Определяне на водопропускливостта на настилки - VUBA

Aura Innovation Centre

28 юни 2023 г.



Ръководител:

UNIVERSITY OF HULL | ENERGY AND ENVIRONMENT INSTITUTE

Финансиране:

European Union
European Regional Development Fund

Докладът обобщава проектирането и използването на пермеаметър за определяне на водопропускливостта на два вида настилки, както и създаването на числен модел на подземния воден поток за изследване на влиянието на настилки с различна водопропускливост върху оттока по типична улица.

Съдържание

1 Физическо моделиране 3

1.1 Изпитвателна постановка 3

1.2 Метод на изпитване 6

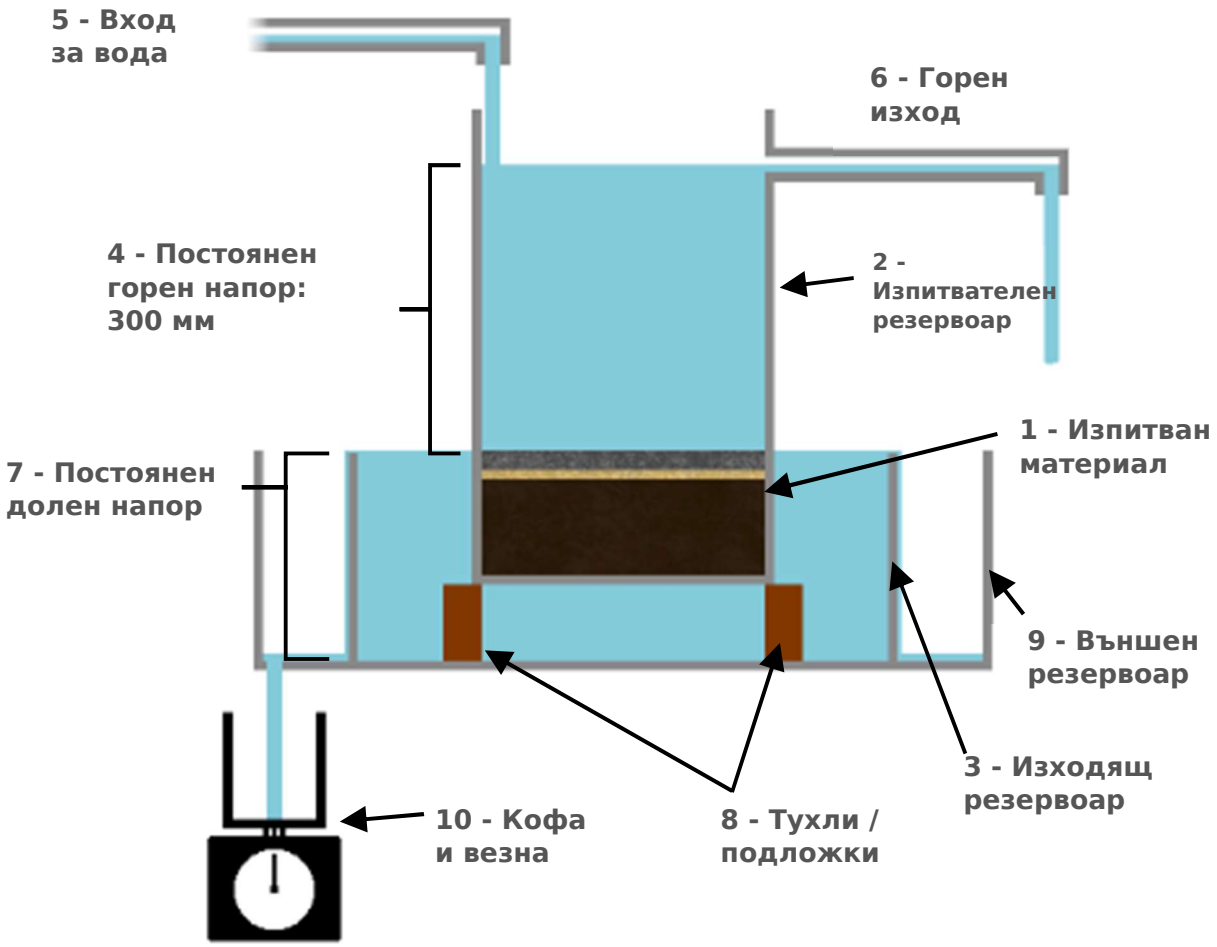
1.3 Резултати 8

2 Числено моделиране 9

2.1 Настройка на модела 9

2.2 Резултати 10

1 Физическо моделиране



1.1 Изпитвателна постановка

Стендът включва вътрешен изпитвателен резервоар, който задържа вода над образеца, изходящ резервоар за поддържане на долното водно ниво и външен резервоар за събиране и измерване на изтичащата вода. Постановката е разработена въз основа на BS EN 12697-19:2020 „Битумни смеси - Методи за изпитване“, част 19: „Водопропускливост на образци“.

