

ZBORI ZAPS
ALI BOMO V LUČI PODNEBNIH SPREMENB ZNALI
SPREMENITI NAČINE NAČRTOVANJA IN
UMEŠČANJA V PROSTOR?

Uvodni prispevek na Zboru ZAPS, 21. september 2023, Vegova 8, Ljubljana
mag. Mojca Dolinar, univ. dipl. inž. meteorologije

KAJ NAM PRINAŠA PODNEBJE PRIHODNOSTI?

Podnebne projekcije nam kažejo različne scenarije podnebja v prihodnosti. Ti so v največji meri odvisni od nas – človeštva. Kako uspešni bomo pri omejevanju izpustov toplogrednih plinov v naslednjem desetletju in nato do leta 2050 ter v drugi polovici stoletja. Različni scenariji se kažejo v različnih številkah: koliko toplejše podnebje lahko pričakujemo in kako se bo spremenil padavinski režim. Z opisom sprememb padavin in ostalih elementov vodnega kroga poskušamo opisati, kako drugačno bo to toplejše podnebje od današnjega. Pa vendar si za temi številkami le težko predstavljamo, kako drugačno bo to podnebje. Ali nas bo zares ogrožalo? In kako nas bo ogrožalo? Bo življenje v tako spremenjenem podnebjju zelo drugačno od današnjega?

Zaradi človekovega vpliva se podnebje po vsem svetu počasi spreminja že vse od začetka industrijske dobe dalje, od osemdesetih let prejšnjega stoletja pa se je hitrost sprememb zelo povečala. V Sloveniji je hitrost temperaturnih sprememb od sredine osemdesetih let skoraj 0,5 °C na desetletje. Torej so za nami že več kot tri desetletja hitrih sprememb podnebja, kar pomeni, da smo že sredi njih. Številke v podnebnih scenarijih danes niso več nekaj zelo abstraktnega, nepredstavljivega. Z izkušnjami, ki jih doživljamo v današnjem podnebjju, si lažje slikamo podnebje v prihodnosti.

SPREMEMBE TEMPERATURE

Najbolj gotova in tudi največja sprememba, ki jo že doživljamo, in se bo v prihodnosti še stopnjevala, je seveda dvig temperature. Dvig povprečne temperature bo največ izzivov prinesel v poletnem času. Imeli bomo več vročinskih valov, ki bodo vedno daljši in močnejši – njihova povprečna temperatura bo vedno višja. Zaradi mestnega toplotnega otoka bodo vročinski valovi v mestih še za stopnjo močnejši kot v ruralnem okolju. In vročina nam prinaša mnoge izzive, s katerimi se bomo morali soočiti. Če smo se do še pred kratkim ukvarjali s toplotnim ovojem stavb v smislu preprečevanja izgube toplote v hladnem delu leta, bo vedno bolj pomemben tudi toplotni ovoj, ki bo preprečeval vdor vročine v stavbe v toplem delu leta. Obenem se bo močno povečala raba energije za hlajenje. Za razliko od ogrevanja, se za hlajenje uporablja izključno električna energija in v že zelo bližnjih poletjih si lahko obetamo zelo velike vrhove v rabi električne energije med vročinskimi valovi. Električno omrežje kot ga imamo danes, takšnih konic v rabi ne bo preneslo. Ekstremna vročina vpliva na fizikalne lastnosti materialov. Preko standardov za konstrukcije (SIST EN 1991-1-5 Evrokod 1) je zagotovljeno, da so materiali za konstrukcije odporni tudi na najbolj ekstremne temperature. Zaradi hitre rasti temperature bodo morali biti ti standardi pogosto obnovljeni oziroma bodo za projektne temperature morali upoštevati podnebne projekcije. V zadnji letih se je že zgodilo, da konstrukcije, ki so ob izgradnji sledile standardom, niso zdržale današnjih toplotnih obremenitev. Tak najbolj očiten primer so npr. železniški tiri.

