

Rudi Hajdinjak, univ. dipl. inž. str.
rudi@hajdinjak.si
Črešnjevci 69, 9250 Gornja Radgona



Strokovni članek
UDK 691.6

STEKLO V GRADBENIŠTVU IN ARHITEKTURI

GLASS IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Povzetek

Standard DIN 18008 [DIN, 2020a] ureja problematiko varovanja ljudi v primerih, ko bi lahko bila zaradi neposrednega stika s steklom ogrožena njihova varnost. V njem najdemo navedbe, kako izbrati ustrezno vrsto stekla, kako izračunati njegovo debelino in kako ga vgrajevati. Izračun stekla se s tem postavlja na koncept »koeficienta delne varnosti« (koncept projektiranja po standardih Evrokod), ki se že leta uporablja pri ostalih gradbenih materialih, na primer jeklo, beton in les. Do sedaj veljavni tehnični pravilniki in DIN-standardi za izračunavanje in konstruiranje zasteklitev so s tem združeni v en pravilnik.

V nobenem dokumentu pa ni zgoščeno navedeno, katero zasteklitev naj izberemo za točno določen gradbeni element in konkretno stopnjo ogroženosti. Zato je Bundesverband Flachglas izdal smernico [Bundesverband Flachglas, 2020], v kateri je objavil preglednico varnostnih zasteklitev. Za večino mogočih situacij navaja podatke o vseh možnih izvedbah zastekljevanja.

Ključne besede: steklo, standard DIN 18008, izračun

Summary

The DIN 18008 standard [DIN, 2020a] regulates the issue of protecting people in cases where their safety could be endangered by direct contact with glass. It contains information on how to choose the appropriate type of glass, how to calculate its thickness and how to install it. The calculation of glass is based on the concept of the "partial safety coefficient" (design concept according to Eurocode standards), which has been used for years with other building materials such as steel, concrete and wood. The current technical rules and DIN standards for calculating and constructing glazing are hereby combined into one rule.

However, no document states in a condensed form what glazing should be chosen for a specific building element and a specific risk level. Therefore, the Bundesverband Flachglas issued a guideline [Bundesverband Flachglas, 2020] in which it published a table of safety glazing. It provides information on all possible glazing options for most possible situations.

Key words: glass, DIN 18008 standard, calculation

1 MODERNA FUNKCIJSKA STEKLA

Steklene fasade dajejo pečat metropolam po vsem svetu. Od oblikovanja notranjosti preko konstrukcijske uporabe in vse do ovoja zgradb – steklo je danes pomemben material v gradbeništvu in arhitekturi. Najpogosteje se uporablja natrij-kalcijevo-silikatno steklo.

Moderna funkcijska stekla ščitijo pred izgubo toplote ali pred obremenitvami zvoka. Prav tako lahko kot varnostna stekla dodatno varujejo pred padci (slika 1), izstrelki različnega orožja, eksplozijami ali poškodbami, lahko pa v sebi združujejo požarno odporne lastnosti. Steklo lahko ujame brezplačno svetlobo in energijo sonca in po želji tudi zaustavi preveč sončne energije. Strnjeno povedano – steklo je večfunkcijsko.

Razvoj stekla pa se ne kaže samo v izboljšanih tehničnih lastnostih. Z inovativnimi proizvodnimi procesi so se razvile nove zanimive oblikovalske možnosti, ki zadovoljujejo najvišje estetske zahteve. Za obdelavo in predelavo teh večfunkcijskih stekel je potrebna tudi ustrezna tehnologija. Ta se je razvijala istočasno z razvojem stekla. Tako je lahko danes vsak proizvodni proces (izolacijsko ali varnostno steklo) popolnoma avtomatiziran in omogoča obdelavo stekla zelo velikih dimenzij. Najpogostejša dimenzija ploščatega stekla je 3,2 m x 6 m. Inovativnost v proizvodnji izolacijskega stekla v zadnjih letih pričakovanj ni samo izpolnila, temveč jih je celo preseгла. S tem sta omogočeni tako umetniško oblikovanje fasad velikih dimenzij kot tudi plemenita in graciozna uporaba v notranjosti, torej na vseh področjih življenja in dela.