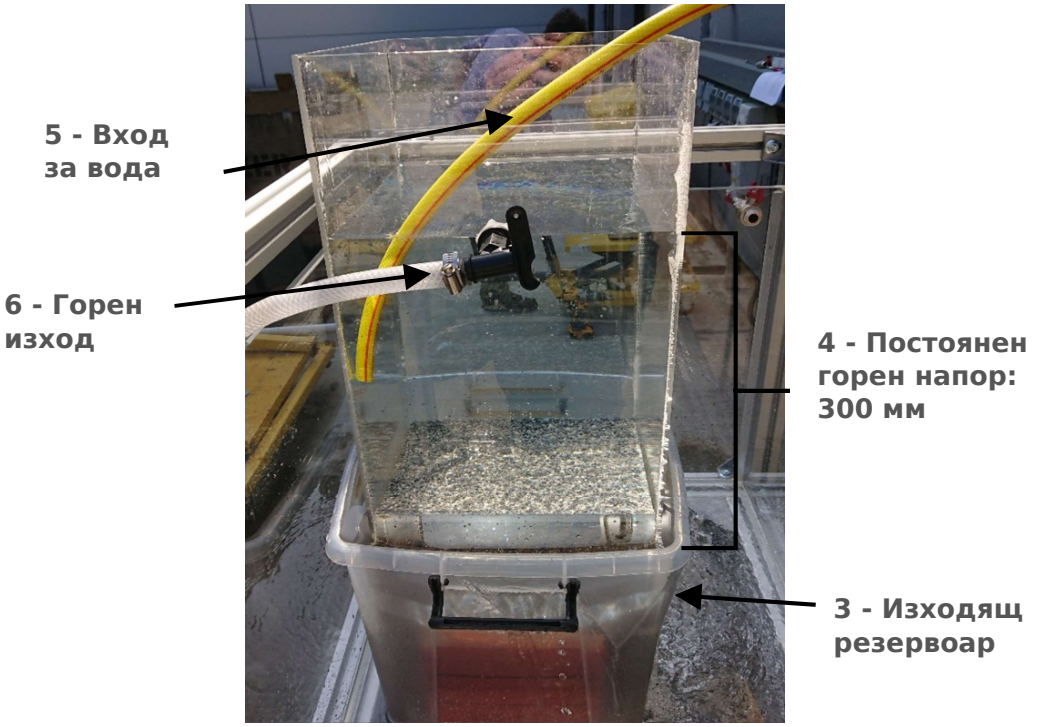

2 - Изпитвателен резервоар
1 - Изпитван материал
3 - Изходящ резервоар


5 - Вход за вода
2 - Изпитвателен резервоар
9 - Външен резервоар

За изпитване на водопропускливостта на образеца (1) е необходим постоянен хидравличен напор. Той се създава от разликата между две водни нива: над образеца в изпитвателния резервоар (2) и в изходящия резервоар (3), в който е поставен изпитвателният резервоар. Горното ниво (4) се поддържа на 300 мм над горната повърхност на образеца чрез постоянно подаване на вода с маркуч (5). Излишната вода изтича през отвор (6) в стената на резервоара, разположен на 300 мм над образеца. Долното ниво (7) се поддържа чрез пълнене на изходящия резервоар (3) догоре и преливане на излишната вода. То трябва да съвпада с горната повърхност на образеца. За целта изпитвателният резервоар се повдига върху тухли или други водоустойчиви подложки (8), разположени така, че да закриват възможно най-малко отвори в дъното му. Водата от изходящия резервоар (3) се събира във външен резервоар (9) с отвор или кран на дъното и се измерва с кофа и везна (10).

