



Получена: 11.06.2024 г.

Приета: 02.07.2024 г.

КРИТИЧЕН АНАЛИЗ НА РИСКОВЕТЕ ОТ ИЗЛУЖВАНЕ НА ОПАСНИ ВЕЩЕСТВА ОТ ОТПАДЪЦИ ОТ СТРОИТЕЛСТВО И РАЗРУШАВАНЕ

Я. Кънчева¹, Д. Евлогиев², Р. Захариева³

Ключови думи: опасни вещества, излужване, строителни отпадъци, одит преди разрушаване

РЕЗЮМЕ

В последните години нараства безпокойството за общественото здраве и опазването на околната среда, породено от замърсяванията с тежки метали, летливи органични съединения (VOC), полихлорирани бифенили (ПХБ), формалдехид, и др. У нас преобладаващата част от строителните отпадъци се оползотворява в обратни насипи, без да се доказва тяхната пригодност. Възможността строителните отпадъци да се използват като вторичен ресурс, в контекста на кръговата икономика, също може да бъде ограничена поради наличието на замърсители в рециклираните материали. Настоящата статия разглежда рисковете от излужване на опасни вещества от отпадъците от строителство и разрушаване след анализ на проби от подпочвени и повърхностни води в близост до площадка за третиране на строителни отпадъци край София.

¹ Яна Кънчева, гл. ас. д-р инж., кат. „Приложна геодезия“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kancheva_fgs@uacg.bg

² Даниел Евлогиев, гл. ас. д-р инж., кат. „Строителни материали“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: d.evlogiev_fce@uacg.bg

³ Румяна Захариева, доц. д-р инж., кат. „Строителни материали“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: zahariewa_fce@uacg.bg

1. Въведение

Отпадъците от строителство и разрушаване (строителни отпадъци, СО) съставляват един от най-големите отпадъчни потоци в страните от Европейския съюз (ЕС). Основни източници на СО са дейностите по строителство на нови сгради, разрушаване на сгради с приключил експлоатационен период, както и поддръжка и ремонт на инфраструктурни обекти.

В същото време СО имат голям потенциал за материално оползотворяване, тъй като се състоят главно от минерални фракции (напр. бетон, тухли, стъкло, асфалт, гипс, скални материали) и други рециклируеми материали като дърво, метали и пластмаси. В съответствие с изискванията на Рамковата директива за отпадъците [1] за материално оползотворяване на СО (70 % до 2020 г.) и Плана за действие относно кръговата икономика [2], през последните 10 – 15 години тенденцията е да се изисква разделно събиране на СО, като по този начин се дава възможност те да бъдат материално оползотворени на изгодна цена, посредством подготовка за повторна употреба, рециклиране и влагане в обратен насип. Последната възможност, макар и на последно място според йерархията за управление на строителните отпадъци, все още е най-масовата практика в България. Въведени са обаче изисквания тези СО да бъдат инертни, да са предварително третираны (напр. натрошени) и лицата, които извършват тази дейност, да са регистрирани за дейност с отпадъци с код R10 (подобряване на земната повърхност) [3]. Като инертни СО без изпитване се приемат СО от бетон, строителна керамика, стъкло и скални материали, освен ако не са били третираны с покрития, съдържащи опасни вещества и/или са били изложени на замърсявания в процеса на експлоатация на сградата/съоръжението, от което се генерират [4]. Когато СО са от площадки с потенциални замърсявания, се изисква тяхната инертност да бъде изрично доказвана чрез изпитвания. Тъй като у нас проследимостта на СО не е осигурена (не се декларира източника на СО), масово не се прилага одит/обследване преди разрушаване, не се прилага селективно разрушаване, въпреки задължителността според нормативната уредба [5] и цялостният контрол върху управлението на СО е компрометиран, съществува сериозен риск от замърсяване на повърхностните и почвените води. Проблемът се засилва при рекултивация на кариери и/или в депа без дънна изолация за запечатване на дъното, каквито са всъщност повечето депа за инертни отпадъци.

Настоящата статия има за цел чрез изследване на състоянието на почвените и повърхностните води около площадка за третиране на СО в близост до София, където се извършва обратен насип с цел рекултивация, да очертае рисковете от замърсяване на повърхностните и почвените води, когато не се прилага подходящо управление на СО.

