GAME MASTER

ZNANJE KAO PREDNOST

FRANE BATUR

kreator sustava Game Master

Frane Batur

GAME MASTER: ZNANJE KAO PREDNOST

Izvedba kroz tri perspektive

Prvo izdanje

Zagreb, 2026.

Autor: Frane Batur

Za sadržaj odgovara autor

ISBN: _____

Sva prava pridržana. Umnožavanje, pohrana u sustavima za pretraživanje i prijenos bilo kojeg dijela ove knjige, u bilo kojem obliku ili na bilo koji način, dopušteni su samo uz prethodno pisano odobrenje autora, osim kratkih navoda u prikazima i stručnim radovima uz navođenje izvora.

Tehnički podaci, norme i parametri navedeni u knjizi služe kao polazište za provjeru u konkretnom projektu. Za primjenu uvijek vrijedi važeći projekt, mjerodavna norma u aktualnom izdanju i uputa proizvođača.

Ovu knjigu posvećujem svojoj budućoj ženi za neizmjernu podršku i razumijevanje prilikom pisanja ove knjige

PREDGOVOR

Game Master je način razumijevanja stvarnosti u kojem odluke dolaze iz pravilnog pozicioniranja. To je više od uloge, stila komunikacije ili skupa trikova. Ta pozicija nastaje iz razumijevanja terena, pravila i odnosa koji na tom terenu postoje. Ako netko misli da će uspjeh postići pukim pozivanjem na autoritet hijerarhijske uloge, očekuje ga iznenađenje.

Game Master sustav je nastao iz jednostavne potrebe: prestati voditi projekte naslijepo. U praksi to znači prestati ovisiti o tuđim interpretacijama onoga što se stvarno događa i početi vidjeti uzroke, i ne samo reagirati na posljedice. Sve ostalo u sustavu nadograđuje se na toj osnovi.

Ova knjiga je prvi sloj tog sustava. Ona se bavi terenom. U kontekstu gradnje, teren znači tehničku stvarnost izvedbe, redoslijed rada, ograničenja materijala i logiku sustava koji se gradi. Umjesto komunikacije, psihologije ili moći u apstraktnom smislu, knjiga uzima konkretnu izvedbu kao polazište. Voditelj projekta koji tu stvarnost razumije vodi projekt. Voditelj koji je ostavlja drugima da je filtriraju upravlja informacijama umjesto projektom. Glavni problem se tada pojavljuje u nedostatku sposobnosti da se informacije pravilno protumače.

Knjiga je nastala prvenstveno kao alat za moje vlastito učenje. Sve sustave koji su ovdje obrađeni razrađivao sam kako bih sebi uklonio slijepe točke u tehničkom razumijevanju. Tek nakon toga ovaj sadržaj dobiva vrijednost za druge. Pisan je da bude upotrebljiv u stvarnim situacijama.

Sve ostale knjige i alati unutar Game Master sustava nadovezuju se na ovo razumijevanje. Bez njega ostaju teorija. S njim postaju operativni. Onaj tko ovu knjigu čita tražeći gotove recepte brzo će ostati razočaran. Onaj tko je čita da bi vidio jasnije i ranije od drugih dobit će ono zbog čega je napisana.

KAKO ČITATI OVU KNJIGU

Ovu knjigu možete čitati slobodnim redom i bez namjere da sve zapamtite. Ona je zamišljena kao referentni okvir koji se s vremenom produbljuje. Prvo čitanje služi da steknete orijentaciju i da shvatite kako su sustavi povezani. Drugo čitanje dolazi tek kad se nađete u stvarnoj situaciji u kojoj prepoznajete ono što ste već vidjeli na papiru. Treće čitanje događa se fragmentirano, kad se vraćate točno onom dijelu koji vam u tom trenutku treba.

Tekst je namjerno pisan iz tri perspektive. Prvi dio poglavlja pisan je iz perspektive majstora koji izvodi radove. Drugi dio dolazi iz perspektive nadzora nad radovima, uloge koja upozorava na što treba paziti, koje preduvjete treba ispuniti i kako provjeriti nedostatke. Treći dio pisan je iz perspektive Game Mastera koji vidi zakulisne igre, prokazuje međusobne povezanosti među koracima i daje mapu upravljanja akterima.

Kod druge perspektive važno je razumjeti na koga se odnosi. Nadzor nad radovima nije nužno nadzorni inženjer u formalnom smislu, nego uloga koja kontrolira radove na određenoj razini. Prema izvođaču tu ulogu ima nadzorni inženjer investitora, a prema kooperantu tu ulogu preuzima glavni izvođač, koji je kooperantu zapravo nadzor. Ista logika provjere vrijedi na svakoj od tih razina.

Zato ono što u tekstu radi nadzor treba čitati kao kontrolu, a ne kao prijenos odgovornosti. Nadzor provjerava, upozorava i traži ispravak, ali odgovornost za kvalitetu i za loše izvedene radove ostaje na glavnom izvođaču. Nadzor koji propusti grešku ne preuzima time odgovornost izvođača, nego izvođač i dalje odgovara za ono što je ugradio.

Perspektive stoje jedna uz drugu da bi se razumjelo kako isti sustav izgleda iz različitih pozicija. Kad neku dionicu čitate i osjetite da opisuje trenutak u kojem nešto na projektu odstupa, ali još ostaje ispod praga eskalacije, tada tekst prestaje biti apstraktan i postaje upotrebljiv. Ono što pročitate držite na umu i provjerite u stvarnosti.

Ova knjiga je napisana da bi bila korisna, a slaganje s njom ostaje sporedno. Čitajte je kao mapu terena. Ne promatrajte je kao tehnički priručnik. Cilj je da znate gdje gledati kad zatreba, ne da znate sve.

ZAJEDNICA GAME MASTERA

Ova knjiga je nastajala javno, poglavlje po poglavlje, pred ljudima koji su je pratili od prve objave. Prije nego je postala knjiga, bila je niz tjednih bilješki koje su čitali članovi zajednice okupljene oko ideje da se projektima može upravljati iz ispravne pozicije.

Njihova pitanja, primjedbe i iskustva s vlastitih gradilišta oblikovali su tekst više nego što se vidi na stranicama. Dio primjera i izgovora u ovoj knjizi došao je upravo iz tih razgovora. Zato imena koja slijede stoje na početku. To su ljudi koji su bili tu prije nego je knjiga postojala.

[Popis članova zajednice]

Ivona Ivančić

Marin Batur

Lucija Batur

Ivan Bagur

Dominik Buzov

Mario Malenica

Aleksandar Pljevačić

Damir Kordić

Mario Mutavdžić

Vanja Dobrovolny

Karla Petrušić

Kočiz Purić

Adis Muminović

Mia Krolo

Josipa Angyal

Božidar Marčinko

Siniša Pleština

Domagoj Burić

Ivan Petrović

Marin Turkalj

Davor Žiška

Matko Jurlina

Ivan Mandir

Ivan Šverko

Željko D

Dominik Matošević

Daniel Martinović

Robert MPV

Antonio Svalina

Matija Pranjić

Daniela Vulas

Milica Alajbeg

Ajdin Sefer

Stipe Baturina

Leon Kota

Marko Vukić

Darko Zelenika

Ana Čolić

Josip Jelić

Kristian Karlo

Lana Hasanbašić

Irma Velagić

David Ljubić

Rikard Fijan

Milan Milić

Andrej Zornjak

Nebojša Rašić

Željka Markulin

Sven Pizmet

Toni Biondić

Vladimir Konjević

Ivana Trevizan

Ana Pastuović

Marko Majcanović

Daut Duljević

Martina Bojčić

Laura Lovrinović

Ana Jurlina

Darko Vulić

Zlatko Biočić

Muamer Kurtić

Petar Krkić

Ivan Dušević

Marija Backović Samardžić

Jakov Bošnjak

Ivan Roje

SADRŽAJ

Predgovor....4
Kako čitati ovu knjigu....5
Zajednica Game Mastera....7
PRVI DIO: PRIPREMA I ZEMLJANI RADOVI....12
Otvaranje gradilišta....13
Geodetski radovi....22
Zemljani radovi....30
Temeljenje....38
Hidroizolacija....48
DRUGI DIO: KONSTRUKCIJA....59
Oplate....60
Armatura....69
Betonski radovi....81
Prefabricirana armirano-betonska konstrukcija....89
Čelične konstrukcije....103
Drvene krovne konstrukcije....113
TREĆI DIO: OVOJNICA I KROV....124
Zidarski radovi....125
Žbukanje....133
Estrih....141
Krovopokrivački radovi....150
Limarski radovi....157
Fasadni sendvič paneli....164
Fasaderski radovi....173
PVC stolarija....185
Aluminijska stolarija....192
ČETVRTI DIO: INSTALACIJE....206
Vodovod i kanalizacija....207
Elektroinstalacije....219
Plinske instalacije....226
HVAC: grijanje, hlađenje i ventilacija....235
Zaštita od požara....247

Dizala ... 257
PETI DIO: ZAVRŠNI RADOVI ... 266
Gipskartonski radovi ... 267
Keramičarski radovi ... 274
Industrijski podovi ... 282
Soboslikarski radovi ... 291
Ograde i bravarija ... 298
PVC podovi i parketi ... 307
ŠESTI DIO: VANJSKI RADOVI I PRIMOPREDAJA ... 317
Asfalterski radovi ... 318
Rubnjaci i opločnici ... 329
Hortikultura ... 341
Tehnički pregled ... 350
BONUS POGLAVLJA ... 358
Čitanje nacrta ... 359
Oznake i isprave građevnih proizvoda ... 368
Građevinski dnevnik i građevinska knjiga ... 376
Završne misli ... 383
Izvori ... 383
Popis normi ... 384
O autoru ... 386

PRVI DIO

PRIPREMA I ZEMLJANI RADOVI

Sve što se odlučuje dok je teren još samo livada. Otvaranje gradilišta, geodetska osnova, iskop, temeljenje i zaštita od vode.

....

OTVARANJE GRADILIŠTA

„Ma ja ti znam sve raditi“

Perspektiva majstora

Kad prvi dan dođem na prazan teren, znam da radim jedini dio posla koji se poslije nikad ne ponavlja. Svaka faza koja dolazi ima svoju drugu priliku. Otvaranje gradilišta ima samo prvu. Kako se prostor postavi u prvom tjednu, tako se radi sljedeće dvije godine.

Najveća zabluda je da je otvaranje gradilišta administracija koja se odradi usput dok strojevi već rade. Ono što se tada preskoči vraća se svakodnevno: kroz put kojim kamion ne može proći, kroz deponiju koja stoji tamo gdje treba kopati i kroz papir koji nedostaje kad dođe inspekcija.

Zato prvi tjedan gledam kao investiciju. Sve što tada ispravno postavim radi za mene do kraja gradnje. Sve što tada improviziram plaćam mjesecima.

Preuzimanje gradilišta i zatečeno stanje

Gradilište se preuzima zapisnikom. Investitor predaje prostor, a izvođač ga preuzima s onim što na njemu zatekne. Od tog trenutka odgovornost za prostor prelazi na izvođača, pa je snimanje zatečenog stanja prvi pravi posao.

Prije nego išta pomaknem, snimam sve. Fotografiram i mjerim postojeće objekte na parceli i uz nju, stanje pročelja i pukotina na susjednim zgradama, stanje prometnica kojima će ići teški promet, položaj stabala koja ostaju, kote terena. To snimanje radim s datumom i s dovoljno detalja da se poslije zna što je bilo prije nego smo došli. Pukotina na susjednoj kući koja postoji prije početka i pukotina koja se pojavi tijekom iskopa razlikuju se samo u tome ima li netko snimku od prvog dana.

Uz to tražim podatke o podzemnim instalacijama od svih vlasnika mreža i dajem ih iskolčiti na terenu. Struja, voda, kanalizacija, plin, telekomunikacije i toplovod prolaze ispod parcela na mjestima koja rijetko odgovaraju starim nacrtima. Prekinut kabel prvog dana zaustavi gradilište i ulicu, a odgovornost pada na onoga tko je kopao bez podataka.

Ograda, ulaz i osiguranje prostora

Ograda je prva stvar koju postavljam jer ona odvaja gradilište od svijeta i pravno i fizički. Puna ograda visine koja sprječava ulazak, s vratima koja se zaključavaju, s pločom gradilišta na vidljivom mjestu i s oznakama zabrane pristupa. Sve unutar te linije je moja odgovornost, uključujući svakog tko uđe.

Ulaz planiram prema tome odakle dolaze kamioni i kako izlaze. Kolni ulaz odvajam od pješačkog gdje god mogu, a na izlazu predviđam mjesto za pranje kotača jer blato koje

izađe na javnu cestu postaje prekršaj i trošak čišćenja. Uz ulaz postavljam mjesto za prijavu. Evidencija ulaska ljudi na gradilište počinje od prvog dana.

Kad gradilište zadire u javnu površinu ili u promet, prometno rješenje s privremenom regulacijom ishodim prije nego postavim prvi znak. Pješački prolaz uz gradilište mora ostati siguran i natkriven gdje projekt to traži, a rasvjeta uz ogradu radi noću.

Gradilišno naselje i priključci

Gradilišno naselje postavljam prema broju ljudi koji će na gradilištu raditi u vršnom razdoblju. Kontejneri za urede, garderobe s ormarićima, sanitarni čvorovi, prostor za objedovanje, prostor za prvu pomoć i skladišta idu u raspored koji ostaje na snazi kroz cijelo vrijeme gradnje. Naselje postavljeno na mjestu budućeg iskopa seli se dvaput što košta više od dobrog rasporeda na početku.

Priključke struje i vode rješavam prije nego dođu strojevi. Gradilišni priključak struje ima svoj razvodni ormar s propisanom zaštitom, a razvod po gradilištu ide kabelima koji podnose uvjete na terenu, podignutim s tla na prijelazima. Voda ide za rad i za sanitarije, a odvod za sanitarni čvor rješavam priključkom ili spremnikom s pražnjenjem.

Uz naselje idu i stvari koje se lako zaborave, a odmah se: ormarić prve pomoći, aparati za gašenje, oznake i planovi evakuacije, mjesto za odlaganje otpada odvojeno po vrstama i osvijetljeni prilazi. Sve to postavljam u prvom tjednu jer će me poslije dočekati između hitnijih poslova i ostat će napola ili nikako izvršeno.

Iskolčenje i geodetska osnova

Prije prvog iskopa dolazi geodet. On postavlja osnovu izvan zone radova, iskolčuje glavne osi objekta i obilježava ih na građevinskim klupama koje ostaju dostupne nakon što strojevi počnu kopati. Uz to prenosi visine na repere koji stoje izvan utjecaja iskopa.

Iskolčenje mora biti izvedeno prema važećoj dokumentaciji i uz elaborat koji ostaje u dosjeu gradilišta. Tražim da se osi provjere iz dvije neovisne točke prije nego stroj krene, jer se pogreška u toj fazi prenosi na svaku etažu iznad i otkriva se tek kad objekt dođe do granice parcele.

Organizacija prostora i tokovi

Gradilište je prostor kroz koji se svaki dan kreću ljudi, strojevi i materijal, pa taj promet unaprijed planiram. Odredim gdje ulazi kamion, gdje se istovaruje, gdje stoji dizalica i koliki joj je doseg, gdje su deponije za armaturu, oplatu i materijale, a gdje prostor za otpad. Dizalicu postavljam tako da pokrije cijeli objekt i deponije. Dizalica koja ne doseže deponiju stvara dodatni prijenos svakoga dana. To sve pismeno dokumentiram Planom organizacije gradilišta.

Deponije razdvajam po vrstama i držim ih izvan zone budućih iskopa i izvan puta kojim se prilazi objektu. Materijal koji stoji na krivom mjestu će se stalno seliti, a svako seljenje košta ljude i vrijeme. Prilazne putove unutar gradilišta izvodim s nasipom koji podnosi teška vozila po kiši. Put koji se raskopa nakon prve jače kiše zaustavit će dostavu na tjedan dana.

Prostor za privremeni istovar i za montažne radove ostavljam slobodan i držim ga slobodnim. Taj prostor se prvi popuni ako se ne obilježi.

Ljudi, oprema i prvi dani

Prije nego ljudi krenu raditi, svi prolaze uvod u gradilište. To znači upoznavanje s planom, s opasnostima, s putovima kretanja, s mjestom prve pomoći i s općim pravilima. Evidencija tko je na gradilištu vodi se od prvog dana, jer u slučaju nezgode ta evidencija govori tko je bio prisutan u kojem trenutku.

