VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

Sanacija škatlastih oken na spomeniško zaščitenem objektu »Rainerhof« v Celovcu

Kandidat: Leon Helbel

Vrsta študija: izredni študij Academia

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Marius Lüetkemeyer MSc.

Lektor: Tina Glazer, učiteljica slovenščine

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Leon Helbel sem avtor diplomskega dela z naslovom Sanacija škatlastih oken na spomeniško zaščitenem objektu »Rainerhof« v Celovcu, ki sem ga napisal pod mentorstvom gospoda Vladimirja Dragorajaca, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP) prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, november 2024 Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju, Vladimirju Dragorajacu, univ. dipl. inž. grad., za izjemno podporo, usmerjanje in motivacijo med procesom izdelave diplomskega dela. Vaša strokovnost, razumevanje in potrpljenje so bili ključi pri razvoju mojega dela. Hvaležen sem tudi za dragocene povratne informacije, ki so mi omogočile, da izboljšam svoje raziskovalne pristope in analize. Vaša sposobnost spodbujanja kritičnega razmišljanja me je navdihnila in pripomogla k poglobljenemu razumevanju tematike.

Zahvaljujem se tudi vsem predavateljem in sodelavcem na Višji strokovni šoli Academia, ki so prispevali k mojemu znanju in mi pomagali pri razvoju idej. Njihova podpora in spodbuda so mi dale dodatno motivacijo.

Nazadnje se zahvaljujem svoji družini in prijateljem za njihovo neomajno podporo in razumevanje v času, ko sem se posvetil temu projektu. Brez vas ne bi zmogel.

Iskrena hvala vsem, ki ste prispevali k tej izkušnji.

Leon Helbel

POVZETEK

Diplomsko delo se osredotoča na obnovo zgodovinskih škatlastih oken, pomembnega elementa kulturne dediščine v Avstriji, in temelji na primeru projekta podjetja Schaden Fensterhandwerk GmbH, kjer sem zaposlen. Na začetku sem predstavil zgodovino in razvoj podjetja, ki ima pomembno vlogo v restavratorskih delih. Podjetje je organizirano v več specializiranih delovnih skupin, kar omogoča učinkovito izvedbo različnih faz projekta.

Osrednji predmet raziskave je obnova zgodovinskega objekta, katerega lokacija in pretekla uporaba vplivata na konservatorske odločitve. Škatlasta okna na objektu so pred obnovo potrebovala temeljito analizo stanja, saj je bil njihov pomen večplasten – niso le estetski element, temveč nosijo tudi zgodovinsko in arhitekturno vrednost. Zgodovinski razvoj škatlastih oken odraža čas, ko so bila zasnovana, in prispeva k celostni vrednosti kulturne dediščine v Avstriji. Ob tem sem raziskal fizične lastnosti oken, kot so oblika, izolativnost, zvočna in vodotesna odpornost ter njihovo trajnost, kar omogoča oceno primernosti obnovitvenih metod.

Proces obnove vključuje več faz, med katerimi so ocena stanja, izbira sanacijskih ukrepov in izvajanje postopkov z uporabo kombinacije tradicionalnih tehnik in sodobnih metod. Ključni poudarek je na izboljšanju funkcionalnosti oken, kot so energetska učinkovitost in zaščita pred okoljskimi vplivi. Vgradnja zgodovinsko oblikovanih enojnih oken je pomembna rešitev, saj omogoča združitev ohranjanja izvirnosti z modernimi tehnološkimi standardi.

V delu je obravnavan tudi stroškovni vidik, ki vključuje analizo stroškov surovin, materialov in delovne sile ter možnosti financiranja projekta. Ekonomika sanacije predstavlja pomemben faktor pri načrtovanju in izvedbi restavratorskih del. Zaključni del naloge raziskuje možnosti uporabe umetne inteligence pri obnovi oken. Umetna inteligenca omogoča optimizacijo procesov, povečanje natančnosti in učinkovitosti, kar je posebej relevantno za lesno industrijo in restavratorske projekte. Razvoj AI odpira nove perspektive in možnosti za prihodnost konservatorstva.

Diplomsko delo poudarja pomen ohranjanja zgodovinskih elementov za kulturno dediščino in prikazuje, kako sodobne tehnologije omogočajo trajnostno in učinkovito obnovo. Projekt ponuja celovit vpogled v izzive, rešitve in koristi kombiniranja tradicije z inovacijami, kar je bistveno za razvoj in trajnost restavratorskih praks v prihodnosti.

Ključne besedne: *obnova škatlastih oken, zgodovina arhitekturnih elementov, sanacijski procesi škatlastih oken, energetska učinkovitost, stroškovna analiza sanacije, umetna inteligenca v lesni proizvodnji*

ZUSAMMENFASSUNG

Sanierung der Kastenstockfenster am denkmalgeschützten Gebäude »Rainerhof« in Klagenfurt

Die Diplomarbeit konzentriert sich auf die Restaurierung historischer Kastenfenster, die ein wichtiges Element des kulturellen Erbes in Österreich darstellen, und basiert auf einem Projekt des Unternehmens Schaden Fensterhandwerk GmbH, bei dem ich angestellt bin. Zu Beginn wird die Geschichte und Entwicklung des Unternehmens vorgestellt, das eine zentrale Rolle in der Restaurierungsarbeit spielt. Das Unternehmen ist in mehrere spezialisierte Arbeitsgruppen unterteilt, was eine effiziente Umsetzung der verschiedenen Projektphasen ermöglicht.

Das zentrale Forschungsthema der Arbeit ist die Restaurierung eines historischen Gebäudes, dessen Standort und frühere Nutzung, welche die konservatorischen Entscheidungen maßgeblich beeinflussen. Die Kastenfenster dieses Gebäudes benötigten vor der Restaurierung eine gründliche Zustandsanalyse. Ihre Bedeutung ist vielschichtig, sie sind nicht nur ästhetische Elemente, sondern besitzen auch einen hohen historischen und architektonischen Wert. Die historische Entwicklung der Kastenfenster spiegelt die Epoche wider, in der sie entworfen wurden, und trägt somit zur Bewahrung des kulturellen Erbes in Österreich bei. In diesem Zusammenhang habe ich die Fenster hinsichtlich ihrer physischen Eigenschaften analysiert. – darunter Form, Isolierung, Schall- und Wasserbeständigkeit sowie ihre Haltbarkeit –, um eine fundierte Bewertung der Restaurierungsmethoden vornehmen zu können.

Der Restaurierungsprozess umfasst mehrere Phasen, darunter die Zustandsbewertung, die Auswahl geeigneter Sanierungsmaßnahmen und die Durchführung der Arbeiten. Hierbei wird eine Kombination aus traditionellen Techniken und modernen Methoden angewendet. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Verbesserung der Funktionalität der Fenster, insbesondere im Hinblick auf Energieeffizienz und den Schutz vor Umwelteinflüssen. Der Einbau historisch gestalteter Einfachfenster stellt hierbei eine wichtige Lösung dar, da er die Erhaltung der Originalität mit modernen technologischen Standards verbindet.

Ein weiterer zentraler Aspekt der Arbeit ist die Kostenanalyse, die die Ausgaben für Rohstoffe, Materialien und Arbeitskräfte sowie die möglichen Finanzierungsmöglichkeiten des Projekts umfasst. Die Wirtschaftlichkeit der Sanierung spielt eine wesentliche Rolle bei der Planung und Durchführung solcher Restaurierungsprojekte. Im abschließenden Teil der Arbeit werden die Einsatzmöglichkeiten von künstlicher Intelligenz (KI) in der Fensterrestaurierung untersucht. KI ermöglicht die Optimierung von Prozessen sowie eine höhere Präzision und Effizienz, was

insbesondere in der Holzindustrie und bei Restaurierungsprojekten von großer Relevanz ist. Die Entwicklungen im Bereich der KI eröffnen neue Perspektiven und Chancen für die Zukunft der Konservierung.

Die Diplomarbeit unterstreicht die Bedeutung der Erhaltung historischer Elemente für das kulturelle Erbe und zeigt auf, wie moderne Technologien eine nachhaltige und effiziente Restaurierung ermöglichen können. Das Projekt bietet einen umfassenden Einblick in die Herausforderungen, Lösungen und Vorteile der Verbindung von Tradition und Innovation, die für die Weiterentwicklung und Nachhaltigkeit restauratorischer Praktiken von grundlegender Bedeutung sind.

Schlagwörter: *Restaurierung von Kastenfenstern, Geschichte architektonischer Elemente, Sanierungsprozesse von Kastenfenstern, Energieeffizienz, Kostenanalyse der Restaurierung, künstliche Intelligenz in der Holzproduktion.*

KAZALO

1 UVOD 10

1.1 Opis področja in opredelitev problema 10

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve 11

1.3 Predpostavke in omejitve 12

1.4 Uporabljene raziskovalne metode 13

1.4.1 Raziskovalne metode 13

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI 15

3 PREDSTAVITEV PODJETJA SCHADEN FENSTERHANDWERK GMBH 16

3.1 Zgodovina in razvoj podjetja 17

3.2 Organizacijska struktura podjetja 18

3.3 Predstavitev delovnih skupin 23

4 PREDSTAVITEV SANACIJSKEGA OBJEKTA 25

4.1 Lokacija sanacijskega objekta 25

4.2 Zgodovina objekta 26

4.3 Stanje objekta pred sanacijo oken 26

5 KULTURNI POMEN ŠKATLASTIH OKEN V AVSTRIJI 28

5.1 Pregled zgodovinskega razvoja škatlastih oken 28

5.2 Konstruktivna ocena škatlastih oken 30

6 FIZIKALNE LASTNOSTI ŠKATLASTIH OKEN 32

6.1 Oblike in funkcije 32

6.2 Obstojnost in uporabnost škatlastih oken 32

6.3 Izolativnost škatlastih oken 35

6.4 Vpliv vlage in zaščita pred njo 38

6.5 Zvočna izolativnost škatlastih oken 39

6.6 Prezračevanje in zrakotesnost škatlastih oken 40

7 PROJEKTNA DOKUMENTACIJA V POSTOPKU SANACIJE OKEN 42

7.1 Kulturno varstveni predpisi 42

7.2 Soglasje Avstrijskega kulturno-varstvenega organa (BDA) za izvedbo sanacije škatlastih oken 43

7.3 Sanacijska pogodba z naročnikom 47

7.4 Prijava gradbišča in dovoljenja 48

7.5 Varnostni načrt gradbišča 48

8 POSTOPEK SANACIJE ŠKATLASTIH OKEN 51

8.1 Ocena stanja oKEN 51
8.2 Določitev sanacijskih ukrepov 52
8.2.1 Koraki pri določitvi sanacijskih ukrepov po evidenčnem pregledu 52
8.3 Tehnike in prakse uporabljene pri sanaciji škatlastih oken 53
8.3.1 Obnova okvirjev in okovja 53
8.3.2 Obnova tesnil 54
8.3.3 Odvodnjavanje deževnice 54
8.3.4 Vgradnja stekla 54
8.3.5 Barvanje škatlastih oken 55
9 UČINKOVITOST UPORABLJENIH SANACIJSKIH TEHNIK NA OBJEKTU RAINERHOF V CELOVCU 56
9.1 Izboljšanje izolativnosti 56
9.2 Izboljšanje zvočne prevodnosti 58
9.3 Izboljšanje vodotesnosti 59
9.4 Sanacija z vgradnjo modernega »Historiziranega« okna 60
10 STROŠKOVNI VIDIK POSTOPKA SANACIJE ŠKATLASTIH OKEN NA OBJEKTU RAINERHOF 62
10.1 Stroški surovin in materialov uporabljenih pri projektu 62
10.2 Nabavni stroški 63
10.3 Stroški delovne sile 64
10.4 Financiranje projekta 65
11 VPLIV UVEDBE UMETNE INTELIGENCE V LESNI INDUSTRIJI ZA SANACIJO ŠKATLASTIH OKEN 67
11.1 Razvoj umetne inteligence v gradbeništvu 67
11.2 Prednost uporabe umetne inteligence v lesni industriji 67
11.3 Razvoj modelov umetne inteligence za sanacijo škatlastih oken 69
11.4 Implementacija umetne inteligence v praksi pri sanaciji škatlastih oken 69
12 SKLEP 72
13 VIRI IN LITERATURA 76

KAZALO SLIK

Slika 1:Vozni park podjetja Schaden Fensterhandwerk GmbH 16
Slika 2: Izrezek iz videa ob 100. obletnici podjetja 17
Slika 3:Organigram podjetja Schaden Fensterhandwerk GmbH 23
Slika 4:Freza za frezanje utora za tesnilo 24
Slika 5: Lokacija sanacijskega objekta 25

SLIKA 6: STANJE OKEN PRED SANACIJO 27
SLIKA 7: SLIKA PO ZAMENJAVI OKEN V DRUGEM NADSTROPJU 31
SLIKA 8: PRIMER ŠKATLASTEGA OKNA "GRAZERSTOCK" 33
SLIKA 9: KONSTRUKCIJSKE OBLIKE ŠKATLASTIH OKEN 34
SLIKA 10: SKICA ZA PRIKAZ IZRAČUNA TOPLOTNE PREVODNOSTI ŠKATLASTEGA OKNA 35
SLIKA 11: IZRAČUN IZOLATIVNOSTI SANACIJSKEGA STEKLA 37
SLIKA 12: PRIMERI SPOJEV LESENIH KONSTRUKCIJ 40
SLIKA 13:PRIMER ODVODNJAVANJA V LESENI OKENSKI KONSTRUKCIJI 40
SLIKA 14: VZORČNO OKNO NA OBJEKTU RAINERHOF 43
SLIKA 15: UTOR ZA TESNILO NA NOTRANJEM DELU ŠKATLASTEGA OKNA 44
SLIKA 16: PRIMER HORIZONTALNE ZAŠČITE LESENEGA OKVIRJA Z ALUMINIJASTIM PROFILOM ZA ODVODNJAVANJE DEŽEVNICE 45
SLIKA 17: PRIMER OKENSKEGA KRILA Z VGRAJENIM DVOSLOJNIM IZOLATIVNIM STEKLOM 46
SLIKA 18: ZAVAROVANJE GRADBIŠČA 49
SLIKA 19: EVIDENČNI LIST STANJA OKNA PRED OBNOVO 51
SLIKA 20: ROČNO ODSTRANJEVANJE STARE BARVE NA OKENSKEM KRILU 55
SLIKA 21: SISTEM ODVODNJAVANJA DEŽEVNICE 60
SLIKA 22: HISTORIČNO OKNO NA OBJEKTU RAINERHOF V CELOVCU – POGLED OD ZUNAJ 61
SLIKA 23: HISTORIZIRANO OKNO NA OBJEKTU RAINERHOF V CELOVCU – POGLED OD ZNOTRAJ 61
SLIKA 24: CNC STROJ ZA IZDELAVO LESENIH OKENSKIH KOMPONENT 70
SLIKA 25: ROBOT ZA LAKIRANJE 71

KAZALO TABEL

TABELA 1: STROŠKI MATERIALOV IN SUROVIN NA SANACIJSKEM OBJEKTU 62
TABELA 2: NABAVNI STROŠKI PROJEKTA 63
TABELA 3: STROŠKI DELOVNE SILE SANACIJE ŠKATLASTIH OKEN NA OBJEKTU RAINERHOF 64

1 UVOD

Diplomsko delo se osredotoča na obnovo zgodovinskih škatlastih oken, ki predstavljajo pomemben del kulturne dediščine v Avstriji. Škatlasta okna, znana po svoji edinstveni arhitekturni zasnovi in estetski vrednosti, niso le funkcionalni elementi, temveč tudi zgodovinski dokumenti, ki pričajo o različnih stilih in tehnikah gradnje skozi čas. V sklopu projekta podjetja Schaden Fensterhandwerk GmbH, kjer sem zaposlen, sem imel priložnost aktivno sodelovati v procesu sanacije oken na spomeniško zaščitenem objektu „Rainerhof“ v Celovcu. Ta projekt mi je omogočil poglobljeno razumevanje izzivov in priložnosti, s katerimi se srečujemo pri obnovi zgodovinskih elementov. Obnova zgodovinskih objektov je kompleksno in interdisciplinarno področje, ki vključuje sodelovanje arhitektov, restavratorjev, inženirjev ter drugih strokovnjakov. V sodobnem svetu, kjer se vse bolj zavedamo pomena trajnostnega razvoja in energetske učinkovitosti, je potrebno skrbno pristopiti k obnovi, ki ohranja avtentičnost in kulturno vrednost. Škatlasta okna, kljub svoji lepoti, pogosto predstavljajo izziv zaradi starosti, poškodb in neustrezne oskrbe, kar zahteva temeljito analizo njihovega stanja ter premišljene sanacijske ukrepe. Kulturni pomen škatlastih oken je velik, saj te strukture ne le da izboljšujejo estetski videz objektov, temveč tudi odražajo zgodovinske in kulturne značilnosti obdobij, v katerih so bila zgrajena. Njihova obnova ni pomembna le z vidika ohranjanja dediščine, temveč tudi z vidika izboljšanja energetske učinkovitosti in trajnosti, kar postaja vedno bolj aktualno v luči sodobnih okolijskih izzivov. Pri obnovi škatlastih oken je ključno najti ravnotežje med ohranjanjem zgodovinske vrednosti in izpolnjevanjem sodobnih standardov, kar vključuje tudi upoštevanje kulturno-varstvenih predpisov. V okviru te diplomske naloge bom raziskal različne sanacijske pristope, ki vključujejo tradicionalne tehnike restavriranja ter sodobne inovacije, kot so uporaba umetne inteligence in novih materialov. Z raziskovanjem tega področja želim osvetliti pomembnost ohranjanja zgodovinskih elementov in njihov vpliv na kulturno dediščino, hkrati pa prispevati k razumevanju, kako sodobne tehnologije lahko izboljšajo procese obnove in prispevajo k trajnostni rabi kulturnih dobrin.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Obnova zgodovinskih objektov, vključno s škatlastimi okni, predstavlja izjemno kompleksno in večplastno področje, ki združuje različne discipline, kot so arhitektura, restavratorstvo in

inženiring. Škatlasta okna, znana po svoji edinstveni zasnovi in estetski vrednosti, so pomembni elementi kulturne dediščine, ki odražajo zgodovinske in arhitekturne značilnosti različnih obdobij. V kontekstu sodobnih izzivov, kot so trajnostni razvoj in energetska učinkovitost, je obnova teh elementov ključna, saj lahko izboljša tako estetski kot funkcionalni vidik zgodovinskih stavb. Vendar pa se obnova škatlastih oken sooča z vrsto izzivov. Poškodbe, ki jih povzročajo vremenski vplivi, staranje materialov in pomanjkljiva oskrba, zahtevajo posebno pozornost in strokovno znanje. Sanacija teh oken zahteva spoštovanje tradicionalnih tehnik, hkrati pa mora izpolnjevati sodobne standarde trajnosti in energetske učinkovitosti. Pri obnovi škatlastih oken se pojavlja ključen problem: kako doseči ravnotežje med ohranjanjem zgodovinske vrednosti in zagotavljanjem sodobnih funkcionalnih zahtev. Lastniki in skrbniki zgodovinskih stavb se pogosto znajdejo pred dilemo, kako obdržati izvorni značaj oken, hkrati pa jih prilagoditi današnjim potrebam, kot so energetska učinkovitost in udobje. Pomanjkanje jasnih smernic in standardov za obnovo lahko vodi do odločitev, ki ogrozijo zgodovinske elemente. Dodatno otežujejo situacijo kulturno-varstveni predpisi, ki se razlikujejo glede na lokalne zakonodaje in standarde. Tako je ključno razviti celovit pristop, ki združuje tradicionalne metode restavriranja z inovativnimi rešitvami, ki omogočajo ohranjanje kulturne dediščine v skladu s sodobnimi standardi. V tej nalogi bom podrobneje raziskal te izzive ter predstavil potencialne rešitve, s posebnim poudarkom na vlogi sodobnih tehnologij, vključno z umetno inteligenco, pri optimizaciji procesov obnove. Cilj je prispevati k razumevanju, kako lahko obnova škatlastih oken ne le ohrani kulturno dediščino, temveč tudi izboljša energetsko učinkovitost in trajnost zgodovinskih objektov.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je ohraniti kulturno dediščino, s poudarkom na zgodovinskem in kulturnem pomenu škatlastih oken na objektu Rainerhof. Preučiti in dokumentirati te aspekte ter raziskati načine za njihovo trajno ohranitev. Drugi namen je razviti učinkovite sanacijske metode, ki spoštujejo avtentičnost in zgodovinski kontekst oken. Poleg tega bo naloga osredotočena na izobraževanje in ozaveščanje javnosti ter strokovne skupnosti o pomenu ohranjanja zgodovinskih objektov in specifičnih sanacijskih tehnikah za historična okna.

Cilji dela vključujejo temeljito analizo prvotnega stanja škatlastih oken na Rainerhof, z dokumentacijo poškodb in njihovih vzrokov. Sledi laboratorijska analiza materialov, ki bo določila njihovo sestavo in stanje ter identificirala najbolj primerne materiale in tehnike za sanacijo. Na podlagi zbranih podatkov bo razvit celovit sanacijski načrt, ki bo vseboval opis

potrebnih posegov in časovni načrt izvedbe. Izvedba sanacije bo temeljila na pripravljenem načrtu, pri čemer bodo uporabljene dokumentirane tehnike in materiali. Celoten proces sanacije bo skrbno dokumentiran, vključno s fotografijami in podrobnimi opisi, kar bo pripomoglo k pripravi končnega poročila kot vodila za prihodnje projekte. Na koncu bodo razvite smernice za redno vzdrževanje obnovljenih oken, da se zagotovi njihova dolgotrajna ohranitev in trajnost sanacije.

