



Nacionalni inštitut
za **javno zdravje**

VPLIV GRADBENIH MATERIALOV NA ONESNAŽENJE NOTRANJEGA ZRAKA

¹dr. Viviana GOLJA, ¹dr. Anja JUTRAŽ, ¹Matjaž KROŠEL, ^{1,2}doc. dr. Andreja KUKEC, ¹Majda POHAR, ²Tanja REJC, ¹Tjaša VIDIC MALOVRH, ¹doc. dr. Agnes ŠÖMEN-JOKSIĆ, ¹prim.mag. Simona URŠIČ, ³doc. dr. Sabina JORDAN, ^{3,4}izr.prof.dr. Andrijana SEVER ŠKAPIN, ³Luka ŠKRLEP, ³dr. Erika ŠVARA FABJAN, ³dr. Peter NADRAH

¹Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija, ²Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija, ³Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana, Slovenija, ⁴Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec, Slovenija

Vsebina

- Hlapne organske spojine (HOS/VOC) in polhlapne organske spojine (PHOS/SVOC)
- Potencialni viri v notranjem zraku
- Zakonodaja, strokovni dokumenti, standardi
- Pregled literature o sproščanju HOS in PHOS iz teh materialov v notranji zrak prostorov in vplivu na zdravje na zdravje ljudi
- Zbiranje informacij o materialih v izbranih tipih javnih objektov v Sloveniji
- Vpliv na zdravje in ocena tveganja
- Zaključka in priporočila

Ciljni raziskovalni projekt ARRS V3-2323

Priprava osnov za predlog metodologije za oceno tveganja za zdravje ljudi zaradi sproščanja hlapnih in polhlapnih organskih spojin iz gradbenih in finalizacijskih materialov ter opreme v notranji zrak prostorov.

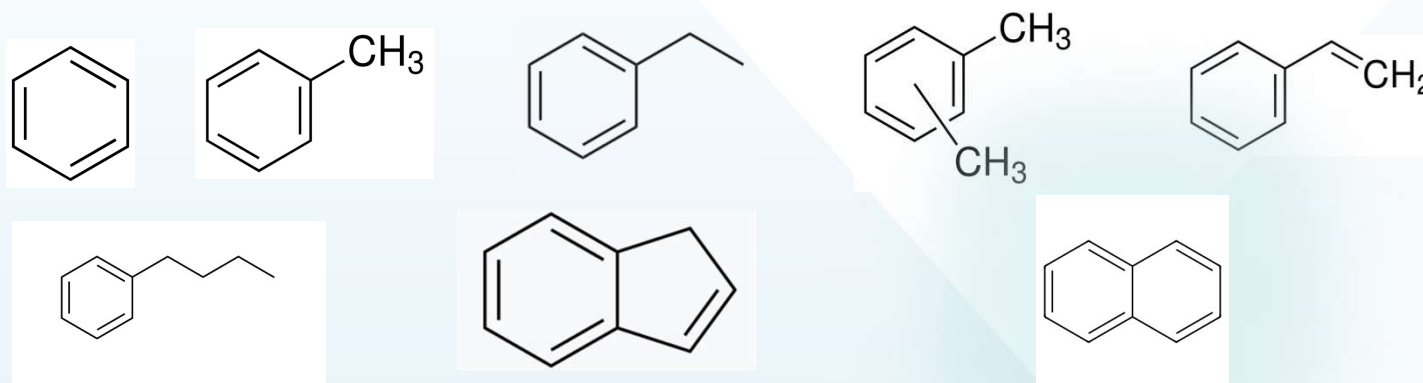
Partnerja: ZAG (vodilni) in NIJZ.

Trajanje projekta: od 1.10.2023 do 30.9.2024.

Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

AROMATSKI OGLJIKOVODIKI

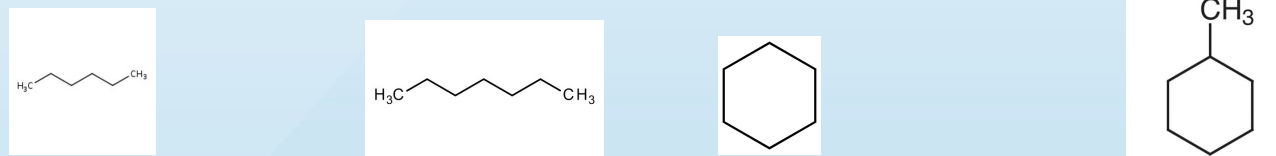
Benzen, toluen, etil benzen, ksileni, stiren



n-butil benzen, inden, naftalen ...