SPREMEMBE V VODNEM KROGU

Z rastjo temperature zraka se spreminja tudi vodni krog, ki v toplejšem podnebjju postaja bolj intenziven. Zrak v toplejšem podnebjju lahko nosi več vodne pare, zato je običajno potrebno več časa, da pride do nasičenja, kondenzacije in padavin. Zaradi tega se povečuje tveganje za suše. Ko pa pride do padavin, so te zaradi večje količine vodne pare v zračni masi bolj izdatne

in pripeljejo do poplav. Čeprav se zdi protislovno, nam prihodnost prinaša večjo pogostost obeh hidroloških skrajnosti, tako suš kot poplav. Za vsako stopinjo bolj toplo ozračje lahko poveča jakost kratkotrajnih nalivov tudi za 14 %. Najbolj ekstremne dolgotrajne (dnevne) padavine pa se do konca stoletja lahko povečajo tudi do 37 %.

Kratkotrajne intenzivne padavine so povezane z neurji, ki bodo zaradi segrevanja ozračja vedno pogostejša in intenzivnejša. Čeprav skupna količina padavin, ki pade ob neurjih, morda ni zelo velika, pa je izjemno velika njihova jakost. Relativno velika količina padavin pade v zelo kratkem času. Da ne pride do škodljivih učinkov meteorne vode, je najbolj pomemben učinkovit sistem odvodnjavanja. Povratni nivoji kratkotrajnih padavin, ki se za dimenzioniranje drenažnih sistemov predpisujejo po standardu SIST EN 12056-3 (Težnostni kanalizacijski sistemi v stavbah - 3. del: Odvod vode s streh, načrtovanje in izračun), se povečujejo. Za dimenzioniranje odvodnih sistemov objektov in konstrukcij z dolgo življenjsko dobo ni dovolj, da se upoštevajo povratni nivoji nalivov, ki veljajo za danes, ampak je potrebno upoštevati, kako se bodo ti povečali v prihodnosti. Kako nezadostni so drenažni sistemi, ki so bili v preteklosti konstruirani tudi z varnostnimi faktorji, kažejo pogoste slike po neurjih, ko se moramo soočiti z zalitimi kletmi, podvozi...

Tudi skupne količine padavin ob dolgotrajnem deževju se povečujejo in v najhujših primerih povzročajo poplave večjega obsega in zemeljske plazove. Podnebne projekcije kažejo, da bo padavinskih situacij, ki bodo pripeljale do poplav, vedno več in bodo vedno hujše, posebej v vzhodni polovici Slovenije. Že iz preteklih dogodkov se moramo naučiti, da je pri urejanju prostora nujno imeti v mislih vodo in upoštevati že zelo star rek, da je vodi potrebno dati prostor. Nenehno moramo imeti v mislih, da se bodo izjemne padavine v prihodnosti samo še povečevale, torej lahko pričakujemo še bistveno hujše dogodke, kot smo jim bili priča v zadnjem desetletju.

Tudi nasproten hidrološki ekstrem, suša, igra pomembno vlogo v načrtovanju prostora, tudi v urbanih okoljih. Na posameznih območjih Slovenije, predvsem v južni Primorski, je v sušnih razmerah lahko motena celo oskrba s pitno vodo. Ob smernicah trajnostnega gospodarjenja z naravnimi viri, torej tudi vodo, je pri načrtovanju urbanih površin nujno imeti v mislih tudi zaostrene sušne razmere in poiskati ustrezne rešitve. Te so seveda odvisne od tipa in namena gradnje, konstrukcij oz. zgradb ali sosek. Nekaj primerov trajnostnih rešitev, ki lahko zelo omilijo vplive zaostrenih sušnih razmer, so npr. zbiralniki deževnice za sanitarno vodo, zadrževalniki vode, namakalni sistemi...