Slika 1. Talno vpeta steklena ograja.

V povezavi z atraktivnimi oblikovalskimi postopki arhitekture lahko poda markanten obraz ali se diskretno zadrži. Tudi v konstrukcijskem področju se steklo danes uporablja vedno bolj pogosto. Steklo je gradbeni material 21. stoletja.

Da se je obdržal neverjetni zmagoslavni pohod funkcijskega stekla v arhitekturi in gradbeništvu, ima zaslugo v prvi vrsti transparentnost tega materiala. Noben drug material v gradbeništvu ni – ob tako velikem številu različnih funkcij – zagotovil še čist pogled iz notranjosti navzven.

Pri tem je steklu uspelo v zadnji desetletjih s stalnimi inovativnimi izdelki steklarske industrije ob transparentni osnovni funkciji stekla integrirati obilo raznolikih uporabnih možnosti v arhitekturno zasteklitev (slika 2).

Iz stekla, ki v preteklosti ni imelo druge naloge, kot da za pre odprtino v zidu, se je danes razvil v večfunkcijski izdelek s »hightech« karakterjem. Energetske in optične zahteve za zunanji ovoj stalno naraščajo. Tudi v notranjosti doživlja fascinantni material steklo osupljiv zmagovalni pohod.



Slika 2. Zasteklitev do tal ob pohodni površini.

2 DIMENZIONIRANJE STEKLA

Gradbeni elementi iz stekla, ki so uporabljeni v gradbenih konstrukcijah, morajo biti dimenzionirani skladno z veljavnimi tehničnimi pravilniki in preračunani na pričakovane vplive. Kot na primer SIST-TS CEN/TS 19100 [SIST, 2022], ki je pravzaprav predhodnik Evrokoda za steklene konstrukcije, ki ga izdaja, se pričakuje v prihodnosti.

Potrebno debelino stekla lahko določimo tudi skladno z zahtevami v DIN 18008:

Del 1: Izrazi in splošne osnove. [DIN, 2020a]

Del 2: Linijsko vpete zasteklitve. [DIN, 2020b]

Del 3: Točkovno vpete zasteklitve. [DIN, 2013a]

Del 4: Dodatne zahteve za zasteklitve, ki varujejo pred padcem v globino. [DIN, 2013b]

Del 5: Dodatne zahteve za pohodne zasteklitve. [DIN, 2013c]

Del 6: Dodatne zahteve za delno pohodne zasteklitve za čiščenje in vzdrževanje. [DIN, 2018]

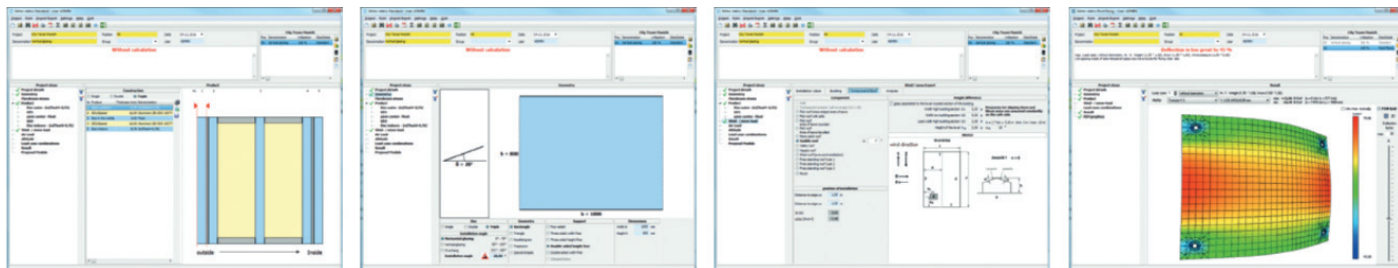
Profesionalna programska oprema za statiko v skladu z DIN 18008 [DIN, 2020a] vsebuje vse potrebne izračune in obremenitve. Na razpolago je več računalniških programov, na primer GLASTIK Professional, SJ-MEPLA, GLASGLOBAL ...