NASIČENI OGLJIKOVODIKI

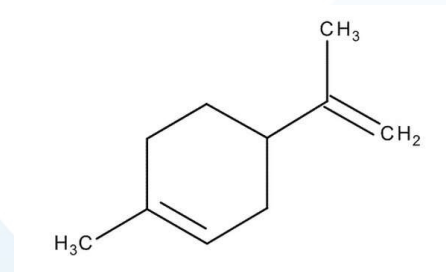
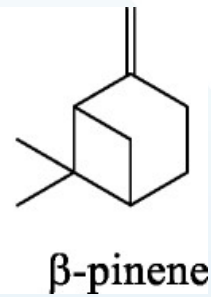
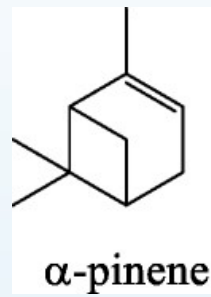
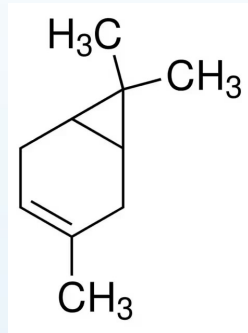
n-heksan, n heptan, cikloheksan, metil cikloheksan



Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

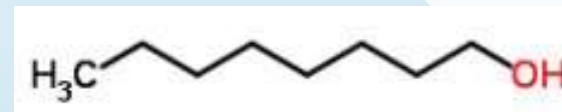
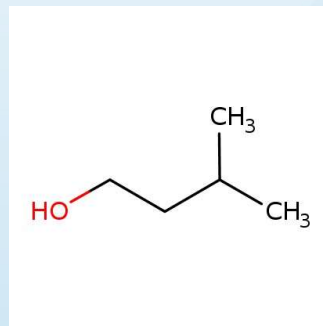
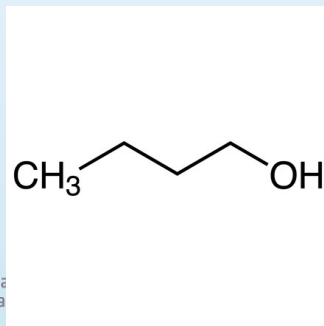
TERPENI

3-karen, alfa in beta pinen, limonen...



ALIFATSKI ALKOHOLI

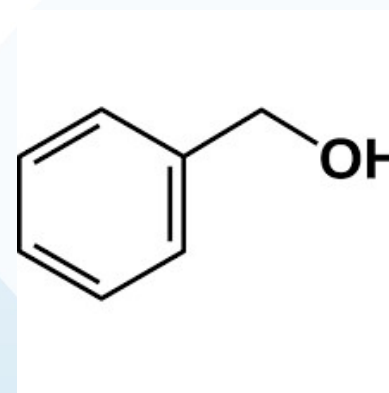
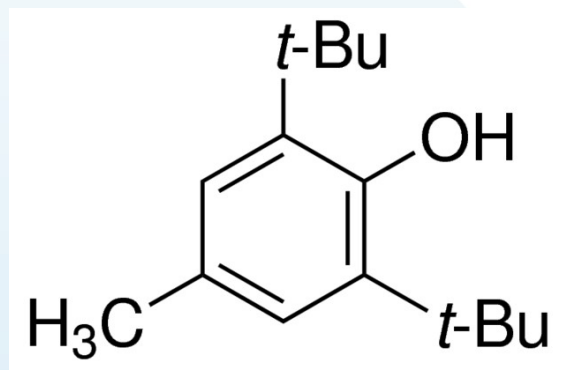
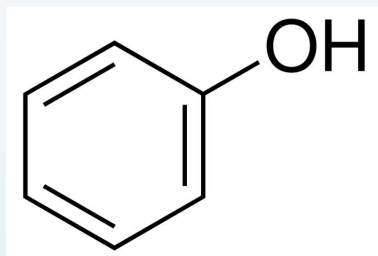
1-butanol, 1-pentanol, 1-oktanol



Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

AROMATSKI ALKOHOLI

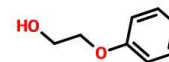
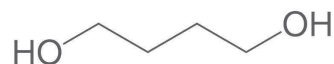
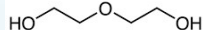
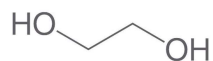
fenol, BHT (2,6-di-tert-butil-4-metilfenol), benzil alkohol...



Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

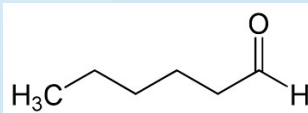
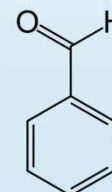
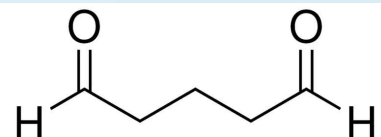
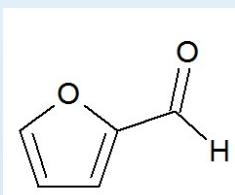
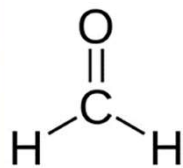
GLIKOLI, GLIKOL ETRI

etilenglikol, dietilenglikol, 1,4 butandiol, 2-fenoksietanol...



ALDEHIDI

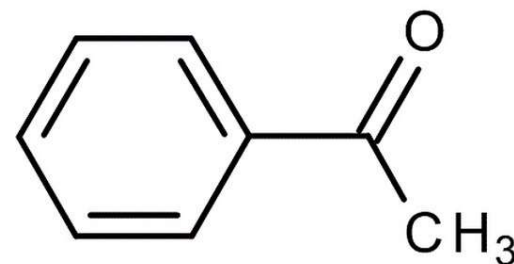
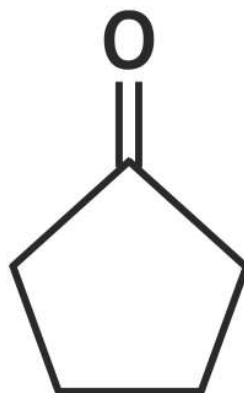
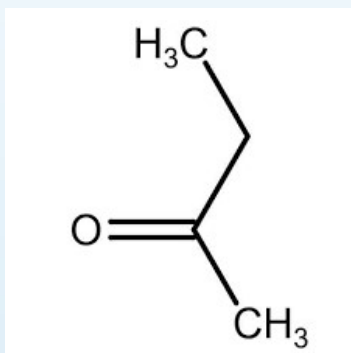
formaldehid, furfural, glutaraldehid, benzaldehid, heksanal...



Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

KETONI

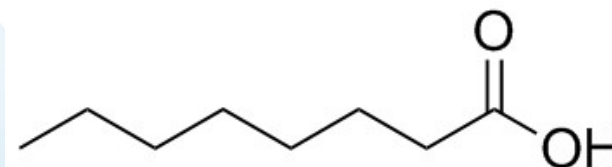
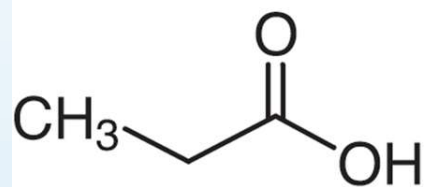
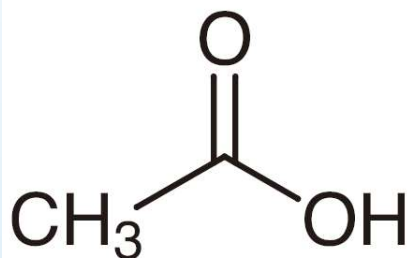
etilmetil keton, ciklopentanon, acetofenon...



Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

KARBOKSILNE KISLINE

ocetna kislina, propionska kislina, n-oktanojska kislina...



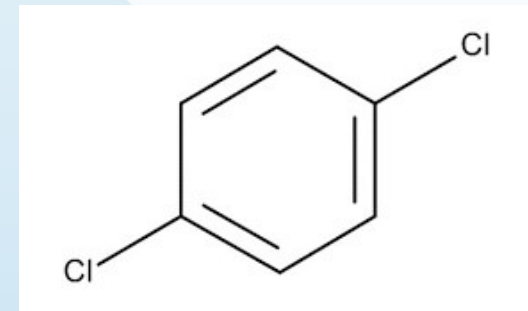
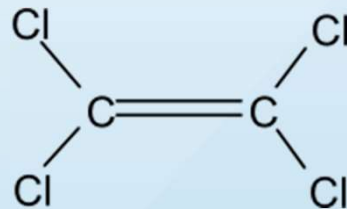
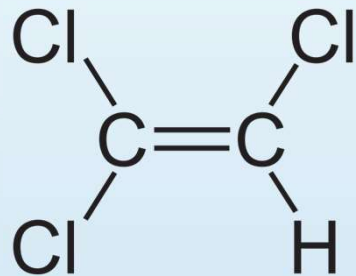
Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

ESTRI

acetati, formiati, akrilati, metakrilati, adipati, glutarati, sukcinati, fumarati...