За тази постановка е важно:

- Дебитът на входа за вода (5) трябва да е по-голям от дебита през образеца, за да може изпитвателният резервоар да се напълни.
- Кранът или отворът в дъното на външния резервоар трябва да е достатъчно голям, за да отвежда бързо цялото постъпващо количество вода.



1.2 Метод на изпитване

1. Материалът на изпитваната настилка се поставя в дъното на изпитвателния резервоар.
2. Изпитвателният резервоар се поставя в изходящия резервоар и стендът се подрежда, както е показано по-горе.
3. Вода се подава отгоре, докато долният и горният резервоар достигнат необходимите нива. След това входният дебит може да се намали до необходимия за поддържане на горното ниво. През това време водата изтича свободно от външния резервоар.
4. Потокът се поддържа 10 минути за насищане на образеца.
5. Преди всяко изпитване кофата се претегля, за да се определи сухата ѝ маса. Поставя се под изхода на външния резервоар, за да събере цялата вода, и се пуска таймер. След определено време (обикновено 30 или 60 секунди) кофата се отстранява и отново се претегля, за да се определи пълната ѝ маса.
6. Изпитването се повтаря няколко пъти за всеки материал, за да се повиши точността на крайния резултат.

7. За изчисляване на водопропускливостта първо се определя дебитът от масата на водата и времето за измерване:

$$Q = \frac{m_{flilled} - m_{dry}}{\rho\, t}$$

Q = дебит ($m^3\ s^{-1}$)

m_filled = маса на пълната кофа (kg)

m_dry = маса на празната кофа (kg)

ρ = плътност на водата (kg m^3; приета = 1)

t = време за напълване на кофата

След това водопропускливостта се изчислява от дебита:

$$K_z = \frac{Ql}{hA}$$

Kz = водопропускливост ($m\ s^{-1}$)

Q = дебит ($m^3\ s^{-1}$)

h = разлика между горното и долното водно ниво (m; = 0,3 в тази постановка)

l = дебелина на образеца (m)

A = площ на образеца (m^2; = 0,3 × 0,3 = 0,09 m в тази постановка)

1.3 Резултати

За всеки вид настилка изпитването е повторено 10 пъти и е изчислена средната стойност:

Вид настилка	**Средна изчислена водопропускливост (m/s)**	**Стандартно отклонение**	**SD (%)**
Павета	1.05×10^{-4}	1.692×10^{-6}	1.61
Пропусклива Resin Bound	1.98×10^{-3}	5.239×10^{-5}	2.65

Според BS EN 12697 при изпитване на порест асфалт водопропускливостта обикновено е между $0,5 \times 10^{-3}$ m/s и $3,5 \times 10^{-3}$ m/s. Тази стойност се отнася само до битумната смес и не отчита изискванията към основата или последиците от водопропускливостта на положената настилка.

В заключение, изпитванията показват, че типичен продукт Vuba Resin Bound, сравнен с обичайна настилка от павета и съответните им основи, има измерен коефициент на вертикална водопропускливост приблизително 19 пъти по-висок от този на традиционните павета.