Opremu i strojeve provjeravam pri dolasku. Dizalica, skele, strojevi i alati dolaze s dokumentacijom i s dokazom o ispravnosti, a montaža dizalice i skele traje i planira se kao svaki drugi posao. U prvom se tjednu najviše vremena gubi upravo na to što se čeka pregled ili dokument koji je mogao doći ranije.

Prvi koordinacijski sastanak držim u prvom tjednu, sa svim ključnim ljudima. Na njemu se dogovara redoslijed, tko je za što zadužen i do kada, i tko koga zove kad nešto stane. Ritam sastanaka koji se uspostavi u prvom tjednu drži se do kraja.

„MOŽE, ALI...“

Perspektiva nadzornog inženjera

Uvjeti početka

Radovi smiju započeti tek kada za građevinu postoji izvršni akt kojim se odobrava građenje, kada je investitor prijavio početak građenja nadležnom upravnom tijelu i inspekciji u roku koji propisuje zakon, i kada je gradilište uređeno i označeno pločom s propisanim podacima. Nadzor provjerava te uvjete prije nego potpiše prvi upis u dnevnik jer se početak radova bez njih tretira kao građenje bez odobrenja.

Uvođenje u posao provodi se u roku koji određuje ugovor, najčešće izraženom u danima od potpisa ili od ispunjenja odgodnih uvjeta. Uvođenje se dokumentira zapisnikom koji sadrži datum, popis predane dokumentacije, stanje gradilišta i eventualne otvorene stavke. Taj datum je početna točka ugovornog roka izvođenja, pa svako odgađanje uvođenja pomiče i rok dovršetka. Zapisnik potpisuju investitor, izvođač i nadzor.

Prije uvođenja moraju biti riješena i ugovorna osiguranja. Jamstvo za dobro izvršenje posla, jamstvo za avans ako je ugovoren i police osiguranja od odgovornosti i osiguranja građevine tijekom izvođenja se dostavljaju prema uvjetima ugovora. Nadzor provjerava rokove valjanosti jer jamstvo koje istječe prije dovršetka radova može zahtijevati produljenje u trenutku u kojem pregovaračka pozicija počinje slabtii.

Prijava gradilišta prema propisima zaštite na radu se podnosi prije početka radova kada su ispunjeni uvjeti koje ti propisi predviđaju. Investitor imenuje koordinatora zaštite na radu u fazi projektiranja i u fazi izvođenja, a plan izvođenja radova izrađuje se prije uvođenja u posao i primjenjuje se od prvog dana.

Dokumentacija gradilišta

Na gradilištu se od prvog dana vodi građevinski dnevnik i građevinska knjiga ako je tako ugovoreno. Dnevnik sadrži kronologiju radova, broj radnika i strojeva, vremenske uvjete, isporuke, upute i primjedbe sudionika. Građevinska knjiga sadrži obračunske podatke o izvedenim količinama s pripadajućim nacrtima i mjerama. Nadzor traži da se dnevnik popunjava tekućeg dana. Naknadno popunjen dnevnik gubi dokaznu vrijednost upravo u trenucima za koje je i nastao.

Uz dnevnik na gradilištu mora biti dostupna dokumentacija prema kojoj se gradi. To obuhvaća akt kojim se odobrava građenje, glavni projekt s ovjerom, izvedbene projekte, elaborat iskolčenja, plan izvođenja radova i dokaze o sudionicima. Nadzor provjerava da su na gradilištu važeće verzije jer izvedba prema staroj verziji nacrta ostaje najskuplja greška u dokumentaciji.

Prije početka izrađuju se kontrolni planovi za ključne faze, s popisom ispitivanja, mjerenja i dokaza koji se za svaku fazu traže i s trenucima u kojima se izvode. Taj plan pretvara kontrolu iz reakcije u raspored, jer se ispitivanja koja se planiraju unaprijed izvode dok su elementi dostupni.

Terminski plan predaje se prije uvođenja u posao i usklađuje s planom resursa. Nadzor provjerava sadrži li plan ključne točke, redoslijed struka i vrijeme za ispitivanja i dokaze. Plan koji predviđa samo radove ostavlja ispitivanja izvan ugovorenog vremenskog roka, a koja se poslije izvode pod pritiskom.

Kontrola uspostave gradilišta

Nadzor kontrolira uređenost gradilišta prije početka radova. Ograda, oznake, ploča gradilišta, rasvjeta, prilazi, prometno rješenje i osiguranje pješačkog prolaza provjeravaju se kao uvjet za rad. Propusti u toj fazi potencijalno znače obustavu u vidu nalaza inspekcije.

Snimanje zatečenog stanja susjednih građevina i javnih površina se provodi prije prvog zahvata, s fotodokumentacijom i mjerenjem stanja pukotina. Nadzor traži da taj zapisnik potpišu obje strane gdje je to moguće jer se time uklanja najveći dio kasnijih zahtjeva prema izvođaču za štete koje su postojale prije početka radova.

Podaci o podzemnim instalacijama pribavljaju se od vlasnika mreža, a instalacije se prije iskopa obilježavaju na terenu. Nadzor provjerava postoje li ti podaci i je li obilježavanje provedeno prije nego stroj krene s iskopom.

Gradilišni priključci se provjeravaju prije puštanja u rad. Električni razvod mora imati zaštitu prema propisu i ispitivanje prije uporabe, a ispitivanje se ponavlja u razmacima koje propis predviđa. Nadzor traži zapisnik ispitivanja gradilišnog razvoda jednako kao i za svaku drugu instalaciju.

Gospodarenje otpadom uspostavlja se od prvog dana, s odvojenim prostorom po vrstama otpada, s evidencijom i s pratećim listovima za odvoz. Za iskopani materijal koji se odvozi izvan gradilišta traže se dokazi o odredištu. Nadzor provjerava vodi li se evidencija tekuće jer se količine na kraju gradnje teško mogu rekonstruirati.

Ulazna kontrola materijala uspostavlja se prije prve isporuke. Nadzor traži da izvođač odredi mjesto skladištenja po vrstama, način zaštite materijala od vlage i oštećenja te postupak preuzimanja s provjerom dokumentacije. Materijal preuzet bez dokumentacije ugrađuje se jedino pod pretpostavkom da sve štima, a dokaz se traži naknadno, kad je već u konstrukciji. U tom slučaju je eventualni ispravak puno skuplji.

„AHA, ZATO SE TO STALNO PONAVLJA“

Perspektiva Game Mastera

Otvaranje gradilišta proizvodi izgovore koji se oslanjaju na to da radovi tek trebaju započeti. Sve dok se ne betonira i ne zida, dojam je da se ne radi ništa presudno. U toj fazi

se donose odluke koje se ne mijenjaju do kraja gradnje: gdje stoji dizalica, kuda ide promet, gdje je naselje i kakav je ritam dostave dokumentacije.

Game Master zato prvi tjedan gleda kao fazu s najvećim učinkom po uloženom satu. Sve kasnije faze rješavaju svoj dio posla. Ova faza postavlja uvjete u kojima svi ostali rade.

Izgovori i njihov pravi uzrok

Izgovor da se krene pa će se papiri srediti dolazi pod pritiskom roka koji teče od potpisa. Prijava početka građenja, imenovanja sudionika, plan izvođenja radova i jamstva imaju svoje rokove i svoje redoslijede, a radovi započeti prije njihova ispunjenja izlažu investitora i izvođača postupku koji zaustavlja gradilište. Game Master taj izgovor čita kao zamjenu jednog rizika drugim, jer se dobiveni tjedan naplaćuje obustavom koja traje dulje od njega.

Izgovor da ograda i naselje mogu doći poslije dolazi kad se prostor želi odmah pretvoriti u gradilište. Ograda uspostavlja granicu odgovornosti, a naselje postavljeno naknadno završava na mjestu koje je preostalo, redovito na trasi budućih radova. Game Master zna da svako kasnije seljenje naselja i deponija traje danima i da se taj trošak ponavlja svaki put kad prostor zatreba, pa raspored gradilišta rješava na papiru prije nego prvi kontejner stigne.

Izgovor da će se dnevnik popuniti naknadno dolazi kad se prvi tjedni odrade bez upisa. Dnevnik popunjen unaprijed ili unatrag opisuje ono što se pamti, a njegova vrijednost leži upravo u tome što nastaje istog dana kad i stvarni događaj. Game Master taj izgovor čita kao odricanje od jedinog dokaza koji izvođač ima u sporu o zastojima, o vremenskim uvjetima i o uputama koje je primio, jer se svaki kasniji zahtjev za produljenjem roka dokazuje upisima iz dana u kojima je zastoj nastao.

Nedostaci i mapa donesenih odluka

Dosta problema koji se kasnije pojave u gradnji ima svoju adresu u prvom tjednu. Zastoj dostave po kiši pokazuje prilazni put izveden bez nasipa. Dodatni prijenos materijala svakog dana pokazuje dizalicu postavljenu izvan dosega deponija. Zahtjev susjeda za štetom pokazuje izostalo snimanje zatečenog stanja. Prekinuta instalacija pokazuje iskop bez pribavljenih podataka o mrežama. Spor o roku pokazuje zapisnik o uvođenju u posao bez jasnog datuma. Odbijena situacija pokazuje građevinsku knjigu koja je vođena sa zaostatkom.

Game Master te znakove čita kao mapu odluka donesenih dok je teren bio prazan. Najskuplji propust u ovoj fazi razlikuje se od svih ostalih po tome što se ne popravlja, nego se s njim živi do kraja gradnje. Dizalica se ne premješta, naselje se seli uz zastoj, a datum uvođenja u posao ostaje onakav kakav je zapisan.

Kako tražiti ispravak bez gubljenja autoriteta

Prozor za ispravak u ovoj fazi traje dok je teren prazan. Raspored gradilišta ispravljen na papiru košta jedan sastanak. Isti raspored ispravljen nakon postavljanja košta seljenje kontejnera i deponija. Dokumentacija koja se uspostavi prije prvog upisa u dnevnik košta pripremu, a ista dokumentacija koja se rekonstruira nakon nekoliko mjeseci traži rad na podacima koji su djelomično izgubljeni.

Kad se pojavi pritisak da se krene bez ispunjenih uvjeta, reakcija prolazi kroz predvidive faze. Nijekanje dolazi kao tvrdnja da su svi papiri u postupku i da će stići za koji dan.

Umanjivanje dolazi kao procjena da nitko neće doći kontrolirati u prvom tjednu. Zamjena dolazi kao prijedlog da se počne s pripremnim radovima koji se navodno ne računaju. Game Master kroz te faze prolazi s jednim pitanjem: postoji li zapisnik o uvođenju u posao i dokaz o prijavi početka građenja. Taj odgovor traži dokument s datumom.

Autoritet se ovdje gradi na tome što se zahtjevi postavljaju dok su jeftini. Tražiti raspored gradilišta, kontrolne planove, snimku zatečenog stanja i uredan dnevnik u prvom tjednu je zahtjev koji nailazi na malo otpora jer svi imaju vremena. Isti zahtjevi postavljeni u trećem mjesecu dolaze kao smetnja. Svaki put kad se prvi tjedan odradi bez tih zahtjeva, standard se postavi nisko i sve struke koje dolaze poslije rade prema tom standardu.

Tri točke odlučivanja

CHECKLISTA 1: UVJETI PRIJE POČETKA IZVEDBE

- Izvršni akt kojim se odobrava građenje dostupan, prijava početka građenja podnesena u propisanom roku
- Zapisnik o uvođenju u posao s datumom, popisom predane dokumentacije i otvorenim stavkama
- Jamstva i police osiguranja dostavljena, rokovi valjanosti usklađeni s rokom izvođenja
- Imenovani sudionici, koordinator zaštite na radu i plan izvođenja radova izrađen
- Terminski plan i kontrolni planovi za ključne faze predani i usklađeni
- Podaci o podzemnim instalacijama pribavljeni od svih vlasnika mreža

CHECKLISTA 2: KONTROLA TIJEKOM IZVOĐENJA

- Ograda postavljena, ulaz se može zaključati, ploča gradilišta i oznake na vidljivom mjestu
- Snimka zatečenog stanja susjednih građevina i javnih površina napravljena i potpisana
- Prometno rješenje ishođeno, pješački prolaz osiguran, rasvjeta uz ogradu u funkciji
- Gradilišno naselje postavljeno izvan zone budućih radova, prema vršnom broju ljudi
- Priključci struje i vode izvedeni, razvod ispitan i zapisnik u dosjeu
- Prostor za otpad odvojen po vrstama, evidencija i prateći listovi uspostavljeni

CHECKLISTA 3: NEDOSTATCI I PROMOPREDAJA

- Geodetska osnova uspostavljena, glavne osi iskolčene i obilježene izvan zone iskopa
- Reperi postavljeni izvan utjecaja iskopa, elaborat iskolčenja u dosjeu gradilišta
- Podzemne instalacije obilježene na terenu prije ulaska stroja u iskop
- Raspored dizalice, deponija i prilaznih putova usklađen i obilježen na terenu
- Građevinski dnevnik i građevinska knjiga otvoreni, upisi se vode tekućeg dana
- Uvod u gradilište proveden za sve radnike, evidencija ulaska uspostavljena

Puštanje i rez

Puštanje gradilišta u rad znači prihvaćanje uvjeta u kojima će raditi svaka struka koja dolazi naknadno. Raspored prostora, ritam dokumentacije i standard koji se postavi u prvom tjednu prate gradnju do primopredaje. Rez se radi dok je teren prazan i dok se sve mijenja na papiru, jer se nakon postavljanja svaka izmjena plaća seljenjem i zastojem. Game Master zna: gradilište koje danas krene bez zapisnika o uvođenju u posao nosi tu prazninu u svaki kasniji spor o roku, a taj se spor vodi mjesecima nakon što se prvi tjedan zaboravi.

Pogled unaprijed

Uspostava gradilišta seli se prema digitalnim alatima. Elektronički građevinski dnevnik s upisima koji nose vrijeme, mjesto i autora uklanja raspravu o tome kada je nešto zabilježeno, a fotodokumentacija vezana uz poziciju u modelu daje dokaz koji se pretražuje umjesto da se traži po mapama. Time se dokazna vrijednost dokumentacije pojačava upravo u sporovima za koje je i nastala.

Planiranje organizacije gradilišta prelazi na modele koji prikazuju prostor kroz vrijeme. Raspored dizalica, deponija, prilaza i faza radova provjerava se u modelu prije nego se izvede na terenu, pa se sudari između faza otkrivaju u planu. Za veće projekte taj rad postaje redovit dio pripreme jednako kao i terminski plan.

Nadzor pristupa i kretanja na gradilištu prelazi na sustave koji vode evidenciju u stvarnom vremenu. Time se točno zna tko je u kojem trenutku bio na gradilištu, što ima vrijednost u zaštiti na radu i u obračunu, a istovremeno postavlja zahtjeve na uređenje ulaza koje treba predvidjeti pri postavljanju naselja.

Za voditelja projekta ti razvoji nose jedno praktično pitanje: je li otvaranje gradilišta vođeno kao popis obveza koje treba ispuniti ili kao faza koja se planira. Prvi model daje ogradu, kontejner i početak radova. Drugi model daje raspored prostora provjeren prije postavljanja, dokumentaciju uspostavljenu prije prvog upisa, snimku zatečenog stanja i kontrolne planove koji čekaju svoju fazu. Projekti koji rade po drugom modelu ulaze u gradnju bez seljenja naselja i bez rekonstrukcije dokumentacije. Tu je prednost za onoga tko taj tjedan iskoristi dok je teren još prazan.

….

GEODETSKI RADOVI

„Ma ja ti znam sve raditi“

Perspektiva majstora

Kad izlazim na teren s instrumentom, znam da postavljam koordinatni sustav koji postaje okvir za sve. Svaka os, svaka kota, svaki rub koji netko poslije mene ucrta ili izvede oslanja se na točku koju sam ja obilježio. Geodezija ide prva.

Najveća zabluda je da je geodet čovjek koji dođe, izmjeri i ode. Geodet postavlja referencu za cijeli objekt. Ako je referenca pomaknuta za dva centimetra, cijela zgrada je pomaknuta za dva centimetra i to se otkrije tek kad fasada dođe do ruba parcele ili kad instalacija promaši prodor.

Ja mjerenje gledam kao tvrdnju koju mogu dokazati. Svaki broj koji predam mora izdržati provjeru drugim instrumentom, drugog dana i iz druge točke.

