

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta architektury

15128 Ústav navrhování II.

ING. ARCH. MARTIN ČENĚK

DŮM V DOMĚ JAKO FORMA UDRŽITELNÉ ARCHITEKTURY
ARCHITEKTONICKÝ KONCEPT Z PERSPEKTIVY UDRŽITELNOSTI

DISERTAČNÍ PRÁCE

Doktorský studijní program: Architektura a urbanismus

Studijní obor: Architektura – teorie a tvorba

Školitel: prof. Ing. arch. -ir. Zdeněk Zavřel

Praha, září 2016

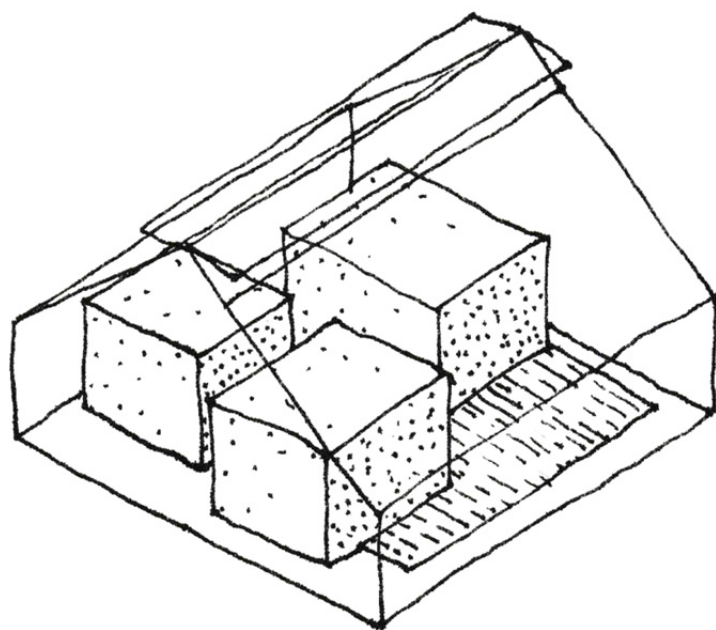
Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mě podporovali při psaní této disertační práce. Především svému školiteli, prof. Ing. arch. –ir. Zdeňku Zavřelovi za trpělivé vedení a podporu v průběhu celého studia. Rovněž všem kolegům, s nimiž jsem se směl podílet na projektu AIR House. A v neposlední řadě své rodině a přítelkyni Karolíně za podporu.

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci na téma „Dům v domě jako forma udržitelné architektury: Architektonický koncept z perspektivy udržitelnosti“ vypracoval samostatně s použitím uvedených pramenů a literatury.

Ing. arch. Martin Čeněk

Praha, září 2016



OBSAH

1.	ÚVOD	9
	1.1 Identifikace problému	9
	1.2 Teoretické pozadí problematiky	11
	1.3 Hypotéza	14
	1.4 Cíle disertační práce	15
2.	TEORETICKÁ VÝCHODISKA	17
	2.1 Chápání udržitelné architektury	17
	2.2 Forma, výraz, povrch a plášť udržitelných staveb	29
3.	PLÁŠŤ STAVBY A JEHO FUNKCE	35
	3.1 Klasické funkce pláště	35
	3.2 Tradiční navrhování – forma přizpůsobená podmínkám	39
	3.3 Integrace technologií do obálky staveb, inteligentní plášť	47
4.	DŮM V DOMĚ	63
	4.1 Principy a dělení	63
	4.2 Východiska a historie	83
	4.3 Příklady současných realizací a projektů	117
5.	ANALÝZY MODELŮ	173
	5.1 Model domu se stínícími lamelami	179
	5.2 Model domu ve skleníku	183
6.	PŘÍPADOVÉ STUDIE	195
	6.1 Solar Decathlon	197
	6.2 AIR House	217
	6.3 (e)co House	231
7.	ZÁVĚR	243
8.	SUMMARY	245
9.	POUŽITÁ LITERATURA	247

1. ÚVOD

Udržitelná architektura by měla představovat komplexní přístup, který je ekologický a ekonomický, ale též udržitelný po stránce sociální a kulturní, a především je plnohodnotně schopen naplnit estetická očekávání společnosti. Neměl by se tedy zabývat výhradně technickým řešením stavby.

1.1 Identifikace problému

Udržitelná architektura: jedná se o zásadní architektonické téma, základní důsledek programových, formálních i funkčních voleb učiněných - nebo ignorovaných - v architektonickém návrhu. Architektura by měla umět reagovat na impulsy, které přicházejí z vnějšku, ať už jsou to neoddiskutovatelné změny klimatu, socioekonomické změny, zvyšující se ceny a snižující se zásoby neobnovitelných zdrojů energií.

Řešením budoucnosti architektury dle názoru, který zde autor textu zastává, není návrat do jeskyně, ani slepá důvěra v technologie, ale promyšlený přístup k technickému pokroku, obratné nakládání a důsledná znalost tradičních lokálních přístupů a jejich východisek a především kvalitní architektura ve své pravé podstatě, tedy jako holistické vnímání a vytváření našeho prostředí.

Hlavním vyjádřením estetiky stavby, které vnímáme v každodenním styku s architekturou, jež nás obklopuje, je její forma. Ta je navenek vždy reprezentována pláštěm budovy. „Obálka“ nejen určuje podobu stavby, kterou vnímáme, ale může mít i potenciál efektivně řešit budoucí technické požadavky na stavbu.

Může ale udržitelná architektura mít vlastní formu a estetiku? Je nějaké formální vyjádření pro udržitelnost architektury výhodnější? Mohou být řešením stavby, u nichž se plášť zcela osamostatňuje, stavby, které bychom mohli označit jako „dům v domě“?

Jaký takové stavby mohou mít přínos?

Je jí větší flexibilita? Možnost snadno obměňovat jak plášť celé stavby bez zásahu do vlastního provozu, tak vnitřní objekt, který určuje typologii stavby, aniž by bylo nutné poškodit obálku budovy? Možnost druhým pláštěm ochránit stávající stavby?

Nebo jsou to čistě ekonomické a energetické faktory, co může z takovýchto staveb vytvořit zajímavou alternativu k dnes propagovaným energeticky pasivním či nulovým domům? Vnější „kůže“ může vytvořit s pomocí sluneční energie ideální (nebo alespoň příznivější) energetické podmínky v zimním období a při dostatečné inteligenci pláště (integrované větrání a stínění, případně i aktivní prvky jako výroba energie apod.) přinejmenším nezvyšovat nároky objektu na chlazení v ostatních obdobích roku. V jakých klimatických podmínkách se případně takový princip může vyplatit? A jak musí fungovat, aby se to dělo?

Anebo samotný vztah dvou plášťů – „kůží“ – a vzniklý meziprostor: mohou z architektonického i funkčního hlediska být přínosné a zajímavé?

Dnes – a nejen na poli drobnějších staveb (pasivní či nulové domy apod.) – již existují mnohá technická řešení umožňující stavbám být úsporné a fungovat prakticky v jakýchkoli podmínkách. Tato řešení si ale často navzájem téměř odporují, překrývají se a jsou finančně i prostorově velmi náročné, nepodporují estetiku stavby, natož, aby se (vědomě, promyšleně) snažily vytvářet estetiku novou. Je tedy otázkou pro teoretickou část této práce, zda takový – ryze technický – přístup můžeme považovat za udržitelnou architekturu, resp. zda právě ten udržitelnost staveb určuje.

Velký potenciál pro udržitelné stavby dneška i zítřka je možné spatřovat právě v nových přístupech k pojetí obálky budovy – nejen fasády, ale celého pláště.

V úvodní části této práce se pokusíme o vysvětlení autorova specifického – a subjektivního – vnímání dnešních trendů udržitelné architektury a významu architektury a její (nejen estetické) kvality pro udržitelnost a význam formy a obálky budovy pro architekturu.

Druhá, podstatnější část práce, je pak věnována právě stavbám na principu „domu v domě“, tedy principu dvou zcela samostatných plášťů, které plní každý své vlastní funkce. Práce se jim věnuje jak v rovině teoretické, kdy jsou na příkladech ukazovány různé možnosti aplikace, tak v rovině návrhové a experimentální.

Na příkladu dvou realizovaných projektů, z nichž jedním je projekt AIR House, s nímž se studenti ČVUT pod vedením FA ČVUT úspěšně zúčastnili mezinárodní soutěže U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013, a dále výpočtů a simulací několika modelů (zpracovaných ve spolupráci s Fakultou stavební ČVUT), bude prověřeno chování těchto staveb v reálných (či alespoň simulovaných) klimatických podmínkách s cílem poukázat na jejich výhody a/nebo úskalí.

1.2 Teoretické pozadí problematiky

Vytváření umělého mikroklimatu bylo podstatou vzniku velkých skleníků, které se začaly objevovat zejména v druhé polovině 19. století. Komplexnějšími principy umělé atmosféry a ochranného pláště jako možného řešení pro stavby všech měřítek se zabývaly například již utopické projekty Richarda Buckminstera Fullera či Freie Otta ze 60. a 70. let 20. století.

V současnosti se problematikou vytváření umělého klimatu pro život – v extrémní formě – zabývá např. tzv. „space architecture“. Tato problematika je zkoumána pro účely kolonizace planet sluneční soustavy a vůbec pro přežití člověka v nehostinných podmínkách, případně za účelem simulace klimatických podmínek zcela odlišného podnebného pásu na Zemi. Za takovým účelem byly realizovány například projekty Biosphere 2 v USA či Project Eden v britském Cornwallu. Fungují na principu vytvoření umělého prostředí (v jakémsi „skleníku“) a zkoumají možnosti přežití v něm.

Spíše než o jednoduchou snahu najít nový, zajímavý i ekonomický přístup k udržitelné architektuře, se ovšem jedná o vědecké experimenty sloužící k simulaci podmínek, které jinak na Zemi či v daném místě nelze vytvořit, a tedy byť architektonický výsledek je zajímavý a výsledky podnětné pro téma této disertační práce, vytvořené „umělé“ prostředí zde není prostředkem, ale cílem.

Nicméně i principy prosté dvojité odvětrávané fasády a inteligentních pláštů s integrovanou technologií rozšiřující jejich funkce, které jsou jedním ze skutečně základních technických i architektonických východisek pro zkoumané téma „domu v domě“, jsou již v architektuře známé a používané několik desetiletí a do určité míry se staly společným jmenovatelem globalizované architektury druhé poloviny 20. století. Na téma dvojitých a transparentních fasád je k dispozici pochopitelně celá řada teoretických prací i technických manuálů a neustále vznikají stavby, které jsou příklady stále dokonalejšího a propracovanějšího využívání možnosti „druhé kůže“ staveb. Nejedná se však o úplný princip „domu v domě“ tak, jak jej v této práci chceme definovat a dále zkoumat.

Avšak i samotný princip jednoduchého „domu v domě“, zejména to, co budeme označovat za „dům ve skleníku“, již byl architekty aplikován v praxi, a to zejména v měřítku menších a úsporných staveb pro bydlení, ale též v případě rozsáhlejších děl, jako jsou stavby veřejné, případně menší soubory staveb (např. škola, galerie, či soubor experimentálních obydlí).



Obr. 1.1: Tým ČVUT (Team CTU), AIR House, Solar Decathlon 2013, Orange County Great Park, Irvine, Kalifornie – foto: Martin Čeněk, 2013

I historie právě jednoduchých domů ve skleníku jako jedné z variant konceptu „domu v domě“ zahrnuje již řadu realizací počínaje např. experimenty Bengta Warneho, Thomase Herzoga či Pera Monsena ze 70. a 80. let 20. století. O těchto stavbách pojednává 4. kapitola této práce, kde jsou podrobněji popsány.