HIPOTEZE:

H1 – Cene sanacij lesenih oken v Avstriji so višje kot pa cene na slovenskemu trgu. Različni dejavniki lahko vplivajo na to razliko v cenah, vključno z razlikami v življenjskem standardu, stroških dela, davčnih politikah in razpoložljivosti materialov. V Avstriji so višji življenjski standardi in višji stroški dela verjetno ključni dejavniki, ki prispevajo k višjim cenam sanacije. Poleg tega lahko razlike v regulativnih zahtevah in standardih za obnovo lesenih oken vplivajo na končne stroške.

H2 – Sodobne sanacijske tehnike izboljšajo toplotno in izolativno prevodnost lesenih škatlastih oken. Sodobne sanacijske tehnike znatno izboljšajo toplotne in izolativne lastnosti zgodovinskih škatlastih oken, celo za več kot 40 %.

H3 – Stroškovna učinkovitost projekta sanacije škatlastih oken. Stroškovna analiza sanacije škatlastih oken pokaže, da so celotni stroški projekta, vključno z nabavnimi stroški, stroški surovin in delovne sile, ekonomsko upravičeni glede na izboljšanje funkcionalnosti in podaljšano življenjsko dobo oken. Investitor s sanacijo ocenjuje 20 % prihranek obratovalnih stroškov.

H4 – Vpliv umetne inteligence na proces sanacije škatlastih oken. Uvedba umetne inteligence v proces sanacije škatlastih oken optimizira delovne procese, poveča natančnost in učinkovitost izvedbe ter zmanjša napake, kar vodi k nižjim stroškom in krajšemu času izvedbe sanacijskih del.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri raziskavi in sanaciji škatlastih oken na objektu Rainerhof se predpostavlja, da bodo vsi potrebni podatki o stanju oken dostopni in verodostojni, kar vključuje zgodovinske dokumente, fotografije in informacije o materialih. Prav tako se domneva, da bodo sodelujoči strokovnjaki usposobljeni in izkušeni, kar bo omogočilo ustrezno izvajanje sanacijskih tehnik. Ključno je, da so vsi sanacijski ukrepi skladni z veljavnimi kulturno-varstvenimi predpisi in standardi, saj

to zagotavlja ohranjanje zgodovinske vrednosti objekta. Predpostavlja se tudi, da bo projekt prejel ustrezno financiranje, ki bo pokrilo vse stroške sanacije, vključno z materiali in delovno silo. Poleg tega se verjame, da bo sanacija pozitivno sprejeta s strani lokalne skupnosti in širše javnosti, kar bo pripomoglo k ozaveščanju o pomenu ohranjanja kulturne dediščine.
Pri izbiri materialov za sanacijo lahko pride do omejitev glede razpoložljivosti zgodovinskih ali ustreznih sodobnih materialov, kar lahko vpliva na pristop in metode sanacije. Kulturno-varstvene omejitve in zahteve lahko vplivajo na obseg sanacije, saj določene tehnike ali materiali morda ne bodo dovoljeni ali primerni za ohranjanje zgodovinskega značaja oken. Časovne omejitve, ki izhajajo iz vremenskih pogojev ali logističnih izzivov, lahko vplivajo na izvedbo del in končne rezultate. Uporaba sodobnih tehnologij, kot je umetna inteligenca, lahko naleti na tehnične omejitve, kot so pomanjkanje ustrezne programske opreme ali usposobljenosti pri delu s temi tehnologijami. Na koncu je potrebno upoštevati tudi varnostne zahteve in standarde pri izvajanju sanacijskih del, kar lahko vpliva na metode dela in časovno dinamiko projekta.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri sanaciji zgodovinskih škatlastih oken na spomeniško zaščitenem objektu, kot je Rainerhof v Celovcu, se uporablja celovit raziskovalni pristop in metodologija, ki sta ključnega pomena za ohranitev kulturne dediščine ter zagotavljanje skladnosti z zakonodajo in sanacijskimi standardi.

1.4.1 Raziskovalne metode

Interdisciplinarni pristop je osrednjega pomena, saj vključuje sodelovanje strokovnjakov iz različnih področij, kot so arhitektura, zgodovina, materiali in konservatorstvo. Ta pristop omogoča celovito razumevanje zgodovinskega, kulturnega in tehničnega konteksta škatlastih oken, kar je ključno za načrtovanje in izvedbo sanacijskih del.
Kvalitativni raziskovalni pristop se uporablja za pridobitev poglobljenih informacij o zgodovinskem pomenu in konstrukciji oken. Ta pristop vključuje analizo zgodovinskih dokumentov, ki obravnavajo preteklost objekta ter intervjuje z lokalnimi strokovnjaki, ki lahko prispevajo k razumevanju specifičnih izzivov in značilnosti oken. Poleg tega se pregled obstoječe literature uporablja za identifikacijo najboljših praks in pristopov v restavratorski praksi.

Analiza stanja in dokumentacija je prva faza, ki vključuje podrobno analizo trenutnega stanja oken. Uporabljajo se napredne tehnike, kot so lasersko skeniranje in fotogrametrija, kar omogoča natančno dokumentiranje obstoječega stanja. Ta analiza vključuje tudi preučevanje materialov, iz katerih so okna izdelana, ter ugotavljanje morebitnih poškodb, kar je ključno za razvoj ustreznega sanacijskega načrta.

Laboratorijske analize vzorcev materialov so naslednji korak v raziskovalnem procesu. Te analize določajo sestavo in stanje materialov, kot so les, steklo in barve. Kemične analize pomagajo pri izbiri ustreznih restavratorskih materialov in tehnik ter zagotavljajo, da so vsi uporabljeni materiali kompatibilni s tistimi iz preteklosti.

Izdelava sanacijskega načrta temelji na zbranih podatkih in dokumentaciji. Ta načrt vključuje opis potrebnih posegov, uporabljene materiale in tehnike ter časovni načrt za izvajanje del. V njem so vključene tudi smernice za ohranjanje avtentičnosti in zgodovinske vrednosti oken, kar je ključno za uspeh projekta.

Testiranje materialov in tehnik poteka pred začetkom dejanske sanacije. Izvaja se na manjših vzorcih ali manj izpostavljenih delih oken, da se preveri učinkovitost izbranih materialov in tehnik. To omogoča potrebne prilagoditve, kar zagotavlja optimalne rezultate med dejansko sanacijo.

Izvajanje sanacije je proces, ki vključuje natančno delo z uporabo tradicionalnih metod in materialov, kolikor je le mogoče, ter sodobnih tehnik za izboljšanje trajnosti. Ta faza vključuje nenehno spremljanje in prilagajanje metod, če se pojavi potreba po spremembah.

Dokumentiranje in poročanje celotnega procesa je prav tako ključnega pomena. Vse faze so skrbno dokumentirane z besedili, fotografijami in videoposnetki. Končno poročilo vsebuje podrobnosti o opravljenih delih, uporabljenih materialih in tehnikah ter priporočila za nadaljnje vzdrževanje, kar zagotavlja dolgoročno ohranitev saniranih oken.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Pred začetkom pisanja diplomskega dela smo na sedežu Višje šole Academia organizirali uvodno srečanje, kjer smo se pod mentorstvom seznanili s ključnimi metodami in postopki dela. V okviru tega srečanja smo izvedli Belbinov test timskih vlog in Myers-Briggsov osebnostni test, kar je omogočilo oblikovanje projektnih skupin. V moji skupini sem prevzel vlogo koordinatorja, odgovornega za usklajevanje nalog in aktivnosti.

Na prvem srečanju sem predstavil temo svojega diplomskega dela, ki se osredotoča na sanacijo in zamenjavo oken v okviru energetske prenove spomeniško zaščitenega objekta Rainerhof v Celovcu. Projekt zajema različne aspekte prenove, vključno z ohranjanjem kulturne dediščine in spoštovanjem vseh ustreznih predpisov.

Skupina je začela s temeljitim proučevanjem našega podjetja, ki je odgovorno za sanacijo oken. Analizirali smo kadrovsko strukturo v podjetju Schaden Fensterhandwerk GmbH, kot opremo, ki jo monterji potrebujejo pri delu na terenu in v delavnici. Poleg tega smo raziskali zgodovino objekta, zgrajenega v letih 1885–1887, kar je ključno, saj ima spomeniško zaščito in zahteva upoštevanje kulturno-varstvenih predpisov pri prenovi.

Nato smo se osredotočili na postopke, ki jih je treba izvesti pred začetkom del. Proučili smo pogodbe, pripravili prijavo gradbišča ter podrobno analizirali varnostni načrt, pri čemer smo posebno pozornost namenili varnosti pri zamenjavi oken. Zavedali smo se pomena pravilne uporabe montažnega odra, zato smo pregledali navodila in dokumentacijo za njegovo varno postavitev.

Ključni del našega dela je bil raziskovanje toplotne prevodnosti oken, kjer smo se osredotočili na analizo toplotne prevodnosti okvirjev in zasteklitve, kar je bistveno za energetsko učinkovitost. Predstavil sem ključne korake pri sanaciji starih oken, pri čemer sem se osebno vključil in pridobil dragocene izkušnje. Izvedli smo celovit pregled stanja oken pred začetkom sanacije in se osredotočili na postopke, razvite v podjetju Schaden Fensterhandwerk GmbH.

Nadalje smo preučili stroške sanacije, kjer smo podrobno analizirali materialne stroške, stroške nabave, delovne sile in možnosti financiranja. Raziskali smo tudi vpliv novih materialov na trajnost in energetsko učinkovitost oken, kar nas je pripeljalo do obravnave trajnostne gradnje v Avstriji in Evropi, s poudarkom na prenovi stavb pod spomeniškim varstvom.

Na koncu smo se posvetili odzivom investitorjev na nizkoenergijsko gradnjo. Vsak projekt zahteva sodelovanje številnih strokovnjakov in moje izkušnje v tej projektni skupini so bile izjemno pozitivne. Delo v skupini je potekalo brez težav, saj so bile vloge jasno razdeljene,

komunikacija pa učinkovita. S skupnim trudom smo dosegli zastavljene cilje in postavili trdne temelje za uspešno izvedbo projekta.

3 PREDSTAVITEV PODJETJA SCHADEN FENSTERHANDWERK GMBH

V podjetju Schaden Fensterhandwerk GmbH je zaposlenih okoli 50 delavcev. Letno obnovimo do 1.000 škatlastih oken. Poleg tega izdelujemo škatlasta okna po meri, ki ustrezajo najvišjim standardom kakovosti. Smo tradicionalno podjetje, ki se nahaja v Jagerbergu na Jugovzhodnem Avstrijskem Štajerskem, izhaja iz najstarejše mizarske delavnice v Štajerski regiji, ustanovljene že leta 1888.

Sanacija zgodovinskih oken prinaša posebne izzive, ki jih lahko uspešno rešijo le izkušeni mizarji z dolgoletno specializacijo. Ekipa visoko motiviranih strokovnjakov v podjetju Schaden Fensterhandwerk GmbH se nenehno izobražuje, da bi dosegli vrhunske rezultate.

Delovanje podjetja temelji na kakovosti, hitrosti, fleksibilnosti in dolgoročnem razmišljanju. Združujemo staro znanje s sodobnimi metodami, kar podjetje odlikuje v svetu sanacije škatlastih oken. Naš cilj je ohraniti dragoceno dediščino in ustvarjati trajne rešitve. To poslanstvo v podjetju opravljamo že od leta 1888.



Slika 1:Vozni park podjetja Schaden Fensterhandwerk GmbH

Vir: (https://fenstersanierung.at/ueber-uns/)

3.1 Zgodovina in razvoj podjetja

Zgodovina podjetja Schaden Fensterhandwerk sega v leto 1888. Ustanovitelj Florian Schaden je bil umetniški mizar, ki je med drugim zasnoval tudi stranski oltar cerkve v Feldbachu. Skozi generacije so se razvili novi poudarki, kot so gradbena mizarska dela in notranja oprema. Danes pa se podjetje osredotoča na sanacijo in proizvodnjo škatlastih oken, kar ima v zgodovini podjetja dolgo tradicijo. Že pred 130 leti je Florian Schaden izdelal prva škatlasta okna. Ohranjanje tega stoletnega znanja ter njegovo dopolnjevanje z novimi spoznanji je ključno poslanstvo podjetja. Leta 2013 je podjetje od očeta Antona Schadna prevzel Christoph Schaden, ki je zgradil novo delavnico in moderniziral proizvodnjo. Leta 2019 pa po sanacijskem postopku najprej prodal 50 % svojega podjetja podjetju Austro Holding GmbH, vodenje podjetja pa sta leta 2022 prevzela gospod Franz Iglseder in gospod Marius Lüetkemeyer, ko je Austro Holdin GmbH postal 100 % lastnik podjetja. Ob 125. obletnici delovanja je podjetje prejelo štajerski grb, ki ga danes s ponosom uporabljamo. Ta simbol izkazuje našo predanost tradiciji in kakovosti, ki se prenaša iz generacije v generacijo.



Slika 2: Izrezek iz videa ob 100. obletnici podjetja

Vir:(https://fenstersanierung.at/ueber-uns/)

3.2 Organizacijska struktura podjetja

Vizijo in cilje podjetja Schaden Fensterhandwerk GmbH določa upravni odbor Austro Holding GmbH, lastnik podjetja. Za učinkovito organizacijo, uspešno delovanje in doseganje zastavljenih ciljev pa skrbita direktorja Schaden Fensterhandwerk GmbH, gospod Franz Iglseder in gospod Marius Lüetkemeyer. Podjetje je operativno razdeljeno na več oddelkov, ki delujejo v okviru dveh glavnih dejavnosti: proizvodnja novih oken in sanacija škatlastih oken. Posamezni oddelki so zasnovani tako, da na najbolj optimalen način podpirajo izvajanje nalog in prispevajo k doseganju ciljev podjetja.

- Naloge **računovodstva** v podjetju vključujejo vodenje knjigovodstva, kjer se beležijo vse finančne transakcije podjetja, kot so prihodki, odhodki, obveznosti in terjatve. Prav tako računovodstvo skrbi za izdelavo računovodskih poročil, kot so bilance stanja, izkazi poslovnega izida in denarnega toka, ki so potrebni za spremljanje finančnega stanja in poročanje lastnikom ter davčnim organom. Računovodstvo je odgovorno za obračun plač, vključno z davki, prispevki za socialno varnost in drugimi zakonskimi obveznostmi, ter za obračun davkov in pripravo davčnih napovedi, s čimer zagotavlja skladnost podjetja z davčno zakonodajo. Poleg tega spremlja obveznosti in terjatve, ureja plačila ter zagotavlja pravočasno poravnavo obveznosti. Vloga računovodstva vključuje tudi spremljanje stroškov, finančno načrtovanje ter sodelovanje pri pripravi proračunov. Pomemben del nalog je sodelovanje pri notranjih in zunanjih revizijah, kjer se pripravlja dokumentacija za preglede poslovanja, ter sodelovanje pri finančnih odločitvah glede naložb, posojil in drugih strategij financiranja. Prav tako računovodstvo vodi evidence osnovnih sredstev podjetja, kot so oprema in nepremičnine, ter skrbi za pravilno obračunavanje amortizacije.
- Naloge **administracije** v podjetju obsegajo sprejemanje in razdeljevanje pošte ter dokumentov, upravljanje korespondence, pripravo poslovnih dopisov, pogodb in poročil, ter komunikacijo z dobavitelji, strankami in poslovnimi partnerji. Administracija nudi podporo vodstvu podjetja pri organizaciji sestankov, urejanju urnikov in pripravi predstavitev. Prav tako skrbi za organizacijo poslovnih dogodkov, kot so seminarji, poslovna srečanja in potovanja. Med naloge administracije spada tudi vodenje kadrovske dokumentacije, vključno z zaposlitvenimi pogodbami, personalnimi evidencami, spremljanjem bolniških odsotnosti in letnih dopustov. Skrbi za vodenje evidence zalog, naročanje pisarniškega materiala ter drugih potrebščin za nemoteno

delovanje podjetja. Pomembna naloga je tudi zagotavljanje skladnosti z zakonodajo, ki vključuje urejanje in arhiviranje dokumentacije v skladu z zakonodajnimi predpisi, kot so varovanje osebnih podatkov in varnost pri delu. Administracija skrbi za komunikacijo s strankami in zunanjimi partnerji, kjer posreduje informacije in odgovarja na vprašanja. Podpira računovodstvo pri pripravi potrebnih dokumentov, zbiranju računov ter pripravi poročil. Poleg tega upravlja z arhiviranjem dokumentacije, kjer skrbi za organizacijo in shranjevanje poslovnih dokumentov v skladu z notranjimi predpisi podjetja.

- Naloge **kalkulantov in prodaje** v podjetju so medsebojno povezane, saj obe funkciji prispevata k uspešnemu poslovanju z vidika cenovne politike, stroškovnega nadzora in učinkovitega prodajnega procesa.

  Naloge **kalkulantov** so usmerjene v določanje stroškov proizvodov ali storitev ter pripravo finančnih ocen in analiz. Kalkulanti najprej zbirajo podatke o surovinah, delu, času in drugih viri, potrebnih za izvedbo projekta ali proizvodnjo izdelka. Na podlagi teh podatkov izračunajo proizvodne stroške in ocenijo, koliko bo stalo dokončanje določenega izdelka ali storitve. Njihova naloga je tudi priprava podrobnih kalkulacij cen, ki vključujejo neposredne in posredne stroške, kot so materiali, delo, energija, vzdrževanje in administracija. Kalkulanti skrbijo za natančnost teh izračunov, saj napačne ocene lahko negativno vplivajo na dobičkonosnost podjetja. Poleg tega pripravijo različne cenovne scenarije, kar omogoča vodstvu in prodaji sprejemanje informiranih odločitev. Del njihovega dela je tudi analiziranje tržnih razmer, iskanje potencialnih načinov za znižanje stroškov in povečevanje učinkovitosti.

  Naloge **prodaje** se osredotočajo na trženje in prodajo izdelkov ali storitev podjetja. Prodajna ekipa sodeluje z obstoječimi in potencialnimi strankami, kjer skrbi za vzpostavljanje in ohranjanje dobrih odnosov. Naloge prodaje vključujejo pripravo prodajnih strategij, iskanje novih tržnih priložnosti, pripravo ponudb in pogajanja s strankami glede pogojev prodaje. Prodajna ekipa mora imeti poglobljeno znanje o izdelkih ali storitvah, ki jih podjetje ponuja, ter sposobnost razumeti potrebe strank in jim ponuditi rešitve, ki ustrezajo njihovim zahtevam. Prav tako skrbijo za komunikacijo s strankami pred, med in po prodajnem procesu ter zagotavljajo zadovoljstvo strank. Prodaja tesno sodeluje s kalkulanti, saj morajo prodajalci vedeti, kakšna je pravilna cena izdelka, da lahko pripravijo konkurenčne in realistične ponudbe, ki upoštevajo stroške in omogočajo dobiček.

Kalkulanti in prodaja tako sodelujejo pri pripravi cenovnih ponudb, kjer kalkulanti zagotovijo natančne ocene stroškov, prodajna ekipa pa predstavi izdelke ali storitve na trgu ter skrbi za uspešno sklenitev poslov.

- Naloge **predpriprave** dela so ključne za zagotavljanje nemotenega in učinkovitega poteka proizvodnih ali izvedbenih procesov. Vključujejo preverjanje projektne dokumentacije, kjer se pregledajo tehnični načrti, specifikacije, delovni nalogi in projektne zahteve, da so jasni potrebni materiali, postopki in cilji dela. Naslednji korak je nabava materialov in opreme, kar pomeni, da je treba zagotoviti pravočasno dobavo vseh potrebnih komponent, orodij in materialov, vključno s preverjanjem zalog in koordinacijo z dobavitelji. Pomemben del predpriprave je načrtovanje delovnih procesov, pri čemer se določi zaporedje nalog, metode dela in razporeditev nalog med zaposlenimi ali ekipami, vse to pa je usklajeno s časovnim načrtom, da bi se dosegla optimalna učinkovitost. Predpriprava zahteva tudi koordinacijo z drugimi oddelki, kot so nabava, logistika, proizvodnja in vzdrževanje, da se zagotovi nemoten potek brez zamud. Priprava delovnega okolja je prav tako ključna, saj vključuje organizacijo prostora, postavitev potrebnih orodij in opreme ter zagotavljanje varnega in urejenega okolja za delo. Dodeljevanje delovnih nalog ustrezno usposobljenim zaposlenim je še ena naloga predpriprave, ki vključuje zagotovitev, da so vsi delavci obveščeni o svojih nalogah in imajo na voljo vse potrebne informacije ter opremo. Skrb za varnost pri delu je bistvenega pomena, saj zajema preverjanje varnostnih ukrepov in zaščitne opreme, da je delo izvedeno skladno s standardi in predpisi. Nazadnje predpriprava vključuje nadzor nad časovnim potekom izvedbe, da se zagotovi pravočasno dokončanje nalog. V primeru zamud ali težav je odgovornost predpriprave hitra rešitev, ki omogoči nadaljevanje dela brez večjih ovir.
- Naloge **vodje projektov** so ključne za uspešno načrtovanje, izvedbo in zaključek projekta, pri čemer je njihova glavna naloga zagotoviti, da projekt doseže cilje v zastavljenem času, znotraj proračuna in v skladu s kakovostnimi standardi. Vodja projektov je odgovoren za več vidikov upravljanja projekta.