S programom GLASGLOBAL®18008 [Sommer Informatik, 2022] je mogoče statično dimenzionirati stekla v skladu z DIN 18008 [DIN, 2020a]. Med izračunom se preverijo vse obremenitve, ki jih je treba upoštevati, kot so sneg, veter, lastna teža, prometne obremenitve ali podnebna nihanja zračnega tlaka in temperature. Napetosti in deformacije se primerjajo z dovoljenimi vrednostmi in se prikažejo v poročilu rezultatov (slika 3).

3 VRSTE STEKLA GLEDE NA NAMEN UPORABE

Preglednica 1 prikazuje vrste stekla glede na namen uporabe. V preglednici so navedene enojne zasteklitve in zasteklitve z izolacijskim steklom ter ustrezni tehnični predpisi.

Primer: Za horizontalno oziroma nadglavno, enojno zasteklitev vidimo, da je pravilna izbira varnostno lepljeno steklo (VSG). Velikokrat se dogaja, da se za različne nadstreške uporablja kajljeno varnostno steklo (ESG), predvsem pri domačih, zasebnih



Slika 3. Program GLASGLOBAL®18008 [Sommer Informatik, 2022].

Namen uporabe	F ^q	ESG ^a	F	VSG TVG	ESG	Pravilnik
Vertikalna zasteklitev (brez zaščite pred padcem v globino)						
Vertikalna zasteklitev (linijska)	■	■ s	■ s	■ s	■ s	DIN 18008-2
Vertikalna zasteklitev enojno steklo	■	■ b	■ b	■	■	DIN 18008-3
(točkovno) izolacijsko steklo	■ b	■ b	■ b	■ b	■ b	DIN 18008-3
Prezračevana fasada	■	■	■ c	■ c	■ c	DIN 18516-4
Strukturna zasteklitev notri	■	■	■	■	■	ETAG 002
zunaj	■	■	■	■	■	
Stabilizatorji	■	■	■	■	■	Odobritev tipa, povezana s projektom
Izložbena okna	■	■	■	■	■	DIN 18008-2 ^d
Izložbena okna do tal, steklene stene z vrati in vetrolovi	■	■	■	■	■	DGUV Regel 108-005, ARBSTÄTTV, DGUV Inform. 208-014, ASR A1.7
Zvočno zaščitna stena	■	■	■	■	■	DIN 18008-2, ZTV-LSW 06
Horizontalna zasteklitev (nad pohodnimi površinami)						
Horizontalna zasteklitev ^e zgoraj (linijska)	■	■	■	■	■	DIN 18008-2
spodaj	■	■	■	■	■	
Horizontalna zasteklitev ^{e,f} (točkovna)	■	■	■	■	■	DIN 18008-3
Pohodna zasteklitev	■	■	■ g	■	■ g	DIN 18008-5
Delno pohodna zasteklitev zgoraj in zasteklitev proti padcu	■	■	■	■	■	DIN 18008-6
spodaj	■	■	■	■	■	
Steklen nosilec	■	■	■	■	■	vBG
Steklen nadstrešek	■	■	■ h	■	■	DIN 18008-2
Steklena lamela	■	■	■ h	■	■	DIN 18008-2
Zasteklitev za zaščito pred padcem v globino						
Zasteklitev od tal do stropa (Kat. A) enojno	■	■	■	■	■	DIN 18008-4
izolacijsko	■ ij	■ j	■	■	■	
Steklena ograja z ročajem (Kat. B)	■	■	■ k	■	■	DIN 18008-4
Polnilo ograje točkovno vpeto ^l (Kat. C1)	■	■	■	■	■	DIN 18008-4
Polnilo ograje linijsko vpeto (Kat. C1)	■	■ m	■	■	■	DIN 18008-4