Na teoretické úrovni však tento problém komplexněji a samostatně dosud řešen nebyl, literatura věnovaná pouze a výhradně tomuto tématu není prakticky dostupná (snad s výjimkou několika prací, které pojednávají o konkrétních drobnějších stavbách a výsledcích jejich provozu, jako je například diplomní práce Leny Wallin z univerzity Chalmers v Göteborgu [1]). Řada autorů obecnějších teoretických prací na téma udržitelné architektury a především vyspělých obvodových plášťů staveb se nicméně konceptu „domu v domě“ ve svých dílech dotýká (příkladem z našeho prostředí může být Miloš Florián [2]) – přehled této literatury je obsažen v bibliografii uvedené v závěru práce.

Je otázkou, zda architekti, kteří s podobnými stavbami ve své praxi experimentovali, tak činili na základě nějakých předešlých teoretických poznatků (které ale publikovány dosud nebyly), nebo pouze jako ad hoc experiment ovlivněný východisky daného konkrétního projektu, případně z pohnutek nijak nesouvisejících se snahou najít nový přístup k udržitelnému stavění a architektonické formě. Je patrné, že řada architektů se konceptu věnovala či věnuje systematictěji (uvedme např. Lacaton&Vassal [3], Jourda-Perraudin [4], CC-Studio [5] a další, viz kapitola 4).

V roce 2013 se tým studentů ČVUT zúčastnil mezinárodní soutěže U.S. Department of Energy Solar Decathlon s návrhem nazvaným AIR House, na němž testoval zjednodušený koncept „domu v domě“, princip dvou kůží, kde ta vnější byla zvolena jako jednoduchá stínící obálka nesoucí navíc část technického vybavení (aktivní systémy domu). Jednalo se o pokus skloubit architekturu a techniku a vytvořit efektivní – a efektní – holistický návrh. Práce na tomto projektu byla důležitou aplikací výzkumu, jemuž se tento text věnuje.

Součástí práce proto musí být i zhodnocení tohoto díla, jehož byl autor disertace hlavním architektem, jako pokusu o praktickou aplikaci „domu v domě“.

[1] Wallin L., *House Inside a Glass House – The Greenhouse Effect*, diplomní práce, Göteborg: Chalmers University of Technology, 2010

[2] Florián M., *Inteligentní skleněné fasády*, Praha: FA ČVUT, 2005

[3] *Lacaton & Vassal*. [online]. [cit. 2011-05-04].

Dostupné z: <http://www.lacatonvassal.com/>

[4] *Jourda Architectes*. [online]. [cit. 2011-05-04].

Dostupné z: <http://www.jourda-architectes.com/>

a

Perraudin Architectes. [online]. [cit. 2011-05-08].

Dostupné z: <http://www.perraudinarchitectes.com>

[5] *CC-Studio architecture & engineering*. [online]. [cit. 2014-01-13].

Dostupné z: <http://www.cc-studio.nl/>

1.3 Hypotéza

Osamostatnění pláště (obalu) stavby může efektivně nahradit dnes používané systémy pro úsporu energie, zejm. ty, jež v současnosti definují tzv. pasivní dům.

Takové řešení může být nejen funkční z hlediska technického a energetického, ale přináší i nové možnosti pro architekturu (tedy zejm. formu a estetiku staveb). Rozdělením stavby na vlastní objekt, který je nositelem výhradně své „typologické funkce“ (např. bydlení) a obálku, která je schopna se starat o ostatní funkce, tedy nejen ty, které jsou vlastní každému plášti stavby, vznikají zcela nové prostory, nová forma, nový výraz a zcela odlišná flexibilita a využitelnost staveb. „Dům v domě“ může být inovativní, novou a zajímavou formou udržitelné architektury.

1.4 Cíle disertační práce

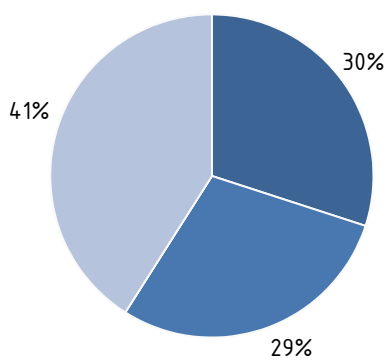
Cílem práce je v první řadě představit v našem prostředí koncept „domu v domě“ jako směr udržitelné architektury, jako netypický přístup k formě a prostoru a důsledně jej zdokumentovat.

V konkrétní rovině je cílem snaha prokázat, zda je tento koncept výhodný, a to po stránce energetické i ekonomické (případně za jakých klimatických podmínek výhodný být může), ale také z hlediska možného architektonického přínosu k tématu udržitelné architektury, a zhodnotit, zda koncept „domu v domě“ představuje možnou alternativu k současnému trendu energeticky pasivních a vysoce izolovaných staveb s nuceným větráním.

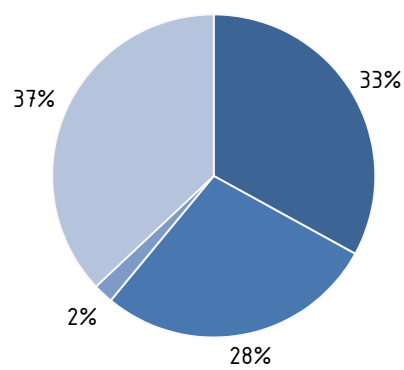
Tato práce si klade za cíl se konceptem „domu v domě“ zabývat jak v rovině teoretické a návrhové, tak v rovině analýz a simulací a konečně též popsáním konkrétních realizovaných příkladů a případových studií.

Výsledky práce by měly architektům i studentům architektury umožnit důkladné seznámení s nepříliš rozšířeným konceptem udržitelné architektury a pomoci jim při navrhování udržitelných staveb.

USA (US DOE)



EU (Eurostat)



- DOPRAVA
- PRŮMYSL
- ZEMĚĎELSTVÍ
- STAVBY (rezidenční & komerční)

Graf. 2.1: Spotřeba energie v USA a EU, data k roku 2013 – U.S. Department of Energy a Eurostat

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Udržitelná architektura by měla představovat komplexní přístup, který je ekologický a ekonomický, ale též udržitelný po stránce sociální a kulturní, a především je plnohodnotně schopen splnit estetická očekávání společnosti. Neměl by se zabývat výhradně technickým řešením stavby.

Hlavním vyjádřením estetiky stavby je potom její forma a ta je navenek reprezentována pláštěm budovy. „Obálka“ nejen určuje podobu stavby, kterou vnímáme, ale může mít i potenciál efektivně řešit budoucí technické požadavky na stavbu.

Může ale udržitelná architektura mít vlastní formu a estetiku? Je nějaké formální vyjádření pro udržitelnost architektury přínosné?

Mohou být řešením stavby, u nichž se plášť zcela osamostatňuje?

2.1 Chápání udržitelné architektury

V roce 1987 vydala Světová komise pro životní prostředí a rozvoj Spojených národů (WCED – World Commission on Environment and Development) zprávu, v níž byl poprvé definován pojem „trvale udržitelný rozvoj“ (sustainable development).

„Trvale udržitelný rozvoj je takový způsob rozvoje, který uspokojuje potřeby přítomnosti, aniž by oslaboval možnosti budoucích generací naplňovat jejich vlastní potřeby.“ [6]

Obdobná definice se od té doby dostala i do české legislativy. Zákon o životním prostředí uvádí:

„Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ [7]

[6] Brundtlandová, G. H., *Naše společná budoucnost – Výtah ze zprávy komise WCED OSN pro životní prostředí*, Praha 1991, str. 47

[7] ČR, *Zákon č. 17/1992 o životním prostředí*. [online]. [cit. 2014-09-02].

Dostupný z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2527>

Historie udržitelného rozvoje je nicméně starší, její kořeny lze hledat především v hnutích 60. let 20. století. První impulsy k většímu zájmu o životné prostředí vycházely z knihy „Silent Spring“ (Mlčící jaro) Rachel Carsonové z roku 1962 [8], ve které na základě shromážděných vědeckých podkladů upozorňovala na řadu rizik pro životní prostředí. V roce 1968 pak bylo založeno mezinárodní sdružení významných osobností, které se zabývalo problematikou životního prostředí a udržitelného rozvoje, tzv. Římský klub [9]. V roce 1972 vydali členové Římského klubu pod vedením Donelly H. Meadows publikaci Meze růstu („The Limits to Growth“) [10].

Později, po vydání zprávy Světové komise pro životné prostředí a rozvoj při OSN (1987), se v roce 1992 konal Summit Země v Rio de Janeiru, který se rovněž zabýval stavem životního prostředí a jehož výsledkem byla řada zásadních dokumentů, mezi nimi Agenda 21 či Rámcová úmluva OSN o změně klimatu. Udržitelným rozvojem a životním prostředím se pak zabývala řada dalších mezinárodních summitů a konferencí (Kjótský protokol, 1997; Summit Země v Johannesburgu, 2002; Kodaňský summit, 2009 a další).

Ustálil se postupně názor – i vzhledem právě k pozorovaným změnám klimatu, k nimž v současnosti již nepopíratelně dochází [11], – že hlavními tématy pro udržitelnost jsou spotřeba energie, emise skleníkových plynů, devastace přírody apod.

A jelikož budovy (resp. stavební průmysl) spotřebovávají ve vyspělém světě zhruba 40% veškeré energie [12] a jsou výrazným zdrojem emisí CO₂ (viz *Graf 2.1*), udržitelnost se velmi rychle objevila jako požadavek na současné stavby.

Zelené či ekologické stavění se stalo trendem, mnohdy více módním než skutečně promyšleným. Politické, ekonomické a marketingové tlaky (mimo jiné) způsobily, že pro veřejnost (i včetně té odborné) je udržitelné stavění ztotožňováno s úsporou energie.

Tento přístup je ale založen převážně na technické (ne-li technokratické) interpretaci a na snaze stavět na snadno kvantifikovatelných výsledcích. Udržitelnost stavění se v této

[8] Carson R., *Silent Spring*, Londýn: Penguin Classics, 2000

[9] *Club of Rome* [online], [cit. 2016-08-22],

Dostupné z: <http://www.clubofrome.org/>

[10] Meadows, D. H. *The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. 8th print. New York: Universe books, 1972

[11] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. [online], [cit. 2014-09-15]

Dostupný z: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

[12] U.S. Department of Energy, *Buildings Energy Data Book*. [online]. 2012 [cit. 2013-02-07].

Dostupný z: <http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/ChapterIntro1.aspx>.

podobě soustředěné víceméně především na úsporu energie dostala i do českých stavebních norem.

Dle ČSN je tedy „...vhodné navrhovat taková řešení budov, aby bylo požadavku nízké energetické náročnosti dosahováno efektivně, tedy zejména s nízkou investiční náročností a s malou zátěží pro životní prostředí, po celý životní cyklus budovy. Výsledné energetické vlastnosti budovy lze zpravidla nejlépe ovlivnit při vytváření celkové koncepce v přípravné fázi projektu, zejména dobrou koordinací koncepcí nosné funkce, vytápění a osvětlení budovy. Taková koncepce by měla být charakterizována mj. vyvážeností objemového a konstrukčně technologického řešení všech prostorů a konstrukcí, při nejnižší energetické náročnosti budovy.“ [13]

Jeden z předních českých odborníků na nízkoenergetické stavění, prof. Jan Tywoniak ale říká: „Výraz *udržitelná výstavba* si pro sebe čtu také jako přirozená a přiměřená, zodpovědná a respektující.“ A dodává: *Chápání architektury jako šťastného spojení funkce a estetiky může platit stále.*“ [14]

K tématu udržitelné architektury pak poznamenává výstižně Václav Cílek, že „*když řekneme «ekologická» architektura, tak pravděpodobně budeme mít na mysli dvě úplně rozdílné záležitosti – buď stavbu, která bude svými organickými tvary připomínat přírodu, anebo nějaký druh nízkoenergetického či pasivního domu, který ve většině případů bude vypadat jako obvyklý pravoúhlý dům, ale bude obsahovat všechny možné solární panely a tepelná čerpadla. Řekl bych, že v obou případech bude výsledek nepřirozený a tudíž «antiekologický».*“ [15]

První Václavem Cílkem zmíněný přístup staví ale architektky i uživatele před zásadní problém: zda odmítání pokroku, současných vynálezů a technologií a jakýsi návrat do jeskyně je tím správným řešením? Možná pro několik jednotlivců, ale pouze obtížně může být systémovým řešením pro celé lidstvo.