Ob višanju povprečne temperature pričakujemo vse manj snežne odeje, ki je pomemben element vodnega kroga v naših krajih in ima pomemben vpliv na kulturno krajino. Bistvena funkcija snežne odeje je zadrževanje vode v hladni polovici leta, ko jo narava ne potrebuje, in počasno spuščanje vode v pomladnem in zgodnje poletnem času, ko jo prebujajoča se narava najbolj potrebuje. Z zavedanjem, da ta naravni zadrževalnik počasi izgubljam, bomo morali poskrbeti za njegove nadomestke tudi v urbanih okoljih. Sama snežna odeja pa za objekte in konstrukcije predstavlja obremenitev. Glede na projekcije zmanjšanja snežne odeje lahko pričakujemo, da se bodo skladno s tem v prihodnosti snežne obtežbe zmanjšale. Vendar moramo biti pri teh pričakovanih previdni. Snežna odeja na objektih, npr. na strehi, deluje drugače kot na naravnih tleh. Predvsem moramo biti pozorni na možnosti zadrževanja vode, tudi dežnih padavin, v snežni odeji, ki deluje kot spužva. Čeprav bo snežnih padavin manj, bo obstoječa snežna odeja ob obilnih dežnih padavinah, ki se bodo po projekcijah v zimskem času močno povečale, zadržala te padavine kot spužva in snežne obtežbe na konstrukcijah bodo zato še vedno lahko zelo visoke. Take povišane snežne obtežbe lahko pričakujemo predvsem v prehodnem obdobju še desetletje ali dve, ko bomo pozimi imeli pogosto kombinacijo dežnih in snežnih padavin. Tako je kljub zmanjševanju snežne odeje aktualne snežne obtežbe v SIST EN 1991-1-3 Evrokod 1 še vedno treba upoštevati.

SPREMEMBE VETRNIH RAZMER

Poleg snežnih obtežb v podnebjju, kakršnega imamo v Sloveniji, na konstrukcije vplivajo tudi vetrne obtežbe. Na Primorskem je viharjni veter najbolj pogost, pojavlja se v obliki močnih sunkov burje ali juga ter ob viharjih, ki spremljajo nevihtna neurja. Precej velike vetrne obtežbe se pojavljajo tudi v visokogorju in izpostavljenih hribovitih delih Slovenije, kjer so najbolj pogosti in močni severovzhodni, severni in jugozahodni vetrovi. Zelo močnemu severnemu (Karavanškemu) fenu so izpostavljeni kraji ob vznožju Karavank. V ostalih predelih Slovenije je viharjni veter manj pogost in je omejen na nevihtni piš ob neurjih. Prav ta tip vetra bo zaradi bolj pogostih in močnih neurij v prihodnosti vedno bolj pogost in hkrati tudi močnejši. Tako lahko po vsej Sloveniji v prihodnosti pričakujemo povečevanje vetrnih obtežb. V standardu SIST EN 1991-1-4 Evrokod 1 so navedene projektne hitrosti vetra, ki upoštevajo podnebne projekcije. Projekcije za veter so zelo negotove, zato bo potrebno v prihodnjem desetletju spremljati dejanske trende viharnega vetra in skladno z ugotovitvami tudi popraviti projektne hitrosti, ki veljajo za standard.

SPREMEMBE GLADINE MORJA

Podobno kot v svetovnih morjih se zaradi taljenja kopnih ledenih pokrovov in toplotnega raztezanja vode v svetovnih morjih dviga tudi gladina Jadranskega morja. V zadnjih šestdesetih letih se je gladina morja v Kopru dvignila že za 12 cm. Posledice dviga gladine morja opažamo v vedno pogostejših poplavah najnižjih predelov slovenske obale, najbolj izstopa Piran. Do sredine stoletja se bo zaradi dvigovanja gladine morja verjetnost za izjemne poplavne dogodke na obali povečala za en velikostni razred – stoletni dogodki bodo postali desetletni, danes desetletne poplave pa bodo vsakoletni pojav. Pri obravnavanju poplavljanja morja v prihodnosti je potrebno upoštevati tudi že omenjeno povečanje padavin. Izdatne, dlje trajajoče padavine se pojavljajo ob močnem jugu in nizkem zračnem tlaku, ki povzročita dvig gladine morja. Tako obilne meteorne vode ob prevelikem dvigu gladine morja ne morejo učinkovito odtekat, kar dodatno poveča poplavno ogroženost priobalnega pasu.

SKLEP

Preskrba z energijo (primarno in toplotno) je zelo pomemben vidik stavb in gradnje. Delno ta vidik obravnava pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. V luči podnebnih sprememb pa gre za precej širši, trajnostni vidik ravnanja z energijo. Kot že omenjeno pri obravnavi toplotnih obremenitev, je pri projektiranju sodobnih stavb nujno upoštevati tako vidik ogrevanja kot hlajenja. Ob ciljih blaženja podnebnih sprememb (Celovit nacionalni energetsko podnebni načrt Republike Slovenije)) je pomembno, da se pri gradnji vedno upošteva energijska učinkovitost in hkrati išče možnosti za izkoriščanje obnovljivih virov energije, v mestih in strnjenih naseljih po nižinah predvsem sončne.