Instrumenti i oprema

Totalna stanica je osnovni instrument za horizontalnu i visinsku izmjeru. Ona mjeri horizontalne i vertikalne kutove i kosu duljinu do prizme, a iz toga računa koordinate točke. Kutna točnost instrumenata za gradilište kreće se od jedne do pet lučnih sekundi, a točnost mjerenja duljine se izražava kao stalni dio uvećan za dio proporcionalan udaljenosti, tipično jedan do dva milimetra uvećano za jedan do dva milimetra po kilometru. Za precizne radove koristim instrument više klase i uvijek isti instrument kroz cijelu fazu jer promjena instrumenta usred posla unosi razliku koju je kasnije teško objasniti.

Nivelir služi za precizan prijenos visina. Optički nivelir s kompenzatorom i digitalni nivelir s kodiranom letvom se razlikuju po točnosti izraženoj kao standardno odstupanje na kilometar dvostrukog niveliranja, od tri desetinke milimetra za precizne instrumente do dva milimetra za građevinske izvedbe. Kad prenosim visinu na etažu, koristim nivelir, a totalnu stanicu ostavljam za horizontalnu geometriju budući da trigonometrijski prijenos visine nosi veću nesigurnost od geometrijskog niveliranja.

GNSS prijemnik u RTK načinu rada daje koordinate u realnom vremenu preko korekcija koje stižu s mreže referentnih stanica. Za područje Hrvatske ta mreža je CROPOS i daje horizontalnu točnost reda veličine jednog do dva centimetra i visinsku točnost reda veličine dva do četiri centimetra. Zbog te razlike GNSS koristim za osnovnu mrežu, za grubu razradu i za snimanje terena, a fine kote i osi prenosim totalnom stanicom i nivelirom.

Uz instrumente idu stativ, prizme s poznatim konstantama, nivelmanske letve, podnožja s optičkim ili laserskim viskom i kolci ili čavli za obilježavanje. Prizma s krivom konstantom pomiče svaku izmjerenu točku za istu vrijednost, pa konstantu prizme provjeravam prije početka i držim je zapisanu uz instrument.

Geodetska osnova i mreža točaka

Prije prve iskolčene točke postavljam osnovu. To je mreža stalnih točaka izvan zone radova, dovoljno udaljena da je strojevi zaobiđu i dovoljno blizu da s nje vidim cijelo gradilište. Točke stabiliziram betonskim stupićem, čeličnim čavlom u betonu ili armaturnom šipkom u betonskom bloku, ovisno o tome koliko dugo moraju stajati.

Svaka točka osnove dobiva koordinate u službenom sustavu. U Hrvatskoj je to horizontalni sustav HTRS96 s poprečnom Mercatorovom projekcijom i visinski sustav HVRS71. Mjerenja na mreži zatvaram i izjednačavam tako da svaka točka ima kontroliranu poziciju umjesto pojedinačnog mjerenja bez provjere. Točka koja je izmjerena jednom i nije provjerena može se tretirati jedino kao pretpostavka.

Uz horizontalne točke postavljam repere za visine. Reper je stabilna visinska točka izvan utjecaja iskopa i prometa, vezana geometrijskim niveliranjem na državni visinski sustav. Na gradilištu držim najmanje dva repera. Jedan reper predstavlja broj, a dva repera kontrolu. Ako se razlika između njih promijeni, znam da je jedan od njih pomaknut i imam to prije nego cijela etaža krene u izgradnju s krivom kotom.

Iskolčenje objekta

Iskolčenje je prijenos geometrije iz projekta na teren. Počinjem od glavnih osi objekta koje obilježavam izvan zone iskopa, na građevinskim klupama ili na stabilnim točkama, tako da ostanu dostupne i nakon što stroj počne kopati. Glavne osi su okosnica svega, pa im dajem najveću pažnju i najviše kontrolnih mjerenja.

Iz glavnih osi razvijam sekundarnu geometriju: osi stupova, rubove temelja, položaje sidara i prodora. Svaku iskolčenu točku provjeravam iz druge stajališne točke ili drugom metodom. Kad se dva neovisna mjerenja slože, točka je potvrđena. Kad se raziđu, tražim uzrok prije nego itko išta izvede.

Kod objekata sa sidrenim vijcima i prefabriciranim elementima iskolčenje mora biti preciznije od uobičajenog jer element dolazi s tvorničkom geometrijom koja prihvaća samo ono što je predviđeno projektom. Tu radim s tolerancijom reda nekoliko milimetara i prije betoniranja provjeravam šablonu sidara u položaju u kojem će ostati nakon ugradnje.

Prijenos visina i kote

Visine prenosim geometrijskim niveliranjem s repera na radne kote, a na svakoj etaži postavljam metarsku liniju, jasno obilježenu visinsku referencu na stalnoj visini iznad gotovog poda. Ta linija je referenca za sve obrtnike koji tek dolaze, za estrih, za stolariju i za instalacije, pa mora biti obilježena trajno i jednoznačno.

Prijenos visine na više etaže radim mjernom vrpcom po vertikali uz korekciju ili totalnom stanicom u vertikalnom položaju, a rezultat uvijek zatvaram kontrolom na neovisnu referencu. Visina koja je prenesena bez provjere jednim putem nosi rizik koji se otkriva tek kad se estrih izlije i kad se ustanovi da debljina slojeva ne odgovara projektu.

Kontrola tijekom gradnje

Geodet ostaje na projektu i nakon iskolčenja. Kontroliram položaj oplate prije betoniranja, vertikalnost stupova, položaj sidara nakon betoniranja i geometriju svake etaže prije nego

sljedeća krene. Ta kontrola ima smisla samo dok postoji prostor za ispravak, pa je radim prije zatvaranja svake faze.

Kod visokih objekata i kod objekata osjetljivih na slijeganje radim deformacijska mjerenja. Na konstrukciju postavljam mjerne točke koje mjerim u ciklusima, uvijek istom metodom i s istih stajališta. Promjena metode stvara prividnu deformaciju koja dolazi iz mjerenja umjesto iz konstrukcije. Rezultat je niz mjerenja koji pokazuje trend, a trend je ono što govori radi li konstrukcija na predvidljiv način ili zahtijeva povećanu pažnju.

Snimanje izvedenog stanja

Na kraju svake faze snimam izvedeno stanje. To snimanje pokazuje gdje je konstrukcija stvarno završila. Razlika između ta dva stanja je podatak koji svaka sljedeća faza treba prije nego se naruči materijal ili se izradi radionički nacrt.

Za složene objekte koristim laserski skener koji u kratkom vremenu snima milijune točaka i daje oblak točaka iz kojeg se izvlači geometrija svake plohe. Taj oblak je koristan za usporedbu s modelom, za provjeru ravnina i za dokumentiranje stanja prije zatvaranja slojeva. Snimanje izvedenog stanja radim dok su elementi dostupni jer nakon zatvaranja obloga svaka provjera i eventualno odstupanje traži štemanje.

„MOŽE, ALI...“

Perspektiva nadzornog inženjera

Uvjeti početka

Geodetski radovi smiju započeti tek kada je geodetska osnova uspostavljena, izmjerena i dokumentirana te kada je projektna geometrija usklađena s katastarskim i vlasničkim stanjem parcele. Iskolčenje na temelju osnove koja je preuzeta bez provjere prenosi svaku pogrešku te osnove na cijeli objekt, a ta se pogreška otkriva tek na granici parcele ili na spoju s postojećom infrastrukturom.

Geodetske radove na gradilištu izvodi ovlašteni inženjer geodezije ili osoba pod njegovim nadzorom, sukladno propisima koji uređuju obavljanje geodetske djelatnosti. Nadzor provjerava ovlaštenje izvoditelja i osigurava da elaborat iskolčenja bude izrađen i ovjeren prije početka radova. Elaborat iskolčenja sadrži popis točaka osnove s koordinatama, opis metode, upotrijebljene instrumente i skicu obilježenih točaka.

Prije iskolčenja mora biti razriješen odnos projektne geometrije prema granicama parcele i prema zadanim udaljenostima od međe. Objekt iskolčen prema projektu koji sam po sebi zadire u tuđu parcelu ostaje pogrešan bez obzira na kvalitetu mjerenja, pa nadzor provjerava usklađenost prije nego se prva točka postavi na teren.

Provjera instrumenata i mjeriteljska sljedivost

Instrumenti moraju imati važeći certifikat o umjeravanju izdan od ovlaštenog laboratorija, a između umjeravanja provode se terenske provjere prema normama iz niza HRN EN ISO 17123. Taj niz propisuje pojednostavljene i potpune postupke terenskog ispitivanja za nivelire, teodolite, elektrooptičke daljinomjere i GNSS prijemnike u RTK načinu rada, s jasno definiranim postupkom mjerenja i kriterijem prihvaćanja.

Nadzor provjerava datum posljednjeg umjeravanja i traži zapis o terenskoj provjeri instrumenta na početku faze i nakon svakog događaja koji je mogao promijeniti stanje instrumenta, poput pada, udarca ili transporta u nepovoljnim uvjetima. Uz instrument se provjerava i pribor, jer konstanta prizme i stanje libele na letvi izravno ulaze u rezultat.

Mjeriteljska sljedivost znači da svaki predani podatak ima put unatrag do referentne veličine, kroz umjeren instrument, kroz kontroliranu osnovu i kroz dokumentiranu metodu. Podatak bez tog puta ostaje samo tvrdnja koja se u sporu teško brani, pa nadzor traži da svaki geodetski zapisnik sadrži datum, instrument, metodu, stajališta i izmjerene vrijednosti.

Kontrola tijekom izvođenja

Nadzorni inženjer kontrolira iskolčenje neovisnim mjerenjem prije početka iskopa i prije betoniranja svake ključne faze. Neovisna kontrola znači mjerenje s druge stajališne točke, drugom metodom ili drugim instrumentom. Ponavljanje istog mjerenja iz istog položaja potvrđuje samo ponovljivost.

Tolerancije položaja i visina propisuje projekt, a za zgrade se koriste vrijednosti iz norme HRN EN 13670 za izvedbu betonskih konstrukcija i iz HRN EN 1090-2 za čelične konstrukcije. Za sidrene vijke čeličnih stupova dopušteno odstupanje položaja grupe vijaka iznosi tri milimetra, a pojedinačnog vijka unutar grupe pet milimetara. Nadzor uspoređuje izmjereno stanje s tim vrijednostima i dokumentira svako odstupanje.

Kontrola visina provodi se zatvaranjem nivelmanskog vlaka na poznati reper. Dopušteno odstupanje zatvaranja ovisi o duljini vlaka i o zahtijevanoj klasi točnosti, a vlak koji se zatvori izvan dopuštenog se ponavlja prije nego se rezultat upotrijebi. Nadzor traži zapisnik niveliranja s međurezultatima jer završni broj bez zapisnika skriva mjesto na kojem je pogreška nastala.

Kod objekata s propisanim praćenjem pomaka nadzor provjerava provodi li se mjerenje u zadanim ciklusima, istom metodom i s istih stajališta, te uspoređuje rezultate s graničnim vrijednostima iz projekta. Prekid ciklusa ili promjena metode usred praćenja stvara prekid u nizu koji smanjuje vrijednost cijelog mjerenja.

Snimanje izvedenog stanja provodi se prije zatvaranja slojeva i prije nego sljedeća faza započne izradu radioničkih nacrta. Nadzor traži da se izvedeno stanje preda u obliku koji je upotrebljiv za sljedeću fazu, s koordinatama u istom sustavu i s jasno označenim odstupanjima od projekta.

„AHA, ZATO SE TO STALNO PONAVLJA“

Perspektiva Game Mastera

Geodetski radovi proizvode izgovore koji zvuče uvjerljivo zato što dolaze s brojevima. Broj djeluje kao dokaz sam po sebi, pa se rijetko pita odakle taj broj dolazi i s koje je točke izmjeren. Upravo u tom razmaku, između izmjerene vrijednosti i njezine provjere, nastaju odstupanja koja objekt nosi do kraja sa sobom.

Game Master ovdje gleda kontrolu. Mjerenje daje broj, a kontrola daje sigurnost da je broj točan. Razlika između njih se pokazuje u trenutku kad se dvije faze susretnu i kad postane jasno da su se radile prema različitim referencama.

Izgovori i njihov pravi uzrok

Izgovor da su točke preuzete od prethodnog izvođača dolazi kad se otkrije odstupanje, a nitko nema zapisnik o provjeri osnove. Preuzeta osnova ostaje tuđa pretpostavka sve dok je novi izvođač ne izmjeri i ne potvrdi. Game Master taj izgovor čita kao trenutak u kojem je odgovornost prešla na onoga tko je preuzeo, a preskočio provjeru, jer od tog trenutka svaka izvedena točka nosi tuđu pogrešku sa svojim osobnim potpisom.

Izgovor da je odstupanje unutar mjerne nesigurnosti dolazi kad izmjereno stanje izlazi iz projektne tolerancije za vrijednost blisku točnosti instrumenta. Mjerna nesigurnost i projektna tolerancija su dvije različite veličine i jedna se koristi da bi se ocijenila druga. Kontrola tolerancije traži instrument čija je nesigurnost znatno manja od te tolerancije, pa Game Master u takvom slučaju traži mjerenje instrumentom više klase umjesto tumačenja koje odstupanje pretvara u statistiku.

Izgovor da će se to riješiti u sljedećoj fazi dolazi kad se odstupanje otkrije pred betoniranjem ili pred montažom i kad zaustavljanje košta više od pukog nadanja. Svaka sljedeća faza radi s manjom rezervom od prethodne jer se tolerancije troše kako gradnja napreduje. Game Master zna da odstupanje koje se prenese u sljedeću fazu ulazi u fazu koja ima manje prostora za njegovo prihvaćanje.

Nedostaci i mapa donesenih odluka

Svaki geodetski nedostatak ima adresu u mjerenju ili u kontroli. Objekt pomaknut u odnosu na parcelu pokazuje osnovu koja je preuzeta bez provjere. Sustavno odstupanje kota kroz cijelu etažu pokazuje reper koji se pomaknuo ili prijenos visine bez zatvaranja. Osi stupova koje se raziđu prema gore pokazuju iskolčenje bez neovisne kontrole na svakoj etaži. Sidreni vijci izvan tolerancije pokazuju šablonu koja je provjerena prije ugradnje i pomaknuta tijekom betoniranja.

Game Master te znakove čita kao mapu odluka o tome gdje je kontrola izostala. Najskuplji geodetski nedostatak nastaje kad se pogreška u osnovi otkrije nakon što je konstrukcija izvedena, jer se tada bira između rušenja i pregovora s vlasnicima, susjedima ili nadležnim tijelima. Trošak tog izbora višestruko premašuje trošak dana neovisne kontrole na početku.

Kako tražiti ispravak bez gubljenja autoriteta

Geodetski prozor za ispravak je najširi na samom početku i sužava se sa svakom izvedenom fazom. Ispravak osnove prije iskopa košta jedan dan mjerenja. Ispravak nakon izvedbe temelja košta izmjene projekta, sanaciju i pregovore. Ispravak nakon izvedbe konstrukcije ulazi u područje u kojem rješenje traži suglasnost više strana.

Kad se pojavi odstupanje, reakcija prolazi kroz predvidive faze. Nijekanje dolazi kao tvrdnja da su točke preuzete i provjerene. Umanjivanje dolazi kao procjena da je odstupanje unutar mjerne nesigurnosti. Zamjena dolazi kao prijedlog da se geometrija sljedeće faze prilagodi izvedenom stanju. Game Master kroz te faze prolazi s jednim pitanjem: postoji li neovisno mjerenje koje potvrđuje položaj i visinu prema projektu. Taj odgovor traži zapisnik, instrument i drugu stajališnu točku.

Autoritet se ovdje gradi na dokumentaciji. Geodet koji predaje zapisnik s datumom, instrumentom, metodom i stajalištima čvrsto drži svoju poziciju u svakoj raspravi jer njegova tvrdnja ima put unatrag do referentne veličine. Svaki put kad se traži neovisna kontrola umjesto ponovljenog mjerenja s istog mjesta, standard za sve sljedeće faze raste.

Svaki put kad se broj prihvati bez provjere, standard pada, a sljedeća faza kreće s manjom rezervom.