  Prvi korak je načrtovanje projekta, kjer vodja pripravi podroben načrt, ki vključuje določitev ciljev, obseg projekta, časovni okvir in proračun. To vključuje razdelitev dela na manjše naloge, določitev mejnikov in časovnih rokov ter identifikacijo potrebnih virov, kot so delovna sila, oprema in materiali. Pri tem mora vodja upoštevati tudi

možna tveganja, ki bi lahko ovirala izvedbo projekta, ter pripraviti načrte za obvladovanje teh tveganj. Druga ključna naloga je koordinacija in vodenje projektne ekipe. Vodja projektov mora izbrati člane ekipe, jim dodeliti naloge in poskrbeti, da vsak član razume svoje odgovornosti. Vodja spodbuja sodelovanje znotraj ekipe in je pogosto odgovoren za reševanje težav ter zagotavljanje, da vsi sodelujejo skladno z načrtom. Redno spremljanje napredka projekta je bistveno, da se zagotovi, da delo poteka v skladu s predvidenim časovnim okvirjem. Vodja projektov skrbi tudi za komunikacijo, tako znotraj projektne ekipe kot z zunanjimi deležniki, kot so naročniki, dobavitelji ali vodstvo podjetja. Redno poroča o napredku projekta, izzivih in morebitnih spremembah. Komunikacija je ključna za zagotavljanje, da so vse strani obveščene o stanju projekta ter da se pravočasno rešujejo morebitne težave ali zamude. Upravljanje proračuna je še ena pomembna naloga vodje projektov. Vodja skrbi, da stroški projekta ostanejo v okviru določenega proračuna, hkrati pa spremlja vse finančne tokove. Če pride do odstopanj, je njegova naloga ugotoviti vzrok in najti rešitev, ki omogoča nadzor nad stroški, ne da bi trpeli kakovost ali časovni roki. Med ključnimi nalogami je tudi nadzor kakovosti, kjer vodja projektov zagotavlja, da so vsi procesi in končni rezultati skladni s predvidenimi standardi in specifikacijami. To vključuje sprotno spremljanje dela in izvajanje ustreznih kontrol, da se preprečijo napake ali odstopanja od kakovostnih zahtev. Ko se projekt približuje koncu, vodja projektov poskrbi za zaključek projekta, kar vključuje preverjanje, da so vse naloge zaključene, izdelava zaključnih poročil, evalvacija doseženih rezultatov ter izvedba morebitnih poprodajnih aktivnosti. Prav tako mora poskrbeti za dokumentacijo in analizo izvedbe projekta, kar služi kot osnova za izboljšave pri prihodnjih projektih. Vodja projektov je torej odgovoren za celovit nadzor nad projektom od začetka do konca, vključno z načrtovanjem, koordinacijo, spremljanjem, poročanjem, obvladovanjem tveganj in zagotavljanjem, da je projekt uspešno zaključen.

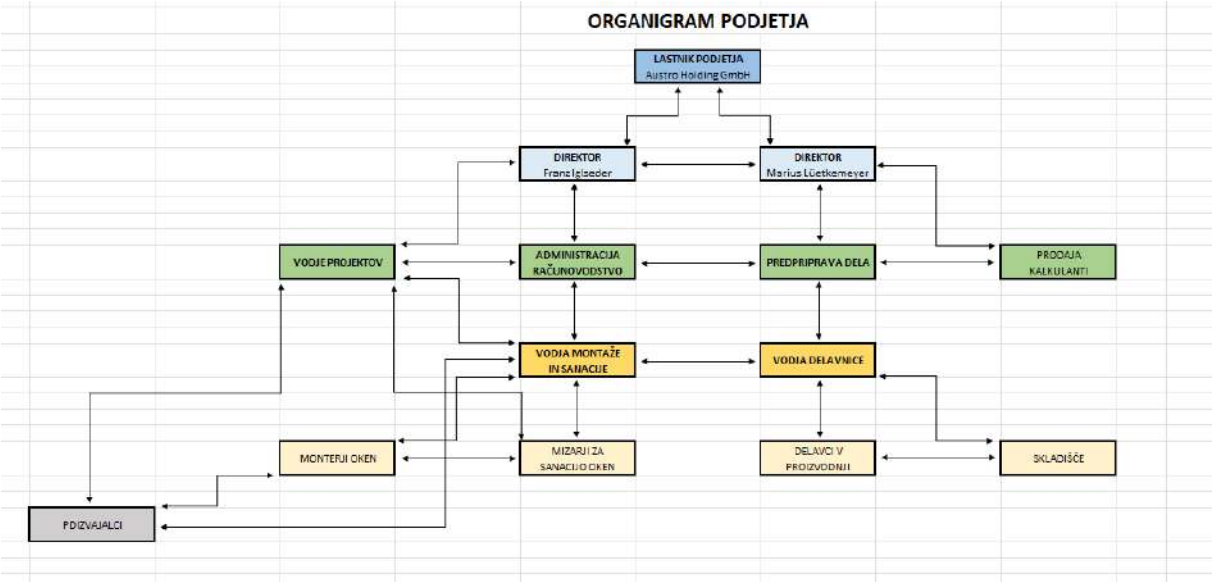
- Naloge **delavcev v proizvodnji oken in monterjev** na terenu so ključne za uspešno izdelavo in vgradnjo kakovostnih oken. Vsaka skupina opravlja specifične naloge, ki prispevajo k nemotenemu delovanju celotnega procesa, od začetka proizvodnje do končne montaže na objektu.

  Naloge **delavcev v proizvodnji** oken zajemajo različne faze izdelave oken, od priprave materialov do končnega izdelka. Na začetku procesa delavci poskrbijo za pripravo materialov, kar vključuje razrez lesa, stekla in drugih komponent na natančne dimenzije

po načrtih in specifikacijah. Sledi sestavljanje oken, kjer delavci natančno združujejo različne elemente, kot so okvirji, krila, steklo in tesnila, ter skrbijo za pravilno vgradnjo mehanizmov za odpiranje in zapiranje. V tej fazi uporabljajo različna orodja in naprave, zato morajo obvladati tehnične postopke in natančno izvajati delo po načrtih. Poleg sestavljanja skrbijo tudi za kontrolo kakovosti, kjer preverjajo, ali so izdelki brez napak in ustrezajo določenim standardom, tako po tehnični kot po vizualni plati. Ko so okna sestavljena, delavci pakirajo in pripravljajo okna za transport, da so izdelki zaščiteni pred poškodbami med prevozom na teren. Njihova naloga je tudi vzdrževanje strojev in opreme, saj morajo redno preverjati, da so vsi stroji v brezhibnem stanju, kar pripomore k tekoči proizvodnji brez zastojev.

Naloge **monterjev** na terenu se začnejo s prevozom oken na lokacijo, kjer se bodo vgradila. Monterji morajo poskrbeti za varen transport in pravilno rokovanje z okni, da se izognejo poškodbam. Na terenu sledi priprava delovišča, kar vključuje pripravo odprtin v stavbi za namestitev oken in odstranitev starih oken, če je to potrebno. Nato monterji izvedejo vgradnjo oken, pri čemer natančno namestijo okna v odprtine, jih poravnajo in pritrdijo z ustreznimi pritrdilnimi elementi. Pri tem morajo uporabljati ustrezno orodje in biti pozorni na pravilno tesnjenje oken, da se zagotovi energetska učinkovitost in prepreči vdor zraka ali vode. Monterji prav tako opravijo finomehanične prilagoditve, kjer poskrbijo, da mehanizmi za odpiranje in zapiranje delujejo brezhibno. Po končani montaži poskrbijo za končno kontrolo, kjer preverijo, ali so okna pravilno nameščena in ali ustrezajo predpisom ter zahtevam naročnika. Nazadnje poskrbijo za čiščenje delovišča in odstranitev odpadnih materialov, da je prostor urejen po končanem delu. Če pride do težav ali reklamacij, monterji opravijo tudi popravila ali prilagoditve po potrebi, da se zagotovi zadovoljstvo strank.

Delavci v proizvodnji oken in monterji na terenu torej sodelujejo pri celotnem procesu, od izdelave do montaže, kjer skrbijo za kakovostne izdelke in natančno izvedbo del, kar je ključno za uspešno poslovanje in zadovoljstvo strank.



Slika 3: Organigram podjetja Schaden Fensterhandwerk GmbH

Vir: (Lasten vir)

3.3 Predstavitev delovnih skupin

Za učinkovito izvedbo zaključnih gradbenih del je ključnega pomena, da so monterji primerno opremljeni. Varnost delavcev zagotavlja kakovostna osebna varovalna oprema, ki obsega delovna oblačila, ustrezno zaščitno obutev in druge potrebne zaščitne pripomočke. Pri prevozih na gradbišča in oddaljene lokacije monterji uporabljajo tovorna vozila, ki so popolnoma opremljena z mizarskimi orodji in delovno opremo. Pomembno je, da so vsi delovni stroji in orodja redno pregledani, brezhibni ter varni za uporabo. Letni pregledi opreme so nujni za zagotavljanje varnosti in učinkovitosti pri delu.

Pri sanaciji oken na objektu Rainerhof v Celovcu smo uporabljali komplet orodij blagovne znamke Makita. Med najpomembnejšo opremo so sodili sabljasta žaga, električni skobeljnik, vijačnik, kotna brusilka, prenosna krožna žaga, vbodna žaga, industrijski sesalec ter lestve. Delovnega odra pri tem projektu nismo potrebovali, saj večino sanacij izvajamo neposredno iz prostorov. Posebej pomembno orodje pri tem delu je bilo namensko izdelano orodje za frezanje utorov na notranji strani oken, ki omogoča namestitev novega tesnila po obnovi starih škatlastih oken. To orodje je prilagojeno specifičnim zahtevam sanacij in je zasnovano po meri podjetja.

Električni skobeljnik se je izkazal kot nepogrešljiv pri odstranjevanju neravnin in prilagajanju starih lesenih okenskih kril, ki jih je bilo treba uskladiti z okenskimi okvirji. Vijačnik je bil uporabljen za utrjevanje okenskih kril z vgradnjo kovinskih ojačitev na vogalih. Poleg tega ga pogosto uporabljamo tudi za poliranje kljuk in drugega medeninastega okovja. V prvi fazi sanacije, pri odstranjevanju razpokane barve, smo se zanašali na kotno brusilko, ki omogoča hitro in učinkovito pripravo površin.

Za natančno rezanje okrasnih letev in zamenjavo poškodovanih delov lesa smo uporabili prenosno namizno krožno žago. Industrijski sesalec je bil ključen pri vzdrževanju čistoče med delom in pri končnem čiščenju prostorov. Delo na višini, še posebej pri sanaciji večjih elementov, smo izvajali z uporabo lestev in varnostnih pasov, kar je zagotavljalo varnost in olajšalo rokovanje z materiali.

Pred začetkom del monterji opravijo temeljit pregled delovnega okolja in ustrezno pripravijo prostor. V objektu, kjer se nahajajo odvetniške pisarne, knjigarna, prodajalna tradicionalnih oblačil in okulistična ordinacija z občutljivo opremo, je bila priprava prostora še posebej pomembna. Ves delovni proces je moral potekati brezhibno in brez motenj za ostale uporabnike objekta. Vsa oprema, ki se uporablja pri delu, mora biti tehnično brezhibna, monterji pa morajo biti ustrezno usposobljeni za njeno varno uporabo. Orodja je treba uporabljati namensko in v skladu z navodili proizvajalca. Uporaba poškodovanih ali neustreznih orodij je strogo prepovedana, v skladu z vsemi varnostnimi predpisi in zakonskimi zahtevami.



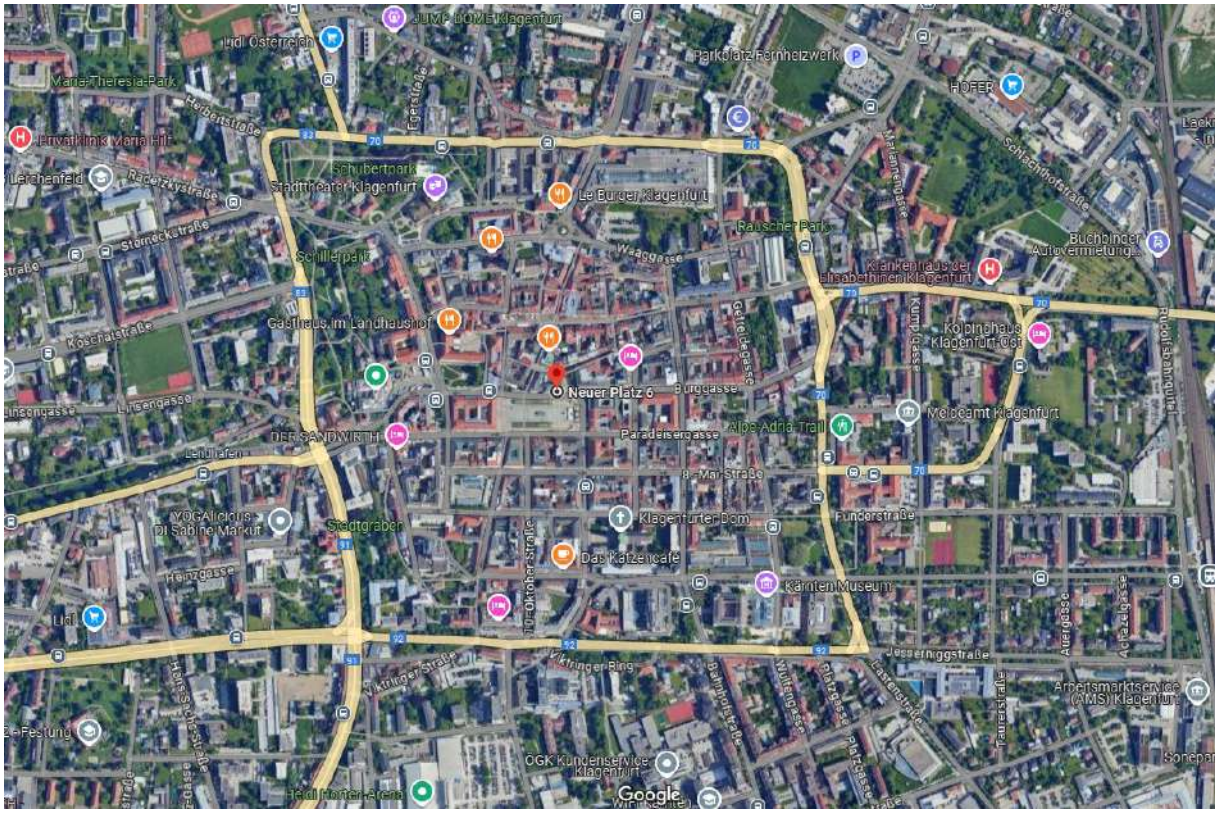
Slika 4: Freza za frezanje utora za tesnilo

Vir: (Lasten vir)

4 PREDSTAVITEV SANACIJSKEGA OBJEKTA

4.1 Lokacija sanacijskega objekta

Rainerhof se nahaja v samem središču Celovca (Klagenfurt am Wörthersee), glavnega mesta avstrijske Koroške, na prestižnem naslovu Neuer Platz 6, enem najpomembnejših mestnih trgov, ki ga krasi znameniti zmajev spomenik, simbol Celovca. Stavba je obkrožena z drugimi pomembnimi zgodovinskimi zgradbami, v neposredni bližini mestne hiše, kar še poudarja njen arhitekturni pomen. Severna stran Rainerhofa se odpira na Dr. Arthur-Lemisch-Platz, južna proti Neuer Platz, zahodno meji na Kramergasse, medtem ko na vzhodu prehaja v Renngasse. Ta zgodovinski objekt ima bogato preteklost in izjemno arhitekturno vrednost, ki se je ohranila ravno zaradi njegovega strateškega položaja v središču Celovca.



Slika 5: Lokacija sanacijskega objekta

Vir: (https://www.google.com/maps/dir//Neuer+Pl.+6,+9020+Innere+Stadt,+Austria/)

4.2 Zgodovina objekta

Rainerhof je ena izmed najpomembnejših zgodovinskih stavb v središču Celovca, zgrajena v letih od 1899 do 1900 in ima bogato ter zanimivo preteklost, ki sega v obdobje srednjega veka. Stavba se nahaja na Neuer Platz 6 in ima osrednjo vlogo v mestni zgodovini, saj je skozi stoletja igrala pomembno družbeno in politično funkcijo. V svojem začetku je bil Rainerhof del mestnega utrdbenega sistema in je bil povezan z obrambnimi strukturami, ki so varovale Celovec. V času pozne renesanse in baroka je stavba doživela pomembne spremembe, saj je postala središče meščanskega življenja. Njeno ime izvira iz rodbine Rainer, ki je bila pomembna plemiška družina na Koroškem in lastnica stavbe.

V 19. stoletju je Rainerhof dobil večjo vlogo kot rezidenca in poslovna stavba. V tem času je stavba postala središče trgovskih ter drugih poslovnih dejavnosti in je odigrala ključno vlogo pri gospodarskem razvoju Celovca. Njena strateška lega na Neuer Platz je še dodatno poudarila njen pomen v družbenem življenju mesta. Danes je Rainerhof v lasti gospe Annette Hochsteiner Lemisch in zaščitena kulturna dediščina, ki služi kot simbol pretekle slave Celovca. Ohranila je številne arhitekturne značilnosti iz različnih zgodovinskih obdobij, kar ji daje poseben čar. Poleg svoje arhitekturne vrednosti je tudi pričevanje o zgodovinskem razvoju mesta in njegovih prebivalcev skozi stoletja.

4.3 Stanje objekta pred sanacijo oken

Stanje lesenih škatlastih oken na objektu Rainerhof v Celovcu pred sanacijo je bilo zelo slabo, zato je bila sanacija nujno potrebna. Okna so bila močno dotrajana in uničena, kar je povzročilo, da so postala neuporabna in neprimerna za bivalne prostore. Zaradi zasnove z enojnim navadnim 3 mm steklom so okna povzročala velike toplotne izgube in neugodne bivalne pogoje, predvsem v zimskem času. Okna niso več pravilno tesnila, zaradi česar so bila izpostavljena prepihu in vstopanju vlage, kar je še dodatno poškodovalo lesene elemente. Poleg tega so bila fizično poškodovana, nekatera so imela razpoke ali so bila polomljena, imela so manjkajoče lesene dele, zaradi nekaterih manjkajočih delov okovja pa nekaterih ni bilo več mogoče niti pravilno zapreti. Leseni okvirji so bili prepereli in črvivi, kar je oslabilo njihovo konstrukcijo in nosilnost. Barva je bila kljub večkratnemu poizkusu vzdrževanja na nekaterih mestih razpokana in obrabljena, kar je negativno vplivalo na zaščito lesenih oken. Kljub temu pa so okna ohranila škatlast videz, vendar je njihovo stanje zahtevalo temeljito prenovo.

Obnova je predvidevala sanacijo oken z dvojno zasteklitvijo in boljšo izolacijo, pri čemer bi ohranili prvotno obliko in značilni videz stavbe.



Slika 6: Stanje oken pred sanacijo

Vir: (Lasten vir)

5 KULTURNI POMEN ŠKATLASTIH OKEN V AVSTRIJI

5.1 Pregled zgodovinskega razvoja škatlastih oken

Okno kot povezovalni element med notranjim in zunanjim prostorom ima danes enako pomembno vlogo kot v preteklosti. Njegove glavne funkcije so prepuščanje dnevne svetlobe, ki osvetljuje notranji prostor, omogočanje prezračevanja in zaščita pred vremenskimi vplivi ter zunanjimi nevarnostmi, ko je zaprto. Okno omogoča tudi vizualno povezavo med notranjostjo in zunanjostjo ter nudi pogled v okolico. Poleg funkcionalne vloge pa okno predstavlja pomemben estetski element arhitekture. V sodobnem času ima dodatno ključno vlogo pri toplotni in zvočni izolaciji.

Razvoj oken skozi zgodovino je bil tesno povezan z razpoložljivostjo materialov in tehničnimi možnostmi. Prvotno so bila okna le odprtine v zidovih, ki so jih včasih zaprli z lesenimi deskami ali polkni za zaščito pred vremenskimi vplivi. Čeprav je bilo steklo znano že v antiki, je bilo zaradi svoje redkosti in cene sprva redko uporabljeno. Zato so namesto stekla uporabljali druge prosojne materiale, kot so minerali, alabaster in pergament. Šele v srednjem veku so se začela uporabljati stekla, najprej v sakralni arhitekturi, kjer so gotske katedrale, kot je katedrala v Chartresu, uporabila barvna stekla, da so ustvarila svetlobo, ki je simbolizirala nadnaravno.