Danes živimo v že močno spremenjenem podnebjju. Tudi v Sloveniji se že soočamo s številnimi izzivi, ki nam jih prinaša spremenjeno podnebje. Če smo si še pred desetletjem težko predstavljali, kaj pomenijo številke v podnebnih projekcijah, nam zadnji dve leti kažeta tipični

vzorec vremenskih dogodkov, ki nas čakajo v prihodnosti. Leto 2022 se je začelo s sušo, ki se je do septembra iz meseca v mesec samo še stopnjevala. Ob hudi vročini poleti nas je prizadel eden najboljšežnejših požarov na Krasu. Poletno vročino so prekinjala kratkotrajna, vendar zelo intenzivna neurja z vihnim vetrom in točo. Še po izredno suhem začetku septembra pa smo se sredi septembra soočili še z obilnimi poplavami. Da pa spremembe ne bodo tako enoznačne, nas je opozorilo letošnje poletje. Bilo je toplo, vendar ekstremno mokro. Katastrofalne poplave v začetku avgusta so nas opozorile, da v toplim podnebnju suše niso edini ekstremni pojav, s katerim se bomo morali soočiti v prihodnjih poletjih. Žal uničeni domovi, spremenjena pokrajina, škoda v kmetijstvu, govorijo sami zase in mnogo bolj nazorno kot zgolj številke v podnebnih projekcijah. Morda si lahko ob tem, kar smo doživeli v zadnjih dveh letih, lažje predstavljamo, kaj nas čaka v prihodnosti. Ta vsekakor ni rožnata. Nam pa znanje in vedenje o tem, kaj nas čaka, dajeta moč za ukrepanje. Podobnim dogodkom se ne bomo mogli izogniti. Lahko pa s preudarnimi rešitvami, tudi v prostoru, zmanjšamo našo ranljivost nanje in postanemo bolj odporni.

VIRI

- Arhiv podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje
- Bertalanič, R., et al, 2018, Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, Sintezno poročilo – prvi del. ISBN 978-961-6024-80-8 (zv. 1).
- EEA Report No.1/2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, An indicator-based report. European Environment Agency, 2017.
- Kirtman, B., Power, S. B., Adedoyin, J. A., Boer, G. J., Bojariu, R., Camilloni, I., ...Wang, H. J. (2013). Nearerterm Climate Change: Projections and Predictability. V T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, . . . (ur.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge in New York: Cambridge University Press.
- Lenderink, G., van Meijgaard, E., 2008. Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes, Nat. Geosci 1, 511-514, doi:10.1038/ngeo262.
- Lenderink, G. et. al, 2011. Scaling and trends of hourly precipitation extremes in two different climate zones – Hong Kong and the Netherlands, Hydrol. Earth Syst. Sci., doi:10.5194/hess-15-3033-2011.
- Rädler et al., 2018: Detecting Severe Weather Trends Using an Additive Regressive Convective Hazard Model (AR-CHaMo), Journal of Applied Meteorology and Climatology, 57:3.
- Rädler, A.T. et al, 2019, Frequency of severe thunderstorms across Europe expected to increase in the 21st century due to rising instability, Climate and Atmospheric Science, doi:10.1038/s41612-019-0083-7

PROJEKCIJA
ALI BOMO V LUČI PODNEBNIH SPREMENB ZNALI
SPREMENITI NAČINE NAČRTOVANJA IN
UMEŠČANJA V PROSTOR?