2. Източници на замърсявания

Последиците, свързани с токсичните свойства на строителните материали, се проявяват в три основни етапа от жизнения цикъл на сградата: по време на строителство, по време на експлоатация и по време на разрушаване на сградата и дейностите по третиране на отпадъците. Рисковете в процеса на строителството обикновено са добре познати – агресивни прахообразни и течни продукти, използването на различни видове уреди и машини за транспорт, товарене/разтоварване, рязане, оформяне на форми и размери, заваряване, смесване и забъркване на разтвори, полагане на пръскани и разпенвани суспензии и др. Богатото разнообразие от строителни материали, от гледна точка на техния състав и свойства, определя до голяма степен присъщите им

токсикологични характеристики, а оттам и задължителните предпазни средства и/или технология на работа със съответното вещество.

По време на експлоатацията на сградата се наблюдава стареене на повечето материали (например бои, мазилки, покрития) и нарушаване на тяхната цялост, което от своя страна води до повърхностно отделяне на частици (вкл. съдържащи ПХБ) с различни размери – от едри късове до прахообразни фракции. Те могат лесно да се разпространяват във въздуха и при вдишване или допир могат да доведат до неблагоприятни ефекти за човешкото здраве. В резултат от употребата на промишлено или електронно оборудване могат да се получат разливи по стените и подовите на производствените линии. При компрометирана антикорозионна защита е възможно също агресивните среди да замърсят инертни по състава си материали с пореста структура, като бетон и керамика.

Най-интензивното генериране на СО обикновено е в края на жизнения цикъл на сградите и е свързано с генериране на прахови замърсявания от разкъртване, взривяване, рязане, товарене/разтоварване и др., които са характерни за етапа на строителство. Най-висок е рискът при депонирането на отпадъците, защото замърсителите могат да се отделят чрез излужване в почвите, подпочвените води, да се разпрашат във въздуха и да доведат до увреждане на екосистемите и човешкото здраве, както и до замърсяване на други неопасни материали.

В днешно време има много ограничения за употребата на опасни вещества в строителните материали, така че вероятността да се генерират опасни отпадъци по време на строителство и ремонт е малка. Проблеми с токсичността на строителните материали могат да се очакват главно при по-стари сгради, строени преди 25 – 30 години. Тогава не са били в сила токсикологичните ограничения и/или е липсвала (или е била ограничена) осведомеността по отношение на опасните компоненти – напр. забраните за използване на олово и забраните за азбест започват през 1970 г. и 1980 г. в различните страни. У нас подобни ограничения са въведени едва през 2003 г. с наредбата за опасните химични вещества и препарати, подлежащи на забрана или ограничения при търговия и употреба [6]. Следователно разрушаването на по-старите сгради крие реален риск от генериране на опасни СО по време на процесите на обновяване или разрушаване. За да се избегне този риск, трябва да се извършва подробен одит/обследване преди разрушаване за идентифициране на опасните и потенциално опасните материали. Тази идентификация би позволила да се дефинират подходящи процедури при разрушаването на сградата и при третирането на тези отпадъци. [7] Често при ремонт, реконструкция и разрушаване на стари сгради липсва техническа документация, което допълнително затруднява идентифицирането на възможни опасни свойства при строителните материали.

Опасните СО са класифицирани в съответствие с Европейския каталог на отпадъците (EWC) [8] и тази класификация е възпроизведена в Приложение 1 към българската Наредба № 2 за управление на строителните отпадъци и за използване на рециклирани конструкции материали [3] предоставя списък на опасни СО (таблица 1) в съответствие с европейския каталог на отпадъците (EWC) [8]. Въпреки това, единствената класификация сама по себе си не е достатъчна за оценка на потенциалните рискове от замърсяване на СО, тъй като за повечето опасни отпадъци опасните вещества са твърде общо описани като „съдържащи опасни вещества“, като например за кодове на отпадъци 17 01 06*, 17 02 04*, 17 04 09*, 17 04 10*, 17 05 03*, 17 05 05*, 17 05 07*, 17 06 03* и 17 08 01*. Само катран, азбест, живак и PCBs са изрично посочени като замърсители.