V posvetni arhitekturi je bila uporaba stekla sprva omejena zaradi tehničnih omejitev pri izdelavi večjih steklenih površin. Do 18. stoletja so za okna uporabljali majhne steklene elemente, kot so okrogla stekla premera od 90 do 125 cm, kar je pomenilo, da so bila okna majhna. Šele v renesančni in baročni arhitekturi so se začela pojavljati večja okna, sestavljena iz več manjših steklenih delov »Butzenglass«. Z naraščanjem industrializacije in razvojem tehnologije izdelave stekla, zlasti cilindričnega in kasneje raztegljivega stekla, so postale steklene plošče vse bolj dostopne. To je omogočilo izdelavo večjih oken, kar je bistveno vplivalo na arhitekturni slog in zasnovo stavb.

Prelomnica v izdelavi okenskega stekla je bila uvedba mehaničnega vlečnega postopka na začetku 20. stoletja, ki ga je v šestdesetih letih nadomestil postopek izdelave plovnega stekla (Floatglass). Ta postopek je omogočil masovno proizvodnjo visokokakovostnega stekla za okna, kar je še dodatno povečalo možnosti za uporabo večjih zastekljenih površin v arhitekturi.

V zgodnjem srednjem veku so bila okna večinoma sestavljena iz kamnitih okvirjev, šele kasneje so se začeli uporabljati leseni okvirji in okovja. Prva okna so bila pogosto drsna, brez potrebe po kovinskih delih. Z razvojem okenskih okovij iz kovine so postala mogoča okna, ki so se odpirala navzven ali navznoter. Okenski okovi so sprva temeljili na preprostih tečajih, kasneje

pa so se razvili v kompleksnejše mehanizme, ki so omogočali varnejše in stabilnejše zapiranje. V 19. stoletju so nastala standardna okna s kovinskimi trakovi in palicami, kar je omogočilo večjo fleksibilnost pri odpiranju in zapiranju oken.

Slogovni razvoj oken je bil skozi zgodovino močno povezan z arhitekturnimi tokovi – od gotike, renesanse in baroka, do klasicizma, secesije in moderne. Vsako obdobje je prineslo svoje značilne elemente v oblikovanju oken, kot so različne oblike, delitve in dekorativni okrasi. Kljub temu pa okenska zasnova ni bila povsod enotna, saj so regionalne značilnosti vplivale na način gradnje in oblikovanje oken. V hladnejših podnebjih so se uveljavila dvojna okna, ki so zagotavljala boljšo toplotno izolacijo. Dvojna okna so bila sestavljena iz dveh okvirjev: zunanje krilo se je odpiralo navzven, notranje pa navznoter. Ta konstrukcija, znana kot »Grazerstock«, je bila še posebej priljubljena v Gradcu.

Druga konstrukcija, znana kot »Wienerstock«, je temeljila na škatlastem okvirju, kjer sta bila notranje in zunanje okno ločena z zračnim slojem, kar je omogočalo boljšo izolacijo. V toplih mesecih so zimska okna pogosto zamenjali s polkni, ki so omogočala boljše prezračevanje in zaščito pred soncem. Polkna so bila izdelana iz lesenih lamel ali polnih desk, pri čemer so vrtljive lamele omogočale prilagodljivo senčenje. Poleg zunanjih polken so v nekaterih primerih uporabljali tudi notranja polkna ali večdelne zavese.

Po letu 1945 je bila razvita nova vrsta okenskih konstrukcij, znana kot vezano okno. To je bilo dvojno okno z enim okvirjem, kjer sta bila notranje in zunanje krilo povezana z okovjem. Vendar je ta zasnova postopoma izginila z razvojem izolacijskega stekla, ki je omogočilo učinkovitejšo toplotno izolacijo brez potrebe po dveh ločenih krilih.

Medtem ko imajo okna iz 19. stoletja, vključno s secesijskimi, pomembno zgodovinsko vrednost in so pogosto predmet restavracij, se okna, izdelana po letu 1945, pogosto ocenjujejo kot manj kakovostna. Njihova zasnova je bila pogosto podrejena masovni proizvodnji, kar je vodilo do slabše trajnosti in pogostih poškodb. Danes se ta okna pogosto obravnavajo kot potrošni material, ki ga po določenem obdobju zamenjamo z novimi, sodobnimi okni, medtem ko se okna iz starejših obdobij obravnavajo kot dragocen del arhitekturne dediščine, ki jih je treba ohraniti ali rekonstruirati v skladu s prvotno zasnovo.

5.2 Konstruktivna ocena škatlastih oken

Škatlasta okna imajo številne prednosti, ki jih postavljajo v ospredje pri obnovi zgodovinskih stavb in ohranjanju kulturne dediščine. Ena izmed njihovih glavnih prednosti je izjemna toplotna in zvočna izolacija, saj njihova konstrukcija vključuje dve okenski krili, ločeni z zračnim slojem. Ta zračni sloj deluje kot dodatna pregrada, ki izboljša energetsko učinkovitost stavb, hkrati pa zagotavlja učinkovito zaščito pred zunanjim hrupom. Poleg tega omogočajo fleksibilno prezračevanje – notranje krilo se odpira navznoter, zunanje pa navzven, kar omogoča preprosto zračenje brez izpostavljanja notranjosti vremenskim vplivom. Prav tako so ta okna znana po dolgi življenjski dobi, saj je njihova robustna konstrukcija, izdelana iz kakovostnih materialov, kot sta les in kovina, ob pravilnem vzdrževanju zelo trajna. Poleg funkcionalnih lastnosti imajo škatlasta okna tudi visoko estetsko vrednost, še posebej v zgodovinskih zgradbah, kjer ohranjajo avtentičnost in tradicionalni videz arhitekture, kar je pomembno pri obnovi secesijskih, baročnih in drugih zgodovinskih stavb.

Kljub številnim prednostim imajo škatlasta okna tudi nekaj pomanjkljivosti. Ena izmed glavnih je zapletenost njihovega vzdrževanja, saj je zaradi dvojne konstrukcije potrebna večja skrb za obe okenski krili in za lesene dele, ki so bolj izpostavljeni vremenskim vplivom. V primerjavi s sodobnimi okni, ki uporabljajo napredne tehnologije za izboljšanje toplotne učinkovitosti, škatlasta okna tudi ne dosegajo tako visokih izolacijskih lastnosti, čeprav so še vedno boljša od mnogih drugih zgodovinskih rešitev. Zrak med krili sicer deluje kot izolator, vendar ne more tekmovati s sodobnimi rešitvami, kot so dvojna ali trojna zasteklitev z izolacijskimi plini. Stroški izdelave in vgradnje škatlastih oken so prav tako višji, saj so zaradi svoje kompleksne konstrukcije in ročne izdelave pogosto dražja od sodobnih enokrilnih oken. Poleg tega zahtevajo specializirano znanje za pravilno vgradnjo in vzdrževanje, kar lahko še dodatno zviša stroške.

Sodoben trend v arhitekturi, ki daje prednost velikim steklenim površinam in minimalističnim linijam, tudi omejuje uporabo škatlastih oken, saj ne ustrezajo estetskim zahtevam modernega oblikovanja. V nekaterih primerih se lahko zaradi svojega klasičnega videza zdijo zastarela in neprimerna za sodobne stavbe. Kljub temu pa škatlasta okna ostajajo izjemno dragocena v projektih, kjer je pomembno ohranjanje zgodovinske avtentičnosti. Predvsem v stavbah iz 19. in začetka 20. stoletja predstavljajo odlično ravnovesje med funkcionalnostjo in estetsko vrednostjo.

Skupno gledano, škatlasta okna ponujajo številne funkcionalne in estetske koristi, vendar so zaradi svoje zapletene zasnove in višjih stroškov primernejša za obnovo zgodovinskih stavb kot

za moderno gradnjo. Njihova ključna vloga je v ohranjanju kulturne dediščine, kjer se cenijo zaradi njihove avtentičnosti, zgodovinskega pomena in prilagodljivosti v različnih klimatskih pogojih.



Slika 7: Slika po zamenjavi oken v drugem nadstropju

Vir: (Baza podatkov Schaden Fensterhandwerk GmbH)

6 FIZIKALNE LASTNOSTI ŠKATLASTIH OKEN

6.1 Oblike in funkcije

Škatlasta okna se odlikujejo po svoji edinstveni konstrukciji, ki vključuje dve okenski krili, eno nameščeno na zunanji in drugo na notranji strani okenskega okvirja. To omogoča večjo izolacijo, fleksibilnost pri prezračevanju in prilagodljivost različnim klimatskim razmeram. V osnovi so ta okna zasnovana kot dvoslojna, kar pomeni, da med dvema kriloma ostane zračni sloj, ki deluje kot izolator in prispeva k boljši toplotni in zvočni zaščiti. Oblike škatlastih oken so pogosto prilagojene arhitekturnim slogom in so lahko pravokotne, kvadratne ali pa vključujejo oboke in polkrožne zaključke, značilne za določene slogovne periode, kot so gotika, renesansa ali barok. Okenska krila so običajno simetrična, lahko pa so tudi asimetrična, odvisno od arhitekturnih potreb. Najpogostejši materiali za izdelavo so les, ki se je tradicionalno uporabljal zaradi svojih odličnih izolacijskih lastnosti, pa tudi železo ali jeklo, zlasti pri kasnejših primerih industrijske arhitekture.

Funkcije škatlastih oken so številne in vključujejo predvsem izboljšano toplotno in zvočno izolacijo. Zaradi dveh slojev stekla z vmesnim zračnim prostorom je toplota pozimi zadržana znotraj prostora, poleti pa se preprečuje prekomerno segrevanje. Prav tako ta zasnova učinkovito blokira zvok, kar je posebej pomembno v mestnih okoljih ali v bližini prometnih poti. Dvojna krila omogočajo tudi različne možnosti prezračevanja: notranje krilo se odpira navznoter, zunanje pa navzven, kar zagotavlja boljšo regulacijo zraka in zaščito pred vremenskimi vplivi. V toplejših mesecih se lahko zunanje krilo popolnoma odstrani ali nadomesti s polkni, kar še dodatno poveča prilagodljivost teh oken. Poleg tega imajo škatlasta okna pomembno vlogo pri ohranjanju estetske vrednosti zgodovinskih stavb. Njihova tradicionalna zasnova omogoča, da se okna skladno vključijo v arhitekturne sloge preteklih obdobij, ne da bi pri tem izgubila svojo funkcionalnost. V mestnih ali podeželskih zgodovinskih stavbah pogosto predstavljajo enega ključnih elementov, ki prispevajo k avtentičnosti celotne zgradbe.

6.2 Obstojnost in uporabnost škatlastih oken

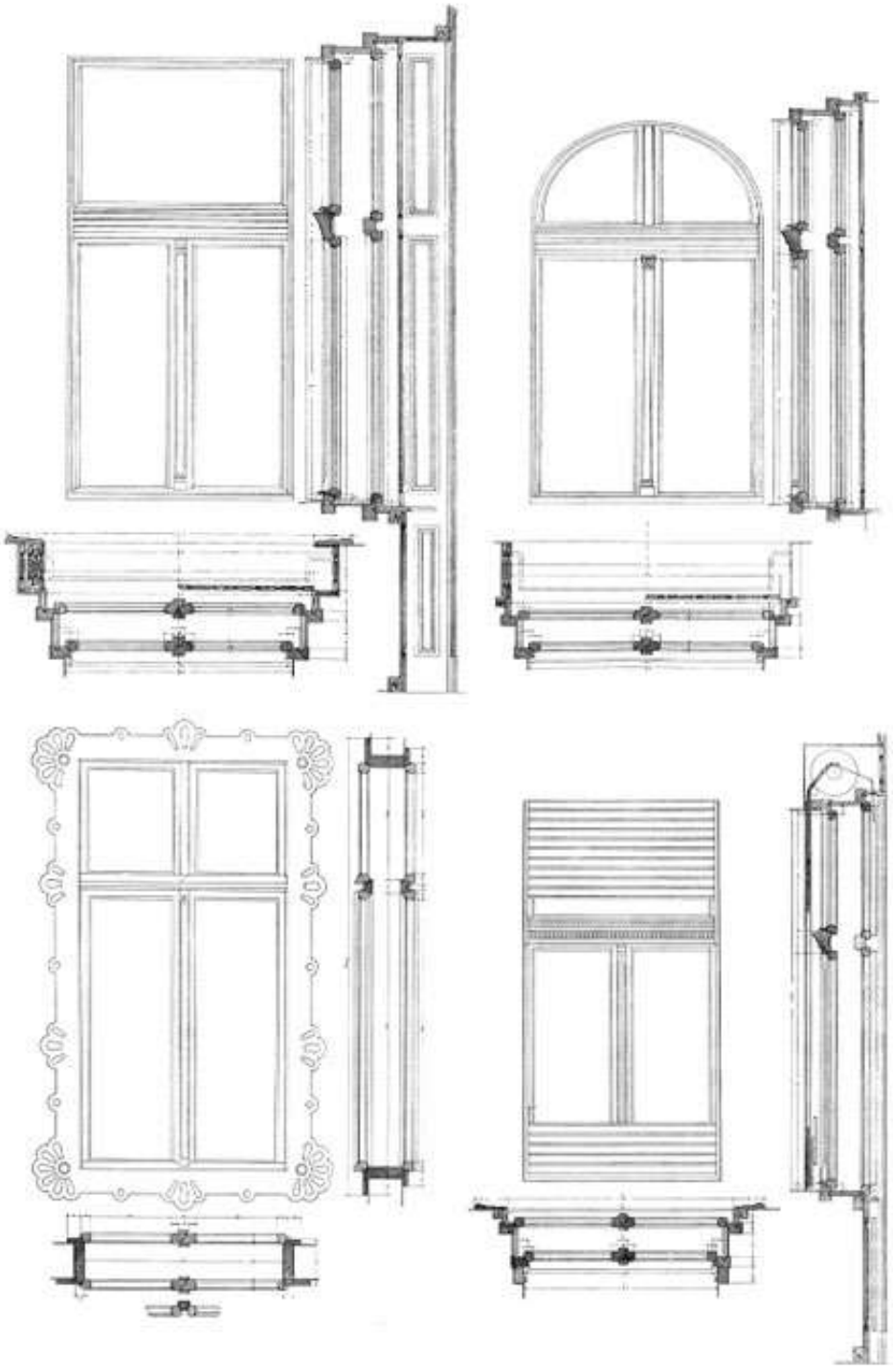
Škatlasta okna se odlikujejo po dolgi življenjski dobi in vzdržljivosti, če so pravilno vzdrževana. Narejena so iz kakovostnih materialov, najpogosteje lesa, ki nudi odlične izolacijske lastnosti. Redno vzdrževanje, ki vključuje zaščito pred vlago in občasno barvanje,

je ključno za njihovo obstojnost, ki lahko traja več desetletij. Dvojna konstrukcija škatlastih oken – zunanje in notranje krilo – nudi dodatno zaščito pred vremenskimi vplivi in mehanskimi poškodbami. To okno omogoča učinkovito prezračevanje, saj lahko prilagodimo odpiranje obeh kril glede na vremenske razmere. Zunanje krilo zaščiti notranjost pred izgubo toplote in vlago, kar povečuje energetsko učinkovitost. Poleg tega ta okna zagotavljajo dobro toplotno in zvočno izolacijo, kar je pomembno v urbanih okoljih. Vendar pa njihova kompleksna struktura zahteva več vzdrževanja, kar lahko prinese dodatne stroške. V nasprotju s sodobnimi okni z dvojno ali trojno zasteklitvijo škatlasta okna morda ne dosegajo tako visokih standardov energetske učinkovitosti, vendar še vedno predstavljajo odlično izbiro v zgodovinskih stavbah, kjer je pomembno ohranjanje arhitekturne dediščine.



Slika 8: Primer škatlastega okna "Grazerstock"

Vir: (Lasten vir)



Slika 9: Konstrukcijske oblike škatlastih oken

Vir: (Lasten vir)

6.3 Izolativnost škatlastih oken

Škatlasta okna so zasnovana za zagotavljanje visoke stopnje toplotne in zvočne izolacije, kar je ključno v kontekstu sodobnih zahtev po energetski učinkovitosti in udobju bivalnega okolja. Njihova konstrukcija vključuje dva ločena okenska okvirja, ki sta med seboj ločena z zračno plastjo, kar omogoča večstopenjsko zaščito pred zunanjimi vplivi. Zračna plast, ki se oblikuje med zunanjim in notranjim krilom, deluje kot učinkovita izolacija. Ta plast zadržuje zrak, kar zmanjšuje konvekcijske in prevodne toplotne izgube, s čimer se izboljšuje energetska učinkovitost prostora. Analize kažejo, da lahko škatlasta okna dosežejo U-vrednosti, ki so bistveno nižje od tradicionalnih enojnih oken, kar pomeni, da so boljša pri zadrževanju toplote in s tem zmanjšanju stroškov ogrevanja. Z vgradnjo izolativnega dvojnega stekla in tesnila na notranjem delu okna, lahko dosežemo skupno izolativno vrednost Uw=1,0–1,6 W/m2K. Brez izolativnega stekla pa ima škatlasto okno izolativno vrednost nekje Uw=4,0 W/m2K.

Koeficient prehoda toplote UW se izračuna preko enačbe kot inverzna vsota posameznih uporov po Iso standardu; ISO 10077-1/2017.

Toplotni koeficient enojne zasteklitve;

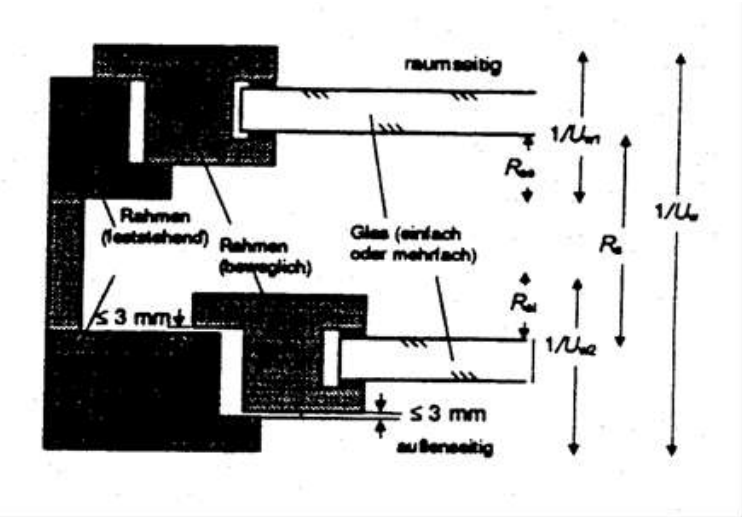
$$\mathrm{Uw1} = \frac{\mathrm{Ag} \cdot \mathrm{Ug} + \mathrm{Af} \cdot \mathrm{Uf}}{\mathrm{Ag} \cdot \mathrm{Af}}$$

Toplotni koeficient izolacijskega stekla;

$$\mathrm{Uw2} = \frac{\mathrm{Ag} \cdot \mathrm{Ug} + \mathrm{Af} \cdot \mathrm{Uf} + \mathrm{Ig} \cdot \Psi\mathrm{g}}{\mathrm{Ag} \cdot \mathrm{Af}}$$

Toplotni koeficient škatlastega okna;

$$\mathrm{Uw} = \frac{1}{\frac{1}{\mathrm{Uw1}} - \mathrm{Rsi} + \mathrm{Rs} - \mathrm{Rse} + \frac{1}{\mathrm{Uw2}}}$$



Slika 10: Skica za prikaz izračuna toplotne prevodnosti škatlastega okna

Vir: (Baza podatkov Schaden Fensterhandwerk GmbH)

Pri čemer velja:

UW1, UW2 koeficienta prehoda toplote zunanjega oziroma notranjega okna

Ug koeficient prehoda toplote zasteklitve

Uf koeficient prehoda toplote okvirja

Ag površina stekla

Af površina okenskega okvirja

Rsi površinski toplotni upor na notranji strani okna

Rse površinski toplotni upor na zunanji strani okna

Rs toplotni upor med zunanjim in notranjim krilom okna

Ψg je dolžinsko odvisen koeficient prehoda toplote, ki upošteva kombinirani toplotno-tehnični vpliv distančnika, stekla in okvirja. Če je prisotna samo enojna zasteklitev brez distančnika, lahko ta korekcijski faktor zanemarimo.