Tri točke odlučivanja

CHECKLISTA 1: UVJETI PRIJE POČETKA IZVEDBE

- Geodetska osnova uspostavljena, izmjerena i izjednačena, koordinate u službenom sustavu
- Najmanje dva repera izvan zone iskopa, međusobna razlika izmjerena i zabilježena
- Instrumenti s važećim certifikatom o umjeravanju, terenska provjera prema HRN EN ISO 17123 provedena
- Projektna geometrija usklađena s granicama parcele i s postojećom infrastrukturom
- Elaborat iskolčenja izrađen i ovjeren od ovlaštenog inženjera geodezije
- Glavne osi obilježene izvan zone iskopa, na stabilnim točkama dostupnim tijekom radova

CHECKLISTA 2: KONTROLA TIJEKOM IZVOĐENJA

- Svaka iskolčena točka potvrđena neovisnim mjerenjem s druge stajališne točke
- Položaj oplate i sidara provjeren prije betoniranja, rezultati dokumentirani
- Prijenos visina zatvoren na poznati reper, odstupanje unutar dopuštenog za klasu
- Metarska linija postavljena na svakoj etaži i trajno obilježena
- Vertikalnost i osi provjereni prije zatvaranja svake etaže
- Odstupanja uspoređena s tolerancijama iz HRN EN 13670 i HRN EN 1090-2

CHECKLISTA 3: NEDOSTATCI I PRIMOPREDAJA

- Izvedeno stanje snimljeno prije zatvaranja slojeva i obloga
- Podaci predani u istom koordinatnom sustavu kao projektna dokumentacija
- Odstupanja od projekta jasno označena i predana sljedećoj fazi prije naručivanja materijala
- Zapisnici mjerenja s datumom, instrumentom, metodom i stajalištima u tehničkom dosijeu
- Točke osnove i reperi predani s opisom stabilizacije i s koordinatama
- Sva odstupanja izvan tolerancije riješena uz pisanu suglasnost projektanta

Puštanje i rez

Puštanje geodetske faze znači prihvaćanje referentnog sustava u kojem će se izvesti sve ono što dolazi kasnije. Svaka točka koja se pusti bez neovisne kontrole postaje pretpostavka na kojoj se dalje gradi, a ta se pretpostavka provjerava tek kad je konstrukcija izvedena. Rez se radi prije iskopa i prije betoniranja, dok ispravak košta jedan dan mjerenja. Game Master zna: osnova koja se danas prihvati bez provjere nosi rizik pogreška kroz svaku sljedeću etažu, sve do trenutka kad fasada dođe do granice parcele.

Pogled unaprijed

Geodetski radovi se kreću prema kontinuiranom praćenju umjesto povremenoj kontroli. Robotizirane totalne stanice koje prate prizmu bez operatera, GNSS prijemnici ugrađeni u strojeve i sustavi za upravljanje strojevima omogućuju da bager ili grejder radi prema

modelu terena u realnom vremenu, s odstupanjem koje se prikazuje operateru dok radi. Taj pomak smanjuje broj naknadnih korekcija jer se odstupanje otkriva u trenutku nastanka.

Lasersko skeniranje i fotogrametrija iz zraka daju oblak točaka cijelog gradilišta u kratkom vremenu, pa usporedba izvedenog stanja s modelom postaje redovita radnja. Na projektima koji rade s modelom u BIM okruženju ta usporedba otkriva odstupanja prije nego uđu u sljedeću fazu i daje nadzoru mjerljiv kriterij umjesto procjene.

Za voditelja projekta ti razvoji nose jedno praktično pitanje: je li geodezija planirana kao usluga koja dolazi na poziv ili kao kontinuirana kontrola ugrađena u dinamiku radova. Geodezija na poziv daje iskolčenje i račun po izlasku geodeta. Geodezija kao kontrola daje osnovu, neovisnu provjeru prije svake ključne faze i snimljeno izvedeno stanje koje sljedeća faza koristi prije naručivanja materijala. Projekti koji planiraju drugi model imaju manji broj sukoba geometrije između faza i niže troškove izmjena. Tu je prednost za onoga tko tu razliku ugradi u plan umjesto u sanaciju.

ZEMLJANI RADOVI

„Ma ja ti znam sve raditi“

Perspektiva majstora

Zemljani radovi su prvi pravi radovi na gradilištu. Sve prije toga je dokumentacija, mjerenje i dogovor. Ovdje počinje stvarni kontakt s terenom i ovdje se vidi je li projekt izrađen ozbiljno ili napamet. Kad zabijem prvu žlicu u tlo, zemlja mi odmah kaže je li ono što je pisalo u elaboratu isto ono što je stvarno na terenu.

Najveća zabluda je da su zemljani radovi samo skup strojeva. Bageri, kamioni i dozeri su alat, a pravi posao je razumjeti tlo. Kako se ponaša kad je vlažno, koliko drži rubove iskopa, gdje pušta vodu i koliko opterećenja podnosi. Ono što se ovdje preskoči, vrati se kroz slijeganje, kroz pukotinu i kroz vlagu, mjesecima kasnije, kad je zemlja već zatrpana.

Zato zemljane radove gledam kao temelj svega što dolazi iznad. Tlo lako zapamti svaki preskočeni prolaz valjka i svaki dan kad je dno iskopa ostalo otvoreno na kiši. Ako nešto danas prihvatim bez provjere, automatski prihvaćam eventualne pogreške na svakoj sljedećoj etaži.

Iskolčenje i geodetska osnova

Prije nego prva žlica dođe u tlo, granice parcele moraju biti prenesene s papira na teren. To radi geodet. On postavlja osi, kote i granice i time određuje okvir u kojem se sve dalje događa. Bez tog okvira iskop kreće naslijepo.

Kad je geodetska osnova kriva, iskop je kriv, a kad je iskop kriv, temelji su krivi. Svaka sljedeća faza se ili prilagođava početnoj grešci ili se ispravlja uz gubitak vremena i novca. Zato bez geodeta ne počinjem, koliko god se nekome žurilo. Geodet mi je ključan i tijekom radova, za kontrolu jesam li kopao na pravu kotu i za obračun izvedenih količina.

Strojevi i izbor prema tlu

Za zemljane radove nema univerzalnog stroja. Gusjeničar ide tamo gdje je mekano, gdje treba stabilnost i snaga. Točkaš je brži, ali traži stabilan teren. Mini bager je precizan i ide u skučene prostore, a masivni iskop ostavljam većem stroju. Čekić na bageru je znak da je tlo prešlo granicu običnog iskopa i da je tu stijena ili tvrdi materijal.

Krivi stroj usporava posao i razbija tlo koje bi trebalo ostati nosivo. Kad biram stroj, gledam tlo, brzinu kojom trebam raditi i učinak potreban da posao izvedem na vrijeme. Strojni park koji dovezem na gradilište uvijek prilagođavam terenu. Stroj koji odgovara tlu radi brže i efikasnije u odnosu na stroj koji nije adekvatan.

Iskop i položaj strojeva

Iskop radim planski. Prije nego krenem, jasno je odkud dokud se kopa, kamo ide materijal i gdje stoje strojevi. Bager postavljam tako da ima čisti radni luk i da žlica zahvaća tlo bez

nepotrebnog okretanja cijelog stroja, a idealno je da se okreće u jednom smjeru i prazni izravno u kamion.

Kamion stoji bočno ili iza bagera, na stabilnoj podlozi, dovoljno blizu da skraćuje ciklus i dovoljno daleko od ruba iskopa. Kamion preblizu rubu opterećuje ga i izaziva urušavanje, posebno u glini i vlažnom tlu. Iskusan strojovođa drži ritam zahvata, okreta, istovara i povratka. Ritam daje brzinu bez nervoze i bez oštećenja ruba.

Smjer, dubina i vrsta tla

Kopam u smjeru od stabilnog prema manje stabilnom dijelu terena. Prvo skidam humus i površinske slojeve, pa idem dublje postupno, u etapama. Kopanje na konačnu kotu u jednom potezu mi oduzima prostor za korekciju kad se pojavi loš sloj ili voda. Etapni iskop čuva nosivost dna i ostavlja mi rezervu.

Dubinu kontroliram nivelirom. Prekopano dno traži vraćanje materijala, a vraćeni materijal ostaje slabiji od izvornog tla. Dno ostavljam ravno, ali bez pretjeranog razbijanja, jer previše razrahljeno dno gubi nosivost, posebno u glini i mješovitim tlima.

U glini kopam oprezno jer je glina stabilna dok je suha, a kad se razbije i navlaži, postaje masa koja se lijepi i klizi. Zato dno u glini ne ostavljam otvoreno dulje nego što treba, a kad kopam za temelje samce, gledam da isti dan izbetoniram podložni beton i tako zaštitim dno. U pijesku pazim na urušavanje, rubove oblikujem odmah i dno ostavljam zbijeno. Kad naiđem na stijenu, dolazi čekić, a u ekstremu i miniranje, koje je kontrolirani zahvat usklađen s projektom, okolinom i sigurnošću.

Razdvajanje materijala i geotekstil

Materijal iz iskopa odmah razdvajam. Humus na jednu stranu, upotrebljivi materijal na drugu, otpadni materijal na odvoz. Miješanje svega u jednu hrpu se vraća kad dođe vrijeme nasipa i kad zatrebam čist materijal koji sam sam sebi izmiješao.

Geotekstil razdvaja slojeve i čuva ono što sam napravio. Bez njega se materijali miješaju i gube funkciju. Najčešće ga koristim nakon iskopa u glinenom tlu, prije nasipa šljunčanog materijala, a prema projektnim zahtjevima dolazi i u drugim kombinacijama. Geotekstil je osnovna zaštita sloja, jer sprječava da fini materijal iz podloge prodre u nasip i tako mu smanji nosivost.

Nasip, zbijanje i tampon

Nasip radim slojevito. Svaki sloj poravnam i zbijem prije nego dođe sljedeći. Preskočeno zbijanje danas znači slijeganje sutra. Zbijam strojem, brojem prolaza i pratim kako se tlo ponaša pod nogom. Vibroploču koristim za zbijanje podloge u rovovima, a valjak, statički ili dinamički, na cestovnim dionicama i parkirnim površinama.

Debljinu sloja držim onakvom kakvu podloga i stroj podnose. Sloj zbijen odozgo i razrahljen u sredini popušta pod prvim opterećenjem. Tampon je završna priprema tla i o njemu ovisi sve iznad njega. Kad je ravan, zbijen i suh, mogu dalje mirno. Debljina tampona proizlazi iz projekta, a najčešće koristim šljunčani materijal granulacije 0 do 32 mm, koji se dobro zbija i daje ravnomjernu podlogu za temelj ili ploču.

„MOŽE, ALI...“

Perspektiva nadzornog inženjera

Uvjeti početka

Zemljani radovi započinju potvrdom da su ulazni podaci valjani. Ulazak u ovu fazu s pretpostavkama umjesto s provjerenim podacima ostavlja sve kasnije faze na klimavoj osnovi. Geotehnički elaborat, izrađen na temelju istražnih radova na toj lokaciji, polazišna je točka koja govori koje se vrste tla očekuju, na kojim dubinama i s kakvom osjetljivošću na vodu i opterećenje. Geotehničko projektiranje provodi se prema normi HRN EN 1997, a kad se stanje na terenu razlikuje od elaborata, radovi se zaustavljaju do nove ocjene.

Organizacija iskopa mora biti definirana prije početka. Jasno je gdje se kopa, kojim redoslijedom, gdje se privremeno odlaže materijal i kako se osigurava stabilnost iskopa. Iskop bez plana brzo postaje iskop bez kontrole, a posebno su osjetljivi duboki iskopi koji se šire bez prilagodbe kosina ili podgrađivanja. Za iskope uz postojeće građevine projekt propisuje dopuštene pomake i način njihova praćenja.

Hidrološki uvjeti i sigurnost su uvjet. Pojava vode u iskopu je pravilo koje se očekuje, pa plan privremene odvodnje mora postojati prije prvog kišnog dana. Iskopi moraju biti stabilni u svakom trenutku, s pravilno izvedenim kosinama i pravodobnim podgrađivanjem. Nadzor potvrđuje početak tek kada su tlo, voda, organizacija i sigurnost pod kontrolom.

Provjera tla i zbijenosti

Nosivost i zbijenost dokazuju se mjerenjem. Modul stišljivosti tla za svaki element, iskop za temelj samac, za trakasti temelj i za temeljnu ploču, propisan je projektom, a zadatak nadzora je da se te vrijednosti dokažu. Modul se ispituje terenskim metodama poput statičkog pločnog ispitivanja s vrijednostima Ev1 i Ev2, dinamičkog pločnog ispitivanja lakom pločom, statičke penetracije i standardnog penetracijskog pokusa te dilatometarskog ispitivanja, a laboratorijski edometarskim ispitivanjem koje daje prognozu slijeganja.

Terenske metode pokazuju stvarno ponašanje tla u uvjetima gradilišta, dok laboratorijske služe za detaljnu analizu deformacija. Zbijenost nasipa se dokazuje i odnosom prema laboratorijskom Proctorovom pokusu koji daje maksimalnu suhu gustoću, prema kojoj se izražava postignuti stupanj zbijenosti. Nadzor traži mjerenje po sloju i po zadanoj površini. Mjerenje samo na završnom sloju daje podatak o vrhu nasipa i ostavlja donje slojeve nedokazanima.

Materijal za nasip i tampon mora odgovarati projektu po granulometriji. Mješavina finog i krupnog materijala izvan propisane krivulje se ne zbija pravilno i s vremenom gubi volumen, pa nadzor provjerava podrijetlo i sastav materijala prije ugradnje. Za tampon se najčešće traži šljunčani materijal granulacije 0 do 32 mm ugrađen u slojevima čija debljina odgovara stroju za zbijanje.

Kontrola tijekom izvođenja

Kontrola zemljanih radova je stalan proces jer se uvjeti u tlu mijenjaju kako iskop napreduje. Najveća pogreška je pretpostavka da je tlo jednako po cijeloj površini i po cijeloj dubini, pa svaka promjena u slojevima traži novu ocjenu. Dno iskopa mora biti nosivo, čisto i stabilno, a razmekšano dno, tragovi kotača ili stajaća voda pokazuju tlo koje zahtijeva

pripremu prije nastavka. Betoniranje ili tampon na takvom dnu unosi rizik pucanja temelja i diferencijalnih slijeganja.

Zamjena tla i nasip se kontroliraju prema slojnoj ugradnji i zbijanju. Materijal ugrađen u predebelim slojevima ili bez zbijanja daje slijeganje koje se pojavljuje nakon što opterećenje objekta dođe na tlo, kad se problem rješava jedino ozbiljnim zahvatom. Zbijanje se najčešće izvodi u slojevima prema projektu, a dno oštećeno kretanjem strojeva ili oborinama se priprema ponovno prije ugradnje sljedećeg sloja.

Odvodnja je uvjet da tlo ostane uporabljivo. Tlo koje se natopi vodom gubi nosivost i mijenja strukturu, a beton iznad njega zatvara problem koji se poslije pojavi kao slijeganje, vlaga ili pukotina. Na gradilištu moraju postojati ispravne potopne pumpe jer jedna noć jake kiše pretvara suh iskop u bazen. U glinenim i slabo nosivim tlima izvodi se privremena ili trajna drenaža već u fazi zemljanih radova, a drenaža uz rubove objekta skuplja vodu iz okolnog tla i odvodi je dalje od temelja.

Sigurnost iskopa prati se kroz cijelo razdoblje otvorene jame. Kosina koja je stabilna ujutro može postati nestabilna popodne nakon kiše, pa se podgrađivanje, nagib kosina i udaljenost strojeva od ruba prilagođavaju stvarnim uvjetima. Pukotine, klizanje ili osipanje materijala zaustavljaju radove dok se stabilnost ponovno ne uspostavi. Dubine, kote i nagibi se provjeravaju kontinuirano. Pogrešna kota dna iskopa prenosi se na sve naredne faze i traži dodatni beton ili nasipne slojeve.

„AHA, ZATO SE TO STALNO PONAVLJA“

Perspektiva Game Mastera

Zemljani radovi su idealno mjesto za skrivanje nesigurnosti jer se unaprijed teško zna što će se naći u zemlji. Ta nesigurnost stvara izgovore koji zvuče razumno, a zapravo prikrivaju izostanak plana i izostanak dokaza. Game Master zato gleda dva trenutka koji se poslije zauvijek zatvore: pripremu dna iskopa i zatrpavanje. Nakon njih svaka provjera zahtijeva ponovni iskop.