Всъщност, освен посочените в таблица 1 [3] вещества, има множество други източници на опасни СО [9]:

- отпадъци от дървесина и дървесни продукти (парчета и плочи от дървесни частици, фурнири), съдържащи опасни вещества от бои, лакове, лепила, консерванти за дърво;

- строителни отпадъци от материали на базата на петролни продукти (битум, изолационни материали, пластмаси);
- бетонни и керамични отпадъци, които са били изложени на химически вещества, съдържащи соли (хлориди, флуориди, сулфати), тежки метали или органични замърсители с опасни свойства (горива, масла), или са били покрити с мазилки, лепила и/или бои, съдържащи тежки метали;
- метали, които са третирани с бои, съдържащи олово;
- уплътнители, китове, катранени емулсии, линолеуми, килими на основата на смоли, съдържащи полихлорирани бифенили (PCB) и др. [10].

Отпадъците от промишлени сгради могат да имат замърсявания от утайки от пречистване на вода, отлагания от различни вещества (разтвори, соли, масла, мастила и др.), свързани с производствените процеси, както и от сгурия, шлага и летящи дънни от изгаряне на горива и т.н.

3. Поведение на излужване на CO

В [11] е установено, че в CO могат да се открият голям брой опасни замърсители. Ето защо е важно тяхното поведение на излужване да бъде изследвано. Поведението на излужване на строителните материали (респ. CO) зависи най-вече от алкалния или киселинен характер на околната среда и от физичните и химичните свойства на материалите [12, 13] и, до известна степен, от размера на частиците на CO. Наличието на физически (повърхностно отмиване и дифузия) и химични процеси (разтваряне на минерали), вътрешни напрежения и разграждане на минералната матрица [12] могат да доведат до освобождаване на химични съединения в рециклираните инертни материали. Например, в бетонни части основните процеси, които определят скоростта на излужване, са декалцинизация; действие на сулфати; алкално-карбонатна и алкално-силициева реакция; въздействие на морска вода или вода с хлориди; киселинна атака. Повишената порьозност и температурните градиенти могат да ускорят процеса.

Границите, които разграничават опасните и неопасните, в т.ч. инертните, отпадъци, вкл. за CO, са дадени в Наредба 6 за депата. Основният показател за CO е поведението им при излужване. Оценява се излужването на тежки метали, сулфати, хлориди, флуориди, общо разтворени твърди вещества и общ органичен въглерод. В зависимост от условията, при които ще се депонират и хидрогеоложките условия, е прието излужването да става при съотношение „твърдо-течно“ от 1 към 2 или от 1 към 10. Границите зависят и от едрината на отпадъците (напр. монолитни или зърнести), от присъствието на други вещества, които потискат или стимулират разтварянето и излужването на вредни компоненти в отпадъците.

Депонирането на неинертни CO, дори когато не са опасни, на депа за инертни отпадъци, или извършването на обратен насип с неинертни CO, води до пряко или непряко замърсяване на атмосферата, водите и почвите.

Макар и индиректно, тези граници са продиктувани от влиянието на елуата върху качеството на подземните води.

По отношение на подземните води, общоприетото становище е, че те са безопасни и с добро качество, тъй като не са в пряк контакт с атмосферата. Това обаче е рядкост, тъй като подпочвените води обикновено съдържат разтворени вещества, които влияят на техните радиологични, биологични и физикохимични характеристики и в крайна сметка

на годността им за битови, питейни и напоителни цели. Качеството на подземните води се определя както от антропогенни, така и от природни фактори [14] и според някои автори [15] съществува риск от замърсяване на подпочвените и повърхностните води с инфилтрат от депонирани отпадъци. Има четири основни вида замърсители в разтворените води: 1) разтворени органични вещества; 2) неорганични макрокомпоненти като Ca, Mg, Na, K, NH_4^+ , Fe, Mn, Cl, SO_4^{2-} и HCO_3^- ; 3) метали като Cd, Cu, Pb и Zn и 4) органични ксенобиотици, представляващи група от вещества като ароматни въглеводороди, халогенирани въглеhidрати, феноли, пестициди и др. В депата за ОРС се появяват предимно неорганични компоненти.

