

Srovnání železobetonové základové desky a desky z konstrukčních panelů na zemních vrutech pro pasivní dům

V článku je porovnávána základová deska ze železobetonu (ŽB) a z konstrukčních izolovaných panelů (SIP) na zemních vrutech pro pasivní dům, a to nejenom z hlediska konstrukčního, časového a nákladového, ale i z pohledu ochrany životního prostředí.

Když v roce 2008 předseda Evropské komise José Manuel Barroso na mimořádném plenárním zasedání představil soubor opatření, která si kladou za cíl do roku 2020 snížit emise skleníkových plynů o 20 % oproti úrovni z roku 1990, zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energií v celkové spotřebě v EU na 20 % a zvýšit energetickou účinnost v Evropě o 20 %, málokdo si dokázal představit jejich dopady na stavební výrobu. Dnes jsme svědky důsledků tohoto závazku. Bylo prokázáno, že více než 40 % vyrobené energie spotřebovávají budovy. Řešíme, jak vyrábět a stavět s co nejnižší spotřebou energie, jak užívat stavby co nejušporněji, a ruku v ruce s energetickou úsporností celého procesu nás stále více zajímá, jak tyto činnosti ovlivňují přírodu.

Všechno to zní velmi nadneseně a odtržené od reálného světa výrobců stavebních materiálů a stavebních firem. Ale není. Stačí se podívat na trendy vývoje stavebních materiálů a výrobků zabudovaných do staveb. Díky moderním materiálům a postupům lze dnes provést i základovou desku bez nutnosti betonování.

Stanovení okrajových podmínek

Nejprve však musíme stanovit okrajové podmínky našich úvah, jinak se rozbředneme v nekonečnu možností. Naším cílem bude z různých hledisek

porovnat realizaci základové desky ze železobetonu a ze SIP pro pasivní dřevostavbu o zastavěné ploše 100 m². Nedemokraticky jsme vyloučili stavby z cihelných bloků a betonu, protože jsou doposud velmi hmotné a pro založení na zemní vruty tudíž nepoužitelné.

Skladba porovnávaných konstrukcí s ohledem na požadovaný součinitel prostupu tepla

Dle ČSN 73 0540 jsou doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U pro pasivní dům u desky přilehlé k zemině 0,22 až 0,15 W/m².K a pro desku nad exteriérem 0,15 až 0,10 W/m².K. Navrhli jsme proto skladby základových desek tak, aby obě plnily doporučené normové hodnoty pro pasivní domy.

Pro porovnání jsme zvolili následovně konstruovanou ŽB desku. Po obvodu desky a uprostřed (pod nosnou vnitřní stěnou) jsou armované základové betonové pasy široké 500 mm a hluboké 1000 mm. Mezi pasy je vrstva štěrku 150 mm, na které je vylita armovaná betonová deska tlustá 150 mm. Na hrubé desce je navařena hydroizolace z modifikovaného asfaltového pásu, na ní je položen podlahový polystyren tl. 155 mm.

Podlahu tvoří betonová mazanina tloušťky 60 mm. Součinitel prostupu tepla této skladby je 0,22 W/m².K. Deska ze SIP je tvořena rastrem

zemních vrutů délky 210 mm. Hlavy vrutů jsou umístěny 200 až 300 mm nad terénem. Na vruty jsou připevněny lepené modřínové hranoly o průřezu 160x200 mm. Na hranoly jsou našroubovány panely tloušťky 270 mm. Obvodová drážka desky je vylemována dřevěnými vloženými prvky. Panely jsou vyrobeny z polystyrenového jádra tloušťky 242 mm a dvou OSB desek tl. 15 mm. Součinitel prostupu tepla této skladby je 0,15 W/m².K.

Terénní práce

Pro oba způsoby založení je shodné přivedení přípojek vody, kanalizace a elektřiny. V případě založení na SIP panelech jsou všechny přípojky vyvedeny do izolované šachty ze ztratinového bednění, která se napojuje k budoucí desce.

Pro ŽB desku je nutné shrnout ornici a vykopat základové pasy. Pohybem techniky, bagrováním a uložení vybagrované a shrnuté zeminy se poníčí pozemek nejenom pod budoucí stavbou, ale na dvoj- až trojnásobné ploše. Po dokončení stavby následují další zemní práce, rozhrnutí zeminy, srovnání pozemku a založení zahrady.