Izgovori i njihov pravi uzrok

Izgovor da se ne zna što će nas dočekati kad iskopaju dolazi kad se u fazu ušlo bez plana za slučaj slabog tla. Nepoznavanje tla je razlog za istražne radove i za plan. Game Master taj izgovor čita kao izostanak scenarija za slučaj da tlo ne nosi dovoljno , pa traži odgovor tko je tlo pripremio i što slijedi ako mjerenje pokaže manju nosivost od projektirane. Bez tog odgovora nastavak radova nosi zastoj koji kasnije dolazi također uz dodatne troškove.

Izgovor da će se to brzo riješiti dolazi pod pritiskom roka i gotovo uvijek znači preskakanje slojeva, zbijanja ili kontrole. Vrijeme uštađeno preskakanjem se vraća kroz slijeganje, jer pogrešno zatrpan teren s vremenom radi i gubi volumen. Game Master zna da se vrijeme može nadoknaditi kasnije, a zatrpan sloj koji je ostao nezbijen ostaje takav pod cijelim objektom, pa razliku između brzine i ispravnosti mjeri godinama slijeganja.

Izgovor da se iskop ne treba štititi jer se ništa neće dogoditi izgovori se najčešće dan prije kiše. Zaštita iskopa je odgovor na promjenjive uvjete tla i vode. Game Master taj izgovor čita kao prebacivanje rizika na sreću, pa umjesto rasprave traži odgovor tko preuzima odgovornost ako se iskop uruši ili natopi. Izgovor da je kota ispala takva pri računanju, bez geodetske snimke i bez dokumentirane kote, čita kao broj bez dokaza, jer se u zemlji radi s izmjerenim i dokumentiranim vrijednostima.

Nedostaci i mapa donesenih odluka

Svaki nedostatak zemljanih radova ima adresu u fazi koja mu je prethodila. Slab modul stišljivosti pokazuje tlo koje se previše deformira pod opterećenjem i daje neravnomjerna slijeganja i pukotine. Nepogodna granulometrija nasipa pokazuje materijal koji se ne može pravilno zbiti i koji s vremenom gubi volumen. Previše mokar materijal pokazuje zbijanje po lošem vremenu koje daje privid čvrstoće, a nakon sušenja slijeganje. Nedovoljno zbijanje pokazuje ravnu površinu iznad rastresitih dubinskih slojeva.

Game Master te znakove čita kao mapu odluka donesenih dok je tlo bilo otvoreno. Najskuplji nedostatak zemljanih radova se otkriva nakon što opterećenje objekta dođe na tlo, jer se tada slijeganje rješava jedino zahvatom u konstrukciju iznad. Nedostatak drenaže i nezaštićen iskop stvaraju lanac problema, od urušenih rubova preko zasićenog dna do izgubljene kote, a svaki od njih se poslije krpa uz veći trošak od dana koji bi ga spriječio.

Kako tražiti ispravak bez gubljenja autoriteta

Ispravci u zemljanim radovima imaju rok trajanja koji istječe u trenutku zatrpavanja. Ispravak dna iskopa dok je otvoreno košta pripremu i mjerenje. Isti ispravak nakon zatrpavanja i betoniranja traži ponovni iskop kroz izvedeno. Zato Game Master traži ispravak dok je teren otvoren, i to kriterijem umjesto molbe. Umjesto ocjene da nešto ne valja, traži da modul stišljivosti dosegne projektiranu vrijednost, da materijal odgovara granulometriji, da je zbijanje izvedeno slojevito i da je kota dokazana snimkom.

Kad se pojavi pritisak da se nastavi bez ispravka, reakcija prolazi kroz predvidive faze. Nijekanje dolazi kao tvrdnja da tlo drži i da se to vidi. Umanjivanje dolazi kao procjena da je odstupanje lokalno. Zamjena dolazi kao prijedlog parcijalnog rješenja, više betona, deblji sloj ili jače nabijanje odozgo. Game Master zna da parcijalno rješenje u tlu rijetko rješava uzrok, jer problem koji je u tlu traži rješenje u tlu. Kroz te faze prolazi s jednim pitanjem: postoji li mjerenje koje dokazuje nosivost i kotu prema projektu. Taj odgovor traži zapisnik i snimku.

Autoritet u zemljanim radovima dolazi iz spremnosti da se radovi zaustave dok stanje ne bude prikladno. Svaki put kad se traži dokaz nosivosti umjesto usmene ocjene, standard za sve sljedeće faze raste, a dokumentacija koja nastane štiti sve sudionike u svakom kasnijem sporu. Svaki put kad se tlo pusti bez mjerenja, greška se zatvori pod nasipom i vrati se kroz slijeganje, kad je ispravak najskuplji.

Tri točke odlučivanja

CHECKLISTA 1: UVJETI PRIJE POČETKA IZVEDBE

- Geotehnički elaborat na temelju istražnih radova poznat, projektiranje prema HRN EN 1997
- Modul stišljivosti tražen po elementu, metode ispitivanja i vrijednosti definirane
- Organizacija iskopa definirana, redoslijed, odlaganje materijala i pristupi riješeni
- Plan privremene odvodnje pripremljen, potopne pumpe ispravne i spremne
- Sigurnosne mjere za iskope definirane, kosine i podgrađivanje predviđeni
- Iskolčenje provedeno, kote i osi geodetski prenesene i kontrolirane

CHECKLISTA 2: KONTROLA TIJEKOM IZVOĐENJA

- Dno iskopa nosivo, čisto i stabilno, bez tragova kotača i stajaće vode
- Kosine stabilne ili podgrađene, udaljenost strojeva od ruba poštovana
- Materijal razdvojen, geotekstil postavljen gdje projekt traži
- Zamjena tla i nasip ugrađeni slojevito, svaki sloj zbijen prije sljedećeg
- Modul stišljivosti i zbijenost izmjereni po sloju i po površini
- Kote i nagibi kontrolirani nivelirom, odstupanja korigirana prije zatrpavanja

CHECKLISTA 3: NEDOSTATCI I PRIMOPREDAJA

- Modul stišljivosti dokazan za svaki element prema projektiranoj vrijednosti
- Granulometrija ugrađenog materijala usklađena s projektom i dokumentirana
- Zbijenost nasipa i tampona dokazana mjerenjem po sloju
- Drenaža izvedena gdje projekt traži, odvodnja funkcionalna
- Kote dna, tampona i nasipa dokazane geodetskom snimkom
- Zapisnici ispitivanja i snimke u tehničkom dosijeu prije zatrpavanja

Puštanje i rez

Puštanje faze zemljanih radova znači prihvaćanje ponašanja tla za cijeli vijek objekta. To je tehnička odgovornost. Svaki sloj koji se zatrpa bez dokaza o zbijenosti i svaka kota koja ostane bez snimke ulaze u objekt kao pretpostavka koja se provjerava tek kad se pojavi slijeganje. Rez se radi dok je teren otvoren, dok ispravak košta pripremu i mjerenje. Game Master zna: tlo koje danas prihvatimo bez dokaza nosi svaku svoju nepoznanicu kroz svaku etažu iznad, a razliku koju stvori pokazuje kao pukotinu na mjestu koje je izvedeno besprijekorno.

Pogled unaprijed

Zemljani radovi se kreću prema odluci koja se donosi na temelju podataka prije nego stroj krene. Opsežniji istražni radovi, statička penetracija sa senzorima i geofizičke metode daju neprekinut profil tla i smanjuju vjerojatnost da leća slabijeg tla ostane neotkrivena do iskopa. Trošak dodatne istrage ostaje malen prema trošku izmjene na otvorenom iskopu i prema trošku sanacije nakon useljenja.

Strojevi prelaze na upravljanje prema modelu terena. Bageri i grejderi s GNSS prijemnicima rade prema projektiranim kotama u stvarnom vremenu, s odstupanjem koje se prikazuje operateru dok radi, čime se smanjuje broj naknadnih korekcija. Zbijanje se prati mjeračima na valjku koji bilježe postignutu vrijednost po prolazu, pa dokaz o zbijenosti nastaje već tijekom rada.

Praćenje i dokumentiranje se sele u digitalni model gradilišta u kojem tlo, iskop, nasip, zbijanje i odvodnja postaju dio istog sustava koji se prati kroz vrijeme. Svaka odluka ostavlja trag i tehnički i ugovorno, pa dokaz o stanju tla u trenutku zatrpavanja ostaje dostupan pri svakoj kasnijoj raspravi o slijeganju.

Za voditelja projekta ti razvoji nose jedno praktično pitanje: je li tlo shvaćeno kao stavka iskopa u kubicima ili kao osnova koja se dokazuje mjerenjem. Prvi model daje količinu iskopa i cijenu po kubiku. Drugi model daje istražne radove primjerene objektu, dokazanu zbijenost po sloju, praćenu odvodnju i kote potvrđene snimkom. Projekti koji rade po drugom modelu ulaze u temeljenje bez nepoznanica ispod kote nula i sa znatno manjim

rizikom slijeganja nakon useljenja. Tu je prednost za onoga tko taj trošak stavi na sami početak.

....

TEMELJENJE

„Ma ja ti znam sve raditi“

Perspektiva majstora

Kad kopam temelje, znam da radim jedini dio objekta koji poslije više nitko neće vidjeti i koji će teško netko moći kasnije popraviti. Sve iznad temelja se može mijenjati, obnavljati i prilagođavati. Temelj ostaje tamo gdje sam ga ostavio i takav je sve do kraja vijeka zgrade.

Najveća zabluda je da je temelj beton u rupi. Temelj je spoj konstrukcije i tla, a od ta dva partnera tlo je ono koje diktira uvjete. Beton radi ono što mu projektant zada, a tlo radi ono što je radilo tisućama godina prije nego smo došli. Moj posao je razumjeti što tlo može podnijeti i predati mu opterećenje na način koje ono prihvaća.

Zato temelj gledam odozdo prema gore. Prvo tlo, pa priprema, pa geometrija, pa beton. Tko krene obrnutim redom mora prihvatiti svu silu potencijalnih problema.

Tlo i priprema temeljnog tla

Prije nego išta betoniram, gledam što je na dnu iskopa. Geomehanički elaborat govori što bi tamo trebalo biti, a moje oči i alat govore što tamo stvarno jest. Ta dva podatka se slože u većini slučajeva, a slučajevi u kojima se raziđu su upravo oni koji kasnije stvaraju probleme. Nasuta zemlja koja je ostala izvan elaborata, leća gline usred šljunka, stara instalacija ili temelj ranijeg objekta, sve to mijenja ponašanje tla ispod mog temelja.

Dno iskopa mora ostati netaknuto i suho. Stroj koji prekopa dublje od projektirane kote razrahli tlo koje je do tada bilo zbijeno, a to razrahljeno tlo se slegne pod opterećenjem. Prekop se popunjava mršavim betonom, jer zemlja vraćena u iskop bude slabija od tla koje je već bilo tamo. Voda koja stoji na dnu iskopa razmekšava glinu i ispire sitne čestice iz šljunka, pa iskop dreniram i pumpam prije nego temeljno tlo izgubi svojstva.

Kad projekt traži poboljšanje tla, radim ga u slojevima. Nasip se ugrađuje u slojevima debljine dvadeset do pedeset centimetara ovisno o materijalu i o stroju kojim zbijam, a svaki sloj se zbija do tražene zbijenosti prije nego dođe sljedeći. Zbijanje debljeg sloja odjednom daje zbijenu površinu i rahlu sredinu, a to se otkriva tek kad dođe opterećenje. Tampon od drobljenog kamena ispod temeljne ploče izjednačava podlogu i daje ravnomjerniji prijenos opterećenja.

Na kraju pripreme ide podložni beton, sloj mršavog betona debljine oko deset centimetara koji zatvara temeljno tlo, daje ravnu podlogu za armaturu i štiti dno iskopa od kiše i prometa. Armatura položena izravno na zemlju gubi zaštitni sloj i počinje korodirati prije nego objekt bude dovršen.

Plitko temeljenje

Temelji samci nose pojedinačne stupove i prenose koncentrirano opterećenje na tlo preko proširene stope. Oblik je najčešće kvadratna ili pravokutna ploča, a kod većih opterećenja stopa dobiva stepenasti ili kosi oblik. Kad su stope blizu jedna drugoj ili kad su opterećenja nejednaka, povezuju se veznim gredama koje izjednačavaju pomake i preuzimaju momente.

Trakasti temelji nose zidove i nizove stupova i pružaju se kontinuirano ispod nosivog elementa. Širina trake proizlazi iz opterećenja i iz dopuštenog naprezanja tla, a visina iz uvjeta da se opterećenje raširi pod dopuštenim kutom. Kod nosivih zidova od opeke ili betona traka je logičan izbor jer prati liniju opterećenja.

Temeljni roštilj nastaje kad se trake povežu u dva smjera i tvore mrežu. Takvo rješenje ima smisla kad je tlo neujednačeno jer roštilj raspoređuje opterećenje između traka i smanjuje razlike u slijeganju između pojedinih točaka.

Temeljna ploča nosi cijeli objekt jednom kontinuiranom pločom. Biram je kad je tlo slabije nosivosti, kad su opterećenja velika, kad je razina podzemne vode visoka ili kad podrum traži zatvorenu vodonepropusnu kadu. Ploča raspoređuje opterećenje na cijelu površinu i time smanjuje naprezanje u tlu, a istovremeno povezuje sve stupove u jednu cjelinu koja se giba zajedno. Debljina ploče proizlazi iz proboja oko stupova i iz momenata u poljima, pa kod većih objekata dolaze i zadebljanja ispod stupova.

Dubina temeljenja mora biti ispod zone smrzavanja. Tlo koje se smrzava diže temelj, a odmrzavanjem ga spušta. U kontinentalnom dijelu ta dubina ide od osamdeset centimetara do metar i dvadeset, ovisno o području i o vrsti tla. Uz to dubina mora biti ispod zone sezonskog bubrenja gline i ispod zone korijenja većeg raslinja.

Duboko temeljenje i pilotiranje

Kad nosivo tlo leži duboko ili kad su opterećenja prevelika za plitko temeljenje, opterećenje se prenosi dublje pilotima. Pilot radi na dva načina, trenjem po plaštu i osloncem na vrhu, a udio svakog od njih ovisi o tlu kroz koje pilot prolazi i o sloju u koji ulazi vrhom.

Bušeni piloti izvode se bušenjem tla i betoniranjem u izbušenu rupu. Kad je tlo nestabilno ili kad ima vode, bušotina se štiti čeličnom zaštitnom cijevi ili isplakom od bentonita koja drži stijenke. Armaturni koš se spušta u bušotinu prije betoniranja, a beton se ugrađuje kroz kontraktor cijev odozdo prema gore tako da istiskuje isplaku i da beton ostane čist. Kod tog postupka vadim zaštitnu cijev postupno, uvijek s dovoljno betona iznad njenog donjeg ruba. Prebrzo vađenje stvara suženje ili prekid u tijelu pilota.

Piloti izvedeni kontinuiranim spiralnim svrdlom buše i betoniraju u jednom postupku. Svrdlo se buši do projektne dubine, a beton se pumpa kroz šuplju os svrdla dok se ono povlači, pa tlo nema priliku urušiti se. Armaturni koš se kod tog postupka utiskuje u svježi beton. Metoda je brza i ne previse bučna, pa ima smisla u gradskim uvjetima.

Zabijeni i utisnuti piloti se ugrađuju pomicanjem tla umjesto vađenjem. Prefabricirani betonski ili čelični pilot zabija se maljem ili utiskuje prešom, čime se okolno tlo zbija i nosivost raste. Zabijanje proizvodi buku i vibracije, pa u naseljenom području tražim utiskivanje ili drugu metodu. Mikropiloti malog promjera se koriste za podbetoniranje postojećih temelja, za rad u skučenom prostoru i za sidrenje na uzgon.

Pilote povezujem naglavnom gredom ili naglavnom pločom koja preuzima opterećenje stupa i raspoređuje ga na skupinu pilota. Glava pilota se prije toga otkopava i otkida do

zdravog betona jer je gornji dio pilota redovito onečišćen isplakom i slabijim betonom koji je istisnut prema gore.

Zaštita građevne jame

Duboki iskop traži zaštitu jer tlo bez podupiranja klizi i povlači sa sobom okolne objekte i prometnice. Najjednostavnije rješenje je iskop u nagibu, pod kutom koji tlo drži samo, ali on traži prostor koji u gradu redovito nedostaje.

Berlinski zid izvodim od čeličnih profila zabijenih ili ubetoniranih u razmacima, a između njih ide drvena ili betonska ispuna koja se ugrađuje kako iskop napreduje. Rješenje je brzo i ekonomično u suhom tlu iznad razine podzemne vode.