4. Пример за влиянието на насипани СО върху качеството на водите

4.1. Площадка за третиране на СО

Целта на обследването е да установи състоянието на повърхностните води около най-голямата площадка за третиране на строителни отпадъци край София, където се извършва опростено рециклиране на СО, но по-голямата част от тях се използват за възстановяване на нарушения терен на бившата кариера, т.е. за обратен насип. За целта са взети проби и е направена количествена оценка на степента на замърсяването на повърхностните и подземните води в района на площадката и въз основа на получените резултати е предложена хипотеза за вероятния генезис на това замърсяване.

4.2. Вземане на проби

На територията на площадката съществуват едно голямо и няколко по-малки езера, образувани от кариери за пясък и баластра, като при някои от тях добивът продължава. Вземането на проби за изследване се базира на хипотезата, че вследствие на депонираните строителни материали е възможно да се осъществи движение на опасни вещества към подземните води и заедно с тях да се оттекат към друго съседно езеро или дори в р. Искър, която тече наблизо

Въз основа на това допускане са взети проби за предварително хидрохимично опробване на две групи водоизточници, разположени непосредствено до, преди и след площадката спрямо посоката на подземния поток. В първата група попадат водоизточници, за които се приема, че биха съдържали замърсители, генерирани от депонираните в района строителни отпадъци – Голямо езеро, Източно езеро, Езеро в СО, р. Искър – долно течение. Втората група включва незасегнати от замърсяването водоизточници, които се ползват като контролни точки, които дават информация за фоновия състав на незамърсените води – Сондажен кладенец в кв. Враждебна, р. Искър – горно течение, Западно езеро.

Определени са електропроводимост, температура, киселинност (рН) и окислително-възстановителен потенциал (Еh) на водите във всички целеви точки. Главна цел на тези измервания е търсенето на аномалии във фоновия състав на водите, които са възможни индикатори за наличие на замърсяване от депонираните в района строителни отпадъци.

На база резултатите от предварителното обследване са взети водни проби от 7-те водоизточника с цел извършване на лабораторен химичен анализ (чрез индуктивно-

свързана плазма – Inductive Coupled Plasma, ICP) за определяне на голям брой показатели, с които е възможно да се направят по-точни количествени оценки на състоянието на водите и да се установи потенциално наличие на замърсявания от материалите, съхранявани на площадката.

4.3. Анализ на резултатите

Основните показатели и критерии, спрямо които е направена количествена оценка на резултатите от проведеното хидрохимично изследване, са нормирани в Наредба № 1 от 10.10.2007 г. за проучване, ползване и опазване на подземните води [16].

Резултатите от химичния анализ показват, че основните показатели, които имат отношение към замърсяванията, причинени от СО, са хлоридите, сулфатите, Na и Ca, но само в т.нар. езеро в строителните отпадъци стойностите за тяхната концентрация превишават праговете според [16]. Логично, водите в това езеро са и с висока електропроводимост. При Източното и т.нар. Голямо езеро, в което се излужват СО, водното количество е твърде голямо и разрежда елуата. Подобно е и състоянието на водата по долното течение на р. Искър.

За оценка на химичното състояние по отношение на опасни замърсители са използвани действащите в България методични документи – Подход за оценка на количественото състояние на подземните води [17] и Подход за оценка на химичното състояние на подземните води [18]. Най-изразено е замърсяването на езерото в строителните отпадъци, като са установени завишени концентрации на SO_4 , Ca, Cl и Na. Констатира се лошо състояние на водата по показател Pb и в голямото езеро. В източното езеро и долното течение на р. Искър състоянието е лошо по показател Mn, което най-вероятно не е свързано с депонираните строителни отпадъци. В останалите водни пунктове състоянието на водите е добро по всички изследвани показатели.

Установените превишения показват, че на площадката има СО с опасни свойства, които се разпространяват към почвите и водите. По-високото съдържание на сулфати и хлориди е съществено при рециклиране на СО, тъй като влияе върху редица физико-химични свойства на рециклираните материали, както и на тяхната дълготрайност. Например хлоридите имат отношение към корозионната устойчивост на армировката в стоманобетонни конструкции с рециклирани добавъчни материали, а сулфатите участват в т.нар. вторично образуване на еtringит [19].