KLORIRANI OGLJIKOVODIKI

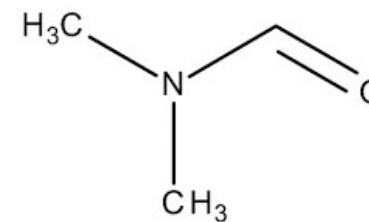
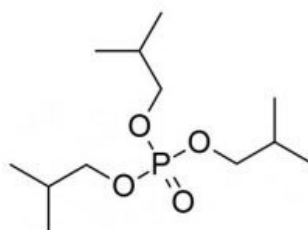
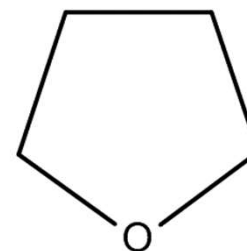
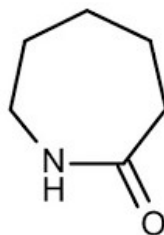
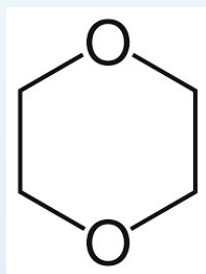
trikloroeten, tetrakloroeten, 1,4 diklorobenzen...



Hlapne organske spojine (HOS/VOC)

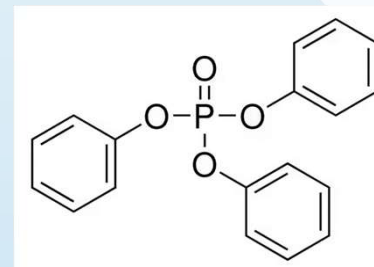
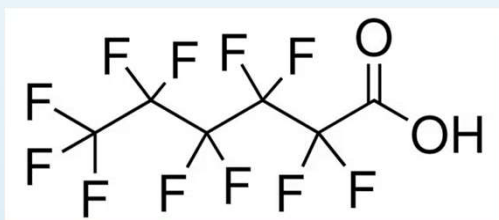
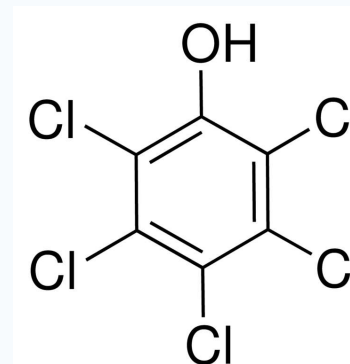
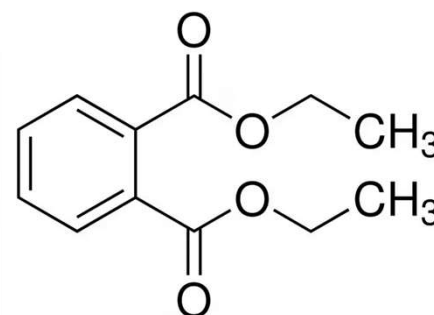
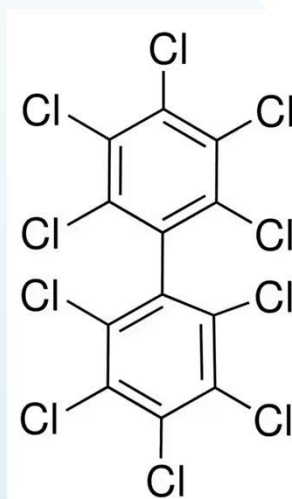
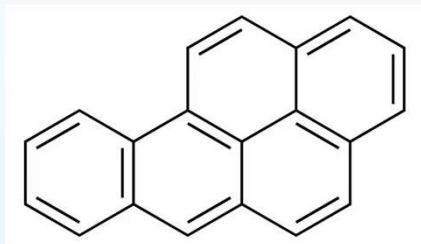
DRUGE SPOJINE