Zagatne stijene od čeličnih talpi se zabijaju ili utiskuju u tlo i međusobno spajaju bravama u kontinuiranu stijenu. Takva stijena zaustavlja i vodu, pa ima smisla ispod razine podzemne vode i uz vodotoke. Talpe se poslije mogu izvaditi i ponovno upotrijebiti.

Dijafragma je armiranobetonski zid izveden u tlu, u rovu koji drži bentonitna isplaka, u lamelama koje se međusobno povezuju. Ona nosi i vertikalno opterećenje, zaustavlja vodu i najčešće ostaje kao konačni podrumski zid. Biram je kod dubokih iskopa uz postojeće objekte jer daje najmanje pomake okolnog tla. Zaštitna konstrukcija od pilota u nizu, dodirnih ili preklopnih, daje sličan učinak i izvodi se opremom koja je dostupnija.

Sve te stijene traže podupiranje. Razupore od čeličnih cijevi upiru se u suprotnu stranu jame, a geotehnička sidra prenose silu u tlo iza stijene. Sidro se buši, injektira i prednapinje na projektnu silu, a ta se sila kontrolira ispitivanjem prije puštanja. Podupiranje pratim kako iskop napreduje jer se stijena savija upravo u trenutku kad se ispred nje ukloni tlo, a prije nego se postavi sljedeći red podupiranja.

Vodu iz jame kontroliram drenažom i crpljenjem, a kod jačeg dotoka sniženjem razine podzemne vode bunarima ili iglofilterima. Crpljenje vode iz tla oko jame slegne to tlo, pa gdje su okolni objekti osjetljivi biram vodonepropusnu zaštitu i tako zadržavam razinu vode izvan jame nepromijenjenom.

Diferencijalna slijeganja

Svaki objekt slegne. To je normalno i projekt to predviđa. Problem nastaje kad se različiti dijelovi objekta slegnu različito, jer tada konstrukcija dobiva naprezanja koja projekt naziva prisilnim i koja se pojavljuju kao pukotine, zakošeni okviri i zapinjanje vrata.

Razlike u slijeganju dolaze iz razlika u tlu ispod objekta. Jedan dio zgrade sjedi na šljunku, drugi na glini. Jedan dio na izvornom tlu, drugi na nasipu iz ranijeg zahvata. Jedan dio je iznad stare jame koja je zatrpana, drugi na zdravom tlu. To su situacije koje se otkrivaju u iskopu, a rijetko prije njega, pa dno iskopa gledam kao zadnju priliku da se odluka o temeljenju provjeri.

Razlike dolaze i iz same konstrukcije. Visoki dio objekta i niski aneks uz njega prenose različito opterećenje na isto tlo i sliježu različito. Rješenje je dilatacija koja te dijelove razdvaja tako da svaki slegne po svome, ili ujednačavanje temeljenja tako da naprezanje u tlu bude slično ispod oba dijela.

Kad na dnu iskopa vidim promjenu tla, zaustavljam se i zovem geomehaničara. To je trenutak u kojem promjena projekta temeljenja košta dan zastoja. Isti taj podatak, otkriven

nakon što je objekt izveden, košta sanaciju injektiranjem, podbetoniranje ili mikropilote kroz gotovu ploču.

„MOŽE, ALI...“

Perspektiva nadzornog inženjera

Uvjeti početka

Radovi na temeljenju smiju započeti tek kada postoji geotehnički elaborat izrađen na temelju istražnih radova na toj lokaciji i kada je projekt temeljenja usklađen s njegovim zaključcima. Istražni radovi obuhvaćaju bušotine, terenska ispitivanja poput statičke penetracije i standardnog penetracijskog pokusa te laboratorijska ispitivanja uzoraka. Broj i dubina istražnih mjesta moraju pokriti tlocrt objekta i doseći sloj koji prima opterećenje, a projektiranje se provodi prema normi HRN EN 1997 koja uređuje geotehničko projektiranje.

Prije iskopa mora biti riješena zaštita građevne jame, odvodnja i utjecaj na okolne objekte. Za iskope uz postojeće građevine projekt propisuje dopuštene pomake i način njihova praćenja. Nadzor provjerava postoji li projekt zaštite jame s proračunom i planom praćenja prije nego stroj uđe u iskop, jer se stabilnost jame dokazuje samo izračunom.

Iskolčenje temelja i kote dna iskopa moraju biti geodetski preneseni i kontrolirani. Kota dna iskopa određuje debljinu svih slojeva iznad, pa prekop ispod projektirane kote traži popunjavanje mršavim betonom do projektirane kote, uz trošak koji raste s dubinom prekopa.

Provjera tla i materijala

Nosivost temeljnog tla potvrđuje se na dnu iskopa prije betoniranja. Geomehaničar ili ovlaštena osoba pregledava dno, uspoređuje zatečeno tlo s pretpostavkama elaborata i izdaje pisanu potvrdu o nosivosti. Ta potvrda je uvjet za nastavak, a promjena zatečenog stanja u odnosu na elaborat traži izmjenu projekta temeljenja prije nego se betonira.

Zbijenost nasipa i tampona dokazuje se mjerenjem. Kružna ploča daje modul stišljivosti i odnos ponovljenog i prvog opterećenja, a laboratorijski Proctorov pokus daje maksimalnu suhu gustoću prema kojoj se izražava postignuti stupanj zbijenosti. Projekt propisuje traženu vrijednost za svaki sloj, a nadzor traži mjerenje po sloju i po zadanoj površini. Mjerenje samo na završnom sloju daje podatak o vrhu nasipa i ostavlja donje slojeve nedokazanima.

Beton za temelje mora imati razred tlačne čvrstoće i razred izloženosti prema projektu. Temelji u tlu izloženi su vlazi i mogućem agresivnom djelovanju, pa razredi izloženosti obuhvaćaju karbonatizaciju i kemijsko djelovanje tla i podzemne vode. Kad ispitivanje pokaže agresivno tlo ili vodu, projekt propisuje odgovarajući cement i deblji zaštitni sloj. Zaštitni sloj armature u temeljima veći je od uobičajenog u nadzemnim dijelovima, a kod betoniranja izravno na tlo traži se dodatno povećanje.

Armatura, distanceri i podložni beton se kontroliraju prije zatvaranja. Distanceri moraju držati koš na projektiranom razmaku od podloge i od oplate kroz cijelo betoniranje. Koš koji sjedne na podložni beton gubi zaštitni sloj na dnu, a to je mjesto koje je trajno nedostupno za popravak.

Kontrola tijekom izvođenja

Kod pilota nadzor prati svaki pilot pojedinačno kroz dnevnik izvedbe. Dnevnik sadrži dubinu bušenja, opis tla po dubini, vrijeme betoniranja, ugrađenu količinu betona i položaj armaturnog koša. Odstupanje ugrađene količine betona od teorijske pokazuje suženje ili proširenje tijela pilota, a to je prvi podatak koji upozorava na problem. Izvedba se provodi prema normama za bušene pilote, za pilote izvedene pomicanjem tla i za mikropilote, ovisno o odabranoj tehnologiji.

Kakvoća izvedenih pilota dokazuje se ispitivanjima. Ispitivanje integriteta niskim deformacijama otkriva prekide, suženja i promjene presjeka po dužini pilota i provodi se na dogovorenom udjelu izvedenih pilota. Ispitivanje ultrazvukom kroz ugrađene cijevi daje detaljniju sliku i primjenjuje se kod pilota velikog promjera. Nosivost se dokazuje probnim opterećenjem, statičkim ili dinamičkim, na broju pilota koji propisuje projekt.

Geotehnička sidra ispituju se prije puštanja u funkciju. Svako sidro se napinje na ispitnu silu i prati se pomak glave sidra u vremenu, a rezultat se uspoređuje s kriterijem prihvaćanja iz projekta. Sidro koje pokaže preveliko puzanje se odbacuje ili zamjenjuje. Nadzor traži zapisnik napinjanja za svako sidro.

Pomaci zaštitne konstrukcije i okolnih objekata prate se geodetski u ciklusima zadanim projektom. Mjerenja se uspoređuju s graničnim vrijednostima, a projekt propisuje postupak kad se dosegne razina upozorenja. Kod osjetljive okoline u praćenje ulaze i inklinometri u tlu i mjerači pomaka na pukotinama susjednih zgrada. Nadzor osigurava da praćenje traje kroz cijelo razdoblje otvorene jame.

Slijeganje objekta prati se geodetski na reperima ugrađenim u konstrukciju, u ciklusima koji prate napredovanje opterećenja. Rezultat se prikazuje kao niz kroz vrijeme, a razlika slijeganja između susjednih oslonaca uspoređuje se s dopuštenim relativnim zaokretom iz projekta. Za uobičajene zgrade granica pri kojoj se očekuju oštećenja pregrada leži oko jedne petstotine relativnog zaokreta, a približavanje toj vrijednosti traži reakciju prije nego oštećenja nastanu.

„AHA, ZATO SE TO STALNO PONAVLJA“

Perspektiva Game Mastera

Temeljenje proizvodi izgovore koji se oslanjaju na nevidljivost. Sve što se dogodi ispod kote nula postaje nedostupno u trenutku kad se zatrpa, a dokaz o tome što je tamo ostaje jedino u zapisniku. Gdje ima zapisnika, nema rasprave. Gdje nema zapisnika, rasprava traje godinama i često završi vještačenjem.

Game Master ovdje gleda dva trenutka. Prvi je pregled dna iskopa, jer je to jedina prilika da se zatečeno tlo usporedi s pretpostavkom projekta. Drugi je zatrpavanje, jer nakon njega svaka provjera traži ponovni iskop.

Izgovori i njihov pravi uzrok

Izgovor da se po tlu vidi da je nosivo dolazi na dnu iskopa, kad se pregled želi svesti na pogled iskusnog oka. Nosivost tla je računska veličina koja proizlazi iz ispitivanja, a vizualni pregled potvrđuje slaganje sa zaključcima elaborata. Kad zatečeno tlo odstupa od elaborata, potreban je novi zaključak stručne osobe i pisana potvrda. Temelj izveden na tlu čija nosivost ostaje nedokazana prenosi taj nedostatak dokaza na sve što dolazi iznad.

Izgovor da je slijeganje normalno dolazi kad se pojave prve pukotine i kad ih se želi pripisati očekivanom ponašanju objekta. Ukupno slijeganje ulazi u projekt i doista je očekivano. Razlika slijeganja između susjednih oslonaca je ono što stvara naprezanja i pukotine, pa Game Master traži izmjerene vrijednosti na reperima i usporedbu s dopuštenim relativnim zaokretom. Ta usporedba razlikuje slijeganje koje je predviđeno od slijeganja koje traži zahvat.

Izgovor da će se produbiti pa će nosivost biti dobra dolazi kad se na dnu iskopa naiđe na slabije tlo i kad se rješenje traži u dodatnom iskopu bez izmjene projekta. Produbljenje mijenja dubinu temeljenja, a time i pretpostavke proračuna, opterećenje na tlo i odnos prema susjednim temeljima koji ostaju na izvornoj koti. Game Master taj izgovor čita kao trenutak u kojem se projektna odluka donosi na dnu iskopa, bez proračuna i bez potpisa, a posljedica te odluke pojavljuje se kao razlika slijeganja između dijelova objekta koji stoje na različitim dubinama.

Nedostaci i mapa donesenih odluka

Svaki nedostatak temeljenja ima adresu u odluci donesenoj ispod kote nula. Pukotine koje se šire prema gore i koje su šire pri vrhu pokazuju razliku slijeganja između oslonaca. Slijeganje jednog dijela objekta pokazuje nasip, staru jamu ili leću slabijeg tla ispod tog dijela. Prodor vode u podrum pokazuje zaštitu jame koja je propuštala ili vodonepropusnu izvedbu koja je popustila na radnoj reški. Pilot koji na ispitivanju pokaže prekid pokazuje prebrzo vađenje zaštitne cijevi ili betoniranje s premalom količinom betona iznad njenog ruba.

Game Master te znakove čita kao mapu odluka o tome gdje je dokaz izostao. Najskuplji nedostatak temeljenja nastaje kad se problem pojavi nakon useljenja, jer sanacija tada ulazi u objekt koji se koristi. Injektiranje tla, podbetoniranje temelja i mikropiloti kroz gotovu ploču su tehnički izvedivi zahvati, a njihova cijena i trajanje višestruko premašuju trošak izmjene projekta koja je bila moguća dok je iskop bio otvoren.

Kako tražiti ispravak bez gubljenja autoriteta

Prozor za ispravak kod temeljenja je najveći na dnu otvorenog iskopa i zatvara se betoniranjem. Izmjena projekta temeljenja dok je iskop otvoren košta par dana zastoja i novi proračun. Ista izmjena nakon betoniranja košta rušenje izvedenog. Nakon izvedbe konstrukcije iznad, izmjena ulazi u područje sanacije koja se izvodi uz objekt u funkciji.

Kad se na dnu iskopa pojavi tlo koje odstupa od elaborata, reakcija prolazi kroz predvidive faze. Nijekanje dolazi kao tvrdnja da se vidi da tlo ima nosivost. Umanjivanje dolazi kao procjena da je razlika samo lokalna i da će je ploča premostiti. Zamjena dolazi kao prijedlog da se produbi ili da se doda armatura. Game Master kroz te faze prolazi s jednim pitanjem: postoji li pisana potvrda stručne osobe da zatečeno tlo odgovara pretpostavkama projekta. Taj odgovor traži nečiji potpis.

Autoritet se ovdje gradi zaustavljanjem u pravom trenutku. Zaustaviti betoniranje temelja zbog promjene tla na dnu iskopa je odluka koja košta jedan dan i koja se pamti kao ozbiljnost. Nastaviti betoniranje uz nadu je odluka koja se pamti u vještačenju. Svaki put kad se traži pisana potvrda nosivosti umjesto usmene ocjene, standard za sve sljedeće faze raste, a dokumentacija koja nastane štiti sve sudionike u svakom kasnijem sporu.

Tri točke odlučivanja

CHECKLISTA 1: UVIJETI PRIJE POČETKA IZVEDBR

- Geotehnički elaborat izrađen na temelju istražnih radova na toj lokaciji, dubina istraga doseže nosivi sloj
- Projekt temeljenja usklađen sa zaključcima elaborata i izrađen prema HRN EN 1997
- Projekt zaštite građevne jame s proračunom, odvodnjom i planom praćenja pomaka
- Snimljeno stanje okolnih objekata i instalacija prije početka iskopa
- Iskolčenje temelja i kote dna iskopa geodetski preneseni i kontrolirani
- Plan mjerenja zbijenosti po slojevima definiran s traženim vrijednostima
-

CHECKLISTA 2: KONTROLA TIJEKOM IZVOĐENJA

- Dno iskopa pregledano, zatečeno tlo usporedeno s elaboratom, pisana potvrda nosivosti izdana
- Prekop popunjen mršavim betonom do projektirane kote, dno suho i očišćeno
- Zbijenost nasipa i tampona izmjerena po sloju, rezultati unutar traženih vrijednosti
- Podložni beton izveden, armatura na distancerima s projektiranim zaštitnim slojem
- Dnevnik izvedbe pilota vođen po pilotu, ugrađena količina betona uspoređena s teorijskom
- Geotehnička sidra napeta i ispitana prije puštanja, zapisnik za svako sidro

CHECKLISTA 3: NEDOSTATCI I PRIMOPREDAJA

- Ispitivanje integriteta pilota provedeno na propisanom udjelu, rezultati prihvaćeni
- Probno opterećenje pilota izvedeno na broju koji propisuje projekt
- Pomaci zaštitne konstrukcije i okolnih objekata praćeni kroz cijelo razdoblje otvorene jame
- Reperi za praćenje slijeganja ugrađeni u konstrukciju, nulti ciklus izmjeren
- Sva odstupanja od projekta riješena uz pisanu suglasnost projektanta prije zatrpavanja
- Fotodokumentacija dna iskopa, armature i izvedenih elemenata prije zatvaranja

Puštanje i rez

Puštanje faze temeljenja znači prihvaćanje tla i izvedbe koji od tog trenutka postaju nedostupni. Svaka pretpostavka koja ostane nedokazana ispod kote nula ostaje tamo kroz cijeli vijek objekta, a provjerava se tek kad se pojavi pukotina koja traži svoj uzrok. Rez se radi na dnu otvorenog iskopa, dok promjena projekta košta par dana zastoja i novi proračun. Game Master zna: tlo koje danas prihvatimo bez pisane potvrde vodi svaku svoju nepoznanicu kroz svaku etažu iznad, a razlika u slijeganju koju stvori se pojavljuje kao pukotina na mjestu koje je izvedeno besprijekorno.