От друга страна SO_4 , Ca, Cl и Na се считат за част от факторите, водещи до т.нар. „засоляване на почвите“. Това води до интензивно влошаване на качествата на почвите и намаляващо плодородие. Замърсените подземни води, които са в контакт със земеделски земи, могат да доведат до влошен достъп на вода и хранителни вещества за растенията, тяхното забавено развитие и влошени добиви. Това означава, че замърсените СО могат пряко и непряко да повлияят на качеството на почвите и земеделските добиви посредством дренирането им към подземните води и околните на тях почви.

Поради ограничения брой изследвани проби съществува вероятност при по-подробно изследване да се идентифицира наличие и на други опасни замърсители, например от групата на тежките метали. В литературата е установено, че количественото отношение между хлориди и сулфати може да бъде индикатор за по-високи нива на отделено олово [20]. Това означава, че стандартната за България практика СО да не се събират разделно, както и несъвършените технологии и контрол по рециклирането им, следва да се преосмислят от гледна точка на токсикологичните рискове, които пораждаат.

5. Заключение

Статията проследява и обобщава възможните източници на замърсявания с опасни вещества при различните видове строителни материали и по време на различните етапи от жизнения цикъл на сградата. Описани са основните прекурсори и механизми на излужване, както и веществата, които следва да бъдат обект на проверка съгласно съществуващото законодателство и в съответствие с добрите практики при разрушаване на сгради.

Проверена е хипотезата за пренос на опасни вещества към подземни води и надземни водоноси на територията на действаща площадка за третиране на строителни отпадъци. За някои от пробите са установени завишени концентрации на хлориди, сулфати, Na и Ca, а в други участващи пробите са положителни за повишено съдържание на олово. Получените резултати потвърждават необходимостта от разделно събиране и третиране на опасни и неопасни отпадъци, за да се предотврати риска от разпространение на замърсяванията при използването на СО за обратни насипи, рециклиране, а дори и при съхраняването им в депата. За коректното класифициране на СО е от съществена важност да се извърши подробен одит преди разрушаване.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-260/2022 е подкрепена финансово от Центъра за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Direktiva 2008/98/EF na Evropeyskia parlament i na Saveta ot 19 noemvri 2008 godina odnosno otpadatsite i za otmyana na opredeleni direktivi.
2. Evropeyski komisija. Plan za deystvie otnosno kragovata ikonomika, 2020.
3. Naredba za upravlenie na stroitelnite otpadatsi i za vlagane na retsiklirani stroitelni materialii (NUSOVRSM), posl. izm. DV br. 98, 2017.
4. Naredba № 6 ot 27 avgust 2013 g. za usloviyata i iziskvaniyata za izgrazhdane i eksploatatsia na depa i na drugi saorazhenia i instalatsii za opolzotvoryavane i obezvrezhdane na otpadatsi, posl. obn. DV br. 36 ot 1 may 2021 g.
5. Zakon za ustroystvo na teritoriyata, posl. izm. DV br. 86 ot 13 oktomvri 2023 g.
6. Naredba za opasnite himichni veshtestva i preparati, podlezhashti na zabrana ili ogranichenia pri targovia i upotreba (zagl. izm. – DV, br. 62 ot 2004 g.), otm. DV. br. 68 ot 31 avgust 2010 g.
7. European Commission. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings, 2018.
8. Evrostat. “Guidance on classification of waste according to EWC-Stat categories,” 2010. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351806/Guidance-on-EWCStat-categories-2010.pdf/0e7cd3fc-c05c-47a7-818f-1c2421e55604> (posledno poseten na 29.04.2024 g.).
9. Pacheco-Torgal, F., Jalali, S., Fucic, A. Toxicity of building materials. Woodhead Publishing Limited, 2012.

10. Dave, P. N., Chaturvedi, S., Sahu, L. K. Impact of polychlorinated biphenyls on environment and public health. Handbook of Advanced Approaches Towards Pollution Prevention and Control, Elsevier, 2021, pp. 261–280. doi:10.1016/B978-0-12-822121-1.00013-8.