V 60. letech Reyner Banham [16] přirovnal soudobé budovy k motorovému člunu s tím, že s dost silným motorem se člun dá vytvořit prakticky z čehokoliv. Navrhoval tedy, aby stavby byly spíš plachetnicemi.

[13] ČSN 73 0540:2 *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky*. In: Tywoniak, J. *Nízkoenergetické domy: Principy a příklady*, Praha: Grada Publishing, 2005, str.12

[14] Tywoniak, J. *Zelená nebo jiná (architektura)*. In: *Zelená architektura.cz, katalog k výstavě v Galerii Jaroslava Fragnera*, Praha: GJF a Architektura, 2008, str. 30

[15] Cílek, V., *Stavět podle přírody nebo podle člověka?*, In: *Zelená architektura.cz, katalog k výstavě v Galerii Jaroslava Fragnera*. Praha: GJF a Architektura, 2008, s.31

[16] Banham., In: Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M., *Energy Manual. Sustainable Architecture*. Mnichov, 2008, str. 176



Obr. 2.1: „Ekologické stavby“ v ČR – hliněný dům a dům z pytlů
www.baobaby.org/en/slamene-domy/ve-svete/ a bydleni.idnes.cz



Obr. 2.2: Příkladů pasivních domů v ČR, u nichž návrh neřešil architekt
 Výsledek zadání hesla „pasivní dům“ do vyhledavače Google.



Obr. 2.3: Návrhy mrakodrapů pro Střední východ – Atkins Design

V těchto popisovaných řešeních staveb lze ale jen obtížně spatřovat plachetnice, jsou to spíše „vratké pramice“. Navíc, proč se vzdávat motoru, když už byl vynalezen, spíše je třeba se zamyslet, jak jej správně a efektivně používat a jak k jeho využívání přistoupit lépe.

Lze myslím výjimečně i souhlasit s Václavem Klausem, který říká: „*Bohatství a technický pokrok ekologické problémy řeší, nikoli vytvářejí. Lidská adaptabilita je další nadějí.*“ [17]. Ostatně podobný názor zastává například též dánský architekt Bjarke Ingels: „*O udržitelnosti se vždy mluvilo v kontextu zastavení růstu nebo vzdávání se nějakých kvalit života, které máme teď*“, ale dle jeho názoru udržitelé navrhování a čisté technologie mají stimulační efekt. [18]

Druhý popsaný přístup je řešení udržitelného stavění v zásadě čistě „inženýrsky“, kvantifikovatelně, tedy snahou docílit energeticky úsporné stavby, která nespotřebovává pokud možno žádnou energii. Takto k udržitelnému stavění v principu přistupují i různé komerční mezinárodní certifikační systémy. Mezi ty nejrozšířenější patří např. britský BREEAM, americký LEED, německý DGNB, švýcarské Minergie atd.

Při studiu rozdělení hodnotících kritérií těchto certifikačních metod si lze celkem snadno povšimnout, že v nich v zásadě chybí jakékoliv hodnocení architektury, resp. architektonické kvality a estetické úrovně stavby. Například v německém systému DGNB představuje architektonické řešení stavby pouhých 3% celkového hodnocení [19].

Je ale zřejmé, jak poznamenává Philip Jodidio v předmluvě ke knize *Green Architecture Now!*, že architekti by rozhodně neměli, pokud chtějí i v dnešní době „zelené horečky“ stavět své stavby, a to pokud možno kvalitní a krásné stavby, ignorovat tento trend, jelikož „*by se mohli ocitnout nahrazení chytrými staviteli s tučně tištěným LEED AP (Pozn.: AP = Accredited Professional) – na vizitce.*“ [20]

Poslední – Václavem Cílkem nezmíněnou – kategorií, o jejíž skutečné kvalitě a dlouhodobé udržitelnosti lze dle názoru autora tohoto textu taktéž pochybovat, je jakási globální hi-tech „exhibice“ velkých developerů a globálních projekčních kanceláří, u jejichž staveb je za cenu obrovských nákladů vyvažována spotřeba několika efektními a především dobře viditelnými „ekologickými charakteristikami“ (*Obr. 2.3*), které zvyšují komerční hodnotu stavby a jsou spíše „reklamou na ekologii“ než funkčním a skutečně udržitelným řešením.

[17] Klaus, V. *Modrá, nikoli zelená planeta*. Praha: Dokořán, 2009, s. 70 (2. vydání)

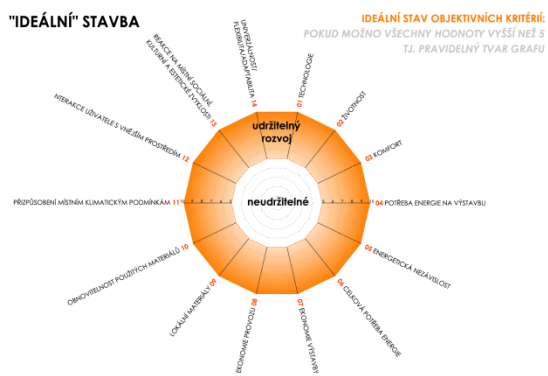
[18] Kloppenburg J., Hedonistic Sustainability: Bjarke Ingels Discusses Designing a New Vernacular in the Face of Climate Change, *Architizer*, [online]. [cit. 2014-09-15].

Dostupné z: <http://architizer.com/blog/bjarke-ingels-hedonistic-sustainability/>

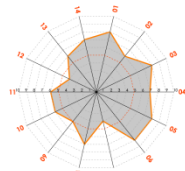
„Sustainability was always spoken in the context of stopping growth or giving up some of the quality of life that we have now“

[19] DGNB System, *DGNB Criteria* [online], [cit. 2014-09-15]

[20] Jodidio, P., *Green Architecture Now!*, Los Angeles: Taschen, 2009, s.18



VÝZNAM ESTETICKÉ HODNOTY STAVBY PRO UDRŽITELNOST



NÍZKOENERGETICKÝ DŮM - DŘEVOSTAVBA

Obr. 2.4:

Vlevo: Graf „objektivních“ kritérií pro hodnocení staveb – Martin Čeněk 2010

Vpravo: Význam estetiky: porovnání „objektivně“ shodných dvou staveb – (M.Č. 2010)

Jak tedy stavby hodnotit?

Jan Tywoniak píše: „*Jak rozlišit, které řešení budovy je «udržitelnější» než jiné, k tomu je zapotřebí i nějakého kvantifikovaného vyjádření. (...) Takové hodnocení může být vodítkem při jinak intuitivním rozhodování v procesu návrhu budovy. A oprávněně také dobrou marketingovou pomůckou.*“ [21]

Přístup architekta k návrhu, na který hledíme prizmatem dnešní doby, a tedy z hlediska požadavků na udržitelné stavění, by se měl pravděpodobně zakládat na několika základních objektivních kritériích, která vychází ze zdravého rozumu (tedy v zásadě tradice či zvyku), klasického architektonického vzdělání, i dnešních ekologických poznatků.

Jak ale říkají Michael Braungart a William McDonough v knize *Cradle to Cradle*, navrhování pro budoucnost by mělo být především „*potěšením, oslavou a zábavou.*“ [22]

V souvislosti s různými způsoby hodnocení udržitelné architektury lze ještě zmínit Martina Rajniše, jenž definuje dvanáct hodnot „přirozené architektury“. Jeho přirozenou architekturu lze bezesporu chápat jako architekturu udržitelnou, v tom správném, holistickém pojetí, nikoliv jen omezenou na kvantifikovatelné veličiny a vlastnosti. Ostatně, těchto 12 hodnot je veskrze abstraktních:

1. *Diverzita* (...)
2. *Entropie* (...)
3. *Rozhraní* (...)
4. *Symbióza* (...)
5. *Inteligentní kůže* (...)
6. *Adaptabilita* (...)
7. *Svoboda* (...)
8. *Materiály* (...)
9. *Ekonomie a ekologie* (...)
10. *Proud energie* (...)
11. *Vznik, existence, zánik* (...)
12. *Stavění* (...)“ [23]

Z výše uvedených důvodů se autor této práce v úvodu studia pokoušel též o vlastní klasifikaci a hodnocení udržitelných staveb, která však jen potvrdila, že udržitelná architektura a architektura vůbec, není charakterizována jen vlastnostmi, které lze vyjádřit číselně – viz ilustrační příklad jedné strany na *Obr. 2.4.*

[21] Tywoniak, J. Zelená nebo jiná (architektura). In: *Zelená architektura.cz, katalog k výstavě v Galerii Jaroslava Fragnera*, Praha: GJF a Architektura, 2008, s.28

[22] McDonough, W. a Braungart, M.. *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press, 2002. str.173

“*delight, celebration and fun*”

[23] Fialová, I., Tichá, J. *Martin Rajniš*, Praha: Zlatý řez, 2008, s.49



Obr. 2.5: Příklad kvalitu historické i moderní architektury, kterou je lidstvo „ochotno“ udržovat

*Vlevo nahoře: Ladislav Žák, vila Lídy Babkové-Baarové v Praze
architectuul.com/architecture/vila-lidy-baarove*

Vpravo nahoře: tradiční roubené chalupy - www.lidova-architektura.cz

Vlevo dole: Le Corbusier, villa Savoye, Poissy - Martin Čeněk, 2004

Vpravo dole: Panorama Pražského hradu - Martin Čeněk, 2005

Potřeba subjektivních kritérií pro hodnocení vztahu udržitelnosti a architektury je velmi zřejmá.

Jak napsal Andrea Palladio: „U každé stavby se musí uvážit (jak říká Vitruvius) tři věci, bez nichž si žádná budova nezaslouží chvály: je to užitek neboli pohodlí, trvanlivost a krása; neboť by nemohlo být nazýváno dokonalým dílo, které by bylo užitečné, ale na krátkou dobu, nebo které by na dlouhou dobu bylo nepohodlné, nebo které by mělo obě tyto vlastnosti, ale bylo by bez půvabu.“ [24]

Jestliže trvanlivost a pohodlí jsme pravděpodobně schopni vyjádřit číselně a zahrnout mezi objektivní kritéria, krása je jednoznačně jednou z těch vlastností architektury, kterou nelze vyjádřit numericky (i když zejména v minulosti, kdy forma byla ztotožněním slohu či stylu, byla krása přesně matematicky vyjádřitelnou veličinou – viz dále).

Neméně významným subjektivním kritériem je kulturně–společenská hodnota stavby. Architektura, jelikož by ze své podstaty měla být trvanlivá a krásná, totiž má potenciál získat obecné a veřejné uznání, jestliže prokáže své kvality a svou funkci po určitou dobu. Kulturně–společenskou hodnotu staveb lze ale hodnotit pouze s odstupem času, odhadnout takovýto potenciál stavby dopředu je opět extrémně obtížný a subjektivní úkol, jenž může selhat, jak například dokazuje Charles Jencks [25].

