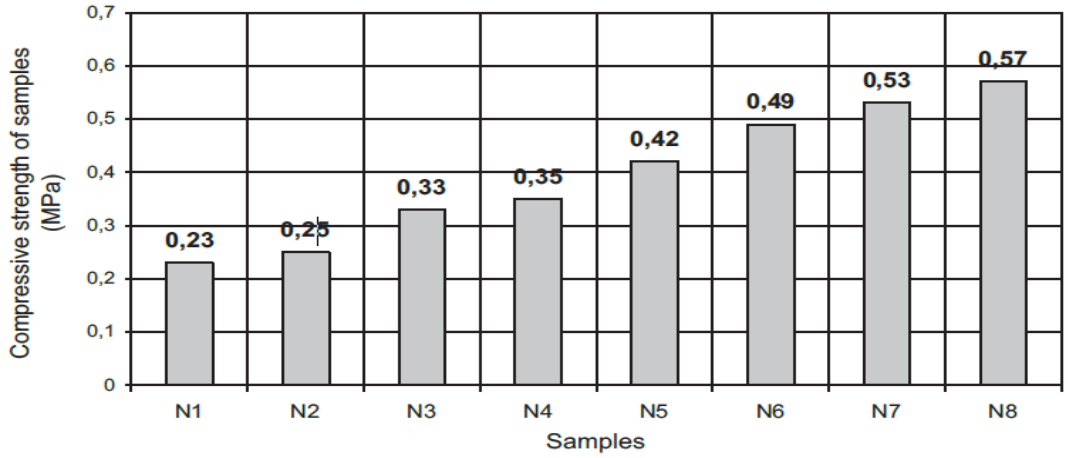


Fig. 9. Compressive strengths of the samples.

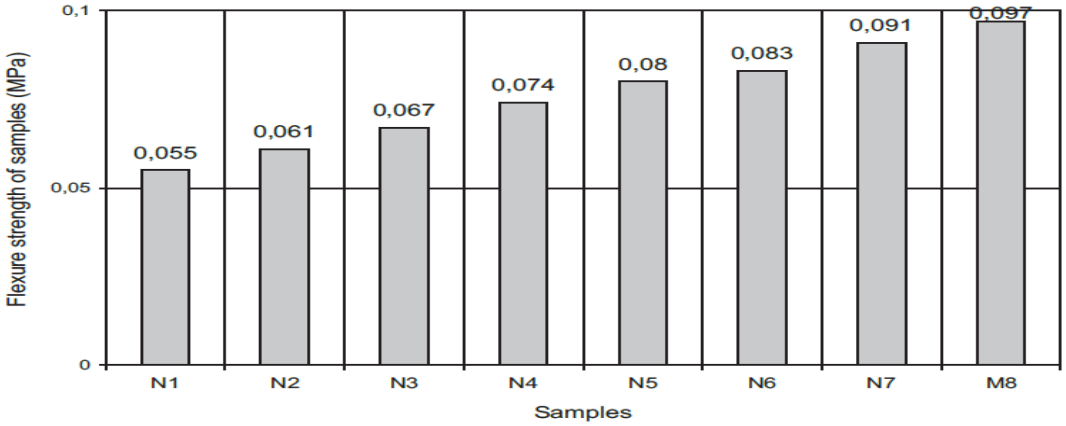


Fig. 10. Flexure strengths of the samples.

٤. نتیجه‌گیری

نتایج زیر از این مطالعه به دست آمد:

۱. با افزایش نرخ دانه‌های زیتون، ضریب هدایت گرمایی نمونه‌های کاهش می‌یابد. بعضی از ضرایب هدایت گرمایی پایین در نمونه‌ی گروه N° به دست آمد. دلیل این امر حضور حفره‌های هوایی بیشتر در نمونه‌ها است. سیستم ٦٠١٥٥ EN ٨٠٥ TS مستلزم ضرایب هدایت گرمایی پایین‌تر از ۰,۱ است. از این رو همه‌ی نمونه‌ها به غیر نمونه‌ی مرجع برای استفاده در مواد عایق مناسب هستند. بر اساس یافته‌های ما، مواد تحقیق شده، دانه‌های زیتون، ضایعات PVC و تراشه‌های چوب، موادی افزودنی مفیدی به همراه اپوکسی برای تولید مواد عایق هستند.

۲. نمونه‌های حاوی دانه‌های زیتون، ضایعات PVC و تراشه‌های چوب وزن‌های واحد پایین‌تر، نرخ جذب آب بالاتر، و سرعت انتقال اولتراسونیک بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند.

۳. مقاومت فشاری و خمشی همه‌ی نمونه‌ها بالاتر از مقدار مورد نیاز در استانداردها است.

٤. دانه‌های زیتون، ضایعات PVC و تراشه‌های چوب که با چسپ ساخته شده‌اند، عایق حرارتی بهتری نسبت به سایر نمونه‌های مرجع هستند.

این مطالعه نشان داد که مواد عایق مناسب را می‌توان با دانه‌های زیتون،PVC و تراشه‌های چوب تولید کرد. این مواد عایق مقرون به صرفه و دوستدار محیط زیست بوده به این معنی که با استفاده‌ی مجدد از این ضایعات می‌توان حفاظت از توازن زیست محیطی را بالا برد.