Zasteklitev pod prečko (Kat. C2)	enojno izolacijsko	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DIN 18008-4
Zasteklitev od tal do stropa z nosilnim ročajem (Kat. C3)	enojno izolacijsko	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DIN 18008-4
Dvojna fasada	notri ⁿ zunaj	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DIN 18008-4
Dvigalni jašek		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DIN 18008-4, EN81-20
Zasteklitve v stavbah za posebno uporabo					
Pisarne (stene, vrata, itd.)		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ARBSTÄTTV, ASR A1.6, DGUV R.108-005
Šole		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DGUV VORSCHRIFT 81
Dnevno varstvo otrok		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DGUV Regel 102-602
Bolnice		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DGUV Information 207-016
Nakupovalna območja		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DGUV Regel 108-005
Plavalni bazeni		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	GUVR-R/111, DGUV Regel 107-001
Športne dvorane		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DIN 18032-1, DGUV 202-044
Dvorane za skvoš		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DIN 18038 ^o , DGUV 202-044
Garažne hiše, avtobusne postaje itd.		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ARBSTÄTTV Anh. 1.7(4), ASR A1.6, ASR A1.7
Vhodne dvorane in vhodna območja		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ARBSTÄTTV, DGUV R. 108-601, ASR A1.7
Uporaba v notranjih prostorih brez zaščite pred padcem v globino					
Tuš kabine		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DIN EN 14428
Vratno polnilo		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	ARBSTÄTTV, DGUV Inform. 208-014
Vratno polnilo na zgornji tretjini vrat		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	DGUV Information 208-014
Steklena vrata		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	AERBSTÄTTV, DGUV Inform. 208-014, ASR A1.7, DGUV Regel 108-005
<p>F Float steklo ESG Kaljeno varnostno steklo VSG Lepljeno varnostno steklo TVG Delno kaljeno steklo</p> <p>■ Minimalna zahtevana vrsta stekla ■ Priporočena vrsta stekla ■ Alternativno uporabna vrsta stekla</p> <p>■ Vrsta stekla z omejeno uporabo ■ Vrsta stekla, ki je ni mogoče uporabiti</p>					
<p>a Po DIN 18008-2, so lahko enojna stekla ali zunanja enojna stekla v izolacijskem steklu, iz kaljenega varnostnega stekla (ESG) in kaljenega stekla s toplotnim preizkusom, zaradi verjetnosti loma zaradi nikelj sulfidnega vključka (spontanega loma), vgrajena stekla katerih zgornji rob je manj kot 4 m nad prometnimi površinami. Uporabi pa se lahko kaljeno steklo s toplotnim preizkusom, brez omejitve višine vgradnje, če se, z ustreznimi ukrepi zagotavljanja kakovosti, doseže ustrezna omejitev verjetnosti loma, razred zanesljivosti RC2 (RC; en: reliability class) po DIN 1990.</p> <p>b Po DIN 18008-3 samo z uporabo robnih držal.</p> <p>c Za uporabo VSG je potrebno abZ ali ZIE.</p> <p>d Zaenkrat ni dodatnih pravil.</p> <p>e Če se uporablja izključno enojno steklo veljajo, kot ustrezna vrsta stekla, zahteve za spodnje steklo v izolacijskem steklu.</p> <p>f Po DIN 18008-3 samo pri uporabi držal s ploščicami. Uporablja se lahko samo enojna zasteklitev.</p> <p>g Po DIN 18008-5 je lahko zgornji sloj stekla ESG namesto TVG.</p> <p>h Pri točkovnem vpetju je izvedba možna samo VSG iz TVG.</p> <p>i Po DIN 18008-4 se lahko, neposredno za udarno zasteklitvijo iz kaljenega varnostnega stekla, uporabijo vrste stekla z gorbo sliko loma, če se slednje ne zlomi pri preskusu udarca z nihalom.</p> <p>j Na splošno mora biti, vsaj eno steklo v izolacijskem steklu, lepljeno varnostno steklo.</p> <p>k Lepljeno varnostno steklo iz float stekla, ki je zasnovano kot zasteklitev kategorije B, ni zajeto v tabeli B.1 po DIN 18008-4.</p> <p>l Za vpetje z robnimi držali je potrebno abZ ali ZIE.</p> <p>m Samo enojna zasteklitev kategorije C1 in C2, po DIN 18008-4 linijsko vpeto po vseh straneh, je lahko zasnovana tudi kot enojno kaljeno varnostno steklo.</p> <p>n Brez zaščite pred padcem v globino.</p> <p>o Prosojne površine morajo biti izdelane iz materialov, ki so varni v primeru loma do višine 2,0 m ali pa morajo biti ustrezno zaščitene.</p> <p>p Zadnja stena mora biti minimalno iz 12 mm ESG po DIN 18038 (zdaj umaknjen).</p> <p>q Float steklo po EN 572-2.</p> <p>r Enojna zasteklitev.</p> <p>s ESG ali VSG se priporoča pod višino parapeta.</p> <p>Po: Glasbau, Grundlagen · Berechnung · Konstruktion, 2. Auflage, Jens Schneider, Johannes Kuntsche, Sebastian Schula, Frank Schneider, Johann-Dietrich Wörner VDI-Buch, Springer Vieweg, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001, 2016</p>					