V případě založení na zemní vruty stačí pouze zašroubovat zemní vruty. Nemusí se provádět žádné úpravy terénu, bagrování a přesuny zeminy. Je to velmi šetrný způsob založení stavby a hodí se všude tam, kde je pozemek roky opečováván a šlechtěn, například na zahradách a v chráněných či jinak cenných lokalitách (1–4).

Konstrukce základové desky

Pro ŽB základovou desku vyarmujeme a vybetonujeme základové pasy, naveseme a zhutní-

Tabulka 1: Materiálová skladba základových desek a součinitel prostupu tepla

	Tl. vrstvy [mm]	Tepelná vodivost λ [W/m.K]	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² .K]
ŽB deska			
Štěrka	150	0,6500	0,22
Základová deska – beton	150	1,5800	
Hydroizolace – asfaltový pás	4	0,2100	
EPS 70Z	155	0,0390	
Betonová mazanina	60	1,3000	
SIP deska			
OSB	15	0,1300	0,15
EPS 70F	242	0,0390	
OSB	15	0,1300	



Obr. 1: Bagrování základů pro železobetonovou desku



Obr. 2: Výkopy základových pasů



Obr. 3: Příprava zařízení pro měření únosnosti zeminy



Obr. 4: Instalace zemních vrutů



Obr. 5: Vybetonovaný základový pas



Obr. 6: Lití železobetonové desky



Obr. 7: Montáž modřínových hranolů

me štěrk, vybedníme, vyarmujeme a vylijeme hrubou základovou desku. Necháme vyzrát, zpenetrujeme, navaříme hydroizolaci, případně radonovou izolaci, a můžeme začít stavět svislé stěny. Pro porovnání s deskou ze SIP na zemních vrtech, tedy pro dosažení kýženého součinitele prostupu tepla, musíme do ŽB základové desky zahrnout i následné práce, tedy

položení polystyrenu a provedení betonového potěru.

V případě desky ze SIP je to jinak. Na zemní vrty připevníme lepené hranoly, na ně přišroubujeme podlahové panely a máme hotovo. Tepelný izolant je součástí panelu. Stavba je nad terénem, tudíž nemusíme řešit hydroizolaci a izolaci proti radonu (obr. 5–9).

Časová náročnost

Kompletně provedená ŽB základová deska včetně izolantu a betonového potěru si vyžádá zhruba dva měsíce díky své pracnosti a technologickým časům potřebným pro zrání betonu. Realizovat betonovou desku v zimě je velmi složité.

Deska ze SIP na zemních vrtech je hotová za dva až tři dny a její zhotovení je možné celoročně.



Obr. 8: Montáž základové desky ze SIP



Obr. 9: Způsob zavětrování zemních vrutů pro desky umístěné vysoko nad terémem nebo na nerovných pozemcích

ně. I z pohledu následných prací, jako jsou montáž sádkkartonu nebo pokládání podlahových krytin, se doba výstavby zkracuje, protože není nutné čekat na vyzrání a vyschnutí betonových či sádkových potěrů.

Přesuny hmot

Námi zvolená ŽB deska má plochu 100 m², hloubku základových pasů 1000 mm, šířku pasů 500 mm. Počítáme s pasy po obvodu a pod jednou vnitřní nosnou stěnou. V případě ideálně rovného pozemku musíme odstranit a odvézt či uložit 20 až 25 m³ ornice a vybagrovat a odvézt 25–30 m³ zeminy ze základových spár. Pro základové pasy je potřeba 25 m³ betonu. Štěrkové lože mocné 150 mm představuje 15 m³ štěrku a betonová deska tlustá 150 mm 15 m³ betonu. K tomu armatura, hydroizolace, 15,5 m³ polystyrenu a 6 m³ betonového potěru. Celkem je tedy nutné vybagrovat a uložit 45–55 m³ zeminy a dopravit 77 m³ stavebních hmot. Vyjádřeno v jednotkách hmotnosti, je to 100 t zeminy a 135 t stavebních hmot (v suchém stavu). Vyjádřeno v dopravních prostředcích jde o 7–8 domíchaваčů betonu TATRA 815 (objem 7 m³) a 10 plně naložených sklápěčů TATRA 815 (nosnost 13 t).