1,4 dioksan, kaprolaktam, tributil fosfat, tetrahidrofuran, dimetilformamid

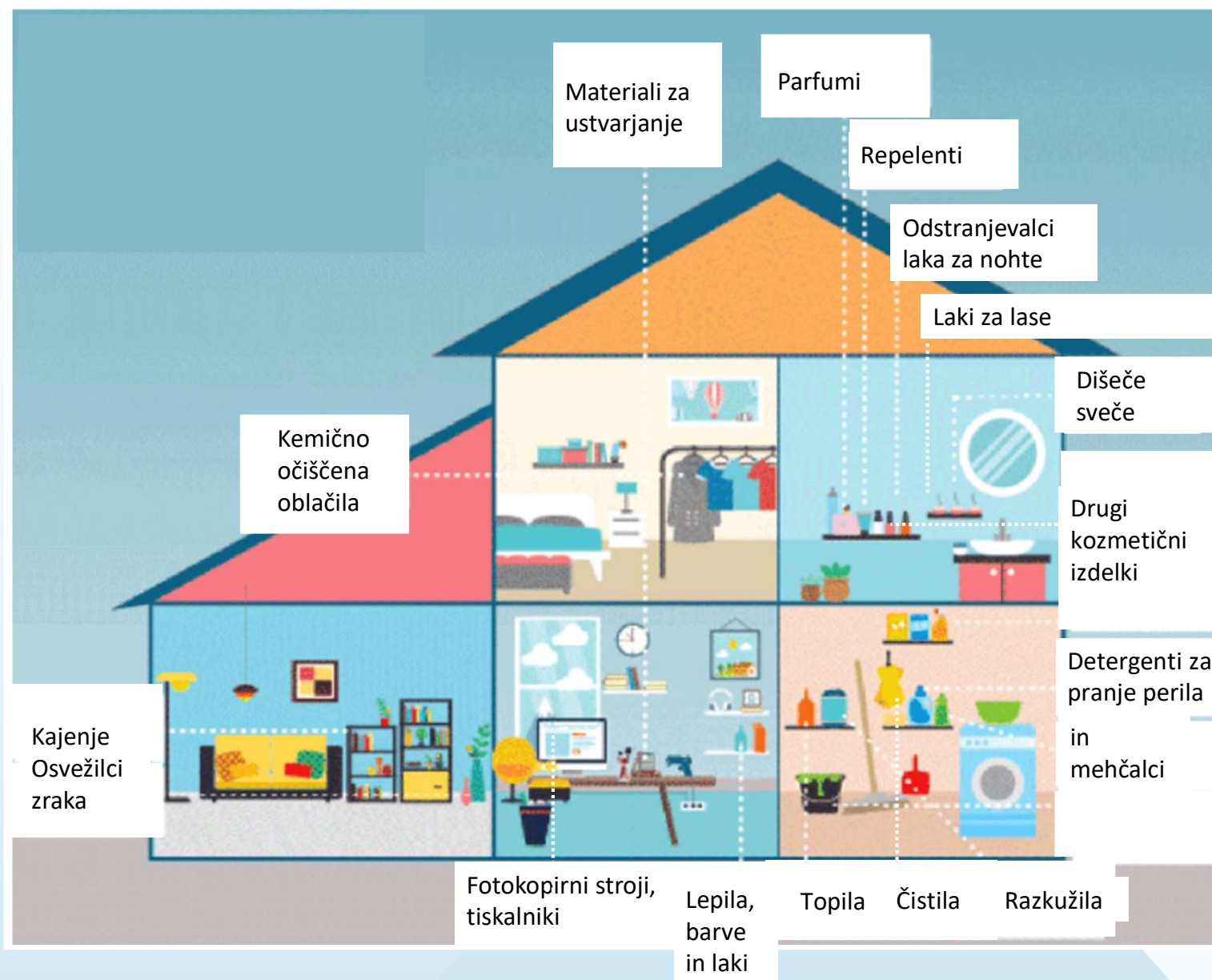


Polhlapne organske spojine (PHOS/SVOC)

PAH, PCB, ftalati, PFAS, zaviralci gorenja, pesticidi...



Potencialni viri HOS/PHOS v notranjem zraku



Gradbeni in zaključni materiali ter oprema kot potencialni viri HOS in PHOS

NOTRANJE BARVE IN PREMAZI



NOTRANJA LEPILA IN TESNILNE MASE



IZOLACIJA



TALNE OBLOGE



STENSKÉ OBLOGE



POHIŠTVO IN NOTRANJA OPREMA (zavese, mize/omare, oblazinjeno pohištvo...)