Peter Zumthor říká: „Jsem přesvědčen, že dobrá budova musí umět absorbovat stopy lidského života a nabýt tak zvláštní bohatství.“ [26] Takové umění je pravděpodobně podstatou „vzniku“ kulturně–společenského významu kvalitní architektury.

Můžeme tedy shrnout spolu s Louisem Kahnem, že dobrá architektura je něco, co nelze určit výpočtem. „Architektura, to je ztělesnění neměřitelného“. [27]

Eduardo Souto de Moura na toto téma ještě dodává: „Není žádná ekologická architektura, ani inteligentní architektura nebo udržitelná architektura – je pouze dobrá architektura“ [28].

Co je ale vlastně architektura a proč se snažit odlišovat přístup architekta k udržitelnosti od přístupu ryze technického?

[24] Palladio, A., *Čtyři knihy o architektuře*. Praha: Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1958. str.12

[25] Jencks Ch., *The Iconic Building – The Power of Enigma*. Londýn: Frances Lincoln Publishers 2005

[26] Zumthor, P. *Promýšlet architekturu*. Přeložil Štulcová, M. Zlín: Archa, 2013, s. 24

[27] Kahn L. I. *Conversations with Students*. Houston: Princeton Architectural Press. 1998 str.33

“There is architecture, and it is the embodiment of the unmeasurable”

[28] Souto de Moura, E., *Přednáška na Holcim Foru 2011* [online]. 2011. [cit. 2011-10-16].

Dostupný z: <http://www.dezeen.com/2011/03/29/key-projects-by-eduardo-souto-de-moura/>

„There is no ecological architecture, no intelligent architecture, no sustainable architecture – there is only good architecture.“

Architektura

Steven Holl elegantně vystihuje spirituální vztah architektury a přírody:

„Architektura je od konceptu až po prožívaný svět detailů a materiálů obestřena tajemstvími přírody.“ [29]

A jak výstižně říká Le Corbusier:

„Použije se kámen, dřevo, cement; udělají se z nich domy, paláce; je to stavba. Zapojí se invence.

A pak najednou působíte na mé city, děláte mi radost, jsem šťastný a říkám: to je krása. To je architektura. A nastupuje umění.

Můj dům je praktický. Děkuji. Stejně jako děkuji inženýrům od železnic i od telekomunikací. Moje srdce jste nezasáhli.

Ale řád, s jakým zdi stoupají k obloze, mne dojíká. Cítím váš záměr. Byli jste laskaví, krutí, okouzující nebo důstojní. Vaše kameny mi to sdělují. Přitahujete mne k tomuto místu a moje oči se dívají. Moje oči se dívají na něco, co hlásá myšlenku. (...)

S pomocí neopracovaných materiálů, s pomocí jakéhosi utilitárního programu, ze kterého vystupujete, budujete vztahy, které mne dojíkají. To je architektura.“ [30]

Tedy, architektura by měla být nositelem myšlenky, krásy. A to zejména v dnešní velmi vizuální a mediální společnosti.

Richard Williams dodává, že u architektury *„očekáváme její estetickou nedostiznost – jinými slovy, jsme zklamáni, když tyto předpoklady architektura nesplňuje.“* [31]

[29] Holl, S. *Paralaxa*. Přeložil Všečetková, A. Brno: ERA Group, 2003 s.103

[30] Le Corbusier, *Vers une architecture*, Paříž: Flammarion, 1995, s.123, 145, 165

Pozn.: překlad z fr. originálu prof. Ivana Čeňková:

„On met en œuvre de la pierre, du bois, du ciment ; on en fait des maisons, des palais ; c'est de la construction. L'ingéniosité travaille.

Mais, tout à coup, vous me prenez au cœur, vous me faites du bien, je suis heureux, je dis : c'est beau. Voilà l'architecture. L'art est ici.

Ma maison est pratique. Merci, comme merci aux ingénieurs des chemins de fer et à la Compagnie des Téléphones. Vous n'avez pas touché mon cœur.

Mais les murs s'élèvent sur le ciel dans un ordre tel que j'en suis ému. Je sens vos intentions. Vous étiez doux, brutal, charmant ou digne. Vos pierres me le disent. Vous m'attachez à cette place et mes yeux regardent. Mes yeux regardent quelque chose qui énonce une pensée. (...)

Avec des matériaux bruts, sur un programme plus ou moins utilitaire que vous débordez, vous avez établi des rapports qui m'ont ému. C'est l'architecture.“

[31] Williams, R. *Architektura ve vizuální kultuře*. In: Filipová, M., Rampley, M. eds., *Možnosti vizuálních studií. Obrazy – texty – interpretace*. Brno: Společnost pro odbornou literaturu – Barrister & Principal: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Seminář dějin umění.2007, s. 52

Krása

Jestliže jsme řekli, že jedním z hlavních subjektivních kritérií hodnocení udržitelné architektury by měla být krása stavby (tedy to, co je též možno nazvat její estetickou kvalitou), je třeba se alespoň pokusit definovat, co lze považovat ve vztahu k architektuře za krásné.

Krása je zcela abstraktní pojem, jehož existenci často vlastně jen tušíme. Navíc její vnímání je zcela individuální. Nebo snad lze krásu kvantifikovat?

Leon Battista Alberti krásu definoval tak, jak to bylo v době architektonických řádů zvykem, tedy víceméně exaktně:

„Krása je soulad, daný určitým vztahem všech částí vůči tomu, k čemu tyto části náležejí, takže nic nemůže být zvětšeno, zmenšeno nebo změněno leč k horšímu.“ Říká však také: *„...co však krása je, pochopíme jasněji svým nitrem, než bych to já dovedl vyjádřit slovy.“* a, konečně (a to je opět velice výstižné a pro vědecké zkoumání estetické kvality jako podmínky pro dobrou architekturu to značně komplikuje situaci): *„Kořením vší krásy je rozmanitost...“*. [32]

Podobnou matematickou definici krásy nabízí i Andrea Palladio:

„Krása vyplyne z krásné formy a z přiměřenosti celku k částem, částí mezi sebou a vzhledem k celku, ježto se budovy mají podobat ucelenému a dobře udělanému tělu.“ [33]

Vztah krásy, estetiky a udržitelnosti

Vnímání krásy ve vztahu k přírodě je pro udržitelnou architekturu příznačné. Vidíme, že se ale nejedná o nic nového. Nejde však o imitaci přírody, přirozená stavba není kopií přírodních útvarů, ani v historii jí tradiční stavba nebyla. Vždy se jednalo o příbytek – ochranu – člověka před prostředím a stavba měla vždy formu, která člověku vyhovovala a splňovala onu funkci, kterou od ní očekával.

Některí ekologicky zaměřeni architekti estetiku zpochybňují. Například Christopher Day, průkopník ekologie a udržitelného stavění, se ptá: *„Ale není estetika tak trochu zbytečný luxus?“* [34]

[32] (Alberti, L. B. 1956)

[33] (Palladio, 1956, str.12)

[34] Day, Ch. *Duch & místo: uzdravování našeho prostředí: uzdravující prostředí.*

Brno: ERA, 2004, str.113

Zároveň ale říká: „*V minulosti se společenství bud' udržela, nebo zahynula. Protože jejich stavby byly tak harmonicky včleněny do okolí, byly kulturně autentické a odrážely hodnoty spirituální i ekologické, nemohou než ztělesňovat krásu, která k nám promlouvá i dnes.*“ [35]

Zakladatel hnutí Architecture for Humanity Cameron Sinclair vidí udržitelnou architekturu takto: „*Když postavíte krásnou budovu, lidé ji mají rádi. Nejudržitelnější stavba na světě je ta, kterou lidé milují.*“ [36]

[35] (Day 2004, str.35)

[36] Sinclair, C. In: Rosenfield, K., AIA 2013: Citizen Architect. *Archdaily*. [online], [cit. 2014-09-15]

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/392777/aia-2013-citizen-architect/>

“When you build a beautiful building, people love it. And the most sustainable building in the world is the one that’s loved.”

2.2 Forma, výraz, povrch a plášť udržitelných staveb

Čím je ale ta popisovaná estetická kvalita stavby, kterou běžně vnímáme, dána?

Mary McLeod argumentuje, že je to forma, co definuje architekturu v opozici ke stavitelství a že právě forma je nositelkou „krásky“:

„[Forma] V architektuře (...) ovšem znamená ještě víc, a sice narážku na cosi, co přesahuje funkci. Formální atributy budovy jsou jejími estetickými vlastnostmi. Jedním z významů formy, který nyní působí zastarale, je krása, jež byla tradičně ztotožňována se stylem a dekorací. Od počátků modernismu a Loosova odsudku ornamentu se forma vztahuje ke kompozičním poměrům, jako jsou hmota a objem, rytmus, proporce, repetice, kontrapunkt, rovnováha – tedy k abstraktním vlastnostem návrhu, které propůjčují dílu prostorovou a vizuální kvalitu. Dokonce se dá říci, že forma je v podstatě tím, co odlišuje architekturu od stavitelství. (...) Ona je tím, co tvoří umění v architektuře.“ [37]

Sepjetí formy a funkce není jen objevem funkcionalismu, bylo přítomné v architektuře vždy, jak jsme již mohli vidět u citovaného Palladia či Vitruvia. Americký architekt Louis H. Sullivan je pak autorem známé fráze, kterou moderní architektura mnohokrát zpochybnila, aby ji opět oprášila: *„forma následuje funkci“*. [38]

Opět Mary McLeod k tomuto dodává: *„Formu nelze zcela oddělit od funkce a právě tak je jasné, že funkce vyžaduje nějakou formu. (...) Abychom se vrátili k rozdílu mezi stavitelstvím a architekturou, lze říci, že úkolem architekta je dávat funkci formu, tj. učinit ji něčím více než jen funkcí. Architektura v sobě obsahuje funkci, ale také má potenciál ji rozšiřovat a transformovat...“* [39]. Tedy, forma a funkce jsou dle ní spolu pevně propojené a forma je určitou nadstavbou samotné funkce, má-li budova být architekturou.

Jestliže tedy spolu forma a funkce úzce souvisí, měli bychom si položit otázku, zda udržitelnost nemůže být sama o sobě „funkcí“, a tedy zda by udržitelná architektura neměla mít svou vlastní formu.

Tuto zcela logickou otázku si klade i Christopher Day: *„Neměly by stavby být tvarovány nároky na udržitelnost? Neměly by «udržitelné» budovy mít speciální tvar? Nemusí ho*

[37] McLeod, M., Forma a funkce dnes. In: Tichá, J. ed., *Architektura v informačním věku: texty o moderní a současné architektuře II*. Praha: Zlatý řez, 2006, str. 79

[38] Sullivan, L. H., The Tall Office Building Artistically Considered. *Academics Triton*. 1896 [online]. [cit. 2010-09-11].

Dostupné z: <http://academics.triton.edu/faculty/fheitzman/tallofficebuilding.html>

„form ever follows fiction“

[39] McLeod, M., Forma a funkce dnes. In: (Tichá 2006, str. 80)

mít." A dodává: „Ale tam, kde forma soupeří s klimatickými podmínkami, je i technologie krátká. Pokud se tvar budovy určuje podle klimatu, je vše mnohem snazší.“ [40]

Ovšem, někteří architekti na formu hledí zcela odlišně. „Koncept – nikoli forma, jak tvrdí někteří – je tím, co odlišuje architekturu od pouhého stavitelství,“ píše Bernard Tschumi. [41] Přesto, koncept, funkce a forma jsou u architektury vždy v souladu a je nesporné, že forma hraje pro vnímání krásy i pro společenskou hodnotu architektury významnou roli.