V případě desky ze SIP se kromě připojovací šachty žádné jiné zemní práce provádět nemusí. Pro zhotovení připojovací šachty je třeba vykopat asi 2 m³ zeminy a přivést cca 2 t materiálu na její vyzdění. Betonové pasy nahrazují zemní vruty s osazenými dřevěnými hranoly a desku tvoří SIP panely. Celkový objem materiálu desky je 29 m³ a jeho hmotnost je 3,957 t. Pro přepravu materiálu stačí dodávkový automobil při stavbě připojovací šachty, osobní automobil s vlekm pro dopravu vrutů a montážního zařízení pro jejich instalaci a nákladní automobil s nosností 4 t pro dřevo a panely.

ŽB deska vyžaduje přepravu 235 t a deska ze SIP na zemních vrutech pouze 10 t, tedy 4,3 %. Musím ale zdůraznit, že zeminy vytěžené při realizaci připojovací šachtičky je tak malé množství, že zůstává na pozemku, reálně se tedy jedná pouze o přepravu 6 t materiálu, což představuje pouhých 2,6 % z hmoty přepravované při provádění ŽB desky.

Základové desky a životní prostředí

Zájmem moderní společnosti je zkoumání vlivu činnosti člověka na ekosystém planety. V oblasti

stavebních hmot jde především o environmentální parametry materiálů, tedy jak stavební materiály v cyklu výroby, užití a likvidace ovlivňují životní prostředí. Hodnotí se:

- spotřeba primární energie – PEI [MJ] (svázaná energie),
- potenciál globálního oteplování – GWP [kg CO_{2,ekv.}] (svázané emise CO_{2,ekv.}),
- potenciál okyselování prostředí – AP [g SO_{2,ekv.}] (svázané emise SO_{2,ekv.}),
- potenciál tvorby přízemního ozónu – POCP [g C₂H_{4,ekv.}],
- potenciál ničení ozonové vrstvy – ODP [g CFC_{2,ekv.}],
- potenciál eutrofizace prostředí – EP [g PO₄^{3-ekv.}] (proces obohacování vod o živiny, především dusík a fosfor).

Dále se sledují parametry technické:

- součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K],
- součinitel prostupu tepla U [W/m².K],
- hmotnost m [kg].

V následujících tabulkách 2 a 3 jsou uvedeny parametry materiálů pro ŽB desku a desku ze SIP vztahované na jeden kilogram materiálu.

Tabulka 2: Environmentální parametry materiálů ŽB základové desky (zdroj www.envimat.cz)

Parametr	MJ	Štěrk	Beton	EPS Z	Ocelová výztuž do betonu	Hydroizolace asfaltový pás ALU 80
Spotřeba primární energie PEI (Svázaná energie)	MJ/kg	0,1243	0,4838	70,0487	22,5279	51,4714
Potenciál globálního oteplování GWP (Svázané emise CO _{2,ekv.})	kg CO _{2,ekv.} /kg	0,0044	0,0670	2,8081	1,4820	1,4035
Potenciál okyselování prostředí AP (Svázané emise SO _{2,ekv.})	g SO _{2,ekv.} /kg	0,0254	0,1389	9,9333	5,0948	8,7483
Potenciál eutrofizace prostředí EP	g PO ₄ ^{3-ekv.} /kg	0,0090	0,0370	1,6993	3,1330	2,9730
Potenciál ničení ozonové vrstvy ODP	g CFC _{2,ekv.} /kg	4,89E-007	2,95E-006	8,80E-005	6,00E-005	3,63E-004
Potenciál tvorby přízemního ozónu POCP	g C ₂ H _{4,ekv.} /kg	1,10E-003	5,18E-003	4,50E+000	8,12E-001	5,68E-001
Objemová hmotnost	kg/m ³	1650	2385	20	7850	1220
Tepelná vodivost λ	W/m.K	0,93	1,36	0,04		0,21

Tabulka 3: Environmentální parametry materiálů základové desky ze SIP (zdroj www.envimat.cz)

Parametr	MJ	OSB	EPS F	Lepný konstrukční hranol (KVH)	Ocel níže legovaná
Spotřeba primární energie PEI (Svázaná energie)	MJ/kg	12,5057	42,0292	8,6791	29,0668
Potenciál globálního oteplování GWP (Svázané emise CO _{2,ekv.})	kg CO _{2,ekv.} /kg	0,4813	1,6848	0,4556	2,0924
Potenciál okyselování prostředí AP (Svázané emise SO _{2,ekv.})	g SO _{2,ekv.} /kg	2,0371	5,9600	2,5711	8,2738
Potenciál eutrofizace prostředí EP	g PO _{4³⁻} ekv./kg	0,9170	1,0196	1,1420	4,7720
Potenciál ničení ozónové vrstvy ODP	g CFC _{2,ekv.} /kg	2,46E-005	5,28E-005	4,42E-005	5,78E-005
Potenciál tvorby přízemního ozónu POCP	g C ₂ H _{4,ekv.} /kg	2,95E-001	2,70E+000	1,77E-001	1,18E+000
Objemová hmotnost	kg/m ³	650	12	495	7850
Teplotní vodivost λ	W/mK	0,13	0,04		