Preglednica 1. Vrste stekla glede na namen uporabe [Bundesverband Flachglas, 2020].

izvedbah. Kaljeno varnostno steklo (ESG) res spada v kategorijo varnostnega stekla in ima ustrezne lastnosti, ki ga uvrščajo v to kategorijo. Vendar pa v primeru loma kaljeno steklo razpade na veliko število majhnih delčkov, in če je vgrajeno horizontalno, ne ostane v vpetju. To pomeni, da lahko delčki padejo na uporabnika objekta.

Kaljeno varnostno steklo nima ostanka nosilnosti v primeru loma, kot ga ima varnostno lepljeno steklo.

4 SKLEP

Steklo je res poseben, enkratni gradbeni material, ki ima ogromno dobrih lastnosti. Hitro pa lahko postane nevaren gradbeni material za uporabnike objektov ob nepravilni izbiri in vgradnji stekla.

Navedene informacije naj bodo v pomoč za pravilno izbiro ustrezne vrste stekla glede na namen uporabe. Prispevek jedrnato predstavlja trenutno stanje tehnike na področju stekla v gradbeništvu in arhitekturi.

5 LITERATURA

Bundesverband Flachglas: Richtlinie 022 / 2018 – Änderungsindex 1 – Februar 2020: Verglasungsrichtlinie. Bundesverband Flachglas e. V, Troisdorf, 2020.

DIN, DIN 18008-3:2013-02: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2013a.

DIN, DIN 18008-4:2013-07: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln Teil 4: Zusatzanforderungen an absurzsichernde Verglasungen, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2013b.

DIN, DIN 18008-5:2013-07: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2013c.

DIN, DIN 18008-6:2018-02: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichernde Verglasungen, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2018.

DIN, DIN 18008-1:2020-05: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2020a.

DIN, DIN 18008-2:2020-05: Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2020b.

SIST, SIST-TS CEN/TS 19100-1:2022: Projektiranje steklenih konstrukcij - 1. del: Osnove projektiranja in materiali, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2022.

Sommer Informatik GmbH: GLASGLOBAL@18008, www.sommer-informatik.com/glas-global/, Sommer Informatik GmbH, Rosenheim, 2022.