Zakonodaja, strokovni dokumenti, standardi

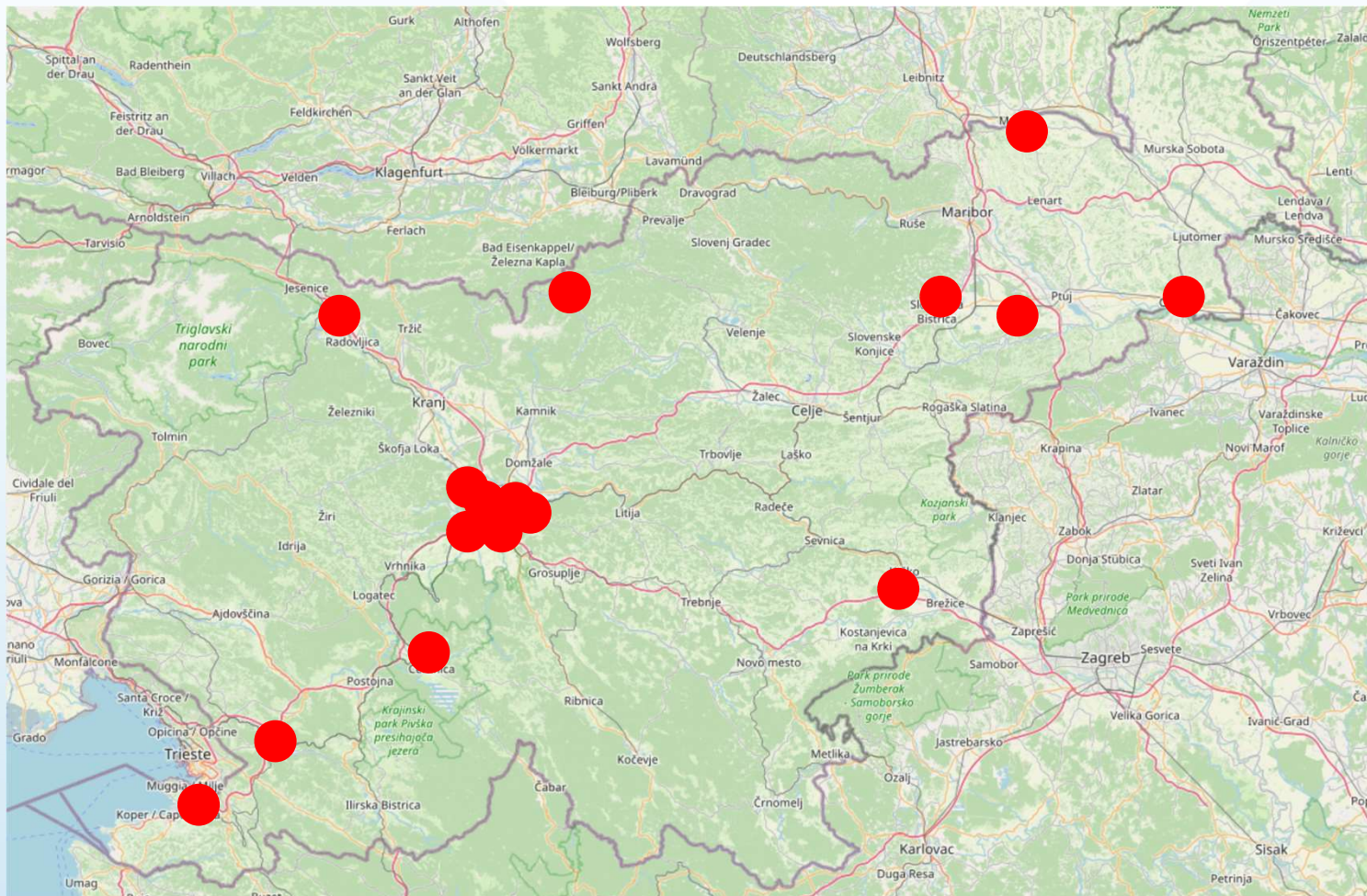
- Uredba 305/2011 o usklajenih pogojih za trženje gradbenih proizvodov, Priloga I Osnovne zahteve za gradbene objekte: grajeni tako, da ne ogrožajo... zdravja- navedba emisij nevarnih snovi in HOS v zrak zaprtih prostorov ...,
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (UI RS, št. 42/02 s spremembami), Priloga 1- skupni HOS in formaldehid
- Uredba o najvišjih vsebnostih hlapnih organskih spojin v določenih barvah in lakih ter proizvodih za ličenje vozil Uradni list RS, št. 93/10 in 44/22 (osnova Direktiva 2004/42/ES)
- Uredba REACH – formaldehid iz pohištva in lesnih izdelkov (omejitev za sproščanje iz pohištva in lesnih izdelkov po letu 2026),
- WHO 2010-WHO Guidelines for Indoor Air quality: Selected Pollutants – benzen, formaldehid, naftalen, skupni PAHi, trikloroetilen, tetrakloroetilen,
- SIST EN 16516:2018+A1:2020 Gradbeni proizvodi - Ocenjevanje sproščanja nevarnih snovi - Določevanje emisije v notranji zrak (vključno z dopolnilom A1).