Jak ale formu vnímáme? Čím se forma projevuje navenek? Jak se stavba prezentuje laikovi? Lze konstatovat, že navenek formu reprezentuje především vnější obal stavby. A jestliže přistoupíme na tezi, že spolu souvisí forma a funkce, tento vnější obal může odrážet u architektury i samotnou funkci.

Samozřejmě je možné vnímat architekturu i tak, jak to dělali Robert Venturi či Denise Scott-Brown, tedy z hlediska symboliky. Forma jako symbol samozřejmě pozbývá něco ze svého propojení s funkcí. Přesto ale zůstává význam pláště pro celkový výraz stavby.

„Dávám přednost výrazu pláště nebo vnější obal před výrazem fasáda, který přivádí na mysl celou řadu kompozičních klišé. Ale podobně jako fasády, ani pláště nejsou zbavené společensko-kulturních a geopolitických vlivů.“ [42] napsal Bernard Tschumi.

Obal či plášť může v dnešní době mít ale i další funkce než pouze estetické a symbolické.

Obal může za určitých okolností budovy daleko lépe propojit s jejím okolím, jak to říká Jean Nouvel v příspěvku Davida Leatherbarrowa: „Jeho cílem je, aby budova a prostředí lépe spolupracovaly. (...) Nasycit povrch budovy kvalitami okolní krajiny v takové míře, že je budova přijme za své.“ [43]

K tomu mohou velmi dobře posloužit transparentní či translucenční obaly ze skla (jak s nimi pracoval již Ludwig Mies van der Rohe nebo Philip Johnson) či plastických hmot, včetně membránových konstrukcí.

[40] (Day 2004, str.113)

[41] Tschumi, B., Vektory a pláště. In: (Tichá 2006, str. 75)

[42] Tschumi, B., Vektory a pláště. In: (Tichá 2006, str. 75)

[43] Leatherbarrow, D., Na materiálech záleží. [citace z Jeruzalémského semináře Jeana Nouvela, 1998] In: Tichá, J. ed., *Architektura: tělo nebo obraz?*, Praha: Zlatý řez, 2009, str. 60

Skleněné pláště ale již od dob prvních závěsových fasád (zřejmě první velkoplošné užití skleněné závěsové fasády bylo na Le Corbusierově útulku Armády spásy v Paříži z roku 1929) jsou i nositeli technických funkcí stavby. A funkcí stavby lze dnes do pláště přesunout ještě daleko větší množství a výrazně lépe tak využít jeho potenciál.

Jean Nouvel uvedl: „Skleněné stěny před sebou mají fenomenální budoucnost. Mohou fungovat jako «chytré» nosiče, lze je zahřívat, mohou být použity jako přepážky či projekční plochy...“ [44].

Ale byl to již právě Le Corbusier, kdo začal jako první uvažovat o dvojité fasádě, která by se zároveň starala o tepelnou a zvukovou pohodu stavby. Jeho úvahy o tzv. neutralizujících zdech (*Obr. 2.6*) se poprvé objevily v návrhu na palác Centrosjuzu v Moskvě, kde ale nebyly realizovány. K realizaci došlo právě u zmíněného útulku Armády spásy v Paříži. Principem byla v zásadě dvojitá fasáda, kde mezi pláští proudil předchlazovaný anebo vytápěný vzduch. Toto se mělo dít mechanicky a s pomocí technologie.

Princip je ale u dnešních dvojitých fasád (používaných u prakticky všech administrativních budov) velmi podobný.

Le Corbusier k tomu uváděl: „«Neutralisující zdi» jsou ze skla, z kamene nebo z obojího. Tvoří je dvojitá membrána s volným prostorem několika centimetrů. Touto úzkou mezerou mezi membránami prochází horký vzduch, je-li to v Moskvě. Reguluje se tak, že vnitřní přepážka membrány uchovává teplotu osmnácti stupňů. Ruský nebo pařížský dům, dům v Suezu nebo v Buenos Aires, parník v rovníkovém pásmu budou tedy hermeticky uzavřeny. Bude tam ustavičně teplota osmnáct stupňů, vzduch v místnostech bude čistý a dokonalého složení. Nevnikne tam prach, moucha ani komár. A žádný hluk.“ [45]

Byla to vlastně taková první úvaha o bioklimatické stavbě se zcela uzavřeným prostředím.

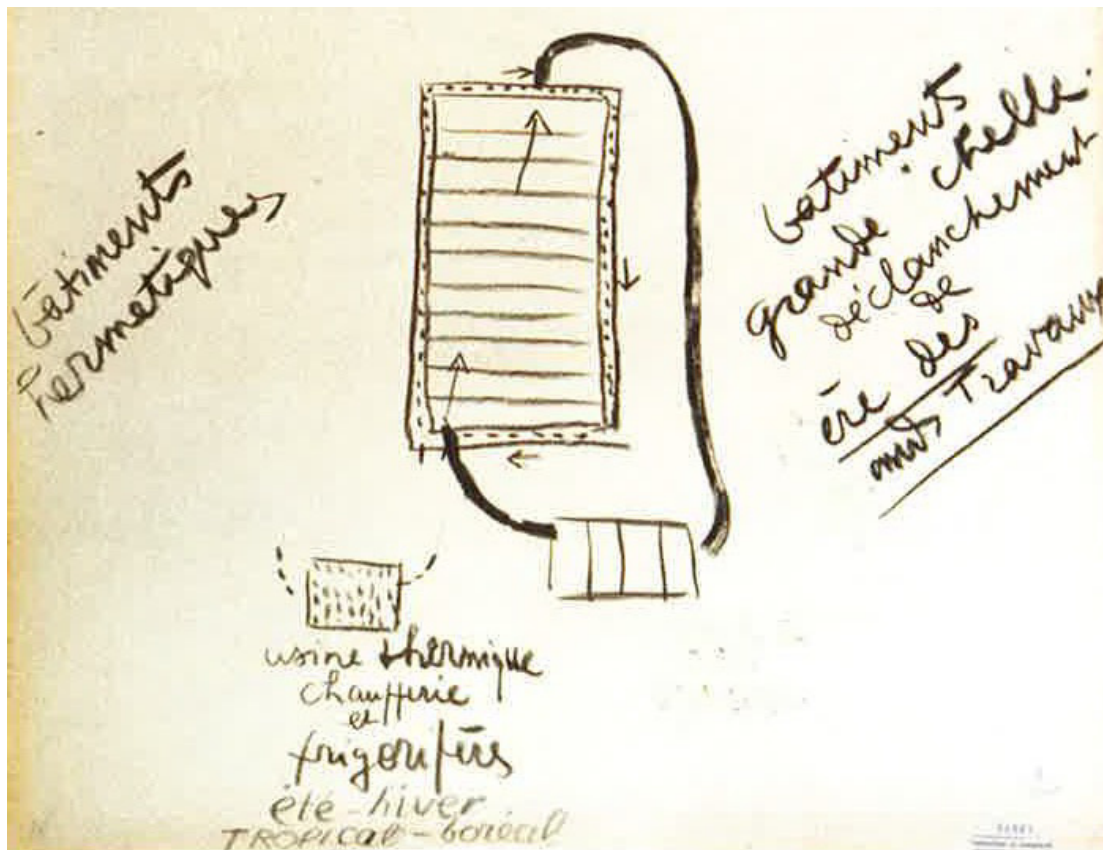
Od dvojité fasády je pak vývojově již jen krok k tzv. „inteligentní kůži“ (*intelligent skin*). Bylo možné si již povšimnout, že třeba pro Martina Rajniše představuje jednu z podmínek pro přirozené stavění. Říká:

„...všechny organismy mají inteligentní kůži. Je to vícevrstvý obal, který se neustále proměňuje a reaguje na měnící se okolí. Pokud naše domy mají být přirozené, musí si vytvořit podobný obal, který reaguje na změny uvnitř i venku.“ [46]

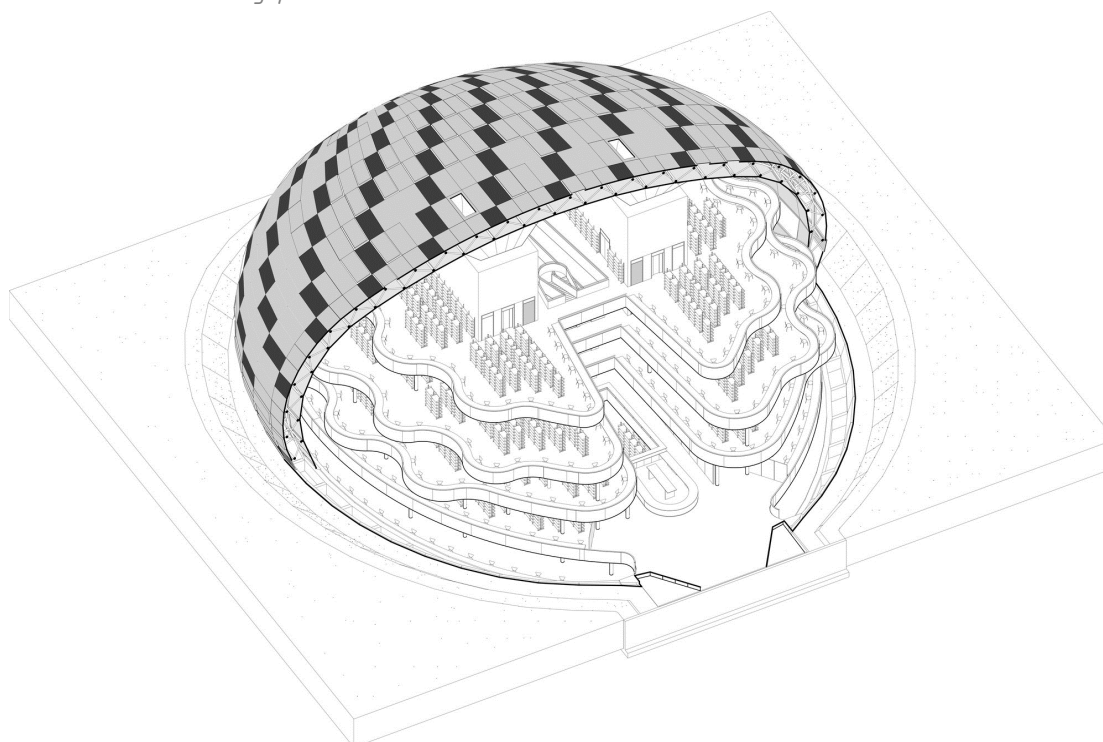
[44] Nouvel, J., *Architektura a virtuální svět*. In: (Tlichá, 2009, str. 23)

[45] Le Corbusier, In: Daria, S. *Le Corbusier: sociolog urbanismu*. 1. vydání. Praha: Odeon, 1967, s.70

[46] (Fialová 2008, s. 49)



Obr. 2.6: Le Corbusier, skica návrhu „neutralizujících zdí“, výřez z výkresu facadesconfidential.blogspot.cz/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html



Obr. 2.7: Foster+Partners, Knihovna FU Berlín, schéma - www.fosterandpartners.com

Inteligentní kůže tedy znamená takový obal stavby, který už je schopen zabezpečit prakticky všechny její energetické potřeby, samozřejmě navíc ke svým obvyklým funkcím. Jediným zásadním rozdílem oproti původní Le Corbusierově myšlence jsou použité technologie, materiály a pak také přístup, který se dnes snaží nahradit nucené větrání přirozeným a klimatizaci spíše chytrými metodami proudění vzduchu a uchovávání tepla či využívání sluneční energie, tedy pasivními postupy. Ale ani to nejsou nové poznatky a v tradiční architektuře mnohých národů jsou používány již po staletí. [47]

A tak například budova knihovny na Freie Universität (Svobodné univerzity) v Berlíně od kanceláře Foster + Partners (viz část 4.3 a viz Obr. 2.7 a 4.85) uskutečňuje v pojetí svého pláště právě tyto základní myšlenky inteligentní kůže: „Její čtyři patra jsou zasazena do přirozeně větraného, bublinovitého pláště, který je krytý hliníkovými a prosklenými panely a nesený ocelovými rámy s radiální geometrií. Dvojitý plášť budovy působí nejen jako vzduchové potrubí, ale také jako tepelný tlumič, zatímco hmota stavby slouží buď pro vytápění, nebo chlazení díky možnosti temperování betonu. Záklopky na vnějším plášti mohou být buďto otevřené nebo zavřené v závislosti na teplotě. Temperování betonu může být rovněž upravováno, aby zajišťovalo vytápění nebo chlazení v závislosti na klimatických podmínkách. Tyto a další systémy regulace teploty jsou koordinovány pomocí řídicího elektronického systému budovy. V důsledku těchto opatření se přirozené větrání využívá po 60 procent roku a není potřeba úplné klimatizace nebo kontroly vlhkosti. Všechny tyto prvky dohromady vytváří úspory energie ve výši 35 procent v porovnání s knihovnou postavenou konvenčně moderně.“ [48]

[47]Dahl, T.. *Climate and architecture*. New York, N.Y.: Routledge, 2010

a

Compagno, A. *Intelligent Façades: State Of The Art*, přednáška na GlassKon 2005, Mnichov [online]. [cit. 2016-08-23].