2 Числено моделиране

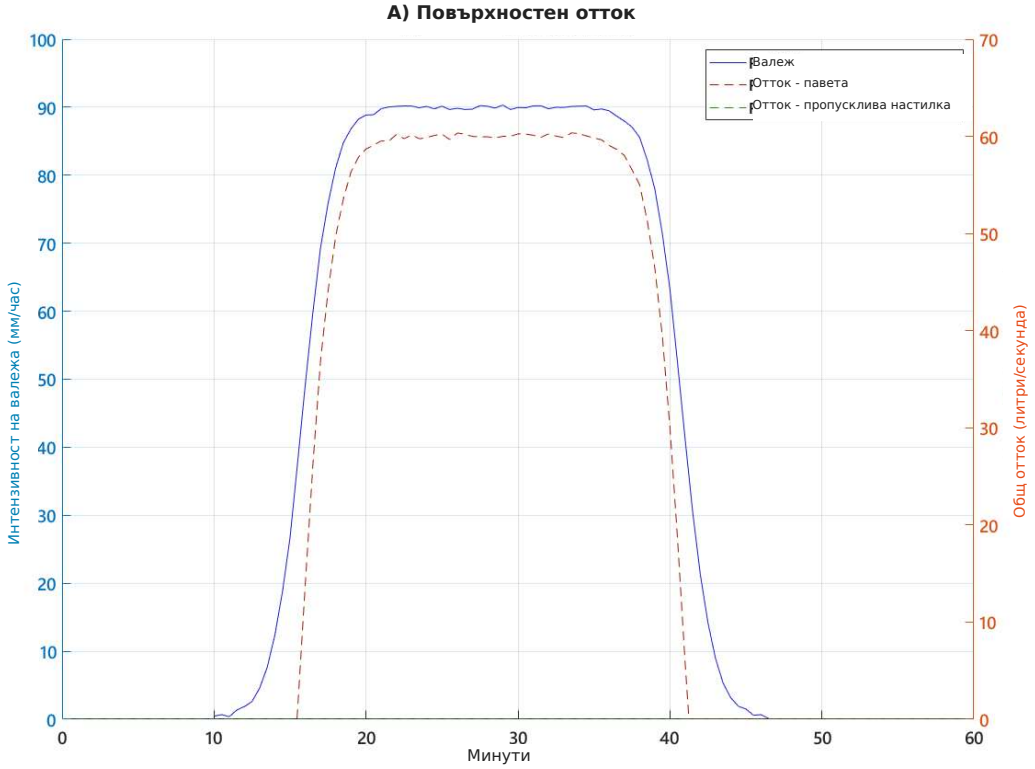
2.1 Настройка на модела

Създаден е числен модел с USGS Modflow 6.3 - широко използван модел с отворен код за подземни водни потоци, разработен от Геоложката служба на САЩ. Улицата е представена с размери 20 × 200 m и мрежа с резолюция 1 m. По вертикала моделът е разделен на 8 слоя. Най-горният е с дебелина 0,15 m и представя изпитаните настилка и поддържащ материал. Всеки следващ слой е 1,5 пъти по-дебел от предходния, което подпомага стабилността на модела. Общата моделирана дълбочина е 7,875 m.

Водопропускливостта на горния слой е зададена според стойността от раздел 1 за съответната настилка. Долните слоеве имат водопропускливост 1×10^{-5} m s^{-1}. Десет минути след началото на симулацията падат около 37,5 мм дъжд за 35 минути, с максимална интензивност 90 мм/час. Това е интензивен валеж за Обединеното кралство, но под най-високата регистрирана интензивност (80 мм за 30 минути; Met Office, 2023). Моделът симулира просмукването през горните ненаситени почвени слоеве и движението след достигане на подземното водно ниво, но не и повърхностните потоци. Водата, която не прониква в настилката, се отстранява незабавно от модела. Така се представя улица с ефективно отводняване, което бързо отвежда повърхностната вода.