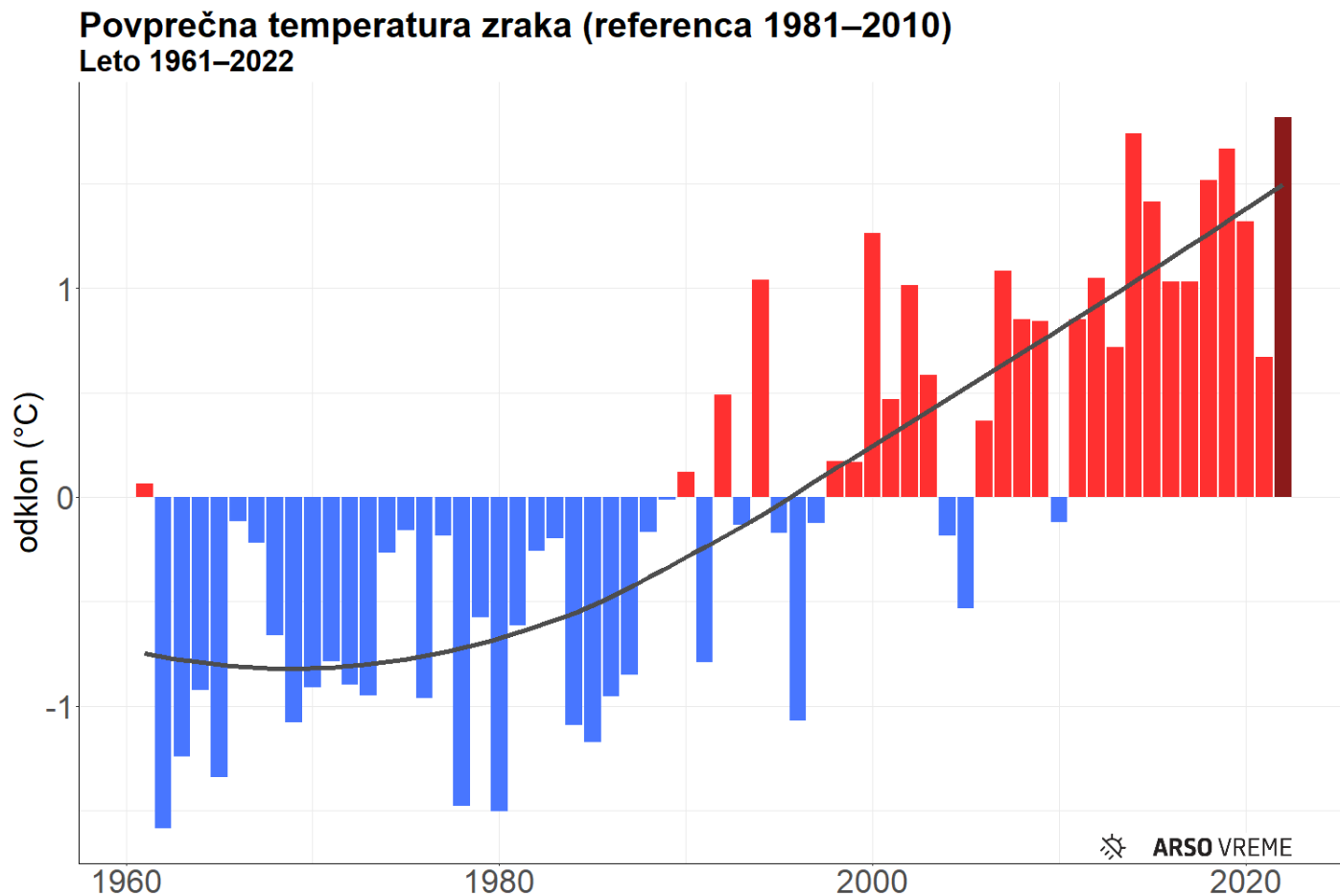
Kaj nam prinaša podnebje prihodnosti?

Mojca Dolinar



Podnebne spremembe so že tu

- Zadnjih 50 let s trendom $0,33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ let}$
- Porast temperature v zadnjih 60 letih $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$



VROČINSKI VALOVI

- Odpornost materialov (visoke temperature)
- Učinkovita raba energije v stavbah
- Delovni pogoji (vročinski stres)
- Senčenje in zelene površine v mestih
- Skupni hlajeni prostori v mestnih središčih

Toplotna obremenitev

- Spremembe v porabi (vročinski valovi)
- Sončna energija ob viških
- Infrastruktura v mestih (polnilnice, baterije)

Kaj nas čaka?