Toplotni upor lesenega okvirja in zraka med zunanjim in notranjim delom škatlastega okna pa se izračuna po naslednji formuli;

$$R = \frac{\mathrm{d}}{\lambda}$$

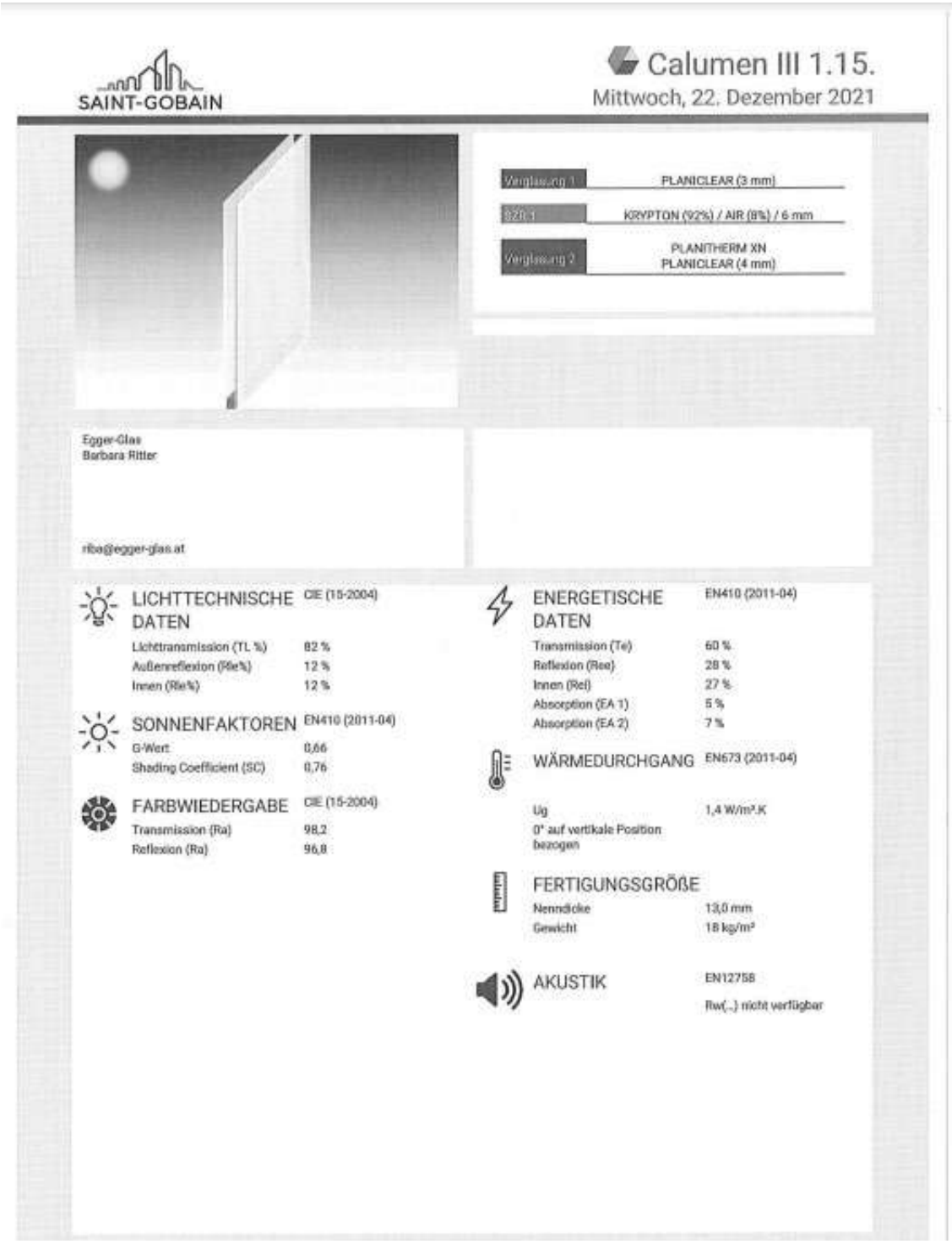
Pri čemer velja:

R toplotni upor lesenega okvirja

d debelina lesenega okvirja

λ koeficient toplotne prevodnost lesa (macesen približno 0,14 W/m·K)

/zraka med stekli (približno 0,025 W/m·K)



Slika 11: Izračun izolativnosti sanacijskega stekla

Vir: (Lasten vir – Izračun podjetja Egger-Glas)

6.4 Vpliv vlage in zaščita pred njo

Dež, ki pada na zunanje steklo in okvir škatlastih oken, lahko povzroči znatno vlažnost ter pospeši proces propadanja materialov. V kombinaciji z drugimi vremenskimi vplivi, kot so temperatura in vlaga, se povečuje tveganje za poškodbe, kar posledično vpliva na učinkovitost zaščite pred vlago. Del zaščite pred vlago, ki se bori proti padavinam z zunanje strani, je tudi odpornost proti nalivom. Drug pomemben vidik pa je zaščita pred kondenzacijo, ki se pri škatlastih oknih pogosto pojavlja.

Kondenzacija na zunanjem steklu postane problematična, zlasti po "sanacijah", kjer je obnova pogosto omejena zgolj na površinsko obnovo starega okna. Zunanji okvir, ki je izpostavljen vremenskim vplivom, je pogosto v slabšem stanju kot notranji, ki je zaščiten pred neposrednim delovanjem okolja. Nestrokovni poskusi obnavljanja zunanjega okvirja s kitom in debelimi sloji barve lahko pripeljejo do povečane prepustnosti za vlago, kar poslabša stanje okna. Posledica tega je, da topla in vlažna zračna vlaga iz prostora pronica na hladno zunanje steklo, kjer se kondenzira ali povzroča znane "ledene cvetlice". Ta proces vodi do vlaženja zunanjega okvirja, kar lahko povzroči dodatno nabrekanje in še večjo prepustnost lesene konstrukcije. V preteklosti so se za zimsko tesnjenje oken uporabljale tako imenovane "okenske blazine", ki so jih postavljali med stekla, da bi preprečili vdor zraka. Da bi sistem škatlastih oken učinkovito deloval v skladu z osnovnimi fizičnimi načeli, mora notranje krilo rahlo bolje tesniti kot zunanje. S tem se zagotovi, da se vlaga, ki prodira med okni, lahko uspešno odvaja navzven. Ključno je, da se ukrepi za tesnjenje najprej osredotočijo na toplo notranje krilo. Preprosta in začasna rešitev za izboljšanje tesnosti notranjega krila je nanašanje silikona na prehode v obliki silikonskega traku, ki ga je mogoče prekriti s tanko živilsko folijo. Ob zapiranju se silikonski trak prilagodi odprtinam in omogoča boljše prileganje krila na okvir. Vendar pa je rešitev le začasna, saj to tesnilo nima prilagodljive funkcionalnosti "pravih" tesnil, saj deluje brez tesnilne poti in se ne more odzvati na manjše spremembe preseka, ki jih povzročajo upogibanje, krčenje ali nabrekanje lesa zaradi nihanj temperature in vlage.

Za trajnost okenskih kril v okenskem okvirju in njihovo medsebojno delovanje je ključno, da so steklene plošče pravilno nameščene v pripravljen tesnilni kit. To preprečuje, da bi kondenzacijska voda ali voda za čiščenje pronicala v razpoke med okvirjem in steklom ter tako tekla navzdol proti lesenim povezavam. Ustrezno vzdrževanje zunanjih delov okna, vključno s pravilnim barvanjem in zaščito pred dežjem, je prav tako bistvenega pomena za zmanjšanje možnosti vdorov vlage in podaljšanje življenjske dobe škatlastih oken.

6.5 Zvočna izolativnost škatlastih oken

Škatlasta okna ponujajo številne prednosti na področju zaščite pred hrupom v primerjavi s preprostimi okni z izolacijskim steklom, predvsem zaradi večjega razmaka med obema steklenima ploskvama. Vendar pa ta prednost pogosto izgine zaradi pomanjkljive tesnosti v spojih. Kvaliteta tesnjenja je odvisna od natančne obdelave spojev med proizvodnjo, pa tudi od vzporednosti in razdalje med krilnim okvirjem in okvirjem skozi celotno dobo uporabe. Ključna sta tudi kakovost lesa in redno vzdrževanje okna. Konstrukcija kril zahteva visoke standarde, saj se običajno uporablja dvo- ali trotočkovno zaklepanje.

Ko je tesnost spojev zagotovljena, je učinkovitost zaščite pred hrupom v veliki meri odvisna od debeline stekel in razdalje med njima. Pogosto so se uporabljala stekla debeline 2 mm, ki se pri obnovah ali popravilih običajno nadgradijo na debelino od 3 do 6 mm. Empirične formule za oceno zvočne izolacije Rw škatlastih oken je razvil K. Gösele na podlagi številnih testiranj:

$$R_w = 10\lg\frac{d_{Gl1}}{d_0} + 10\lg\frac{d_{Gl2}}{d_0} + 15\lg\frac{d_s}{d_0} + 39\ dB$$

Pri čemer je:

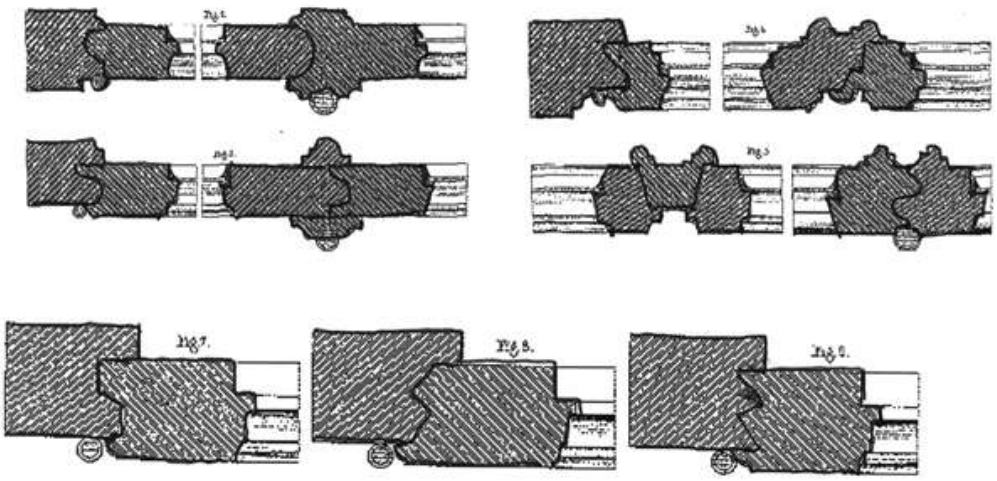
d_{Gl1} debelina debelejšega stekla
d_{Gl2} debelina drugega stekla
d_s razmak med stekli
d_0 izhodiščna vrednost 10 mm

Treba je poudariti, da pri zvočni izolaciji škatlastih oken ni ključna le sama konstrukcija oken, temveč tudi način njihovega priključka na zid. Ustrezna zatesnitev med okvirjem okna in zidom je bistvena za doseganje visokih standardov zaščite pred hrupom. V preteklosti so za tesnjenje pogosto uporabljali materiale, kot sta konopljina vrvica in lan, vendar so ti materiali pogosto puščali nezaželene odprtine, kar je zmanjšalo učinkovitost zvočne izolacije. Posebnost škatlastih oken je njihova zmožnost učinkovitega zadrževanja nizkofrekvenčnega hrupa, kot je na primer prometni hrup, ki se pojavlja pri približno 200 Hz. Takšne frekvence hrupa so običajno zahtevne za izolacijo in jih je mogoče uspešno zmanjšati le s posebnimi kombinacijami stekel. Škatlasta okna pa imajo naravno prednost, saj večji razmik med obema steklenima ploskvama bistveno izboljša zvočno izolacijo, tudi če je debelina stekel enaka. To dokazuje, da škatlasta okna kljub svoji tradicionalni obliki še vedno ponujajo številne prednosti v sodobni gradnji.

6.6 Prezračevanje in zrakotesnost škatlastih oken

Za povečanje tesnosti konstrukcije so razvili različne rešitve. Ena izmed njih je uporaba natančno oblikovanih in dobro izdelanih funkcionalnih spojev, ki omogočajo prilagajanje neizogibnim spremembam debeline lesa zaradi njegovega naravnega delovanja.

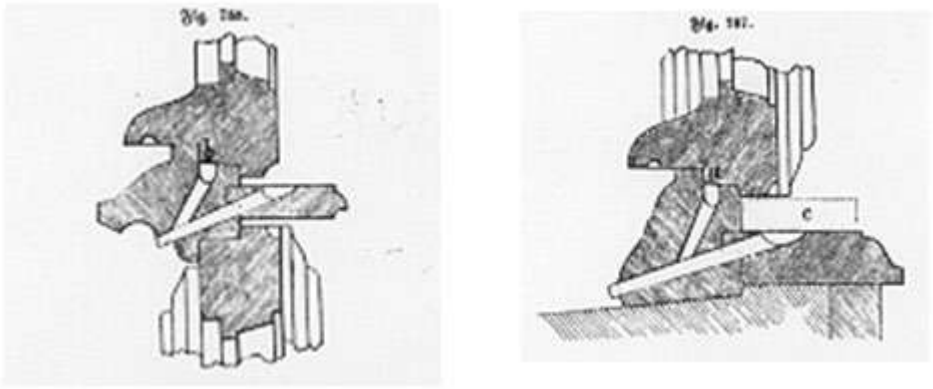
Primeri:



Slika 12: Primeri spojev lesenih konstrukcij

Vir: (Baza podatkov Schaden Fensterhandwerk GmbH)

Ker to pogosto ni zadostovalo, so dodali odvodne kanale, ki so služili tako za zaščito pred dežjem kot tudi za odvajanje kondenzata, ki se je zaradi neugodnih tlačnih razmer (nadtlak v prostoru) nabiral v spoju ob prehodu toplega in vlažnega zraka skozi konstrukcijo. Zbrane vode so nato speljali navzven, da bi ohranjali les oken suh in tako podaljšali njegovo življenjsko dobo.



Slika 13: Primer odvodnjavanja v leseni okenski konstrukciji

Vir: (Baza podatkov Schaden Fensterhandwerk GmbH)

V drugi polovici 19. stoletja so začeli uvajati tudi prve tesnilne sisteme, med najbolj učinkovitimi tudi filc, ki ga je leta 1878 v Berlinu predstavil "dvorni mizar Siering" kot "izboljšano okensko zaporo". Ključna novost tega sistema je bilo tesnilo, ki je omogočalo rahlo gibanje med krilom in okvirjem. Prejšnji sistemi z dodatnimi tesnilnimi sredstvi so zaradi tesnih spojev povzročili hitro obrabo materialov, medtem ko je Sieringov sistem z uporabo prožnega in posebej obdelanega filca uspešno reševal težave z nabrekanjem in krčenjem lesa. Današnja okna, čeprav iz drugačnih materialov, še vedno temeljijo na tem principu.

Zasteklitev kril pri enojnem steklu je bila izvedena s "steklarskim kitom", mešanico lanenega olja in krede, s trikotnim kitnim spojem. Prav tako so v okenske police pogosto vgrajevali kondenzne kanale, ki so omogočali varno odtekanje vode, nabrane na steklu, v ta kanal, kjer je voda izhlapela ali bila obrisana. Za izboljšanje odpornosti proti dežju in boljšo zaščito oken pred vremenskimi vplivi je bila ustrezno prilagojena tudi fasada.

7 PROJEKTNA DOKUMENTACIJA V POSTOPKU SANACIJE OKEN

7.1 Kulturno-varstveni predpisi

Sanacija škatlastih oken na objektu Rainerhof je bila pomembna naloga, ki je med drugim zahtevala spoštovanje kulturno-varstvenih predpisov, da se ohrani zgodovinska in arhitekturna vrednost objekta. Predlogi iz strani Avstrijskega organa za zaščito kulturne dediščine za tovrstno sanacijo so bili:

Ohranjanje zgodovinskih značilnosti: Ohraniti je treba prvotno obliko, dimenzije in detajle škatlastih oken. Vsaka sanacija mora spoštovati izvirno arhitekturno zasnovo, vključno z zgodovinskimi materiali in tehniko izdelave.

Materiali: Uporabiti je treba kakovostne materiale, ki so skladni z izvirnimi materiali, zato je za sanacijo potrebno uporabiti les, ki je podoben izvornemu.

Sestavine, kot so barve in laki, morajo biti ekološki in kompatibilni z zgodovinskimi materiali, da se zagotovi dolgotrajna zaščita in estetski videz.

Tehnike sanacije: Priporočljive so tradicionalne tehnike sanacije, kot so obnova lesenih delov, namesto njihove popolne zamenjave.

Sanacija naj vključuje zaščito pred vremenskimi vplivi (npr. ustrezno zatesnitev in obdelavo proti vlagi).

Funkcionalnost: Škatlasta okna morajo ohranjati svojo funkcionalnost, kar vključuje zagotavljanje ustrezne toplotne in zvočne izolacije ter enostavno odpiranje in zapiranje.

V primeru vgradnje dodatnih elementov (npr. tesnil) je treba poskrbeti, da se ne poškodujejo izvirni elementi okna.

Dostop do dokumentacije: Vse izvedene sanacije je treba dokumentirati in shraniti v arhivu objekta. Vključitev strokovnjakov s področja kulturne dediščine in arhitekture v proces sanacije je obvezna.

Usklajevanje z lokalnimi organi: Pred začetkom del je treba pridobiti soglasje lokalnih kulturno-varstvenih organov. Morebitne spremembe ali novosti pri sanaciji je treba uskladiti s pristojnimi organi.

Monitoring in vzdrževanje: Po končani sanaciji je treba redno spremljati stanje oken ter izvajati preventivno vzdrževanje, da se ohrani njihova funkcionalnost in estetski videz.

7.2 Soglasje avstrijskega kulturno-varstvenega organa (BDA) za izvedbo sanacije škatlastih oken

Na podlagi predloga avstrijskega Zavoda za varstvo kulturne dediščine smo oblikovali načrt obnove oken in se dogovorili za izvedbo vzorčnih obnov na sedmih oknih. V okviru predloga smo načrtovali naslednje ukrepe:

Na vseh oknih bomo obnovili prvotno geometrijo, dodali izolacijsko steklo ter na notranjih krilih namestili silikonsko tesnilo, kar bo izboljšalo toplotno prevodnost elementov. Odvodnjavanje deževnice na zunanji strani bomo izboljšali s posebnim profilom za odvajanje vode, ki bo dodatno pripomogel k zaščiti oken pred vremenskimi vplivi.

Mizarski del sanacije oken

Okovje bo temeljito očiščeno in ponovno usposobljeno za gladko delovanje, krila oken pa bodo natančno nastavljena. S skrbnim skobljanjem bomo povrnili optimalno režo med krilom in okvirjem. Površina kril bo pobrušena, manjše luknje in razpoke pa skrbno popravljene. Zgodovinska oblika okenskih kril bo ohranjena, poškodovani manjši leseni deli (deli kril, obrabljeni robovi, okrasni elementi, deli okvirja ipd.) bodo nadomeščeni z macesnovim lesom. Površina bo skrbno pripravljena za barvanje; novi leseni deli bodo temeljno premazani, zaščitne letve pa ponovno pritrjene in očiščene rje. Razpokane dele kita bomo odstranili, intaktni kit pa natančno pobrusili in očistili. Manjkajoči deli kita bodo zapolnjeni z originalnim trikotnim faznim kitom Ramsauer F430, s čimer bomo ohranili avtentičnost oken.



Slika 14: Vzorčno okno na objektu Rainerhof

Vir: (Lasten vir)

Tesnjenje

Novo silikonsko tesnilo bo nameščeno na notranji strani okna. Za vzpostavitev ustrezne reže med okenskim krilom in okvirjem, kjer bo tesnilo nameščeno, bomo obstoječi okvir obdelali z 4-milimetrsko poglobitvijo, vzporedno s krilom, ter vanj natančno vrezali utor za pritrditev tesnila. Tesnilo bo nameščeno tako, da bo ob potrebi omogočalo enostavno zamenjavo. Uporabljeno bo trajno silikonsko tesnilo, združljivo s sintetičnimi smolami in akrilnimi barvnimi premazi.



Slika 15: Utor za tesnilo na notranjem delu škatlastega okna

Vir: (Lasten vir)

Aluminijasta zaščita proti vremenskim vplivom

Na horizontalne lesene dele bomo namestili aluminijaste profile, ki bodo izboljšali zaščito izpostavljenih delov lesa pred vremenskimi vplivi. Profili bodo diskretno pritrjeni s skritimi nerjavečimi vijaki in bodo omogočali prilagoditev višine. Vsi spoji bodo trajno zatesnjeni z elastičnimi tesnilnimi masami. Za zagotovitev zadostnega prostora med okvirjem in okenskim krilom bomo spodnji del okenskega okvirja znižali za približno 7 mm, kar bo omogočilo pravilno montažo zaščitnih profilov.



Slika 16: Primer horizontalne zaščite lesenega okvirja z aluminijastim profilom za odvodnjavanje deževnice

Vir: (Lasten vir)

Izolacijsko steklo

V notranja krila bomo vgradili dvoslojno izolacijsko steklo debeline 13 mm, sestavljeno iz 3 mm stekla, 6 mm distančnika in 4 mm stekla (3/6/4) polnjenega s plinom Krypton. Steklo dosega vrednost Uw=1,4 W/m2K.



Slika 17: Primer okenskega krila z vgrajenim dvoslojnim izolativnim steklom

Vir: (Lasten vir)

Pleskarska dela

Obstoječa barva iz okenskih kril bo odstranjena s kemičnim odstranjevalcem, okvirji pa bodo na licu mesta obžgani. Barvanje oken bo potekalo v več fazah. Prva faza je osnovni zaščitni premaz Adler Histo Base, sledi kitanje razpok ter brušenje, temu delu sledita dva nanosa zaščitne barve, ki vsebuje 25 % lanene smole.

Barvanje bo izvedeno po standardih Ö-Norm B 2230-1. Za zunanji del okna bo uporabljena lanena barva Sefra v rjavem odtenku RAL 8007. Vsi notranji deli okna pa bodo premazani s Histo Protect v belem odtenku RAL 9003.

Na podlagi našega sanacijskega predloga smo pridobili dovoljenje za izvedbo vzorčnih oken. Po zaključeni sanaciji le teh si je pristojni organ ogledal izvedbo, jo potrdil in odobril obnovo za celoten objekt.