Z environmentálních parametrů vztažených na kilogram materiálu ale nepoznáme, jak zatíží životní prostředí celá konstrukce, v našem případě základové desky pro pasivní dům o ploše 100 m². V dalších tabulkách je tedy proveden přepočítání na konkrétní stavební dílo a procentuální podíl zjištěných hodnot. Za základ jsou uvažovány environmentální parametry železobetonové desky.

Z výsledků je patrné, že ve všech šesti sledovaných parametrech znamená menší zásah pro životní prostředí deska ze SIP. Spotřebuje o 39,4 % méně primární energie, na globálním oteplování se podílí o 64,3 % méně, na okyselování pro-

středí o 41,7 % méně a na ničení ozónové vrstvy dokonce o 72,8 % méně než ŽB deska.

Podstatnou složkou desky ze SIP je dřevo. Dřevo je nehomogenní, anizotropní, ortotropní, lignifikovaná, hygrokopická buněčná struktura, tvořená biologickým komplexem polymerů a stopovým množstvím anorganických látek. Elementární chemické složení dřeva je téměř shodné u všech dřevin. Průměrně dřevo obsahuje 49,5 % uhlíku, 44,2 % kyslíku, 6,3 % vodíku. Deska ho v různé formě obsahuje 3027 kg, jeho podíl na hmotnosti materiálu desky je 76,47 %. Na rozdíl od všech materiálů použitých na ŽB základovou desku je dřevo obnovitelný zdroj. V procesu růstu stromu dochází k fotosyn-

téze, k jediné reakci v přírodě, při které je do ovzduší uvolňován kyslík a při které je spotřebováván oxid uhličitý. Z uvedeného vyplývá, že 3027 kg dřeva v naší základové desce váže 1498 kg uhlíku, který byl v procesu růstu dřeva odebrán z atmosféry.

Životnost

Životnost staveb a stavebních součástí je tak rozsáhlé téma, že ho nelze zjednodušit do odstavce nebo článku. Zabývá se jí celý soubor předpisů **Eurokód** pro navrhování staveb.

Návrhová životnost je definována jako předpokládaná doba, po kterou má být nosná konstrukce užívána pro zamýšlený účel při běžné údržbě bez

Tabulka 4: Přepočítání spotřeby materiálů a environmentálních parametrů pro ŽB desku o ploše 100 m²

Materiál	Hustota [kg/m ³]	Množství [kg/100 m ²]	PEI [MJ/100 m ²]	GWP [kg CO _{2,ekv.} /100 m ²]	AP [g SO _{2,ekv.} /100 m ²]	EP [g PO _{4³⁻} ekv./100 m ²]	ODP [g CFC _{2,ekv.} /100 m ²]	POCP [g C ₂ H _{4,ekv.} /100 m ²]
Štěrka	1650	24750	3076	109	629	223	0,0121	27,2
Beton	2385	109710	53075	7347	15240	4059	0,3237	568,5
Ocel	7850	82	1851	122	419	257	0,0049	66,7
Hydroizolace	1220	488	25118	685	4269	1451	0,1771	277,4
EPS 70Z	20	310	21715	871	3079	527	0,0273	1395,9
Celkem		135340	104836	9133	23636	6517	0,5451	2335,7

Tabulka 5: Přepočítání spotřeby materiálů a environmentálních parametrů pro SIP desku o ploše 100 m²