VROČINSKI
STRES SE BO
STOPNJEVAL

V MESTIH BODO VROČINSKI
VALOVI MOČNEJŠI KOT NA
PODEŽELJU

Ocena sprememb v Sloveniji do 2100

DO
45
VEČ VROČIH
DNI / LETO

DO
5°C
TOPLEJŠI
POPOLDNEVI

DO
6,4
VEČ VROČINSKIH
VALOV POLETI

IZJEMNE PADAVINE

- Projektiranje drenažnih sistemov (nalivi), najhuje v pozidanih delih
- Plazenje (nalivi, razmočenost)
- Hudourniki
- Poplavna območja
- Spremenjeni rečni režimi (hidroenergija)



Zakaj bodo padavine intenzivnejše?



DO
37%
BOLJ INTENZIVNE
DNEVNE
PADAVINE

SNEŽNA ODEJA



- Snežne obtežbe še desetletje na istem nivoju
- Sneg – naravni zadrževalnik
- Zadrževanje vode tudi v urbanih območjih
- Spremenjeni padavinski režimi (hidroenergija)

Kako bo s snegom?



Ocena sprememb v Sloveniji do 2100

DO
5,4°C
VIŠJA ZIMSKA
TEMPERATURA

DO
55
MANJ DNI / LETO S
SNEŽNO ODEJO na
višini 300–600m

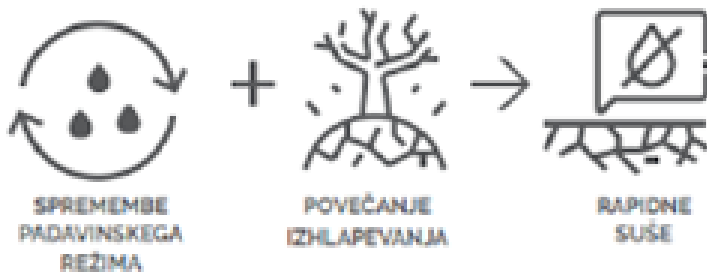
DO
89
MANJ DNI / LETO S
SNEŽNO ODEJO na
višini 1200–1500m

POLETNE SUŠE

- Pitna voda
- Zadrževanje vode
- Suše in vročinski stres tudi v poseljenih območjih
- Raba vode za turizem



Zakaj pride do poletnih suš?



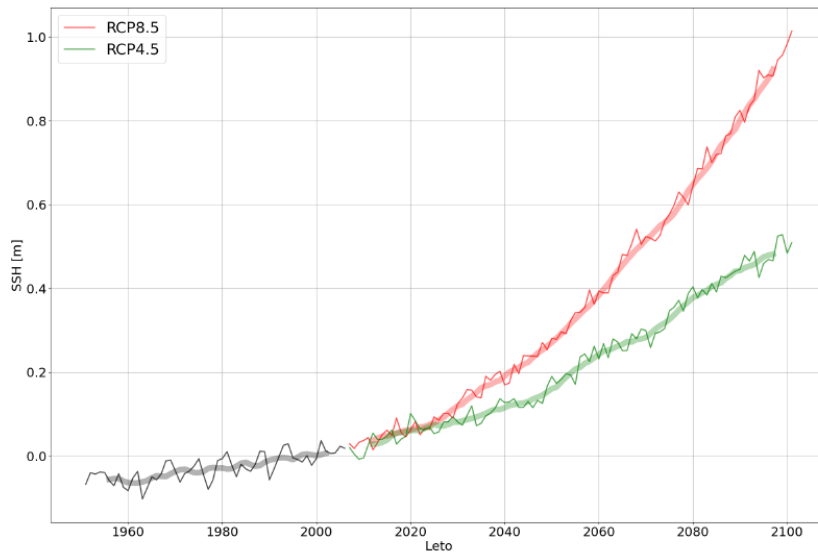
Ocena sprememb v Sloveniji do 2100

DO **23%** VEČ IZHLAPEVANJA

DO **5,1°C** VIŠJA POLETNA TEMPERATURA

DVIG GLADINE MORJA

- Verjetnost za izjemne poplavne dogodke se bo do sredine stoletja povečala za en velikostni razred
- Protipoplavna zaščita najbolj ranljivih predelov