Pogled unaprijed

Temeljenje se kreće prema opsežnijim istražnim radovima i prema kontinuiranom praćenju umjesto povremene provjere. Statička penetracija sa senzorima daje neprekinuti profil

otpora po dubini i otkriva slojeve koje bušotina na susjednoj poziciji propušta. Geofizičke metode daju sliku između bušotina i smanjuju vjerojatnost da leća slabijeg tla ostane neotkrivena do iskopa. Trošak dodatne istrage ostaje malen prema trošku izmjene projekta na otvorenom iskopu.

Tehnologije poboljšanja tla šire primjenu na lokacijama koje su ranije tražile duboko temeljenje. Šljunčani stupovi, dubinsko miješanje veziva s tlom i injektiranje omogućuju da se slabije tlo dovede na nosivost koja prihvaća plitko temeljenje. Odluka između poboljšanja tla i pilota postaje računica koja ulazi rano u projekt, a njezini ulazni podaci dolaze iz istražnih radova.

Praćenje pomaka seli se prema automatiziranim sustavima. Robotizirane totalne stanice mjere prizme na zaštitnoj konstrukciji i na okolnim objektima u zadanim intervalima i šalju upozorenje čim izmjerena vrijednost prijeđe razinu koju propisuje projekt. Takav sustav skraćuje vrijeme između nastanka pomaka i reakcije, a to vrijeme je upravo ono što odlučuje hoće li pomak ostati mjerni podatak ili postati šteta.

Za voditelja projekta ti razvoji nose jedno praktično pitanje: je li temeljenje planirano kao stavka troškovnika ili kao odluka koja se donosi na temelju dokaza. Temeljenje kao stavka ima količinu betona i cijenu po kubiku. Temeljenje kao odluka ima istražne radove primjerene objektu, pregled dna iskopa s pisanom potvrdom, dokazanu zbijenost po slojevima i praćenje slijeganja kroz razdoblje opterećivanja. Projekti koji rade po drugom modelu imaju manji broj izmjena na otvorenom iskopu i znatno manji rizik sanacije nakon useljenja. Tu je prednost za onoga tko taj trošak stavi na početak.

….

HIDROIZOLACIJA

„Ma ja ti znam sve raditi“

Perspektiva majstora

Kad radim hidroizolaciju, znam jednu stvar o vodi. Ona sama stvori pukotinu tamo gdje je nema. Ako joj ostaviš milimetar, uzet će centimetar Hidroizolacija je jedini sloj koji mora biti savršen upravo zbog toga što se nikad neće vidjeti. Sve što dođe na nju: keramika, estrih, parket, gips, to su slojevi koji skrivaju jednu jednostavnu odluku. Odluku koja diktira koliko ću štete platiti i u kojem trenutku.

Ja hidroizolaciju gledam kao najjaču liniju obrane. Ako ta linija pukne, nastanu kolateralne žrtve. Zid, beton, keramika, knauf, termoizolacija,izolacija. Sve to postaje žrtva jedne odluke koja je donijeta dok je još bila dostupna za ispravak.

Vrste hidroizolacijskih sustava i gdje se svaka koristi

Svaki sustav radi na drugačijem principu, koristi se na drugačijim mjestima i traži drugačiji pristup pri ugradnji te se ne smiju miješati i tretirati jednako.

Bitumenska membrana varenjem je standard za ravne krovove, terase i balkone s betonskom podlogom, podrumske ploče i temelje. Dolazi u rolama debljine od 3 do 5 mm, u SBS ili APP modificiranoj varijanti. SBS membrana je elastičnija i pogodnija za klimatski zahtjevnija područja jer ostaje savitljiva pri niskim temperaturama. APP je krući i otporniji na visoke temperature pa se češće koristi na izloženim krovovima bez zaštitnog sloja. Ugradnja ide po principu odmotavanja role i varenja plamenikom odozdo. Plamenik grije donju stranu membrane dok ne postane ljepljiva i tada se rola lijepi za podlogu ili za prethodni sloj. Ključ je ritam. Previše zagrijavanja razgrađuje polimer, premalo daje hladni spoj. Rub valjanog komada mora imati vidljiv bitan rubac bitumena koji potvrđuje da je toplina stigla do spoja. Rubac potvrđuje da je spoj zavaren, a njegov izostanak pokazuje neispitan spoj. Preklopi su minimalno 10 cm u poprečnom smjeru i 15 cm na spojevima rola. Na detaljima kao što su prodori, kutovi i slivnici uvijek ide pojačani sloj membrane ili armirana traka prije glavnog sloja.

Samoljepljiva bitumenska membrana se koristi tamo gdje pravila zabranjuju otvoreni plamen ili gdje je prostor ograničen za rad s plamenikom. Tipična primjena su podrumski zidovi, temeljne ploče u stambenim objektima i unutarnji prostori. Ugradnja je brža od varene, ali zahtjeva stroži standard podloge jer nema topline koja bi kompenzirala

kontaktnu nesavršenost. Podloga mora biti ravna, suha, bez prašine i masnoće i premazana odgovarajućim primerom. Primer se nanosi valjkom i mora biti potpuno suh prije postavljanja membrane. Membrana se odmotava, zaštitna folija se skida i membrana se pritišće rukom ili valjkom od sredine prema rubovima. Svaki mjehurić koji ostane je slabost jer ispod njega membrana nema kontakt s podlogom i pri hidrostatskom tlaku se odvaja.

Tekuće hidroizolacije na bazi poliuretana najčešća su primjena u kupaonicama, mokrim čvorovima, balkonima i terasama s keramičkim završnim slojem i na mjestima složene geometrije gdje membrane ne mogu pratiti oblik. Dolaze jednokomponentno ili dvokomponentno. Jednokomponentne se nanose valjkom, četkom ili špatelom i skrućuju reakcijom s atmosferskom vlagom. Temperature ispod 5 stupnjeva usporavaju reakciju do točke gdje sloj ostaje danima lepljiv, a relativna vlaga iznad 85 posto uzrokuje pojavu mjehurića jer vlaga uđe u sloj za vrijeme skrućivanja. Nanosi se u dva do tri prolaza, svaki u debljini od 0,5 do 1 mm, uz poštivanje vremena između prolaza prema tehničkom listu. Dvokomponentne se miješaju u propisanom omjeru komponentom A i B, tipično 1:3 ili 1:4 prema masi, i imaju kraći otvoreni rok od jednokomponentnih pa zahtijevaju brži rad. Kod obje varijante kritično je nanošenje na detalje. Kutovi se armiraju polipropilenskom trakom utisnutom u svježi sloj, prodori se obrađuju manžetama, a slobodni rubovi završavaju prirubnicom ili letvom koja osigurava završetak sloja.

Cementne hidroizolacijske mase se koriste u bazenima, fontanama, tehničkim prostorima s konstantnom vlagom i u podrumima gdje je kapilarna vlaga problem. Nanosi se četkom u dva do tri prolaza, svaki po prethodno suhom sloju. Debljina suhog sloja kreće se između 2 i 4 mm ovisno o primjeni. Cementna masa razvija adhezijsku čvrstoću prema betonu i bloku koja je viša od vlačne čvrstoće podloge, ali nema elastičnosti. Pukotina u podlozi od 0,2 mm i više prenosi se direktno u sloj i otvara ga. Zato se cementna masa koristi samo na konstrukcijama bez dilatacija i bez promjenjivih opterećenja. Na spojevima između zida i poda uvijek ide armirajuća traka utisnuta u prvi sloj jer je taj spoj zona različitih deformacija čak i na statičkim podlogama.

TPO sustav na ravnom krovu je sklopovni sustav koji ima vlastitu logiku slaganja i gdje redoslijed slojeva ostaje strogo zadan. Uz paronepropusnu foliju položenu uz betonsku ploču s propisanim preklopima i zaljepljenim spojevima butilnom trakom, dolazi termoizolacija, tipično mineralna vuna za prohodne krovove ili EPS za neprohodne, mehanički pričvršćena kroz paronpropusnu foliju u betonsku ploču. Broj i raspored sidara proizlazi iz izračuna koji uzima u obzir vjetrovnu zonu i visinu objekta. Na rubovima i uglovima koji su izloženiji negativnom tlaku vjetra broj sidara se udvostručuje ili utrostručuje prema proračunu. TPO membrana ide na termoizolaciju kao slobodno položena ili mehanički pričvršćena uz rubove, a na cijeloj plohi ostaje slobodna jer mora imati prostor za toplinsku dilataciju. Uz rubove, parapete, prodore, slivnike i dimnjake membrana se fiksira TPO limarijom koja je tvornički presvučena TPO materijalom i koja se s membranom zavaruje vrućim zrakom. Slivnici na TPO krovu moraju biti TPO kompatibilni jer svaki drugi slivnik bez odgovarajućeg prirubnog elementa daje spoj koji se ne može zavariti i koji propušta. Zavareni spoj između membrane i TPO lima ili slivnika odmah se provjerava po zavarivanju, sondom ili zakačivanjem, jer je to kritična točka gdje geometrija spoja odstupa od ravnine i gdje se greška ne može naknadno popraviti bez rezanja.

EPDM membrana dolazi u velikim komadima koji se režu na mjeru i koji minimiziraju broj spojeva na krovu. Primjena je ravni krov, zeleni krov i industrijski objekti. Ugradnja može biti slobodno položena s balastom od šljunka, mehanički pričvršćena uz rubove ili

zalijepljena punom površinom. Slobodnoležeća s balastom je najjeftinija metoda ali traži dovoljnu nosivost ploče za šljunak. Zalijepljena je skuplja ali daje krući sustav koji je bolji za prohodne krovove. Spojevi između komada se rade dvostrano samoljepljivom EPDM trakom ili tekućim EPDM ljepilom. Spoj trakom zahtijeva čistu i odmašćenu površinu i propisani pritisak valjkom bez zraka. Prodori i kutovi se rade s komadima EPDM-a koji se oblikuju toplinom i lijepe ljepilom. EPDM se ne vari vrućim zrakom i ne spaja s bitumenom bez prijelaznog elementa.

Miješanje sustava bez kompatibilnih prijelaznih elemenata i bez razumijevanja kemijske kompatibilnosti daje optički zatvorene spojeve koji funkcionalno propuštaju. Bitumen razara poliuretan s vremenom, EPDM ostaje kemijski nespojiv s akrilom i bitumenom, PVC i bitumen traže prijelazni element za spoj. Za svaki prijelaz između sustava postoji tvornički definirani prijelazni element ili masa i upravo zato te elemente treba naručiti i imati na gradilištu prije nego se krene raditi detalje.

Podloga

Hidroizolacija preuzima oblik podloge na koju se ugrađuje i sve njezine nedostatke. Vlažna podloga uzrokuje mjehuriće koji su mjesta kasnijih propuštanja. Masna podloga daje nulti kontakt. Pukotina u podlozi bez sanacije postaje pukotina u hidroizolaciji čim se podloga pomakne pod temperaturom ili opterećenjem. Oštri rubovi i kutovi stvaraju koncentraciju naprezanja u membrani.

Prijelazi između različitih materijala u podlozi su zone različitog ponašanja. Prijelaz betona na zid od blokova, ploče na zid, betona na drvo. Svaki takav prijelaz traži armiranu traku ili poseban detalj koji apsorbirira razliku u pomacima. Membrana koja kruto naliježe na dva materijala koji se različito pomiču, puca na spoju između njih. Pukotine u podlozi se saniraju elastičnim masama ili trakama koji mogu pratiti pomak podloge i tek tada ide hidroizolacijski sloj. Sve izbočine koje bi mogle probiti membranu se bruse ili popunjavaju.

Detalji

Ravna ploha je najlakši dio. Voda ulazi na rubovima, kutovima, prodorima i spojevima. Kutovi između horizontale i vertikale traže zaobljenje. Membrana savijena pod pravim kutom ima koncentraciju naprezanja u točki savijanja. Nakon dovoljno temperaturnih ciklusa ta točka postane pukotina. Zaobljenjem masom taj se problem eliminira, ali samo ako je zaobljenje napravljeno prije postavljanja membrane. Prodori traže tvornički pripremljene manžete, bez improvizacije s pjenom ili silikonom. Silikon gubi elastičnost, pjena gubi koheziju, a manžeta čuva funkcionalnost jer je projektirana upravo za taj spoj.

Spojevi membrana su mjesta gdje se mjeri disciplina izvedbe. Preklop koji je premali ne daje pouzdanu vezu. Preklop pravilne dužine koji ostane slabo pritisnut ili slabo zavaren ima liniju koja propušta pri prvom tlačnom opterećenju vodom. Kod bitumenskih membrana minimalni preklop ovisi o vrsti membrane, ali se kreće od 8 do 15 centimetara. Kod TPO i PVC membrana preklop se zavaruje i vizualno provjerava, a za kritična mjesta kao što su sljemena i rubovi izvodi se dupli zavar s kontrolom šupljine između.

Zaštita i ispitivanje

Hidroizolacija se najčešće ošteti nakon ugradnje. Hodanje po membrani, razastiranje betona ili estriha, montaža keramike, armiranje, sve su to operacije koje mogu probiti ili oštetiti sloj. Jednom probušena membrana ima slabost koja se ne vidi. Zaštitni sloj ide

odmah po ugradnji, bilo kao geotekstil, zaštitna ploča ili pješčani sloj, jer svaki sat bez zaštite je neosigurani rizik.

Ništa se ne zatvara bez provjere. Vodena proba za horizontalne plohe radi se propisano vrijeme s propisanom razinom vode. To je jedini trenutak kad greška još ima cijenu od sat rada. Propuštanje koje se otkrije pri ispitivanju znači dva sata popravka. Propuštanje koje se otkrije godinu dana nakon što je sve zatvoreno znači keramiku van, estrih van, zaštitni sloj van i tada traženje mjesta ulaza koje leži dalje od mjesta gdje se voda pojavljuje.

"MOŽE, ALI..."

Perspektiva nadzornog inženjera

Uvjeti početka

Hidroizolacija smije započeti tek kada su podloge konstruktivno izvedene i kada je vlažnost podloge izmjerena instrumentom i potvrđena unutar propisanih granica za odabrani sustav. Za bitumenske membrane koje se vare, vlažnost betona mora biti ispod 4 posto CM metodom. Za samoljepljive membrane granica je još stroža i kod nekih sustava iznosi 3 posto. Za tekuće hidroizolacije na cementnoj bazi podloga može biti vlažna ali ne zasićena. Za poliuretanske sustave podloga mora biti suha i čista od prašine i masnoće jer oba zagađivača smanjuju prionjivost gotovog sloja ispod dopuštene razine. Provjera instrumentom je minimalni standard.

Odabir sustava mora biti usklađen s tipom hidrauličkog opterećenja. Tlačna voda, koja se pojavljuje u podrumima ispod razine podzemne vode, zahtijeva membranu projektiranu za negativni i pozitivni tlak s otpornošću koja odgovara projektiranoj razini podzemne vode. Kapilarna vlaga traži drugačiji sustav koji sprječava difuziju, a povremena atmosferska voda traži treći tip koji je otporan na UV i temperaturne cikluse. Nadzor mora verificirati da projekt korektno identificira tip opterećenja i da odabrani sustav odgovara tom opterećenju. Hidroizolacija odabrana za pogrešan tip opterećenja može biti ispravno izvedena i svejedno biti pogrešna.

Svi prodori, rubovi, dilatacije i prijelazi moraju biti projektno razrađeni i poznati izvođaču prije početka. Svaki element koji prolazi kroz hidroizolacijski sloj je potencijalni ulaz vode i mora imati projektiranu manžetu ili detalj koji je kompatibilan s odabranom membranom. Nadzor koji dopusti da se prodor rješava improvizacijom na terenu prihvaća odgovornost za to mjesto jer upravo tamo počinje serija curenja koja se svaki put ponavlja.