Dostupné z: http://www.compagno.ch/EN/Vortrag_EN_state-of-the-art.htm

[48] Foster, N., Třetí průmyslová revoluce, In: *Green Industrial Revolution*. Berlín: Svobodná univerzita Berlín, 2008. [online]. [cit. 2011-10-15].

Dostupné z: <http://www.archiweb.cz/news.php?type=17&action=show&id=8310>

3. PLÁŠŤ STAVBY A JEHO FUNKCE

Jestliže hovoříme o plášti či obalu stavby jako o něčem, co je podstatné pro výslednou formu architektury, která pak určuje její celkový výraz, je třeba si říct, jaké funkce plášť zastává a tradičně vždy zastával. Jen tak je možné následně zvážit, zda lze vlastní stavbu a její obal od sebe oddělit a současně rozdělit i jejich funkce.

Podívejme se tedy na klasické funkce plášťů staveb, tradiční architekturu jako východisko pro přizpůsobení se místním podmínkám, i možnosti současných staveb a různé způsoby integrace technologií do jejich výrazu.

3.1 Klasické funkce pláště

Ochrana

Stavba, resp. její vnější plášť, měla od nepaměti jasnou základní funkci: ochranu člověka a jeho příbytku a majetku před povětrnostními vlivy, ať už tyto v dané lokalitě byly jakékoliv (viz například sekce 4.1). To byl zcela primární úkol pláště všech staveb, v nichž lidé přebývali. Samozřejmě trochu jinak tomu bylo (a dodnes je) u budov reprezentativních, např. náboženských či třeba určených pro větší shromáždění, kulturu, hry či zábavu.

Je ale třeba si uvědomit, že „ochrana“ před vnějšími vlivy má mnoho podob, které se liší podle klimatických podmínek, ale také podle dalších vlastností vnějšího prostředí. Plášť totiž poskytuje ochranu před [49]:

- nepřízní počasí obecně;
- teplem / chladem;
- větrem;
- vlhkostí;
- slunečním svitem, oslněním;
- mechanickým poškozením stavby i majetku uvnitř;

[49]Schittich, Ch., Lang, W., Krippner, R., Green, P. a Taylor, I. *Building skins*. New enlarged edition. München: Edition Detail, 2006. In detail. str. 30

a

Hegger, M., Söffker, G. H., Thrift, P. a Seidel, P.. *Energy manual: sustainable architecture*. Munich: Edition Detail, 2008, str. 83

- hlukem;
- krádežemi (tj. její funkcí je bezpečnost před ostatními obyvateli);
- nedostatkem soukromí (zejm. ve městech);
- ohněm.

Reprezentace

S vývojem umění a architektury se samozřejmě k této základní funkci přidala i snaha plášť, který navenek reprezentoval danou stavbu (obydlí), nějakým způsobem ztvárnit, dekorovat, aplikovat na něj umělecké kánony dané doby. Dle názoru autora tohoto textu byla estetická funkce pláště hned tou druhou v pořadí v dějinách staveb.

Zajištění potřeb – „zásobovací“ funkce

Ovšem nezbytnou další funkcí je například i přirozené osvětlení, byť to zřejmě v počátcích (možná dáno tím, že historicky známé první velké kultury se rozvíjely v teplých oblastech, kde příliš slunce a přímého světla v příbytcích spíše nebylo žádoucí, a navenek – do ulice – byly domy (např. klasické římské atriové domy či obydlí severní Afriky a Blízkého Východu) v podstatě zcela uzavřené. K osvětlení tedy začaly sloužit otvory v obvodovém plášti, postupem času i tyto různě esteticky ztvárňované.

Otvory zároveň (byť tyto funkce byly historicky velmi často zcela oddělené) sloužily i k větrání interiérů staveb. Oddělené tyto dvě funkce v historii byly zejména z ekonomických důvodů (a zejména v severnějších oblastech, kde bylo žádoucí otvory – jak ty osvětlovací, tak ty určené k větrání – mít možnost snadno uzavřít), jelikož průsvitná či průhledná výplň byla značně nákladná a prakticky neslučitelná s otevíráním výplně takového otvoru. Větrací otvor v plášti naopak mohl být snadno a zcela funkčně uzavřen plnou výplní (okenicí, dveřmi, deskou), která navíc v zavřeném stavu i dostatečně izolovala.

Tyto dvě zmíněné funkce (osvětlení a větrání) spadají do obecnější kategorie „zásobovacích“ funkcí obálky staveb, mezi něž patří:

- osvětlení;
- větrání;
- výhled (dovnitř i ven), interakce s vnějším prostředím;
- pasivní solární zisky;
- aktivní solární zisky;

- elektřina (generování elektrického proudu ať už pomocí fotovoltaických panelů nebo pomocí jiných prostředků integrovaných do pláště budovy).

Většina těchto funkcí se dá zjednodušeně shrnout takto: plášť má uživateli stavby (tedy vnitřního prostředí) poskytovat komfort (tj. pohodlí).

„Jednoduchá clona rozděluje svět na exteriér, kde je člověk nechráněný a vystavený povětrnosti, a interiér, kde je chráněný a schopný ovlivňovat a upravovat podmínky, které utvářejí pohodlí“ [50].

Z výše uvedeného výčtu funkcí je zřejmé, že některé z nich jsou ovšem ve vzájemném rozporu (např. ochrana před sluncem a oslněním a osvětlení interiéru, či ochrana před teplem/chladem a současně potřeba větrání). Právě tyto rozpory (kromě samotného množství funkcí, které musí plášť zajišťovat) vytvářejí z obalu stavby tak komplexní prvek.

Plášť a nosná konstrukce, flexibilita staveb

Rovněž nesmíme ale zapomenout na to, že plášť staveb byl (a je) zároveň jejich nosnou konstrukcí. Není a nebylo tomu tak samozřejmě vždy a u všech staveb. Zejména v teplých klimatických pásech byla nosná konstrukce od pláště většinou oddělena, nosnou konstrukci tvořil nějaký skelet (např. dřevěné sloupy) a vnější plášť, například lehká a v podstatě samonosná konstrukce (ať již z látek, dřeva, travin, slámy apod.). V chladných oblastech naopak převažovaly stavby, kde plášť byl masivní (z důvodů ochrany před nepříznivým vnějším prostředím, pro svou schopnost akumulace atd.), a sloužil většinou současně jako nosná struktura stavby.

S návazností pláště na nosnou konstrukci stavby ale významně souvisí flexibilita. Ať už plášť jako takového – tj. možnost jej upravit tak, aby mohl být udržován funkční a obměňován, aby esteticky odpovídal současným trendům, reprezentoval svého majitele či měnil se funkci, aby při změně užívání reagoval na jiné technické požadavky na vnitřní prostředí, aby na něj byly možné aplikovat nové technologie, aby se přizpůsobil změnám klimatu či legislativních podmínek – tak samozřejmě flexibilita stavby jako takové. Změna funkce (tj. například změna dispozic) stavby by u dobře navržených udržitelných staveb neměla vyvolávat nutnost demolice celé stavby. A naopak, aktualizace pláště by neměla znamenat přílišné zásahy do vlastního provozu. Tedy, lze vyslovit domněnku, že ideální je plášť se všemi jeho funkcemi maximálně oddělit od té funkce, kterou plní stavba jako celek (to ale neznamená, že by výraz staveb musel nutně být jaksi „univerzální“).

[50] Dahl, T.. *Climate and architecture*. New York, N.Y.: Routledge, 2010., str. 6

Oddělení funkcí pláště od funkce stavby

Problémem zejména 20. století se stalo, že při prudkém vývoji (moderní) architektury plášť přestal plnit mnohé z uvedených funkcí, které by v něm měly být přirozeně integrovány. Výsledkem rychlé globalizace architektury a překotného vývoje technologií v zásadě bylo, že stoupající energetická náročnost budov (resp. klesající dostupnost zdrojů a zvyšování jejich cen) nebyla v jejich pláštích nijak zásadně reflektována, stejně tak, jako postupně forma budov přestala respektovat místní podmínky (nejen klimatické).

Byť tomu tak historicky bylo prakticky vždy u reprezentativních budov (tedy staveb, u nichž se aplikovaly „architektonické slohy“) a veřejné budovy byly v zásadě v celém světě ovlivněném západní civilizací stavěny obdobně, 20. století tento fakt výrazně eskalovalo a vneslo jej i mezi „obyčejné“ stavby pro bydlení.

Technologie umožňovaly používat stále stejnou formu, výraz i vnější plášť budov na celém světě, jednalo se v podstatě o poněkud pokřivenou interpretaci modernistického hesla „*forma následuje funkci*“.^[5] Lišila se pak v zásadě jen velikost strojovny technických zařízení a spotřeba u využití energie – buďto jí většina šla na vytápění anebo naopak na chlazení.

Dnes si tyto problémy jasně uvědomujeme a ve snaze o „udržitelný“ život a udržitelné stavění a architekturu se mnohdy snažíme vracet k tradičním formám a technologiím (resp. často se objevují tendence stavět zcela – či téměř – bez technologií). To je bezesporu rozumná cesta (anebo alespoň jedna z cest), nicméně se domnívám, že technický pokrok a vědecké poznatky lze využít pro udržitelné stavby velice efektivně a pozitivním způsobem a není třeba se vzdávat komfortu, moderních materiálů a – do velké míry – ani architektonických forem vzniklých ve 20. století.

Dnes je možné do výrazu budovy, tedy do jejího vnějšího pláště totiž integrovat technologie, které jsou schopné zajistit kvalitní vnitřní prostředí, aniž by to znamenalo jakýkoliv další přísun energie a složitých zařízení uvnitř staveb. Navíc tato integrace může probíhat architektonicky velice zajímavě a v zásadě by mohla vyústit i do nového estetického pojetí staveb (resp. udržitelných staveb – udržitelná by ale ze své podstaty měla být, jak jsme si již řekli, vlastně veškerá kvalitní architektura). Kromě toho přináší logicky i zcela prostou ekonomickou úsporu v tom, že vnitřní prostor stavby může být lépe využit, jelikož není zatížen prostorovými a funkčními nároky technologií.