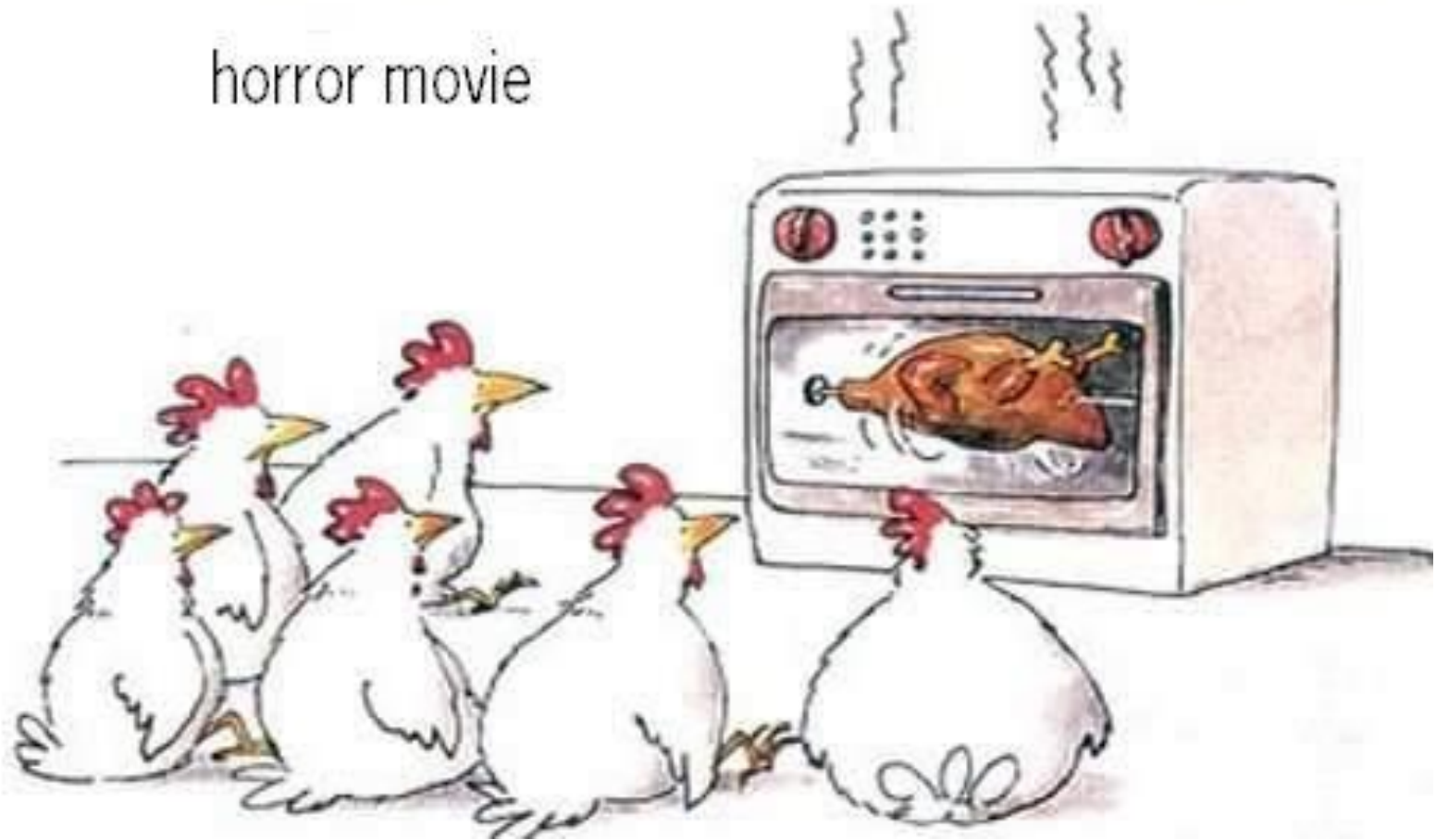
VIHARNI VETER

- Bolj pogosti in močnejši viharji
- Odporna gradnja
- Sledenje standardom



In kaj lahko storimo?

horror movie



Ni večje napake, kot če ne storimo nič, zato, ker lahko storimo le zelo malo.