7.3 Sanacijska pogodba z naročnikom

Gradbena pogodba je dogovor, ki ga stranki skleneta prostovoljno in enakopravno. Z njo se izvajalec zaveže, da bo v dogovorjenem roku in po določenem načrtu zgradil določen objekt ali izvedel druga dela na določenem zemljišču, naročnik pa se zaveže plačati dogovorjeno ceno.
Osnovni elementi gradbene pogodbe vključujejo določitev pogodbenih strank, opis predmeta pogodbe, ceno, način plačila, roke izvedbe, kakovost del in materialov, nadzor, garancijo, pogodbeno kazen, urejanje gradbišča ter obveznosti strank. Pogodba običajno vsebuje tudi terminski plan, načrt gradbišča, varnostni elaborat in seznam podizvajalcev. Izvajalec je dolžan graditi v skladu s projektom in opozoriti naročnika na morebitne nepravilnosti v projektni dokumentaciji.
Na podlagi predračuna ter izdelanega sanacijskega in terminskega načrta, kot tudi uspešno izvedenih vzorčnih oken in pridobljenih potrditev kulturno-varstvenega organa, smo z investitorjem »Hausverwaltung Rainerhof« sklenili pogodbo za celovito sanacijo vseh oken na objektu. S tem smo se zavezali, da bo prenova potekala v skladu s smernicami za ohranjanje kulturne dediščine, kar vključuje obnovo brez spreminjanja prvotnega videza škatlastih oken, uporabo ustreznih materialov in tehnik ter implementacijo izboljšav za večjo energetsko

učinkovitost. Tak pristop ohranja zgodovinski videz okna in izboljša funkcionalnosti škatlastih oken.

7.4 Prijava gradbišča in dovoljenja

Pridobitev dovoljenja za sanacijo škatlastih oken je ključni korak v procesu obnove objekta, ki vključuje več stopenj in sodelovanje z različnimi institucijami. Prvi korak je bila priprava celovite projektne dokumentacije, ki je vsebovala tehnične načrte, natančne podatke o obstoječih elementih, predlagane izboljšave in načine obnove. Poleg tega je bil pripravljen podroben opis vseh del, ki jih bo potrebno opraviti, vključno z obnovo okvirjev, zamenjavo stekel in izboljšanjem toplotne učinkovitosti. Dokumentacija je morala dokazati skladnost z lokalnimi predpisi o gradnji in ohranjanju kulturne dediščine, saj so škatlasta okna zaščiteni elementi stavbe Rainerhof.

Pred vložitvijo vloge za sanacijsko dovoljenje smo pridobili mnenja in soglasja ključnih institucij. Kulturno-varstveni organ je pregledal naše načrte in potrdil, da predlagane sanacije ustrezajo smernicam ohranjanja kulturne dediščine, kar je bilo ključno za naš postopek. Investitor je vključil tudi zunanjega arhitekta (Kastner ZT GmbH), da bi zagotovil, da so naši načrti skladni s strokovnimi standardi in zahtevami.

Ko smo imeli pripravljeno vso potrebno dokumentacijo in soglasja, je lastnik stavbe vložili uradno vlogo za dovoljenje pri mestni občini Celovec. Vloga je vključevala prijavo gradbišča, obvestilo o nameravanih delih in načrtovanem začetku, projektno dokumentacijo ter dokaze o pridobljenih soglasjih, vključno s potrdili kulturno-varstvenega organa in mnenji drugih relevantnih institucij.

Po vložitvi vloge je sledil postopek odobritve, ki je vključeval pregled dokumentacije s strani pristojnih organov, ki so se prepričali o skladnosti z zakonodajo in standardi. Po uspešnem pregledu je lastnik stavbe prejel uradno dovoljenje za sanacijo škatlastih oken, kar nam je omogočilo začetek del.

7.5 Varnostni načrt gradbišča

Varnostni načrt za gradbišče, kjer je potekala sanacija oken na objektu Rainerhof v Celovcu, je ključni dokument, ki je zagotavljal varno in učinkovito izvedbo del ter ščitil zdravje delavcev in drugih oseb, ki so se nahajala na območju gradbišča. Ta načrt se osredotoča na oceno tveganj, določitev varnostnih ukrepov ter organizacijo dela.

Na začetku načrta je opredeljena lokacija gradbišča, ki vključuje informacije o dostopnih poteh, varnostnih območjih in kritičnih točkah. V nadaljevanju so predstavljeni cilji varnostnega načrta, ki vključujejo zmanjšanje tveganj, zagotavljanje zdravja in varnosti delavcev ter minimiziranje morebitnih posledic nesreč. Načrt vključuje identifikacijo tveganj, povezanih s sanacijo oken, kot so delo na višini, uporaba orodij in opreme, potencialno izpostavljanje prahu in kemikalij ter gibanje drugih delavcev in vozil po gradbišču. Na podlagi teh tveganj so določeni ustrezni varnostni ukrepi, ki vključujejo:



Slika 18: Zavarovanje gradbišča

Vir: (Lasten vir)

Uporaba osebne zaščitne opreme: Vse osebe na gradbišču morajo nositi primerno opremo, kot so čelade, zaščitna očala, rokavice in delovna oblačila.

Usposabljanje delavcev: Pred začetkom del so delavci usposobljeni za pravilno uporabo orodij, opreme ter varnostnih postopkov. Upoštevati je treba tudi varnostne protokole pri delu na višini.

Postavitev varnostnih ograj in opozorilnih znakov: Na območju gradbišča so postavljene varnostne ograje, ki bodo preprečevale dostop nepooblaščenim osebam. Opozorilni znaki bodo jasno označevali nevarnosti in navodila za varno gibanje.

Ureditev delovnega okolja: Delovno okolje je urejeno tako, da se zmanjša možnost nesreč. To vključuje čiščenje delovnih površin, pravilno shranjevanje orodij in materialov ter zagotovitev prostega prehoda za delavce.

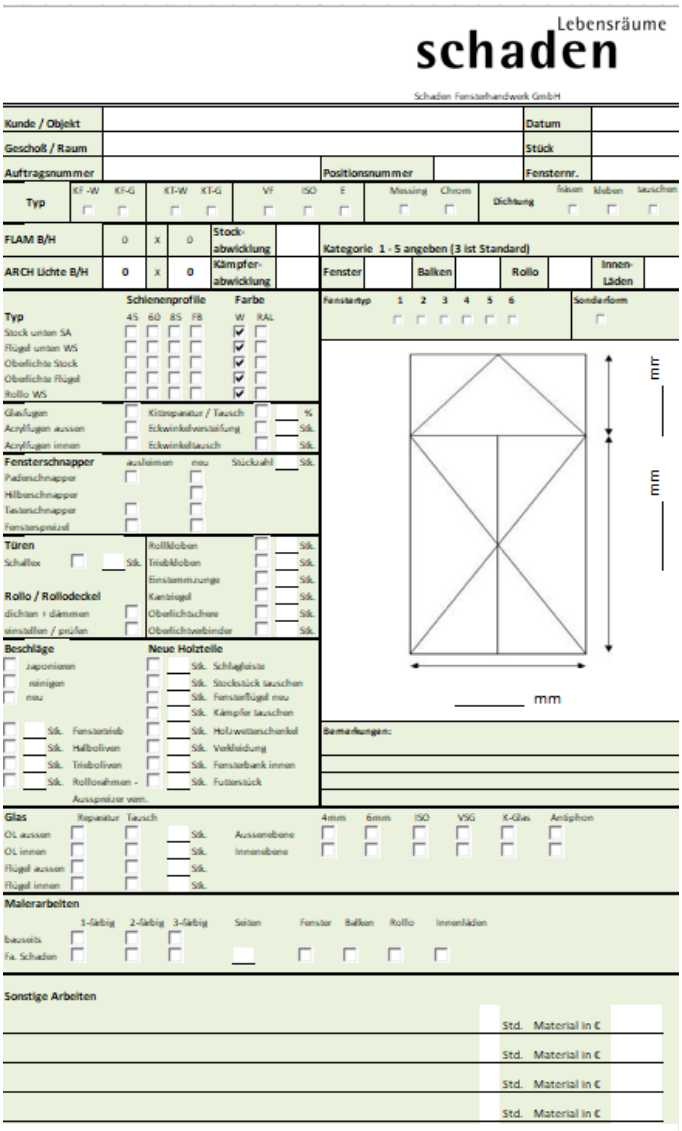
Načrt za ravnanje v nujnih primerih: Varnostni načrt vključuje tudi postopke za ravnanje v primeru nesreč, kot so poškodbe delavcev ali požari. Določeni so kontakti za nujne primere, ki vključujejo lokalne reševalne službe.

Na koncu varnostnega načrta je predvidena redna evalvacija in posodabljanje načrta, ki bo omogočalo prilagajanje novim okoliščinam in izkušnjam. Varnostni načrt za gradbišče na Rainerhof v Celovcu so tako predstavljali celovit pristop k zagotavljanju varnosti in zdravja vseh udeleženih v procesu sanacije oken.

8 POSTOPEK SANACIJE ŠKATLASTIH OKEN

8.1 Ocena stanja oken

Pred začetkom sanacije starega škatlastega okna je ključnega pomena natančna ocena njegovega trenutnega stanja. Ta ocena omogoča prepoznavanje najbolj kritičnih elementov, ki potrebujejo obnovo ali zamenjavo, ter določa obseg sanacije in ustrezne metode za dosego želenih rezultatov. Stanje škatlastega okna razvrstimo v pet glavnih sanacijskih kategorij, na podlagi ocene stanja različnih komponent funkcionalnosti, stabilnosti, stanje materialov in vizualne kakovosti. Pri tem si pomagamo z v podjetju razvitim evidenčnim listom, povzetim po sistemu evidenčnega lista podjetja Zoller & Prantl.



Slika 19: Evidenčni list stanja okna pred obnovo

Vir: (Lasten vir)

Za jasen in sledljiv potek sanacije je ključna tudi natančna razvrstitev elementov in položajev. V priložene tlorise objekta, namenjenega sanaciji, je treba po posameznih nadstropjih dosledno vpisati vsa obstoječa ali predvidena nova okna, ki so označena s tekočimi številkami.

(Oznake: U001 = Klet, 001 = Pritličje, 101 = Prvo nadstropje, 201 = Drugo nadstropje itd.)

Okna enakih dimenzij, tipov in stopenj sanacije so združena v eno pozicijo. Na ta način je omogočeno, da so vsi postopki in morebitne spremembe pri vsakem posameznem oknu, od začetne obravnave do končnega pregleda, natančno in pregledno dokumentirani glede na pozicijo in številko okna. K razpisni dokumentaciji je treba priložiti tudi skico z merili oken, kot je prikazano v zgornjem evidenčnem listu.

8.2 Določitev sanacijskih ukrepov

Po izvedbi evidenčnega pregleda, kjer podrobno ocenimo stanje škatlastih oken, določimo ustrezne sanacijske ukrepe. Ta pregled nam pomaga ugotoviti obseg poškodb in potrebna popravila, pri čemer se osredotočimo na ključne dejavnike, kot so stabilnost okvirja, tesnjenje, stanje stekel, okovje ter estetski videz. Evidenčni list služi kot temelj za nadaljnje korake v postopku sanacije.

8.2.1 Koraki pri določitvi sanacijskih ukrepov po evidenčnem pregledu

Analiza in razvrstitev ugotovitev po kategorijah; vsa okna pregledamo glede na pet ključnih sanacijskih kategorij (statična stabilnost, tesnjenje, stanje stekel, stanje okovja, estetska obnova) in jih razvrstimo v različne stopnje potrebne sanacije. Na tej osnovi pripravimo podrobno poročilo o trenutnem stanju in specifičnih potrebah vsakega okna.

Opredelitev stopnje sanacije za vsako okno; glede na ugotovljene potrebe določimo ustrezno stopnjo sanacije za posamezno okno. Pri tem upoštevamo tri možne stopnje:

- ***Osnovna sanacija:*** Zajema minimalne posege za ohranjanje funkcionalnosti, kot so manjša popravila tesnil, čiščenje okovja in osvežitev premazov.
- ***Srednja sanacija*****:** Osredotoča se na izboljšanje izolativnih lastnosti in vključuje zamenjavo dotrajanih tesnil, obnovo stekel in manjša popravila okvirjev.

- ***Celovita sanacija:*** Obsega popolno obnovo, vključno z zamenjavo ali okrepitev poškodovanih delov okvirja, obsežno popravilo ali zamenjavo okovja ter estetsko obnovo v skladu z zgodovinskimi značilnostmi.

Priprava specifičnih sanacijskih ukrepov; za vsako okno pripravimo podrobne načrte sanacijskih ukrepov. Na podlagi zbranih podatkov iz evidenčnega lista določimo konkretne korake, kot so:

- zamenjava poškodovanih tesnil in pritrdilnih elementov
- popravila ali zamenjava stekel, če so počena ali motna
- obnova okovja, vključno s korozijsko zaščito in podmazovanjem
- obnova in zaščita lesenih delov z brušenjem, kitanjem ter nanosom ustreznega premaza

Dokumentacija in načrt izvajanja sanacije; vse ugotovitve in predvidene ukrepe zabeležimo v sanacijski načrt. Vsako okno opremimo s številko in označbo sanacijske kategorije, da so ukrepi sledljivi. Dokumentacija zajema tudi tlorisne postavitve in skice z merili vseh oken ter pregledi vseh oken, kar omogoča enostavno spremljanje in preverjanje kakovosti opravljenih del med izvedbo in pri končnem prevzemu.

8.3 Tehnike in prakse uporabljene pri sanaciji škatlastih oken

8.3.1 Obnova okvirjev in okovja

Za brezhibno delovanje in dobro tesnjenje starih oken sta temeljnega pomena kakovostno popravilo ter natančna nastavitev okovja in okvirjev. Pri obnovi zato poskrbimo, da se vsi poškodovani leseni deli skrbno popravijo ali po potrebi zamenjajo. Korozijo na okovju odstranimo, obrabljene dele okovij in tesnil zamenjamo, celotno okovje pa natančno nastavimo za nemoteno delovanje oken. Manjkajoči ali poškodovani deli se vedno nadomestijo z replikami, ki so oblikovno, materialno in funkcionalno prilagojene originalom. Z našim pristopom zagotavljamo, da obnovljena okna ohranijo svoj zgodovinski značaj in estetiko, obenem pa izboljšamo njihovo funkcionalnost in tesnjenje, kar pomembno prispeva k energetski učinkovitosti stavbe in udobju bivanja.

8.3.2 Obnova tesnil

Za zagotovitev enake tesnilne funkcionalnosti pri škatlastih oknih kot jo ponujajo nova lesena okna, v okvirju na notranjem delu okna ustvarimo novi utor, v katerega nato vgradimo novo silikonsko tesnilo. Če so okvirji okna deformirani, se prilagodi tesnilni utor tako, da je vzporeden z okenskimi krili. To omogoča enakomeren pritisk tesnila, kar zagotavlja optimalno tesnjenje. Ta postopek prinaša pomembno izboljšanje zvočne in toplotne izolacije, prav tako pa znatno zmanjša tveganje za nastanek kondenzacijske vode med stekli pri škatlastih oknih.

8.3.3 Odvodnjavanje deževnice

Za trajno sanacijo lesenih spodnjih delov okvirjev, ki so močno izpostavljeni vremenskim vplivom, ter za učinkovito preprečevanje vdora vode v notranjost škatlastih oken, podjetje Schaden Fensterhandwerk ponuja celovit program zaščite teh delov okvirja. Na voljo imamo aluminijaste in lesene zaščitne različice, ki so zasnovane tako, da se prilagajajo različnim tipom in vrstam škatlastih oken. Z ustrezno izbiro ukrepov za zaščito pred vremenskimi vplivi se po sanaciji stara okna učinkovito zaščitijo pred poškodbami, kar podaljša njihovo življenjsko dobo. Hkrati se zmanjša potreba po vzdrževanju, kar pripomore k nižjim stroškom in prihrani dragocen čas.

8.3.4 Vgradnja stekla

V mnogih primerih se stara škatlasta okna zamenjujejo zaradi poškodb stekla, slabega zvočnega udobja in nezadostnih Uw-vrednosti. Vendar pa ta ukrep ni nujno potreben, saj se lahko odločite za zvočno in toplotno izolacijsko zasteklitev v škatlastih oknih (opisano v poglavju 7.3 – izolativnost škatlastih oken). Dokazano je, da nova zasteklitev v obstoječih okenskih sistemih prinaša izjemne izboljšave v zvočni in toplotni izolaciji. To še posebej velja za škatlasta okna, ki jih je mogoče učinkovito modernizirati z ustrezno zasteklitvijo, ne da bi pri tem izgubila svoj značaj in estetsko vrednost.

8.3.5 Barvanje škatlastih oken

Natančnost in kakovost barvanja ter zaščitnih del sta ključna dejavnika za trajnostno obnovo škatlastih oken. V podjetju Schaden Fensterhandwerk zato priporočamo temeljito obnovo barv:

Najprej popolnoma odstranimo staro barvo, sive dele zbrusimo do zdravega lesa, preostale površine prav tako zbrusimo, da zagotovimo optimalno oprijemljivost novega premaza. Rjo z železnih elementov skrbno odstranimo, ti pa se nato najprej prebarvajo z zaščitnim premazom proti rji. Pred začetkom barvanja je ključno poskrbeti, da so odstranjene vse nečistoče in tujki, ki bi lahko negativno vplivali na kakovost novega premaza. Za barvanje lesenih oken uporabljamo barve z visoko koncentracijo lanenega olja, da je barva čimbolj prožna in omogoča dihanje lesa, brez da bi na površini nastale razpoke. S tem pristopom zagotavljamo dolgotrajne in estetske rezultate pri obnovi oken ter ohranjamo njihov značaj in vrednost.



Slika 20: Ročno odstranjevanje stare barve na okenskem krilu

Vir: (https://fenstersanierung.at/fensterhandwerk/)

9 UČINKOVITOST UPORABLJENIH SANACIJSKIH TEHNIK NA OBJEKTU RAINERHOF V CELOVCU

9.1 Izboljšanje izolativnosti

Za dokazovanje izboljšanja toplotne prevodnosti (Uw) škatlastega okna po sanaciji se bomo poslužili izračunov in formul, opisanih v poglavju 7.3, kjer smo obravnavali izolativnost škatlastega okna. Ključni parameter pri oceni toplotne učinkovitosti okna je faktor prenosa toplote Uw, ki izraža toplotno prehodnost okna. Nižja vrednost Uw pomeni boljšo toplotno izolacijo, saj zmanjšuje toplotne izgube skozi okno. V procesu sanacije okna so bili spremenjeni parametri, toplotne prevodnosti stekla. Pred sanacijo sta bili obe stekli okna označeni z vrednostjo Uw1=5,7 W/m2K, Uw2=5,7 W/m2K, kar pomeni, da je okno imelo slabo toplotno izolacijo. Po sanaciji pa je vrednost Uw2 padla na 1,4 W/m2K, kar je povzročilo znatno izboljšanje toplotne učinkovitosti okna. Za izračun izboljšanja smo uporabili formulo, ki upošteva toplotne upore različnih delov okna, kot so notranji in zunanji toplotni upori (Rsi, Rse), razdalja med stekli ter toplotna prevodnost posameznih slojev stekla.

Predpostavke za izračun:

- Površina okna je 1,1 m x 2,2 m = 2,42 m2.
- Stekla imajo enake dimenzije in enak način vgradnje.
- Razdalja med stekli po sanaciji ni bila spremenjena.

Predpostavljene vrednosti za upore:

- Rsi = 0,13 W/m2K (notranji upor)
- Rse = 0,04 W/m2K (zunanji upor)
- Rs = 0,25 W/m2K (zračni upor med stekli, predpostavka)

Izračun pred sanacijo:

Pred sanacijo je bilo na zunanjih in notranjih krilih vgrajeno navadno 4 mm steklo s toplotno prevodnostjo Uw1=Uw2= 5,7 W/m2K.

$$\mathrm{Uw} = \frac{1}{\frac{1}{\mathrm{Uw1}} + \mathrm{Rsi} - \mathrm{Rs} + \mathrm{Rse} + \frac{1}{Uw2}}$$

$$Uw = \frac{1}{\frac{1}{5,7} + 0,13 - 0,25 + 0,04 + \frac{1}{5,7}}$$

$$Uw = \frac{1}{0,1754 + 0,13 - 0,25 + 0,04 + 0,1754}$$

$$Uw = \frac{1}{0,2708}$$

$$\boldsymbol{Uw \approx 3,69 W/m2K}$$

Izračun po sanaciji:

Pri sanaciji smo na notranjih krilih vgradili izolativno steklo 3/6/4 (vrednosti; slika stran 33) in s tem spremenili Uw2, ki po sanaciji znaša 1,4 W/m2K.

$$\mathrm{Uw} = \frac{1}{\frac{1}{\mathrm{Uw1}} + \mathrm{Rsi} - \mathrm{Rs} + \mathrm{Rse} + \frac{1}{Uw2}}$$

$$Uw = \frac{1}{\frac{1}{5,7} + 0,13 - 0,25 + 0,04 + \frac{1}{1,4}}$$

$$Uw = \frac{1}{0,1754 + 0,13 - 0,25 + 0,04 + 0,7143}$$

$$Uw = \frac{1}{0,8097}$$

$$Uw \approx 1,23\ \mathrm{W/m2K}$$

Ugotovitev:

Po izvedeni sanaciji smo dosegli pomembno izboljšanje toplotne prehodnosti škatlastega okna. Pred sanacijo je ta znašala Uw=3,69 W/m2K, po sanaciji pa je ta vrednost padla na Uw=1,23 W/m2K. To pomeni, da se je toplotna prehodnost okna izboljšala za približno 66,67 %, kar kaže na znatno izboljšanje toplotne učinkovitosti.