Nejprve se ale podívejme právě na tradiční stavby a to, jak byly svou formou přizpůsobené podmínkám a jejich výraz úzce souvisel se zajištěním všech (nebo skoro všech – s ohledem na historické období, umístění i místní tradice) důležitých funkcí.

[5] (Sullivan, 1896)

3.2 Tradiční navrhování – forma přizpůsobená podmínkám

Tak jak se mění podnebná pásma a klimatické podmínky, mění se i podoba tradiční (zejména obytné) architektury po celém světě.

Je třeba si ale uvědomit, že řešení z různých částí světa s obdobnými klimatickými podmínkami nejsou zdaleka – jak by třeba bylo možné očekávat – shodná. Jak již bylo zmíněno výše, podoba architektury je (a vždy byla) ovlivňována kulturními a sociálními podmínkami dané lokality a místním vnímáním estetiky (a sama je na oplátku ovlivňovala). Stejně tak i přístup obyvatel různých částí světa ke komfortu (pohodlí) vždy byl odlišný. Tento subjektivní faktor se ale zřejmě s postupující globalizací stírá, což vedlo právě ke konci 20. století ke zmiňovanému rozšíření univerzální architektury vycházející z euroatlantického modernismu 20–50. let 20. století.

Tradiční stavby rovněž nelze brát jako pro dnešní dobu bez úprav aplikovatelnou alternativu, jelikož požadavky uživatelů byly výrazně odlišné od našich dnešních představ o nárocích na vnitřní prostředí. Přesto jsou řešení v obdobných klimatických podmínkách u tradičních staveb v mnohém velice podobné a mohou být pro dnešní a budoucí stavby a architekturu velice přínosnou inspirací – zejména v jednoduchosti a přímočarosti odpovědi na místní problémy. *„Usnadňují porozumění jednoduchým a srozumitelným spojením mezi člověkem, prostorem, formou, pláštěm a silami přírody.“* [52]

Přes výše uvedené odlišnosti tradičních staveb dané kulturou lze v zásadě říct, že jejich forma a estetika (a tedy jejich architektonická podoba, jak jsme se pokusili definovat) je v první řadě dána reakcí na klimatické podmínky. Ty lze rozdělit na tři základní typy podle výšky slunce.

1. *horké klima*
2. *mírné klima*
3. *studené klima*

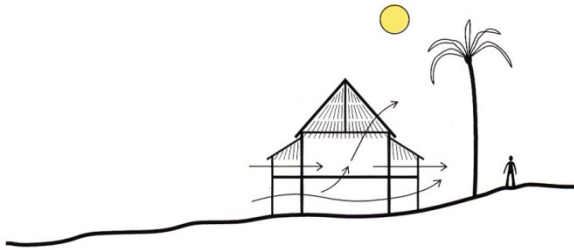
Dále je pak jako extrémně významnou vlastnost podnebí třeba započítat vlhkost vzduchu. Dle definice v publikaci **Climate and Architecture** [53] můžeme pro jednoduchost pracovat se šesti skupinami forem tradiční architektury přizpůsobené jak teplotní, tak zejména vlhkostní charakteristice místa (existují ovšem i další typy dělení klimatických pásem a jejich klasifikace, např. podle W. Köppena či B.P. Alisova [54], v principu se ale vždy jedná o kombinaci teplotních a vlhkostních podmínek). Více k vybraným klimatickým podmínkám též viz část 4.1.

[52] (Dahl 2009, s. 33)

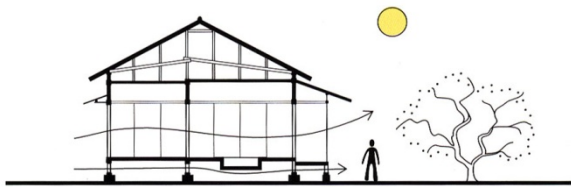
[53] (Dahl, 2009, s. 16)

[54] *Klasifikace podnebí*. [online]. [cit. 2014-09-14].

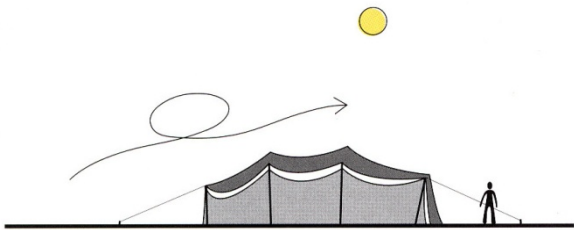
Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Klasifikace_podnebí



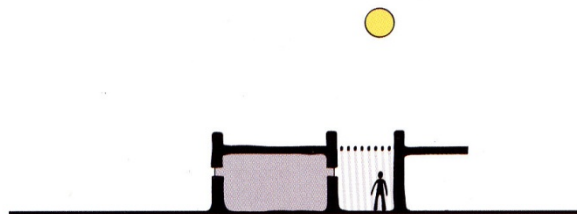
Obr. 3.1: Tropické klima, dům na pilotách - (Dahl 2009)



Obr. 3.2: Subtropické klima, tradiční japonský dům - (Dahl 2009)



Obr. 3.3: Horké a suché klima, poušť, beduínský stan - (Dahl 2009)



Obr. 3.4: Horké a suché klima, Maroko, hliněné obydlí - (Dahl 2009)

Následující příklady čerpají z publikace **Climate and Architecture** [55]:

A. Horké a vlhké podnebí:

Tropické klima: Dům na pilotách v Thajsku

Jen minimální rozdíly mezi dnem a nocí, žádná roční období, stabilní vlhkost a teplota, přímá sluneční záření cloněno oblačností a stromy;

- stavby skeletové, otevřené, výrazné zastřešení s přesahy (proti dešti);
- lehké a prodyšné materiály (bambus, listy apod.) – zajištění přirozené ventilace;
- podlaha vysoko nad terénem (vlhkost, záplavy, bezpečí a větrání);
- často stavby přímo nad vodní hladinou pro zvýšení ochlazování vypařováním.

Subtropické klima: Tradiční japonský dům

Teplé a vlhké přímořské klima s dlouhými teplými léty a krátkými zimami, často se silným studeným větrem;

- stavby chrání před vlhkostí a letním horkem, dále pak před chladným zimním větrem;
- často vysoké, dobře větrané místnosti napříč celým domem, terasy chráněné před sluncem a deštěm, otvory ve fasádě se žaluziemi;
- stavby jsou převážně skeletové, z lehkých materiálů, zejm. dřeva a kovu a doplněny o zahrady s vodními plochami a stromy, dřevěné sloupy jsou umístěny na kamenné základy v dostatečné výšce nad zemí.

B. Horké a suché podnebí:

Poušť: Saudská Arábie – beduínský stan / Maroko – hliněné obydlí / Egypt – městský dům

Extrémní horko, bezoblačné nebe, prudké sluneční záření, nedostatek srážek a vody, mírná zima a extrémně horké léto. Velký rozdíl mezi denní a noční teplotou. Vysoká teplota je nejzásadnější problém.

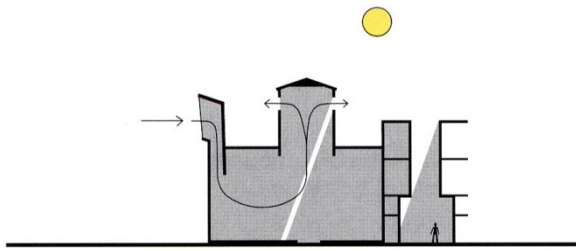
Saudská Arábie – beduínský stan

- lehký přenosný materiál, typicky černá vlna;
- maximální stín a ventilace, ochrana před nočním vychladnutím, ochrana před pískem a vysušujícím větrem, chrání před oslněním;
- schopnost materiálu, je-li navlhčen, chladit interiér stanu.

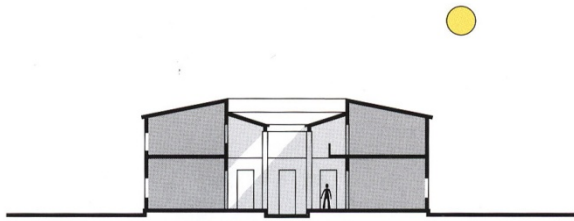
Maroko – hliněné obydlí

- stálí obyvatelé pouště staví z těžkých materiálů s vysokou akumulací schopností (snížení vlivu rozdílu denních a nočních teplot) – imitace podzemního obydlí;
- malé otvory a stíněné vnitřní dvory, střešní terasy využívané večer a v noci.

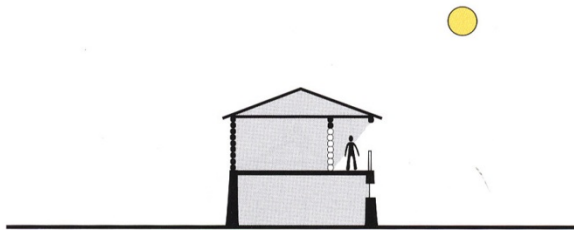
[55] (Dahl 2009, str. 16 – 21)



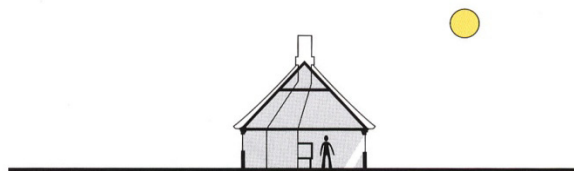
Obr. 3.5: Horké a suché klima, Egypt, městský dům - (Dahl 2009)



Obr. 3.6: Středomořské klima, římský atriový dům - (Dahl 2009)



Obr. 3.7: Kontinentální klima, tradiční turecký vesnický dům - (Dahl 2009)



Obr. 3.8: Mírné vlhké klima, obdélný dům v Dánsku - (Dahl 2009)

Egypt – městský dům

- obdobné principy, vzhledem k přítomnosti stálých chladných větrů je vzduch sveden do budovy. K chlazení slouží voda;
- vnitřní stíněné dvory s vodní plochou vytváří uvnitř domů příznivé mikroklima;
- stínící prvky z lehkých materiálů.

C. Mírné suché podnebí

Středomořské klima: Tradiční římský atriový dům

Dlouhá teplá léta a krátké chladné a vlhké zimy. Mírné klima s malými rozdíly mezi noční a denní teplotou:

- tradičně těžké kamenné konstrukce (stabilní vnitřní podmínky během dlouhého léta, ale potřeba tolerance a/nebo vytápění během krátké zimy);
- stavby často vybílené zvenku (odraz slunečního záření) i zevnitř (světlo), otvory minimální;
- okenice a žaluzie (stíněn a ochrana před přehříváním);
- častá jsou atria, patia, loggie, vnitřní dvory a zahrady (přechodová zóna pro pobyt venku v létě).

Kontinentální klima: Tradiční turecký vesnický dům

Dlouhá teplá a suchá léta a dlouhé chladné zimy. Výrazné sezónní i denní rozdíly teplot. Nízká vlhkost a velká větrnost;

- spodní část stavby z hmotných materiálů, horní část lehká (dřevěná konstrukce), kamenné střechy s nízkým sklonem a velkými přesahy proti letnímu slunci;
- vytápěné obytné prostory pro zimní období ve středu domu v horním patře.

D. Mírné vlhké podnebí

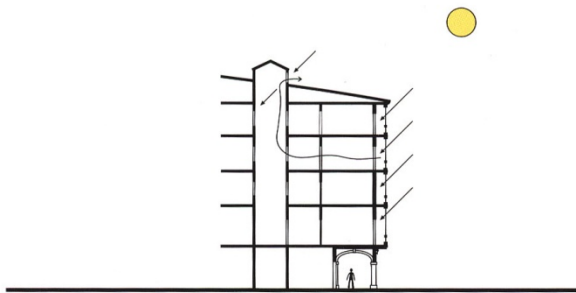
Mírné přímořské klima: tradiční obdélný dům v Dánsku / městský dům, La Coruña, Španělsko

Mírné teploty, vyšší vlhkost, deštivé a proměnlivé počasí, blízkost moře, větrno, krátká chladná léta a mírné zimy:

- stavby chráněné proti vlhkosti a větru;
- střecha s větším sklonem (velké srážky) a přesahy.