Pregled literature o sproščanju HOS in PHOS iz materialov v notranji zrak in vplivu na zdravje ljudi

- **Pregled baz podatkov:** PubMed, Web of Science, Science Direct (januar 2024) – 675 člankov, izbor:
 - ocena tveganja za zdravje (19 člankov),
 - materiali (46 člankov),
 - kakovost notranjega zraka (28 člankov)
 - splošne informacije o HOS in PHOS (108 člankov).
- **Iskalni niz:** emisije HOS/PHOS, gradbeni material, pohištvo, zaprti prostori, zdravje, ocena tveganja.

Zbiranje informacij o materialih v stavbah v Sloveniji

17 javnih stavb: domovi starejših občanov in krajanov, knjižnice, osnovne in srednje šole, vrtci, športni objekti v Sloveniji



Materiali in sproščanje HOS in PHOS

Gradbeni materiali splošno:

benzen, formaldehid, trikloroetilen, terpeni ...

Izolacije: formaldehid, polibromirani difenil etri, organske kisline, terpeni, trietanolamin, benzen, toluen, izocianati ...

Stene (les in kompozitni les - npr. lesonit in druge plošče, premazi za stene): formaldehid, toluen, ksileni, terpeni, aromatski ogljikovodiki, aldehidi, ketoni, mravljinčna kislina, očetna kislina ...

Notranji in zaključni sloji (tapete, talne obloge): mehčala, aldehidi, terpeni, ciklične spojine, različni polimeri (kopolimeri stirena, akrilni, neopren, poliuretan), različna topila ...

Materiali in sproščanje HOS in PHOS

Premazi, lepila, barve: poliuretani, akrilati, benzaldehid, vinil acetat, etilbenzen, benzil alkohol, acetofenon, nonanal, dekanal, heptan, limonen, stiren, ksileni...

Pohištvo: formaldehid, etilbenzen, ksileni, alkani, terpeni...

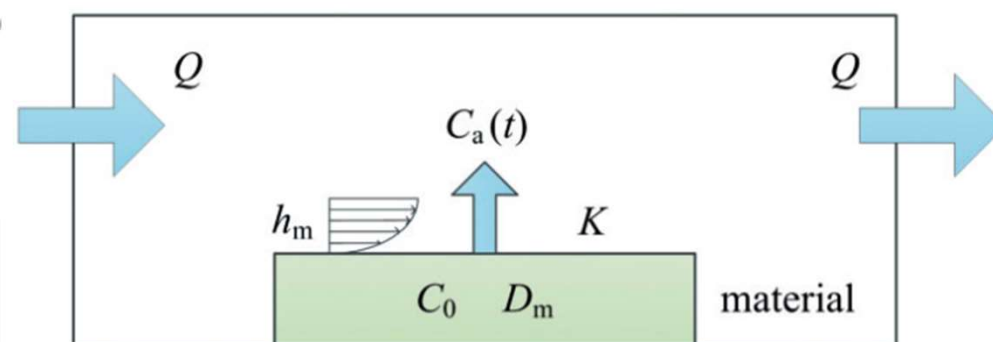
Koncentracije HOS/PHOS so v zaprtih prostorih lahko višje kot na prostem.