9.2 Izboljšanje zvočne prevodnosti

Za izračun izboljšanja zvočne prehodnosti okna po sanaciji bomo upoštevali podobne predpostavke kot pri izračunu toplotne prehodnosti, vendar se bo za zvok uporabila drugačna formula in druge vrednosti za upore ter faktorje, povezane z akustiko. Zvočna prehodnost okna se običajno izraža z indeksom zvočne izolacije (Rw), ki opisuje sposobnost okna, da prepreči prenos zvoka. Nižja vrednost zvočne prehodnosti pomeni boljšo zvočno izolacijo.

Predpostavke:

- Pred in po sanaciji bomo predpostavili, da je zvočna prehodnost odvisna predvsem od samega stekla, debeline zračnega prostora med stekli in vrste uporabljenih materialov (kar se spremeni z vgradnjo izolativnega stekla).
- Pred sanacijo: okno s preprostim steklom debeline 4 mm na obeh straneh
- Po sanaciji: okno s 3-slojno izolativno zasteklitvijo 3/6/4 mm

Koraki izračuna:

- Zvočna prehodnost pred sanacijo: Pred sanacijo imamo preprosto steklo, ki ima nižjo zvočno izolacijo, ker nima dodatnih slojev in boljše plinske izolacije. Tipična vrednost za zvočni izolacijski faktor Rw za preprosto steklo debeline 4 mm znaša približno 28–30 dB.
- Zvočna prehodnost po sanaciji: Po sanaciji, ko je vgrajeno trojno steklo 3/6/4 mm, se zvočna prehodnost izboljša. Za trojno zasteklitev z boljšo izolacijo med stekli (plin, večja debelina) je običajno pričakovati povečanje zvočne izolacije, kar lahko poveča Rw na približno 35–40 dB, odvisno od specifičnih materialov.

Izračun izboljšanja zvočne prehodnosti:

Za primer izračuna bomo uporabili vrednosti, ki se običajno pričakujejo v praksi. Predpostavimo:

- Pred sanacijo: $Rw \approx 30$ dB
- Po sanaciji: $Rw \approx 38$ dB

Izboljšanje zvočne prehodnosti bomo izračunali kot odstotno povečanje:

$$Izboljšanje\ v\ \% = \frac{Rw(po\ sanaciji) - Rw(pred\ sanacijo)}{\mathrm{Rw(pred\ sanacijo)}}\ x\ 100$$

$$Izboljšanje\ v\ \% = \frac{38 - 30}{30}\ x\ 100$$

$$Izboljšanje\ v\ \% = \frac{8}{30}\ x\ 100$$

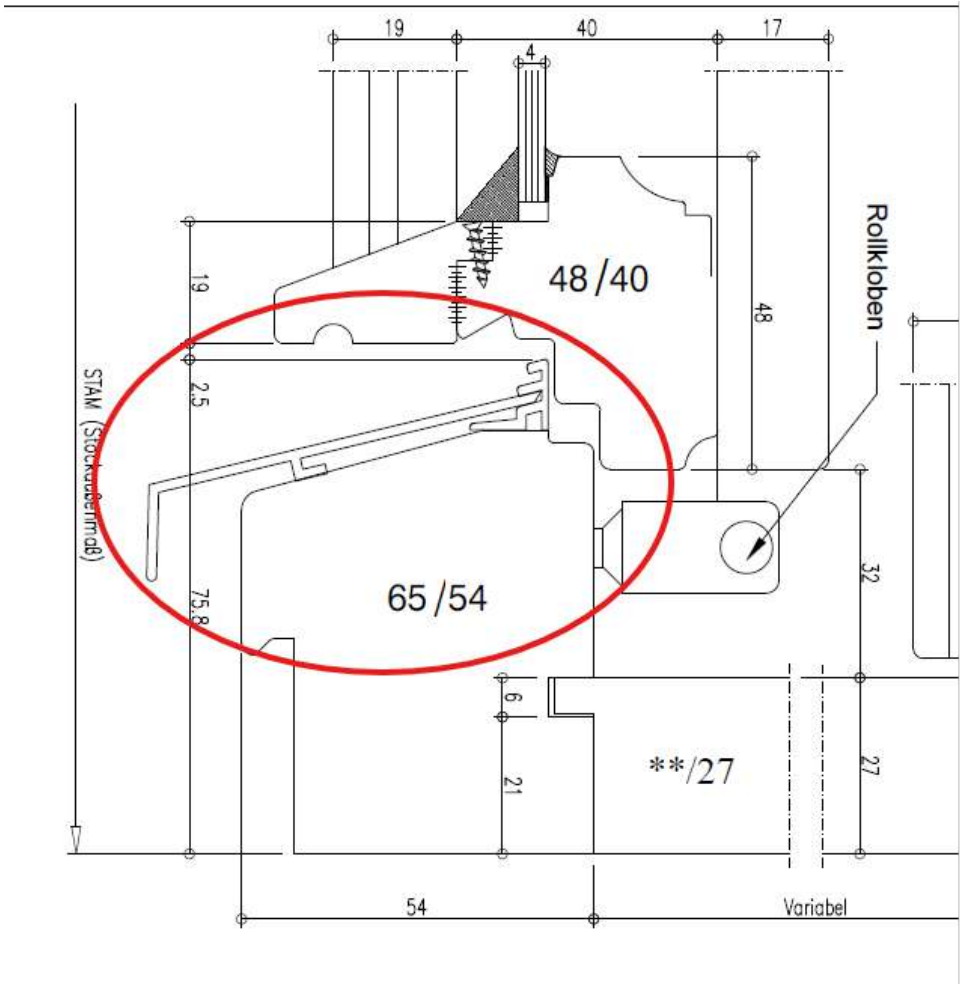
$$Izboljšanje\ v\ \% \approx 26{,}67\ \%$$

Ugotovitev:

Po izvedeni sanaciji škatlastega okna smo dosegli izboljšanje zvočne prehodnosti za približno 26,67 %. Z vgradnjo bolj izolativnega trojnega stekla z večjo debelino in izboljšanim zračnim prostorom med stekli smo učinkovito zmanjšali prenos zvoka skozi okno, kar pripomore k večjemu udobju v prostoru in zmanjšanju hrupa iz zunanjega okolja.

9.3 Izboljšanje vodotesnosti

Vpliv vlage in zaščito pred njo smo že obravnavali na strani 34. Na objektu Rainerhof v Celovcu smo pri vseh sanacijskih oknih izvedli sistem odvodnjavanja deževnice na spodnjem delu okenskega okvirja. Med postopkom sanacije smo spodnji del okvirja znižali za približno 7 mm. Na ta znižani del smo nato namestili aluminijast profil in letev za odvodnjavanje deževnice. Letev za odvajanje deževnice na okenskih krilih je bila že predhodno nameščena.



Slika 21: Sistem odvodnjavanja deževnice

Vir: (Podatkovna baza Schaden Fensterhandwerk)

9.4 Sanacija z vgradnjo modernega »historiziranega« okna

Sanacija z vgradnjo modernega »historiziranega« okna je način, s katerim je mogoče ohraniti estetsko in arhitekturno skladnost z zgodovinskim značajem stavbe, hkrati pa doseči energetsko učinkovitost in izboljšano funkcionalnost. Takšna rešitev združuje sodobne izolativne materiale in tehnologijo s tradicionalnim videzom, ki je primeren za zaščitene stavbe ali stavbe v zgodovinsko pomembnih okoljih.

Na objektu Rainerhof v Celovcu smo tri zasteklitve zamenjali z modernimi »historiziranimi« okni, ki ohranjajo značaj stavbe. Zamenjava ni zgolj izboljšala izolativnosti prostorov, temveč omogočila tudi učinkovito zračenje in poenostavila vzdrževanje, kar je bil naš ključni cilj.



Slika 22: Historično okno na objektu Rainerhof v Celovcu – pogled od zunaj

Vir: (Lasten vir)



Slika 23: Historizirano okno na objektu Rainerhof v Celovcu – pogled od znotraj

Vir: (Lasten vir)

10 STROŠKOVNI VIDIK POSTOPKA SANACIJE ŠKATLASTIH OKEN NA OBJEKTU RAINERHOF

10.1 Stroški surovin in materialov uporabljenih pri projektu

Pri sanaciji škatlastih oken se stroški materialov in surovin gibljejo nekje med 10 % in 20 % od vrednosti projekta. Na objektu Rainerhof so stroški materialov in surovin vključevali naslednje komponente:

Materiali in surovine	Strošek
Les	8.000,00 €
Steklo	68.000,00 €
Tesnila in izolacijski materiali	15.000,00 €
Kovinski deli in okovja	7.000,00 €
Aluminijaste letve za odvodnjavanje deževnice	15.000,00 €
Potrošni material: kit za les, silikoni, rokavice, vijaki, žagice in noži za ročna orodja, tapetniški noži, vijak, material za zaščito pohištva in podov itd.	35.000,00 €
Nova okna	30.000,00 €
Barve in laki	20.000,00 €
SKUPAJ:	**198.000,00 €**

Tabela 1: Stroški materialov in surovin na sanacijskem objektu

Vir: (Lasten vir)

10.2 Nabavni stroški

Pri nabavi surovin, materialov, blaga, drobnega inventarja, opreme in podobnih elementov nastanejo specifični stroški, ki se razlikujejo glede na vrsto nabavljenega predmeta in lokacijo nabave. Te stroške označujemo kot odvisne stroške nabave. Gre za stroške, ki nastajajo med prevozom blaga od dobavitelja do kupca, pri čemer vključujejo stroške prevoza, zavarovanja blaga med prevozom, nakladanja in razkladanja. Stroški so lahko dejanski, torej razvidni iz prejetega računa dobavitelja, ali pa kalkulativni oziroma predvideni, pri katerih kupec na podlagi preteklih izkušenj oceni določen znesek (Palčič & Vrčon Tratar, 2017).

Nabava je ključna funkcija, ki zagotavlja vse potrebne materialne dobrine za izvedbo poslovnih procesov in storitev. Poleg same oskrbe z dobrinami vključuje tudi posredovanje drugih pomembnih informacij povezanih z materialnim poslovanjem. S tem namenom se izvaja oblikovanje nabavne politike, planiranje, analiziranje, evidentiranje in kontroliranje potreb. Nabava hkrati vzpostavlja in vzdržuje stike z dobavitelji, da doseže najbolj ugoden ekonomski učinek (Bradač, 2009).

Osrednji namen nabavne funkcije je torej zagotoviti vsa delovna sredstva, delovne predmete, delovno silo in tuje storitve v ustrezni količini, želeni kakovosti in po optimalni ceni, ki omogoča učinkovito izvajanje poslovnih procesov.

Nabavni strošek	Strošek
Prenočišče	20.000,00 €
Manipulacija blaga	15.000,00 €
Organizacija gradbišča	25.000,00 €
SKUPAJ:	**60.000,00 €**

Tabela 2: Nabavni stroški projekta

Vir: (Lasten vir)

10.3 Stroški delovne sile

V primerjavi z Avstrijo so urne postavke v gradbeništvu v Sloveniji nižje, čeprav so odvisne od vrste dela, izkušenj in zahtevnosti nalog. V Sloveniji se začetne urne postavke za manj kvalificirane delavce običajno gibljejo med 5 € in 10 € na uro, kar je nižje od avstrijskega razpona med 6 € in 17 €. V Sloveniji se mesečne minimalne plače za redno zaposlene gradbene delavce, ki delajo polni delovni čas, gibljejo okoli 1.200 €, kar je precej nižje od minimalnih prihodkov v Avstriji, ki znašajo približno 1.742 € na mesec. Izkušeni gradbeni delavci in kvalificirano osebje v Sloveniji lahko dosežejo mesečni dohodek okoli 1.800 € bruto, vendar to še vedno zaostaja za povprečjem v Avstriji, kjer kvalificirani delavci prejemajo približno 2.215 € po odbitku prispevkov. Razlog za te razlike vključuje višjo življenjsko raven v Avstriji in močnejšo regulacijo plač skozi kolektivne pogodbe v gradbeništvu.
(https://www.statistik.at/en/statistics/population-and-society/income-and-living-conditions/structure-of-earnings)

Stroški delovne sile na projektu Rainerhof v Celovcu:

Delavec	Opravljene ure	Cena ure	Skupaj
PK (polkvalificiran delavec)	7200	11,25 €	81.000,00 €
KV (kvalificiran delavec)	4320	13,50 €	58.320,00 €
VKV (visoko kvalificiran delavec)	650	19,00 €	12.350,00 €
Dnevnice	12.170	26,00 €	316.420,00 €
SKUPAJ:	**12.170**		468.090,00 €

Tabela 3: Stroški delovne sile sanacije škatlastih oken na objektu Rainerhof

Vir: (Lasten vir)

Ugotovitev:

Slovenski gradbeni delavci v povprečju zaslužijo okoli 1.800 EUR bruto, medtem ko avstrijski delavci dosežejo približno 2.215 EUR po odbitku prispevkov. Slovenski povprečni dohodek za izkušene delavce je tako približno 20 % nižji od avstrijskega.

10.4 Financiranje projekta

Sanacija oken na Rainerhofu v Celovcu je odlična predstavitev skrbnega in dolgoročnega pristopa k ohranjanju zgodovinskih objektov. Financiranje, ki ga je zagotovil upravitelj in hkrati lastnik stavbe, »Hausverwaltung Rainerhof«, kaže na predanost tako estetski kot funkcionalni prenovi objekta. Vzpostavitev sklada za obnovo je omogočila premišljeno razporeditev sredstev, namenjenih za sanacijo, kar prinaša koristi vsem uporabnikom prostora in hkrati pripomore k ohranjanju kulturne dediščine.

Sredstva, zbrana od najemnikov poslovnih prostorov, so omogočila prenovo z vso potrebno pozornostjo do detajlov in z uporabo materialov, ki ustrezajo originalnim, zgodovinskim standardom. Upravljanje celotnega postopka od načrtovanja, izbire izvajalcev do nadzora kakovosti del pa omogoča učinkovito koordinacijo, ki je bila še posebej pomembna pri sanaciji oken, saj je bil objekt ves čas v obratovanju. Namen te investicije je bil izboljšati izolacijo, povečati energetsko učinkovitost in omogočiti sodobno uporabnost stavbe, s čimer se bistveno podaljša njena življenjska doba ter ohranja njena zgodovinska vrednost.

Izračun:

Če so letni obratovalni stroški pred sanacijo znašali 150.000 EUR, investicija v sanacijo škatlastega okna pa je znašala 766.000 EUR, potem lahko izračunamo letne prihranke, donosnost (ROI) in obdobje vračanja investicije.

Podatki za izračun:

- letni obratovalni stroški pred sanacijo 150.000 EUR
- vrednost sanacije 766.000 EUR
- pričakovan prihranek obratovalnih stroškov po sanaciji 20 %

Izračun prihrankov obratovalnih stroškov:

Ker smo toplotno prevodnost oken izboljšali za 66,67 %, lahko predpostavljamo, da se bodo obratovalni stroški zmanjšali vsaj za 30 %, kar je 10 % več od pričakovanj investitorja.

Letni prihranek = 150.000 EUR x 0,3 = 45.000 EUR

To pomeni, da je sanacija oken prinesla 45.000 EUR letnega prihranka pri obratovalnih stroških, kar vključuje zmanjšanje stroškov ogrevanja in hlajenja zaradi boljše toplotne prehodnosti škatlastih oken.

Obdobje vračanja investicije:

Če so začetni stroški sanacije 766.000 EUR in letni prihranek znaša 45.000 EUR, lahko izračunamo obdobje vračanja investicije:

$$\textbf{\textit{Obdobje vračanja}} = \frac{\textbf{Vrednost sanacije}}{\textbf{\textit{Letni prihranek}}} = \frac{\textbf{766.000}}{\textbf{45.000}} = \textbf{17,02 \textit{let}}$$

Ugotovitev:

Pomembno je tudi, da upoštevamo podaljšano življenjsko dobo oken. Sanirana okna bodo imela daljšo življenjsko dobo in bodo imela manjše stroške vzdrževanja, kar pomeni, da bo investicija dolgoročno prinesla še dodatne prihranke. Na podlagi izračuna se bo investicija v sanacijo škatlastih oken povrnila v približno 17 letih, kar pomeni, da so prihranki pri obratovalnih stroških (45.000 EUR letno) upravičeni glede na začetne stroške sanacije (766.000 EUR). Dodatno je treba upoštevati dolgoročne koristi zaradi podaljšane življenjske dobe oken in zmanjšanja potreb po vzdrževanju, kar pomeni, da je sanacija ekonomsko smiselna.

11 VPLIV UVEDBE UMETNE INTELIGENCE V LESNI INDUSTRIJI ZA SANACIJO ŠKATLASTIH OKEN

11.1 Razvoj umetne inteligence v gradbeništvu

Razvoj umetne inteligence (UI) v gradbeništvu prinaša številne prednosti, ki spreminjajo načine načrtovanja, gradnje in vzdrževanja objektov. Ena od najpomembnejših področij uporabe UI je v načrtovanju in oblikovanju, kjer umetna inteligenca omogoča generativno oblikovanje, ki omogoča ustvarjanje številnih zasnov na podlagi določenih parametrov, s čimer se išče najbolj optimizirane rešitve. To zmanjša potrebo po ročnem prilagajanju načrtov in povečuje natančnost. Poleg tega BIM (Building Information Modeling) omogoča, da se umetna inteligenca uporablja za avtomatizacijo nalog, kot so izračuni in optimizacija stroškov, ter napovedovanje morebitnih težav že v fazi projektiranja, kar zmanjša napake med gradnjo.

Z napredkom v robotiki in avtomatizaciji se umetna inteligenca uporablja za razvoj gradbenih robotov in avtomatiziranih sistemov, ki lahko izvajajo naloge, kot so 3D tiskanje ali premikanje materialov na gradbišču. To povečuje produktivnost, zmanjša stroške in omogoča boljšo varnost. UI omogoča tudi napovedovanje in obvladovanje tveganj, kjer analiza preteklih podatkov omogoča natančnejše napovedi težav v prihodnjih projektih, kar pripomore k večji učinkovitosti. Po zaključku gradnje umetna inteligenca pomaga tudi pri vzdrževanju in upravljanju objektov, saj omogoča spremljanje stanja objekta s pomočjo senzorjev in napovedovanje potreb po vzdrževanju ter optimizacijo porabe virov. Poleg tega umetna inteligenca izboljšuje varnost na gradbiščih, saj s senzorji in kamerami spremljajo stanje ter opozarjajo na nevarnosti, kar zmanjšuje tveganje za nesreče.

Razvoj umetne inteligence v gradbeništvu tako vodi k večji produktivnosti, zmanjšanju stroškov, večji energetski učinkovitosti, boljši varnosti in večji trajnostni naravnanosti projektov. V prihodnosti bo imela umetna inteligenca ključno vlogo pri ustvarjanju bolj naprednih in pametnih gradbenih praks.

11.2 Prednost uporabe umetne inteligence v lesni industriji

Uporaba umetne inteligence (UI) v lesni industriji prinaša številne prednosti, ki pomembno vplivajo na optimizacijo proizvodnih procesov, večjo učinkovitost in boljšo kakovost izdelkov. Ključne prednosti uporabe UI v lesni industriji so:

Optimizacija proizvodnje: UI omogoča boljše načrtovanje in optimizacijo proizvodnih procesov. S pomočjo naprednih algoritmov lahko podjetja natančneje napovedujejo potrebe po materialih, optimizirajo razporeditev proizvodnih nalog in zmanjša odpadke. Algoritmi za obdelavo podatkov omogočajo tudi, da se proizvodne linije samodejno prilagodijo in optimizirajo, kar povečuje produktivnost.

Povečanje kakovosti izdelkov: UI se uporablja za nadzor kakovosti v realnem času. Na primer, sistemi za vizualno prepoznavanje napak omogočajo hitro zaznavanje napak v lesu, kot so razpoke, umazanija ali nepravilnosti v teksturi. To pripomore k izboljšanju kakovosti končnih izdelkov, saj se napake odkrijejo že med proizvodnim procesom.

Napovedovanje vzdrževanja in zmanjšanje stroškov: S pomočjo analize podatkov in strojnega učenja lahko podjetja v lesni industriji napovedujejo potrebo po vzdrževanju strojev in opreme. To omogoča pravočasno ukrepanje pred okvarami, kar zmanjša stroške popravila in ustavi ter povečuje zanesljivost proizvodnje.

Učinkovita uporaba surovin: UI lahko pomaga pri optimizaciji porabe lesa in drugih surovin z izboljšanjem učinkovitosti rezanja in optimizacije uporabe materialov. Algoritmi za optimizacijo rezanja lahko zmanjšajo količino odpadkov, povečajo izkoristek lesa in s tem zmanjšajo stroške.