Provjera materijala

Nadzorni inženjer prihvaća materijal uz ateste koji potvrđuju parametre relevantne za konkretnu primjenu. Za bitumenske membrane to znači debljinu u mm, vlačnu čvrstoću u N/50mm po normi HRN EN 12311, produljenje pri lomu u postocima i otpornost na probijanje korijenom prema HRN EN 13948 ako je membrana izložena zelenilu. Za TPO i PVC membrane atesti moraju sadržavati dimenzijsku stabilnost prema HRN EN 1107, otpornost na savijanje pri niskim temperaturama prema HRN EN 495 i duljinu trajnosti spoja zavarivanjem prema HRN EN 12316. Za tekuće sustave na bazi poliuretana ključni parametar je suha debljina sloja u mm i otpornost na tlačnu vodu u barima prema HRN EN 1928. Za cementne mase relevantna je adhezijska čvrstoća prema podlozi u N/mm2 i kapacitet premošćivanja pukotina u mm. Materijal bez atesta koji pokrivaju te parametre za konkretnu primjenu ide natrag bez rasprave.

Kontrola tijekom izvođenja

Debljina sloja je parametar koji se ne mjeri od oka. Kod tekućih sustava kontrolira se mokrim češljem pri nanošenju i sustavnim praćenjem potrošnje po kvadratu. Projektirana suha debljina poliuretanskog sustava je tipično između 1,5 i 2,5 mm, a dostiže se u dva do tri prolaza koji se nanose u pravilnim vremenskim razmacima prema tehničkom listu. Premali razmak između prolaza uzrokuje zatvaranje površine prije nego unutarnji sloj završi reakciju. Preveliki razmak uzrokuje gubitak međuslojne adhezije. Nadzor kontrolira temperature pri ugradnji jer poliuretanski sustavi trebaju temperaturu podloge iznad 5 stupnjeva i ispod 40, a relativnu vlagu zraka ispod 85 posto. Izvan tih granica reakcija skrućivanja se ne odvija prema specifikaciji.

Kod bitumenskih membrana nadzor kontrolira temperaturu vara plamenika pri varenju Hladni plamenik daje prividan spoj koji propušta pri prvom opterećenju, a vruć plamenik može razgraditi polimerne modifikatore u membrani i smanjiti njezinu elastičnost. Za SBS modificirane bitumenske membrane temperatura podloge pri varenju treba biti između 160 i 200 stupnjeva. Za APP modificirane razlika je manja i iznosi 190 do 220 stupnjeva. Vizualna kontrola spoja podrazumijeva da s ruba preklopa curi tanak bitumenski rubac koji dokazuje kontinuitet taljenja. Rubac potvrđuje zavaren spoj, a njegov izostanak pokazuje nedovoljno zavaren spoj. Nadzor provjerava i duljinu preklopa mjerenjem, minimalno svakih deset metara.

Kod TPO sustava nadzor kontrolira temperaturu zraka pri zavarivanju i brzinu prolaza grijača. Temperatura zraka pri zavarivanju TPO membrana iznosi tipično između 380 i 520 stupnjeva, a mjeri se termometrom integriranim u uređaj za zavarivanje. Spoj se provjerava odmah po zavarivanju sondom koja je umetnuta u kontrolnu šupljinu duplog zvara i napreže se do projektiranog tlaka od 1,5 do 2 bara. Pad tlaka pokazuje otvoren spoj. Za jednozavarni spoj provjera se radi zakačivanjem šiljastog alata pod kutem i povlačenjem duž ruba preklopa. Mjehurić ili popuštanje ruba znači nedovoljno zavareno.

Parna brana u TPO sustavu ima vlastiti standard kontrole. Nadzor provjerava je li parna brana položena s propisanim preklopima, tipično minimum 15 cm, i jesu li preklopi zalijepljeni butilnom ili akrilnom trakom bez prekida. Svaki prekid u parnoj brani je ulaz vodene pare koja kondenzira u termoizolacijskom sloju, smanjuje mu toplinsku vodljivost i s vremenom uzrokuje koroziju podkonstrukcije ispod. Termoizolacijski sloj ispod TPO membrane mora biti mehanički pričvršćen prema izračunu koji uzima u obzir vjetrovnu zonu i visinu objekta. Nepravilno dimenzioniranje broja sidara može dovesti do podizanja termoizolacije s membranom pri negativnom tlaku vjetra.

Zaštita membrane mora biti organizirana kao dio tijeka radova. Nadzor mora definirati zaštitne zone i osigurati da su zaštitne ploče dostupne i korištene od prvog dana izvedbe na položenom sloju. Svako oštećenje membrane koje nastane između ugradnje i zatvaranja zaštitnim slojem registrira se kao reklamacijska točka jer se ne može naknadno verificirati.

Ispitivanje mora biti dokumentirano. Vodena proba mora sadržavati razinu vode u centimetrima, trajanje u satima, datum i temperaturu zraka za vrijeme testa te ime i potpis odgovornog nadzornog inženjera. To je jedini dokument koji potvrđuje sukladnost sloja i koji ostaje u tehničkom dosijeu objekta kao dokaz pri eventualnoj kasnoj reklamaciji.

"AHA, ZATO SE TO STALNO PONAVLJA"

Perspektiva Game Mastera

Hidroizolacija je savršeno tlo za samozavaravanje jer njezin neuspjeh dolazi s odgodom. Sloj se položi, zatvori ga zaštitni sloj, estrih postavi, keramika se zalijepi i objekt izgleda završen i suh. Tada prolaze tjedni, godišnja doba, i tek kad se pojavi vlaga ili plijesan, svi se sjete sloja koji je trebao biti savršen. U tom trenutku svjedoci ne postoje, fotografije bilježe samo gotov izgled, a uzrok je zakopan ispod svega što je iznad.

Game Master zna da je upravo ta odgoda razlog zašto se izgovori uopće mogu izreći s uvjerenjem. Kad se propuštanje pojavi godinu dana nakon ugradnje, veza između greške i posljedice ostaje skrivena i svaki sudionik može ukazivati na nekog drugog. Materijal je bio loš. Netko je naknadno bušio. Izolacija je stara. Game Master te izgovore gleda kao popis mjesta gdje dokumentacija ne postoji. Temperatura pri ugradnji ostaje bez zapisa, vlažnost podloge bez mjerenja, preklopi spojeva bez provjere mjerenjem, ispitivanje bez evidencije. Kad ta dokumentacija izostane, svaki izgovor postaje tehnički izvediv i odgovornost ostaje neutvrđena.

Izgovor koji najčešće dolazi i koji zvuči najviše tehnički je da će se to sanirati. Sanacija hidroizolacije je jedan od najtežih zahvata u objektu jer zahtijeva pronalazak mjesta propuštanja, a to mjesto gotovo uvijek leži dalje od mjesta gdje se vlaga pojavljuje. Voda negdje ulazi, putuje po podlozi ili kroz strukturu i izlazi metar ili dva dalje. Lociranje zahtijeva termografiju, električna mjerenja ili destruktivno otvaranje. Kad se mjesto pronađe, pristup znači rušenje svih slojeva koji su iznad. Trošak te operacije višestruko premašuje trošak pravilne izvedbe u prvom prolazu i taj se omjer ne vidi dok se ne dogodi.

Izgovor da je detalj neizvediv na licu mjesta skriva odluku o improvizaciji. Tvornički pripremljene manžete, kutne trake i prijelazni elementi postoje za svaki standardni prodor, za svaki kut i za svaki rub. Kad se kaže da detalj ostaje neizvediv, zapravo se kaže da specijalni element ostaje nenaručen i nedostupan na gradilištu. Ta je odluka donesena svjesno ili zanemarivanjem, ali u oba slučaja ima autora. Game Master ne pita je li improvizacija izgledala prihvatljivo nego je li autor te odluke razumio što žrtvuje.

Izgovor da je podloga ostala nesavršena, a da je hidroizolacija trebala pokriti nedostatak dolazi kad se dogodi propuštanje kroz pukotinu koja je bila vidljiva prije ugradnje. Hidroizolacija preuzima oblik podloge i nosi njezine nedostatke. Pukotina koja je bila u podlozi ostala je pukotina u sustavu, samo skrivena. Kad se ta pukotina pod temperaturnim ciklusom ili opterećenjem pomakne za milimetar, membrana se otvori jer joj je sloboda kretanja izostala. Game Master taj izgovor gleda kao dokaz da je podloga prihvaćena bez provjere i da je inspekcija izostala.

Nedostaci i mapa donesenih odluka

Svaki hidroizolacijski problem ima svoju adresu u vremenskoj liniji izvedbe. Mjehurići ispod membrane pokazuju da je podloga bila vlažna ili da je temperatura pri ugradnji izašla iz propisanog raspona. Propuštanje duž spoja pokazuje da je preklop bio premalen ili da je spoj ostao slabo zavaren ili pritisnut. Propuštanje na kutu pokazuje da je zaobljenje ostalo bez pažnje ili da je membrana napeta bez slobode kretanja. Propuštanje na prodoru pokazuje da je manžeta ostala loše aplicirana ili da je naknadno oštećena probijanjem ili bušenjem.

Game Master te znakove čita kao mapu. Svaki od njih ima autora i svaki autor ima svoj razlog. Razlog je gotovo uvijek brzina, trošak elementa koji je ostao nenaručen ili toleriranje na mjestima gdje bi ispravak bio neugodan. Skuplji kvar kod hidroizolacije je onaj koji se ne vidi dok vlaga polako razara armaturu u ploči, drvo u podnoj konstrukciji ili izolaciju u zidu. Ti procesi traju godinama i u trenutku kad postanu vidljivi, šteta je višestruko veća od troška ispravne izvedbe.

Game Master posebno prati što se dogodi u trenutku kad se pred betoniranjem ili pred zatvaranjem pojavi pitanje je li hidroizolacija ispravna. U tom trenutku na gradilištu gotovo uvijek postoji pritisak da se ide dalje jer sve ostalo čeka. Taj pritisak je najčešći uzrok zatvaranja sloja koji je ostao neverificiran. Ono što se zatvori bez verificiranja, otvori se tjednima sanacije.

Kako tražiti ispravak bez gubljenja autoriteta

Kod hidroizolacije postoji jedan jasan i neponovljiv prozor za ispravak. Taj prozor se zatvori kad zaštitni sloj pokrije membranu. Svaki ispravak koji se traži dok je sloj dostupan košta sat rada. Svaki ispravak koji se traži nakon zatvaranja košta tjedne destruktivnog zahvata i rehabilitacije svih slojeva koji su iznad.

Kad se pojavi problem u izvedbi, reakcija gradilišta prolazi kroz predvidive faze. Nijekanje dolazi kao tvrdnja da sloj dobar i da nema curenja. Umanjivanje dolazi kao procjena da je propuštanje minimalno i da će se zapuniti. Zamjena dolazi kao prijedlog da se stavi silikon, traka ili mali sloj mase. Game Master kroz te faze prolazi s jednim pitanjem: je li sustav zatvoren sukladno projektu ili odstupa od njega. Taj odgovor je binarni i nema treće opcije. Dokumentirana potvrda projektanta da je neko odstupanje prihvatljivo je jedini put do nastavka. Verbalna izjava izvođača da je tako dobro ostaje bez dokazne vrijednosti.

Autoritet koji se gradi u ovoj fazi traje do kraja projekta. Svaki put kad nadzor postavi pitanje o sukladnosti i traži dokumentirani odgovor, taj standard postaje norma za sve sljedeće stavke. Svaki put kad se prihvati verbalna izjava pod pritiskom rokova, taj standard pada za sve što dolazi iza. Game Master zna da se autoritet ne gradi kad sve ide dobro. Gradi se u trenucima u Kojima je neugodno stati. Kod hidroizolacije ti trenuci dolaze uvijek pred zatvaranje, uvijek pod vremenskim pritiskom i uvijek s obrazloženjem da je sve uglavnom u redu.

Tri točke odlučivanja

CHECKLISTA 1: UVJETI PRIJE POČETKA IZVEDBE

- Vlažnost podloge izmjerena CM metodom i u propisanim granicama za odabrani sustav
- Podloga bez aktivnih pukotina, oštrina i neravnina koje narušavaju kontinuitet sloja
- Padovi i odvodnja potvrđeni nivelacijom, odvodnici na projektiranoj koti
- Svi prodori i prijelazi projektno razrađeni, specijalni elementi dostupni na gradilištu
- Atesti materijala dostavljeni s parametrima relevantnim za konkretnu primjenu i tip opterećenja

• Temperatura podloge i zraka izmjerena i dokumentirana, unutar granica koje propisuje tehnički list

CHECKLISTA 2: KONTROLA TIJEKOM IZVOĐENJA

• Debljina sloja kontrolirana mjerenjem, ne procjenom, s evidencijom potrošnje po kvadratu

• Svi spojevi s propisanim preklopima, provjera spoja neposredno po izvedbi

• Kutovi s zaobljenicom ili armiranom trakom izvedeni prije postavljanja membrane

• Prodori izvedeni s tvornički pripremljenim manžetama kompatibilnim s odabranim sustavom

• Zaštita membrane izvedena odmah, hodanje i radovi na membrani bez zaštitnih ploča zaustavljeni

• Poplavni test proveden i dokumentiran s razinom vode, trajanjem, datumom i potpisom nadzora

CHECKLISTA 3: NEDOSTACI I PRIMOPREDAJA

• Rezultat ispitivanja u tehničkom dosijeu s opisom metode, trajanjem i uvjetima

• Sva odstupanja dokumentirana uz pisanu suglasnost projektanta

• Fotodokumentacija svakog kritičnog detalja napravljena prije zatvaranja zaštitnim slojem

• Projekt izvedenog stanja s kotama, tipovima materijala i pozicijama prodora u dosijeu

• Zabilježena oštećenja zaštitnog sloja i potvrda da su sanirana sukladno projektu

• Primopredaja bez otvorenih stavki koje se odnose na ispitivanje ili sukladnost sloja

Puštanje i rez

Puštanje hidroizolacije znači prihvaćanje da je sve što je ispod nje trajno. Svaki milimetar koji je ostavljen bez provjere, svaki detalj koji je improviziran i svako propuštanje koje ostane neotkriveno ispitivanjem ostaje u objektu kao odgođena šteta. Rez se radi dok je sloj vidljiv, dok je detalj dostupan i dok ispravak košta sat rada. Game Master zna: hidroizolacija koja drži zahvaljujući silikonu i sreći, nosi sa sobom sve troškove odluka koje su donijete dok je još bila dostupna za ispravak.

Pogled unaprijed

Hidroizolacija se mijenja sporije od većine građevinskih disciplina jer su njezini kvarovi sporiji i skuplji, a promjene su opreznije. Ali u posljednjih desetak godina nekoliko konkretnih razvoja počelo je mijenjati način rada na naprednijim tržištima.

Jedan konkretan trend su membrane koje sadržavaju bentonit ili mikrokapsule aktivnih supstanci. Kad takva membrana dođe u kontakt s vodom na oštećenom mjestu, aktivna supstanca bubri i zatvara propuštanje bez ikakve intervencije. Te membrane se već standardno koriste za podrumske ploče i temelje na zahtjevnijim projektima u sjevernoj Europi i Sjevernoj Americi, gdje trošak naknadnog pristupa podrumskim elementima opravdava skuplji materijal u fazi izgradnje.

Detekcija propuštanja električnim metodama dostupna je i na manjim projektima. Elektroda se postavlja ispod membrane, a kontrolor mjeri električni otpor između elektrode i vlažne podloge. Svako oštećenje membrane smanjuje otpor i sustav locira mjesto propuštanja s točnošću od nekoliko centimetara, bez iskopavanja ili rušenja. Ta metoda se koristi i pri ugradnji kao provjera cjelovitosti novog sloja, i kao dijagnostički alat godinama nakon što je sve zatvoreno.

U području tekućih hidroizolacija razvijaju se poliureanski sustavi koji se nanose sprejom i trenutno skrućuju. Mogu se nanositi i pri negativnim temperaturama i na vlažnu podlogu, što bitno proširuje sezonski prozor rada. Na tržištu razvijenih zemalja ta tehnologija je sve prisutnija na infrastrukturnim projektima, mostovima i tunelima, gdje je brzina ugradnje strateški parametar.

Za voditelja projekta ovi razvoji postavljaju jedno praktično pitanje: je li sustav odabran isključivo prema cijeni materijala ili prema ukupnom trošku koji uključuje rizik kasnog curenja i trošak naknadnog pristupa. Objekt koji koristi skuplji ali pouzdaniji sustav s ugrađenom detekcijom ili samoliječenjem ima niži ukupni trošak u desetogodišnjem horizontu od objekta koji koristi jeftiniji sustav koji jednom zahtijeva parcijalni prekop ili rušenje površine. Tu računicu voditelji projekta rijetko rade eksplicitno, a upravo tu je prednost za onoga tko je napravi.