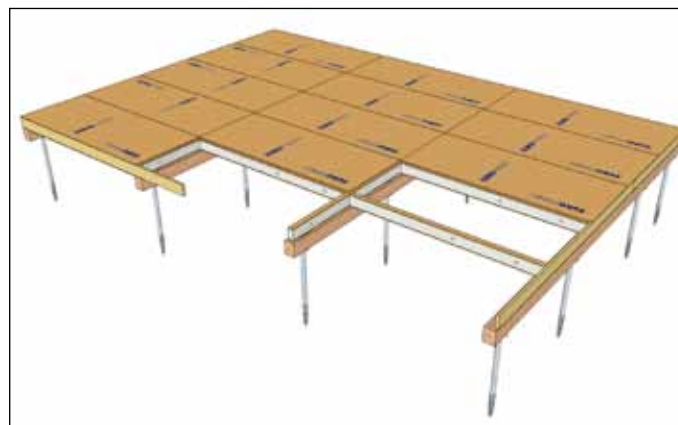
Materiál	Hustota [kg/m ³]	Množství [kg/100 m ²]	PEI [MJ/100 m ²]	GWP [kg CO _{2,ekv.} /100 m ²]	AP [g SO _{2,ekv.} /100 m ²]	EP [g PO _{4³⁻} ekv./100 m ²]	ODP [g CFC _{2,ekv.} /100 m ²]	POCP [g C ₂ H _{4,ekv.} /100 m ²]
nízkolegovaná ocel		640	18603	1339	5295	3054	0,0370	758,0
KVH	495	1077	9348	491	2769	1230	0,0476	191,0
OSB 15	650	1950	24386	939	3972	1788	0,0480	575,6
EPS 70F	12	290	12205	489	1731	296	0,0153	784,6
Celkem		3958	64543	3258	13768	6368	0,1479	2309,2

Tabulka 6: Porovnání environmentálních parametrů SIP a ŽB desky o ploše 100 m²

	Hustota [kg/m ³]	Množství [kg/100 m ²]	PEI [MJ/100 m ²]	GWP [kg CO _{2,ekv.} /100 m ²]	AP [g SO _{2,ekv.} /100 m ²]	EP [g PO _{4³⁻} ekv./100 m ²]	ODP [g CFC _{2,ekv.} /100 m ²]	POCP [g C ₂ H _{4,ekv.} /100 m ²]
ŽB deska celkem		135340	104836	9133	23636	6517	0,5451	2335,7
SIP deska celkem		3958	64543	3258	13768	6368	0,1479	2309,2
SIP/ŽB		2,92 %	61,57 %	35,67 %	58,25 %	97,72 %	27,14 %	98,86 %



Obr. 10: Kontrola vlhkosti modřínových hranolů po třech letech (naměřená vlhkost 11,7 %)



Obr. 11: Skladba základové desky z konstrukčních izolovaných panelů

podstatné stavební úpravy. Například zemědělské stavby mají návrhovou životnost 15 až 30 let, budovy a další běžné stavby (tedy i rodinné a bytové domy) 50 let a monumentální stavby a mosty 100 let. Z těchto požadavků plynou i požadavky na stavební materiály. Metodika SBToolCZ, hodnocení bytových staveb, uvádí průměrnou životnost stavebních konstrukcí a komponentů. Průměrná životnost betonových základů je 100 let, průměrná životnost ocele je 80 let a měkkého dřeva v panelech 70 let. Hydroizolace proti zemní vlhkosti má průměrnou životnost 40 let. Je to velmi zjednodušující pohled, ale zároveň velmi zajímavý. Vyvrací nesmyslné představy laické veřejnosti o tom, že zděné stavby oproti dřevostavbám jsou něco trvalého, a tudíž hodnotnějšího.

Oba typy staveb jsou rovnocenné, jsou navrhovány na stejnou životnost. Skutečná životnost bude vždy záležet na kvalitě provedení stavby, způsobu užívání a údržbě. ŽB základovou desku a její vlastnosti si dokáže každý představit. Horší to bude u základové desky ze SIP, proto se na ní podíváme podrobněji.

Při návrhu desky jsou využity všechny poznatky o materiálech na bázi dřeva a všechny zásady konstrukční ochrany dřeva. Pro desku ze SIP jsou použity materiály nejvyšších tříd. Lepené konstrukční hranoly z jádrového dřeva modřínu pro kryté exteriérové konstrukce, lepené konstrukční hranoly ze smrku skryté v panelech, pro plášť panelů je použita OSB 4, definovaná ČSN EN 300, tedy OSB deska pro nejnáročnější kryté exteriérové aplikace. Tyto materiály na bázi dřeva prošly v procesu výroby hydrotermickou úpravou, třískovým obráběním a to společně s kvalitativními požadavky na vstupní surovinu pro jejich výrobu vylučuje přítomnost dřevokazného hmyzu. Dřevo se dodává a instaluje při vlhkosti $15 \pm 3 \%$ a v souladu s Eurokódem 5, konkrétně druhou třídou použití s ohledem na namáhání vlhkostí, je použito tak, aby v průběhu roku nepřekročilo 20 % vlhkosti. To je zajištěno zachováním přirozeného proudění