Personalizacija izdelkov: UI omogoča tudi personalizacijo lesnih izdelkov, kot so pohištvo ali gradbeni materiali, kar omogoča boljšo prilagoditev potrebam trga. Algoritmi lahko analizirajo trende in preference strank ter pomagajo pri razvoju novih izdelkov, ki so usklajeni z zahtevami potrošnikov.

Trajnost in ekološki vidiki: Uporaba UI lahko pomaga tudi pri trajnostnem razvoju lesne industrije. S pomočjo analize podatkov o rabi virov in energetski porabi lahko podjetja optimizirajo svoje procese, da bi zmanjšala okoljski odtis in povečala energetsko učinkovitost.

Skupaj z vsemi temi prednostmi uporaba umetne inteligence pripomore k večji konkurenčnosti lesne industrije, večji fleksibilnosti proizvodnje in večji odzivnosti na spremembe v povpraševanju ter tržnih pogojih.

11.3 Razvoj modelov umetne inteligence za sanacijo škatlastih oken

Razvoj modelov umetne inteligence (UI) za sanacijo škatlastih oken omogoča optimizacijo celotnega procesa, od začetne diagnoze do izvedbe sanacije in dolgotrajnega vzdrževanja. S pomočjo naprednih tehnologij, kot so strojno učenje, računalniški vid in napovedna analiza, lahko podjetja izboljšajo učinkovitost in zmanjšajo stroške. UI omogoča napovedovanje življenjske dobe oken in pravočasno zaznavanje napak ter napovedovanje potreb po sanaciji, kar pomaga pri boljši pripravi na prihodnje stroške. Uporaba UI pri izbiri materialov in tehnologij za sanacijo omogoča optimizacijo izbire komponent, kot so stekla in okvirji, ki povečajo toplotno učinkovitost, kar posledično pripomore k večjim prihrankom pri obratovalnih stroških saniranih stavb. Računalniški vid omogoča prepoznavanje poškodb na oknih že med inspekcijami, s čimer se prepreči potreba po dragih popravilih v prihodnosti. Poleg tega lahko UI pomaga pri simulaciji energetske učinkovitosti, kar omogoča optimizacijo sanacije in zmanjšanje stroškov ogrevanja in hlajenja. Pri izvedbi sanacije UI pripomore k večji produktivnosti in natančnosti, saj omogoča uporabo robotike in pametnih orodij za sanacijo in montažo. Samodejno spremljanje stanja oken v realnem času preko senzorjev omogoča zgodnje zaznavanje težav in pravočasno ukrepanje, kar podaljšuje življenjsko dobo oken ter zmanjšuje potrebo po občasnem vzdrževanju. S tem se sanacija škatlastih oken izvede bolj natančno, učinkovito in ekonomično, kar vodi v večje energetske prihranke in nižje stroške vzdrževanja.

11.4 Implementacija umetne inteligence v praksi pri sanaciji škatlastih oken

Umetna inteligenca (UI) se vse bolj uporablja pri sanaciji in restavriranju različnih arhitekturnih elementov, vključno s škatlastimi okni. S pomočjo naprednih algoritmov in strojnega učenja lahko UI močno izboljša tako hitrost kot natančnost obnove raznih okenskih struktur, kar vodi v večjo učinkovitost, trajnost in stroškovno ugodnost.

Analiza stanja in diagnoza poškodb: UI omogoča hitro in natančno analizo škatlastih oken z uporabo računalniškega vida in analize slik. S pomočjo kamer in senzorjev lahko sistem pridobi slike in podatke o trenutnem stanju oken, kot so razpoke, deformacije ali izguba barve. Nato UI algoritmi analizirajo te slike in določijo stopnjo poškodb, predvidijo potreben obseg popravil in prioritetno razporedijo sanacijske postopke.

Prilagoditev materialov in načrtovanje restavratorskih posegov: Na osnovi pridobljenih podatkov o stanju oken lahko UI predlaga najprimernejše materiale za obnovo, ki so skladni z

zgodovinskimi in arhitekturnimi značilnostmi oken. Algoritmi lahko analizirajo vremenske razmere, vpliv vlage in sončne svetlobe ter na tej osnovi določijo najbolj primerne premaze, lepila in tesnila.

Napovedovanje potreb po vzdrževanju: Umetna inteligenca omogoča tudi prediktivno vzdrževanje, kjer na osnovi zgodovinskih podatkov in trenutnega stanja oken napove prihodnje potrebe po vzdrževanju. S tem je možno optimizirati vzdrževalne cikle, kar zmanjša dolgoročne stroške in podaljša življenjsko dobo saniranih oken.

Uporaba robotike za natančno izvajanje del: Robotika, podprta z umetno inteligenco, omogoča avtomatizirano in natančno izvedbo določenih sanacijskih nalog, kot so brušenje, lakiranje in poliranje oken. Senzorji in kamere, podprti z UI, zagotavljajo, da roboti delujejo z natančnostjo, ki je potrebna za ohranjanje zgodovinske vrednosti oken, hkrati pa povečujejo varnost delavcev pri izvajanju težjih nalog.

Tudi v podjetju Schaden Fensterhandwerk smo s pomočjo umetne inteligence posodobili proizvodnjo, kar nam omogoča natančnejše, hitrejše in bolj zanesljivo izdelovanje lesenih delov za okna. Z vpeljavo naprednega sistema za obdelavo podatkov, podprtega z UI, smo avtomatizirali ključne korake proizvodnje in dvignili kakovost naših izdelkov na novo raven.



Slika 24: CNC stroj za izdelavo lesenih okenskih komponent

Vir: (https://fenstersanierung.at/industrialisierung-kastenfenster/)

Eden ključnih elementov našega pristopa je program za obdelavo podatkov, ki zbira, analizira in optimizira podatke o dimenzijah, materialih in oblikah lesenih okenskih komponent. Naši napredni algoritmi nato projicirajo te podatke neposredno na robotsko frezo, ki samostojno in natančno izdela posamezne lesene dele oken. Tak način omogoča prilagajanje vsakega dela specifičnim zahtevam projekta in hkrati zagotavlja natančnost, ki bi jo bilo težko doseči z ročnimi metodami.

Poleg tega smo v lakirnico uvedli specializiranega robota, ki natančno in enakomerno lakira okenske dele, kar prispeva k izjemno obstojni in estetsko dovršeni končni površini. Sistem umetne inteligence omogoča prilagoditev debeline in števila nanosov laka glede na vrsto lesa, potrebe po zaščiti in želje stranke, kar zagotavlja visok standard kakovosti in dolgotrajnost naših produktov.



Slika 25: Robot za lakiranje

Vir: (https://fenstersanierung.at/industrialisierung-kastenfenster/)

Uporaba umetne inteligence v našem proizvodnem procesu ni le tehnološki napredek, temveč tudi korak k trajnosti in učinkoviti uporabi virov. S tem pristopom zmanjšujemo porabo materialov, odpravljamo napake in zmanjšujemo potrebo po popravilih, hkrati pa skrbimo za vrhunsko izdelavo vsakega okenskega dela.

12 SKLEP

Stavbe, v katerih preživimo večino svojega življenja, močno vplivajo na naše zdravje, počutje, učinkovitost in varnost. Zgodovinske zgradbe, kot del kulturne dediščine, so bile zgrajene v preteklih stoletjih in pogosto zahtevajo znatne količine energije za obratovanje in vzdrževanje, kar povečuje njihov okoljski odtis. Kljub temu temeljita, trajnostna prenova teh zaščitenih objektov prinaša pomembne koristi. Takšna prenova spodbuja razvoj poklicev, ki temeljijo na ročnih spretnostih, ohranja tradicionalne delovne veščine ter prispeva k ohranjanju kulturne dediščine in hkrati omogoča nova delovna mesta. Sanacija škatlastih oken s sodobnimi pristopi prav tako podpira razvoj namenskih materialov in tehnik, ki so posebej prilagojeni zahtevam obnove teh dragocenih arhitekturnih elementov.

Sanacija škatlastih oken, ki vključuje napredno tehnologijo in umetno inteligenco, je postala eden ključnih pristopov pri ohranjanju kulturne dediščine. Ta sodoben pristop prinaša občutne energetske prihranke in dolgoročno zmanjšuje obratovalne stroške. Inovativne tehnike sanacije, v katerih imajo pomembno vlogo umetna inteligenca in robotika, postavljajo nove standarde pri obnovi lesenih arhitekturnih elementov, saj omogočajo večjo natančnost, krajše čase izvedbe in nižje stroške vzdrževanja na dolgi rok. Analize kažejo, da so tovrstne tehnološke rešitve, vključene v proces obnove škatlastih oken, smiselne in upravičene z vidika tako ekonomije kot ekologije, s čimer prinašajo celovite koristi na vseh ravneh

V diplomski nalogi smo postavili štiri hipoteze. Prva hipoteza je: **» Cene sanacij lesenih oken v Avstriji so višje kot pa cene na slovenskemu trgu: Različni dejavniki lahko vplivajo na to razliko v cenah, vključno z razlikami v življenjskem standardu, stroških dela, davčnih politikah in razpoložljivosti materialov. V Avstriji so višji življenjski standard in višji stroški dela verjetno ključni dejavniki, ki prispevajo k višjim cenam sanacije. Poleg tega lahko razlike v regulativnih zahtevah in standardih za obnovo lesenih oken vplivajo na končne stroške. «**

Hipoteza, da so cene sanacij lesenih oken v Avstriji višje kot na slovenskem trgu, temelji na več medsebojno povezanih dejavnikih, ki vplivajo na skupne stroške storitev v posamezni državi. Razlike v življenjskem standardu in s tem povezani višji stroški dela v Avstriji predstavljajo ključen dejavnik, saj avstrijski delavci, zlasti tisti v specializiranih poklicih, prejemajo plače, ki so lahko do 30 % višje kot pri njihovih slovenskih kolegih. Posledično so tudi cene sanacije škatlastih oken v Avstriji pogosto od 20 % do 50 % višje.

Poleg tega imajo davčne politike v obeh državah različen vpliv na cene storitev. V Avstriji lahko višji davčni pritiski in strožji okoljski predpisi za sanacijo zgodovinskih stavb povišajo stroške obnove, saj vključujejo izpolnjevanje dodatnih standardov in predpisov, ki so pogosto strožji od tistih v Sloveniji. V Avstriji je davek na dodano vrednost (DDV) za takšne storitve okoli 20 %, medtem ko je v Sloveniji pri prenovi kulturne dediščine DDV znižan na 9,5 %, kar znižuje skupne stroške za naročnike.

Poleg tega imajo regulativne zahteve v Avstriji, kot so posebni standardi za obnovo škatlastih oken v zgodovinskih stavbah, znaten vpliv na cene, saj pogosto zahtevajo uporabo certificiranih materialov in tehnik. Na slovenskem trgu so lahko te zahteve bolj prilagodljive, kar omogoča tudi do 15 % nižje stroške glede na manj zahtevne standarde. Tudi razpoložljivost materialov na obeh trgih vpliva na stroške obnove škatlastih oken, saj je zaradi višjega povpraševanja v Avstriji na voljo več visoko specializiranih storitev, vendar pa so cene potrebnih materialov pogosto višje kot v Sloveniji, kar še dodatno vpliva na končno ceno sanacije. Glede na opisane predpostavke ter opisane razlike o zaslužku med avstrijskimi in slovenskimi delavci v poglavju »10.3 Stroški delovne sile « na strani 60, lahko hipotezo potrdimo.

Druga postavljena hipoteza je bila: **»Sodobne sanacijske tehnike izboljšajo toplotno in izolativno prevodnost lesenih škatlastih oken: Sodobne sanacijske tehnike znatno izboljšajo toplotne in izolativne lastnosti zgodovinskih škatlastih oken, celo za več kot 40 %.«**

Po izvedeni sanaciji lesenih škatlastih oken na objektu Rainerhof smo dosegli pomembno izboljšanje toplotnih in izolativnih lastnosti oken. Kot je ugotovljeno v poglavju »9.1 Izboljšanje izolativnosti « na strani 54, je pred sanacijo toplotna prehodnost škatlastega okna znašala Uw=3,69 W/m²K, medtem ko je po sanaciji ta vrednost padla na Uw=1,23 W/m²K. To pomeni, da se je toplotna prehodnost okna izboljšala za približno 66,67 %, kar kaže na znatno povečanje toplotne učinkovitosti.

Značilnosti sodobnih sanacijskih tehnik, ki vključujejo napredne materiale in tehnologije, so omogočile to izjemno izboljšanje izolativnosti zgodovinskih škatlastih oken. Te tehnike ne le da povečajo energetsko učinkovitost stavb, ampak tudi podpirajo ohranjanje kulturne dediščine. Na podlagi teh rezultatov lahko trdimo, da hipoteza, da sodobne sanacijske tehnike znatno izboljšajo toplotne in izolativne lastnosti lesenih škatlastih oken, velja. Presegli smo celo predvideno izboljšanje več kot 40 %, saj smo dosegli izboljšanje izolativnosti za kar 66,67 %, kar potrjuje tudi učinkovitost uporabljenih sodobnih pristopov.

Tretja postavljena hipoteza diplomskega dela je bila: **»Stroškovna učinkovitost projekta sanacije škatlastih oken: Stroškovna analiza sanacije škatlastih oken pokaže, da so celotni stroški projekta, vključno z nabavnimi stroški, stroški surovin in delovne sile, ekonomsko upravičeni glede na izboljšanje funkcionalnosti in podaljšano življenjsko dobo oken. Investitor s sanacijo ocenjuje 20 % prihranek obratovalnih stroškov.«**

Stroškovna analiza projekta sanacije škatlastih oken jasno kaže, da so celotni stroški, vključno z nabavnimi stroški, stroški surovin in delovne sile, ekonomsko upravičeni, če upoštevamo izboljšanje funkcionalnosti oken ter podaljšanje njihove življenjske dobe. Investitor je predvideval 20 % prihranek obratovalnih stroškov, vendar so rezultati sanacije presegli pričakovanja. Po izvedeni sanaciji smo toplotno prehodnost oken izboljšali za 66,67 %, kar pomeni, da se bodo obratovalni stroški dejansko zmanjšali za vsaj 30 % – kar je 10 % več od začetnih pričakovanj investitorja.

Pomembno je tudi upoštevati podaljšano življenjsko dobo saniranih oken, ki bodo zahtevala manj vzdrževanja in imela daljšo uporabno dobo. To pomeni, da bo investicija dolgoročno prinesla dodatne prihranke. Kot je zapisano v poglavju »10.4 Financiranje projekta « na strani 62, se bo investicija v sanacijo škatlastih oken povrnila v približno 17 letih, kar pomeni, da bodo prihranki pri obratovalnih stroških, ki znašajo 45.000 EUR letno, povsem upravičili začetne stroške sanacije, ki znašajo 766.000 EUR.

Dodatno, z upoštevanjem dolgoročnih koristi zaradi podaljšane življenjske dobe oken in zmanjšanih potreb po vzdrževanju, postane jasno, da je sanacija škatlastih oken ekonomsko smiselna in predstavlja investicijo, ki se bo izkazala kot dolgoročno koristna. S temi argumenti lahko tudi tretjo hipotezo potrdimo.

Četrta in s tem zadnja hipoteza diplomskega dela se glasi: **»Vpliv umetne inteligence na proces sanacije škatlastih oken. Uvedba umetne inteligence v proces sanacije škatlastih oken optimizira delovne procese, poveča natančnost in učinkovitost izvedbe ter zmanjša napake, kar vodi k nižjim stroškom in krajšemu času izvedbe sanacijskih del. «**

Hipoteza, da uvedba umetne inteligence v proces sanacije škatlastih oken optimizira delovne procese, povečuje natančnost in učinkovitost izvedbe ter zmanjšuje napake, kar vodi k nižjim stroškom in krajšemu času izvedbe sanacijskih del, se je izkazala za pravilno. Umetna inteligenca omogoča boljšo analizo in obdelavo podatkov, kar pripomore k večji natančnosti pri diagnostičnih postopkih in izbiri najprimernejših sanacijskih metod. Z napredenim modeliranjem in simulacijami lahko umetna inteligenca optimizira celoten proces, od začetne faze sanacije do končne izvedbe, kar vodi k večji produktivnosti in manj napakam.

Poleg tega uporaba umetne inteligence pri samem izvajanju del, kot so natančno rezanje, prilagajanje materialov in nadzor kakovosti, omogoča hitrejšo izvedbo projektov ter zmanjšanje napak, ki bi lahko povzročile dodatne stroške. S tem se tudi zmanjša potreba po popravljanju napak, kar pripomore k nižjim skupnim stroškom sanacije.

Na podlagi teh ugotovitev lahko trdimo, da umetna inteligenca v procesu sanacije škatlastih oken resnično povečuje učinkovitost, zmanjša napake in stroške ter skrajša čas izvedbe, kar potrjuje našo hipotezo.

13 VIRI IN LITERATURA

- BDA. (n.d.). Bundesdenkmalamt – Österreichisches Bundesdenkmalamt. Pridobljeno 20. oktobra 2024, z https://www.bda.gv.at/
- Bradač, A. Nabava. Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod IR. Pridobljeno 20. oktobra 2024 http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Nabava-Bradac.pdf
- Fenstersanierung. (n.d.). Fenstersanierung und Restaurierung historischer Fenster. Pridobljeno 03. novembra 2024, z https://fenstersanierung.at/
- Hobel und Späne. (n.d.). Hobel und Späne – Fensterrestaurierung und Sanierung. Pridobljeno 03. novembra 2024, z https://www.hobelundspaene.at/
- Holste F., Urban A., Wilken M.: F 2306 Erhaltung der Kastenfenster durch gezielte Verbesserungsmaßnahmen
- Palčič, D. in Vrčon Tratar, N. Ekonomika podjetja - Ministrstvo za šolstvo in šport. Pridobljeno 20. oktobra 2024 https://www.seps.si/wp-content/uploads/2017/11/EKONOMIKA PODJETJA-2017.pdf
- Sedlbauer K.: Ökobilanz für Bauprodukte, Sonderdruck aus Bundesbau-blatt 47 H. 11. S. 17-20 (1998). Pridobljeno 20. oktobra 2024
- Stemeseder. (n.d.). Fensterrestaurierung und Sanierung. Pridobljeno 02. novembra 2024, z https://stemeseder.com/
- TU Graz. (n.d.). Technische Universität Graz. Pridobljeno 02. novembra 2024, z https://www.tugraz.at/
- ZP System. (n.d.). Unternehmen – ZP System. Pridobljeno 06. novembra 2024, z https://www.zp-system.at/de/unternehmen/
- ZVKDS. (n.d.). Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije. Pridobljeno 02. novembra 2024, z https://www.zvkds.si/
- ÖN B 2217 Tischlerarbeiten-Werkvertragsnorm, Ausgabe 08.99. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 2227 Glasarbeiten unter Verwendung von Flachglas-Werkvertragsnorm, Ausgabe 05.96. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 2230 – 1 Malerarbeiten – Beschichtung auf Holz – Werk – vertragsnorm, Ausgabe 05.96. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 3714 – 1 Flachglas im Bauwesen – Isolierglas – Begriffbestimmungen, Ausgabe 07.82. Pridobljeno 15. oktobra 2024

- ÖN B 3714 – 2 Flachglas im Bauwesen – Isolierglas – Anforderungen, Ausgabe 07.84. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 3722 – Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen – Anforderungen an Glasfalze – Begriffsbestimmungen , Abmessungen, Ausgabe 07.99. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 3723 – Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen – Anforderungen und Prüfungen, Ausgabe 07.99. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 3724 – Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen – Verglasungsysteme. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 3802 – 1 Holzschutz im Holzbau – Baulicher Schutz, Ausgabe 12.95. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 3802 – 2 Holzschutz im Holzbau – Chemischer Schutz, Ausgabe 04.98. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 3803 – Schutz des Holzes von Fenstern, Fenstertüren und Türen durch den Hersteller – Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Verarbeitung, Ausgabe 07.95. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 5300 – Fenster – Anforderungen und Eignungsprüfung, Ausgabe 12.88. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 5305 – Fenster – Instandhaltung, Ausgabe 07.92. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 5306 – Fenster – Bennenungen und Definitionen, Ausgabe 12.90. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 5307 – Bewegliche Abschlüsse von Fenstern – Benennungen und Definitionen, Ausgabe 11.84. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 5312 – Holzfenster – Konstruktionsregeln, Ausgabe 12.92. 15. Pridobljeno oktobra 2024
- ÖN B 5315 – 1 Holzfenster – Profile – Algemein, Ausgabe 05.93. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 5324 – Rahmenpfostenfenster; Ausgabe 1965. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 5325 – Leistenpfostenfenster, Ausgabe 1950. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 8110 – 1 – Wärmeschutz im Hochbau, Anforderung an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren, Ausgabe 06.98. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- ÖN B 8115 – 2 Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Anforderungen an den Schallschutz, Ausgabe 10.98. Pridobljeno 15. oktobra 2024

- ÖN B 31051 – Instandhaltung, Ausgabe 01.85. Pridobljeno 15. oktobra 2024
- EN ISO 10077 – 1 – Wärmetehnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen
- Wärmedurchgangkoeffizienten Teil 1, Ausgabe 03.99. Pridobljeno 15. oktobra 2024