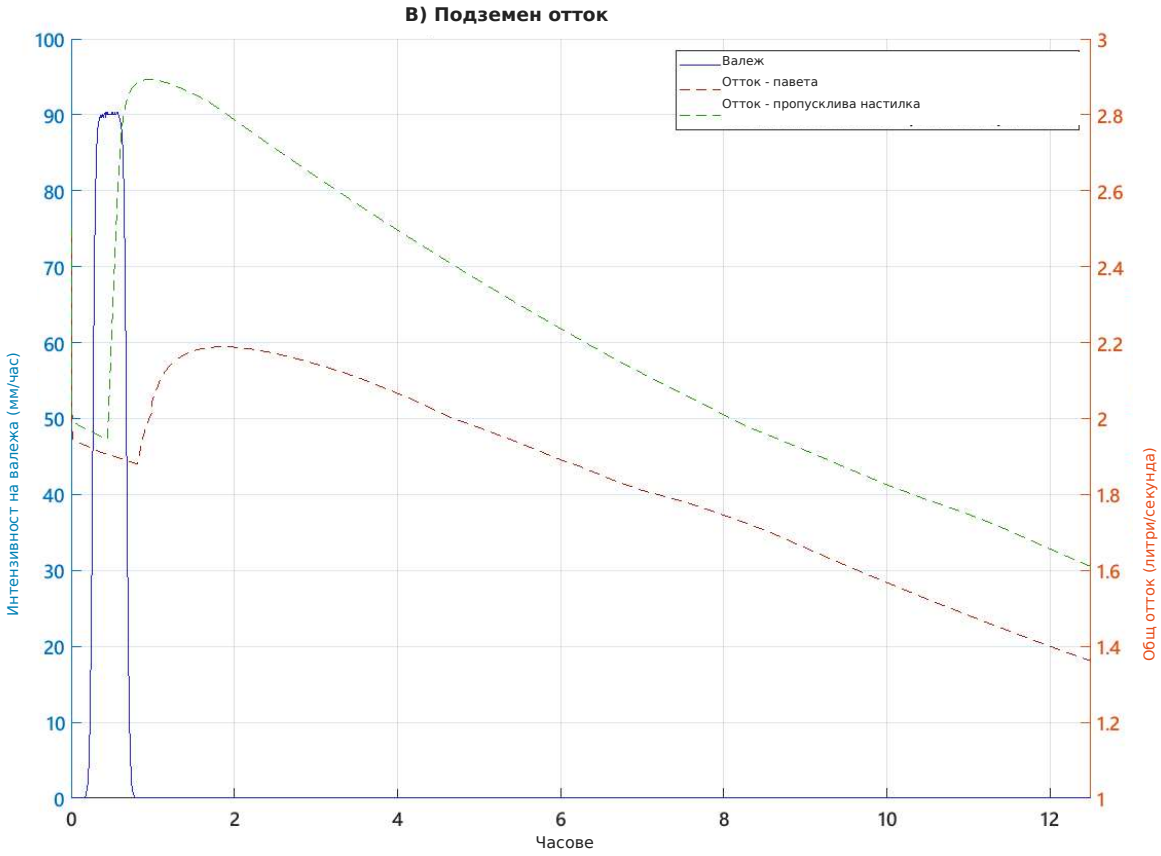
За оценка на реакцията на настилката при валежа се записват обемът вода, който не прониква през повърхността, и дебитът на водата, напускаща модела като подземен поток през неговите граници.

2.2 Резултати



Фигура 1: Хидрограф на общия повърхностен отток от модела, съпоставен с интензивността на валежа.

По време на валежа настилката от павета генерира общо 82 000 литра повърхностен отток с максимален дебит около 60 l/s (фигура 1). При водопропускливата настилка в тази симулация няма повърхностен отток, тъй като цялото количество валежна вода прониква в почвата.



Фигура 2: Графика на общия подземен отток от модела, съпоставен с интензивността на валежа.

Фигура 2 показва, че водопропускливата настилка генерира по-голям подземен отток през границите на модела. Това е очаквано: по-бързата инфилтрация през настилката позволява повече валежна вода да достигне подземните води (или подземните дренажи, ако има такива). Моделът приема, че целият повърхностен отток веднага се улавя и отвежда от повърхностни отводнители. В противен случай водата може да се задържи в локви и след валежа бавно да прониква в почвата. При паветата това би могло да доведе до по-продължителен и по-нисък пик на подземния отток.

3 Източници

Met Office, 2023, Климатични екстремуми в Обединеното кралство (валежи):

https://www.metoffice.gov.uk/research/climate/maps-and-data/uk-climate-extremes
Посетен на 20/06/2023 г.

Flood Innovation Centre

Aura Innovation Centre
Bridgehead Business Park,
Meadow Rd, Hessle, UK. HU13 0GD

01482 464700

floodinnovation.co.uk

ИНОВАЦИИ СРЕЩУ НАВОДНЕНИЯТА

VUBA Bulgaria | vubabulgaria.com | vubabulgaria@gmail.com | 0888 78 88 65



Ръководител:

UNIVERSITY OF HULL | ENERGY AND ENVIRONMENT INSTITUTE

Финансиране:

European Union
European Regional Development Fund