Dejanskih koncentracij HOS/PHOS v naših notranjih prostorih **ne poznamo.**

Vpliv na zdravje

Odvisen od:

- vrste materiala, vrste in koncentracije HOS/PHOS, ki smo jim izpostavljeni,
- časa izpostavljenosti,
- individualne značilnosti izpostavljene osebe.

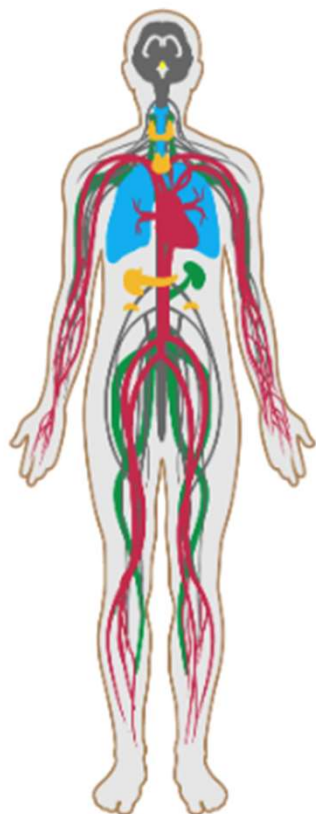


Poenostavljen proces emisije iz članka Yang et al., DOI:
10.1177/1420326X18761114

Sindrom bolne stavbe: akutni zdravstveni učinki povezani s časom, preživetim v stavbi.

Vpliv na zdravje

Vstopne poti HOS/PHOS: vdihavanje, koža, zaužitje



ENDOCRINE
CARDIOVASCULAR
INTEGUMENTARY
NERVOUS
RESPIRATORY
IMMUNE

Možni zdravstveni učinki

Akutna izpostavljenost

Draženje žrela (kašelj) in oči,
učinki na dihala (bolezni pljuč, astma),
nizka raven energije, utujenost, glavobol, slabost,
nespečnost, vznemirjenost,
draženje kože, dermatitis.

Kronična izpostavljenost

Motnje endokrinega sistema, učinki na imunski sistem,
bolezni srca in ožilja,
učinki na centralni živčni sistem, kognitivne funkcije,
nevrološke motnje,
tveganje za razvoj raka, mutagenost, reproduktivni
učinki.

Ocena tveganja za zdravje ljudi – HOS/PHOS

- Škodljivost HOS/PHOS in določitev referenčnih odmerkov.

Metodologija US EPA - učinki:

- nerakotvorni (RfC in količnik nevarnosti, HQ),
- rakotvorni (IUR in tveganje pri vseživljenjski izpostavljenosti, LCR).

Identifikacija /
karakterizacija nevarnosti

Ocena izpostavljenosti

Karakterizacija tveganja

Potrebno je upoštevati :

- vse vire (gradbeni materiali in oprema, čistila, osvežilci, kuhanje, tobačni dim ...),
- vse poti vnosa (vdihavanje HOS, zaužitje, koža, (PHOS)),
- različne scenarije (otroci, odrasli ...),
- izpostavljenost skozi daljši čas

Zaključka

- Gradbeni in zaključni materiali ter oprema lahko **vplivajo na onesnaženje notranjega zraka zaradi sproščaja** HOS/PHOS v notranji zrak.
- Zakonodaja glede sproščanja HOS/PHOS iz teh materialov **je splošna**, v Sloveniji **ni systemskega spremljanja** sproščanja iz teh materialov in določevanja koncentracij v notranjem zraku.

Priporočila

- **Za obvladovanje škodljivih vplivov na zdravje je potrebna specifična zakonodaja in sistemsko spremljanje sproščanja HOS/PHOS** (preskušanje in uporaba gradbenih materialov z minimalno emisijo HOS/PHOS, spremljanje kakovosti zraka v stavbah, ustrezno **prezračevanje**).
- **Za ocene tveganja** za zdravje ljudi zaradi sproščanja HOS/PHOS **so potrebne raziskave izpostavljenosti** tem spojinam v notranjem zraku (meritve koncentracij HOS/PHOS skozi daljše časovno obdobje).
- **Nujno je osveščanje strokovne in laične** javnosti o emisijah iz gradbenih materialov in drugih virov ter o pomembnosti prezračevanja.

Nujno je sodelovanje različnih deležnikov.

HVALA ZA POZORNOST!

Avtorji se zahvaljujemo:

Javni agenciji za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS)

in

Ministrstvu za zdravje Republike Slovenije (MZ) za financiranje