vzduchu pod deskou. Pokud by z důvodu velikosti stavby nebo požadavku investora na pokrytí mezery mezi terénem a základovou deskou či tvarem pozemku a umístěním sousedících objektů bylo ztíženo přirozené proudění vzduchu pod deskou, je možné odvětrat prostor pod základovou deskou pomocí ventilačního potrubí, vyvedeného nad střešní plášť a osazeného ventilační turbínou. Konstrukcí a umístěním desky nad terénem je zabráněno pronikání dešťové vody, spodní vody a díky jejich absenci nemůže dojít ani k přenosu vlhkosti z okolních silikátových konstrukcí.

Případná kondenzace uvnitř desky a bilance vlhkosti je posouzena podle metodiky normy ČSN EN 73 0540 *Tepelná ochrana budov*. Ocelové zemní vruty jsou zároveň zinkovány a dodavatel uvádí životnost až 150 let. Polystyren zabudovaný v konstrukci desky není ohrožen degradací UV zářením, není degradován vysokou teplotou ani organickými rozpouštědly.

Po skončení životnosti ŽB desky proběhne demolice, odvoz a recyklace či skládkování 135 tun betonu a dalšího materiálu. Po demolici zůstane zdevastovaný pozemek.

Po skončení životnosti desky ze SIP se deska rozebere, recykluje nebo energeticky využije, zemní vruty se vyšroubují a na nepoškozeném pozemku zůstane pouze připojovací šachta.

Náklady

Stanovit cenu základové desky je složité. Vždy bude záviset na tvaru a sklonu pozemku, na únosnosti zeminy a na způsobu provedení. Přesto se dá dohledat u různých dodavatelů průměrná cena ŽB základové desky kolem 2500 Kč/m² bez DPH. K tomu je nutné připočítat cenu za podlahový polystyren a betonový potěr, a to včetně montáže. Tedy asi 300 Kč/m². Cena za námi definovanou základovou ŽB desku 100 m² pro pasivní dům je tedy přibližně 280 000 Kč bez DPH.

Základová deska ze SIP vyjde včetně zemních vrutů a jejich montáže na 270 000 až 290 000 Kč

bez DPH. Samozřejmě cenu ovlivní rozsah prováděných zemních prací, náklady na dopravu materiálu a již zmíněné náklady na sanaci pozemku kolem realizované stavby. Dá se tedy říci, že cena obou konstrukcí základových desek je srovnatelná, ale u ŽB desek investoři nedokážou identifikovat a kvantifikovat řadu dalších nákladů. Za normální je považována devastace okolí desky a náklady na jeho revitalizaci se do ceny desky nezahrnují. V ceně se nezohledňuje ani doba trvání realizace. ŽB deska prodlouží dobu výstavby domu asi o 2 měsíce oproti desce ze SIP. Do ceny by tedy měly být zahrnuty i náklady na bydlení a úrok z hypotéky za dané období.

Závěr

Založit pasivní dům nad terénem je rychlé, ekologické, nekonformní a moderní. Samozřejmě je vhodné pouze pro lehké stavební systémy, především dřevostavby. Tak jak roste podíl dřevostaveb na trhu, poroste i technologie zakládání staveb nad terénem. Spojení moderních konstrukčních materiálů, zemních vrutů a konstrukčních izolovaných panelů dalo vzniknout alternativnímu způsobu založení staveb, díky kterému je možné vyloučit ze stavby i mokré procesy při realizaci železobetonové základové desky. Tato technologie zakládání staveb je jedním ze tří základních kamenů filozofie výstavby Light Building představené odborné veřejnosti na mezinárodní konferenci EASAT 2015.

Na úplný závěr chci poděkovat Ing. Jiřímu Šalovi za věcné poznámky k tomuto textu.

LUDEK LIŠKA

foto archiv autora

Ing. Luděk Liška (*1968)

absolvoval SPŠ dřevařskou ve Volyni a Dřevařskou fakultu TU ve Zvolenu. Působí dvacet pět let v oboru dřevostaveb a systémů suché výstavby. Pracuje jako vedoucí obchodního oddělení ve firmě Europanel, s. r. o.