11. Liu, H., Zhang, J., Li, B., Zhou, N., Xiao, X., Li, M., Zhu, C. Environmental behavior of construction and demolition waste as recycled aggregates for backfilling in mines: Leaching toxicity and surface subsidence studies. // Journal of Hazardous Materials, Volume 389, 2020, 121870, ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121870>.

12. Cabrera, M., Pérez Galvín, A., Agrela, F. 12 – Leaching issues in recycled aggregate concrete, Editor(s): Jorge de Brito, Francisco Agrela, In Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete, Woodhead Publishing, 2019, Pages 329-356, ISBN 9780081024805, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102480-5.00012-9>.

13. Diotti, A., Perèz Galvín, A., Piccinali, A., Plizzari, G., Sorlini, S. Chemical and Leaching Behavior of Construction and Demolition Wastes and Recycled Aggregates. Sustainability 2020, 12, 10326, <https://doi.org/10.3390/su122410326>.

14. Nyika, J., Dinka, M., Onyari, E. Effects of landfill leachate on groundwater and its suitability for use, Materials Today: Proceedings, Volume 57, Part 2, 2022, pp 958-963, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.239>.

15. Ančić, M., Huđek, A., Rihtarić, I., Cazar, M., Bačun-Družina, V., Kopjar, N., Durgo, K. Physico-chemical properties and toxicological effect of landfill groundwaters and leachates, Chemosphere, Volume 238, 2020, 124574, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124574>.

16. Naredba № 1 ot 10 oktovri 2007 g. za prouchvane, polzvane i opazvane na podzemnite vodi, posl. izm. DV br. 27 ot 01.04.2011 g.

17. Ministerstvo na okolnata sreda i vodite, Podhod za otsenka na kolichestvenoto sastoyanie na podzemnite vodi, (https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/filebase/Water/PURB/Podhodi/GW_pdf_270716/GW_status_kolichestvo_final.pdf) (posledno poseten na 29.04.2024 g.).

18. Ministerstvo na okolnata sreda i vodite, Podhod za otsenka na himichnoto sastoyanie na podzemnite vodi, https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/filebase/Water/PURB/Podhodi/GW_pdf_270716/GW-status_himichen_final.pdf (posledno poseten na 29.04.2024 g.).

19. Debieb, F., Courard, L., Kenai, S., Degeimbre, R. Mechanical and durability properties of concrete using contaminated recycled aggregates, Cement and Concrete Composites, Volume 32, Issue 6, 2010, pp. 421-426, ISSN 0958-9465, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.03.004>.

20. Edwards, M., Triantafyllidou, S. Chloride-to-sulfate mass ratio and lead leaching to water, American Water Works Association 99(7):96-109, 2007, DOI: [10.1002/j.1551-8833.2007.tb07984.x](https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2007.tb07984.x).

CRITICAL ANALYSIS OF THE RISKS OF RELEASING HAZARDOUS SUBSTANCES FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

Y. Kancheva¹, D. Evlogiev², R. Zaharieva³

Keywords: hazardous substances, leaching, CDW, pre-demolition audit

ABSTRACT

Nowadays, there has been a growing concern for public health and environmental protection caused by pollution with heavy metals, volatile organic compounds (VOCs), polychlorinated biphenyls (PCBs), formaldehyde, etc. In Bulgaria, the predominant part of the construction waste is utilized in backfilling without proving their suitability. The ability to use construction waste as a secondary resource, in the context of the circular economy, can also be limited due to the presence of contaminants in recycled materials. This paper examines the risks of hazardous substances leaching from construction and demolition waste after having analyzed groundwater and surface water samples near a construction waste treatment site not far from the city of Sofia.

¹ Yana Kancheva, Senior Assistant Prof. Dr. Eng., Dept. "Applied Geodesy", UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046, e-mail: kancheva_fgs@uacg.bg

² Daniel Evlogiev, Senior Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Building materials and Insulations", UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046, e-mail: d.evlogiev_fce@uacg.bg

³ Roumiana Zaharieva, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Building Materials and Insulations", UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046, e-mail: zaharieva_fce@uacg.bg