Obdélný dům v Dánsku

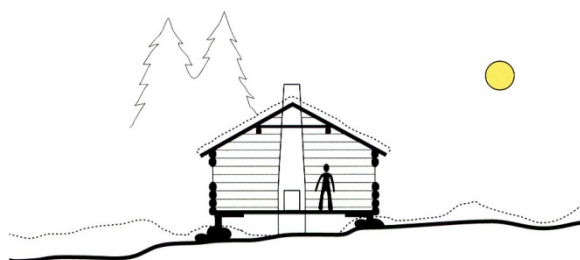
- došková střecha (vysoká izolační schopnost);
- cihelné stěny;
- okna malá (ochrana před zimou) anebo naopak výrazných rozměrů (kompenzace nedostatku slunečního světla – zejm. Skandinávie).



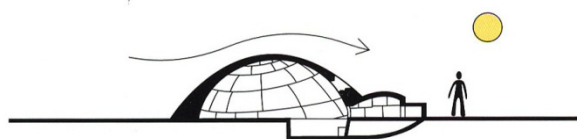
Obr. 3.9: Mírné vlhké klima, městský dům, La Coruña - (Dahl 2009)



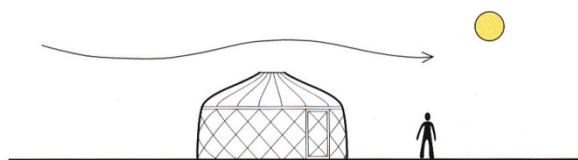
Obr. 3.10: Studené vlhké klima, laponský stan - (Dahl 2009)



Obr. 3.11: Studené vlhké klima, švédský srub - (Dahl 2009)



Obr. 3.12: Studené suché klima, eskymácké iglú - (Dahl 2009)



Obr. 3.13: Studené suché klima, mongolská jurta - (Dahl 2009)

Městský dům, La Coruña, Španělsko

- ochrana před prudkým větrem pomocí předsazené prosklené fasády vytvářející přechodovou (nárazníkovou) klimatickou zónu stavby, pasivní solární zisky ob. místností;
- proudění vzduchu světlíky – odvětrání, přisvětlení vnitřních prostor

E. Studené vlhké podnebí

Subarktické: laponský stan Saami / švédský tradiční srub

Chladná léta, dlouhé dny, intenzivní období růstu, dlouhé zimy s krátkými dny a dlouhými obdobími sněhové pokrývky. Přechody ze suchých klidných období (léto) do bouřlivých, větrných a vlhkých.

Laponský stan Saami

- centrální ohniště a odvětrávací otvor ve vrcholu stanu, stěny izolované kožešinami
- blízkost lesa (ochrana před větrem), vchod na východ;
- část stanu určená na spaní izolována březovým proutím a kožešinami

Švédský srub

- ochrana před větrem – stavby blízko lesa
- střecha s mírným sklonem (sníh v zimě tvoří izolační vrstvu)
- masivní dřevěné (sрубové) stěny a centrální zděný (cihelný) krb s komínem (vysoká akumulace)

F. Studené suché podnebí

Arktické: eskymácké iglú / mongolská pastevecká jurta

Extrémní chlad, dlouhé a tmavé zimy, krátká, jasná a chladná léta, malá variace teplot:

- nízká teplota je hlavním faktorem, kterému je třeba čelit

Eskymácké iglú

- minimální poměr A/V (plochy k objemu) stavby, velmi úsporný půdorys;
- stavěny z bloků sněhu, které obsahují vzduch (izolace);
- zapuštěný vstupní tunel, vnitřní obložení z kožešin;
- k vytápění na cca. 15°C stačí teplo generované obyvateli, případně malý zdroj.

Mongolská pastevecká jurta

- přenosné obydlí kočujících pastevců – optimalizovaný kruhový tvar okolo centrálního ohniště.



Obr. 3.14: Tradiční stavby na českém území – www.archeoskanzen.cz a www.roubenkyasruby.cz

Problémem dnešních „ekologických“ trendů je ale často i již zmíněná snaha být až příliš „tradiční“, dochází k nepřilíživému kopírování či interpretování tradičních forem (ne vždy z dané lokality a odpovídajících místním podmínkám) bez znalosti a řádného pochopení jejich principů – viz *Obr. 2.1* versus *3.14*.

Tradiční stavby jsou vždy adaptovány na místní podnebí. V tom spočívá jejich hlavní přínos a zdroj možné inspirace pro dnešní architekturu.

K tomuto přizpůsobení u nich dochází dvěma hlavními způsoby – pasivně, kdy sama stavba je neměnná, ale v průběhu času se mění užívání vnitřních prostor (den–noc, léto–zima), či aktivně, kdy se stavba je sama schopná dynamicky přizpůsobovat měnícím se vnějším podmínkám. Nejlepším je pak asi řešení, které oba způsoby kombinuje.

3.3 Integrace technologií do obálky staveb, inteligentní plášť

Plášťe udržitelných staveb dnes

U většiny staveb s běžnými obvodovými konstrukcemi – tedy plnými stěnami s okenními otvory, příliš k integraci technologií do pláště a tedy výrazu architektury nedochází. Klasický v současnosti používaný plášť si tedy klade zejména za cíl – v rámci víceméně běžného a tradičního tvarosloví – zefektivnit jednotlivé funkce, především pak funkce ochrany.

Přesto plášťe těchto staveb jsou v dnešní době schopné eliminovat značnou část jinak nezbytných technologií uvnitř budovy, které by jinak byly nezbytné k vytvoření optimální vnitřní pohody. Zejména u nízkoenergetických a pasivních budov je plášť navržen tak, že všechny (resp. většinu) popsaných funkcí plní velmi efektivně a je schopen například energetické ztráty stavby snížit natolik, že vytápění již prakticky není nutné. Při optimálním návrhu lze eliminovat i potřebu nuceného větrání (i když to je většinou s výhodou používáno, jelikož snižuje ztráty větráním).

Zděné obvodové stěny jsou tepelně izolovány, případně se používají vysoce izolační zdící systémy a tvárnice. K masivním stěnám jsou alternativou dřevostavby (nižší podíl akumulace, naopak obvykle vyšší tepelný odpor při stejné síle stěny) či sendvičové konstrukce, masivní dřevěné konstrukce s tepelnou izolací a další, méně obvyklé typy (např. lehké ocelové konstrukce – řešením podobné dřevostavbám).



Obr. 3.15: Renzo Piano, Richard Rogers, Centre Pompidou, Paříž – Martin Čeněk 2004



Obr. 3.16: Fotografie souboru BedZed – www.zedfactory.com



Obr. 3.17: Fotografie fotovoltaických panelů aplikovaných na střechu rodinného domu bez zvažování vlivu na výsledný výraz stavby – www.ekobydleni.eu a www.svp-solar.cz

Kromě jednoplášťových konstrukcí se dále používají konstrukce víceplášťové, provětrávané, vhodnější mimo jiné z důvodů odvětrání vodních par.

Technologie jako taková ale obecně zůstávala celé 20. století samostatnou součástí stavby umístěnou převážně v interiéru, v technickém zázemí, případně je skryta na střeše apod. Až na výjimky nebyla (a u většiny drobnějších staveb, zejména staveb pro bydlení, nadále není) umístěna v plášti stavby a nepodílí se tak na jejím výrazu. Jednou ze známých (spíše experimentálních a pro architekturu 20. století revolučních) výjimek je např. Centre Pompidou v Paříži od Renza Piana a Richarda Rogerse z roku 1977 (*Obr. 3.15*), kde byly záměrně veškeré technologie umístěny na fasádu a jsou to ony, nikoliv klasický „plášť“ či fasáda, co stavbu reprezentuje a určuje její výraz a formu. Je otázkou, zda lze tento příklad považovat za současné „udržitelné“ řešení, jak jsme se jej snažili v úvodu definovat.

Přesto i ekologické a udržitelné stavby současnosti, jejichž pláště často vycházejí z klasického tvarosloví a materiálů (zděné či dřevěné konstrukce), využívají možnost integrovat do svých plášťů různé náročnější technologie, které tak mohou být zcela eliminovány z interiéru stavby a které spoluvytváří výraz těchto staveb. Asi nejlepším příkladem je soubor BedZed (Beddington Zero Energy Development) u Londýna od britské architektonické kanceláře Bill Dunster Architects (resp. Zed Factory Ltd.), u něž je celý obal jednotlivých budov doslova „vyskládán“ ze všech dostupných technologií – fotovoltaika a termosolární kolektory, skleníky a zelené střechy pro úpravu mikroklimatu, výrazné barevné větrné turbíny pohánějící ventilaci, kolektory na dešťovou vodu integrované do střešní krajiny atd. [56] Přesto zde technologie plášť přímo nevytváří – ač jsou zcela určující pro výraz stavby, vlastní obal stavby zůstal v podstatě klasický.

Obecně ale zejména právě u tohoto typu staveb dochází k aplikaci stávajících technologií, aniž by byl uvažován jejich estetický vliv na výraz stavby. Technologie výraz jednoznačně pozměňují, architektura (měla-li nějaké kvality) pouhým přidáním technologie na svůj plášť ale většinou trpí. Nejčastější takovouto aplikací jsou fotovoltaické panely a solární kolektory.

Dnešní kvalitní udržitelná architektura má ale mnoho vnějších materiálových podob a celou škálu řešení pláště. Samozřejmě je nezbytné, aby jejich použití bylo promyšlené, inteligentní a splňovalo všechny technické požadavky. Na druhé straně ale v zásadě neexistuje nějaké dogma, které by nějak zásadně limitovalo použití materiálů pro udržitelné stavby.

[56] *BedZED – Beddington Zero Energy Development*. [online]. [cit. 2011-02-04].
Dostupné z: <http://www.zedfactory.com/>



Obr. 3.18: Ilustrační příklady moderních udržitelných staveb, jejichž pláště jsou zhotoveny z různých materiálů – [www stránky autorů](http://www.stranky.autoru)

Ke zvážení se nabízí, zda by udržitelná architektura nemohla vypadat i jinak. Modernisté říkali, že forma má následovat funkci. Postmodernisté pak formu brali jako symbol. Současná – či budoucí – udržitelná architektura by měla umět formu a funkci v maximální míře propojit, resp. dát formě i další funkce, než jaké má dnes a jaké měla i historicky.

Jedním z možných řešení je architektonická integrace technologických řešení do pláště budov – fotovoltaických článků, solárních panelů, systémů přirozeného větrání a stínění..., tedy vytvoření alespoň pokusu o onu zmiňovanou „inteligentní kůži“, která bude stavbě, tedy svému nositeli, skutečnou kůží.

Integrace technologií do pláště budovy

„V současné době směřuje trend v plánování obvodových plášťů k tomu, aby byly navrhovány inteligentní fasády, které převezmou centrální funkce budovy jako větrání, chlazení, topení a bezpečnost. Zkoumá se integrování různých funkcí do struktury pláště jednak z důvodů úspory prostoru v rámci zastavěného objemu budovy a jednak, aby fasáda mohla flexibilně, a tím efektivně, reagovat na vnější i vnitřní podněty prostředí.“ [57]

Jaké technologie lze ale vůbec integrovat do pláště? Jak jsou těmito technologiemi a jejich umístěním přímo do výrazu stavby splněny základní (i náročnější) požadavky na funkci pláště?

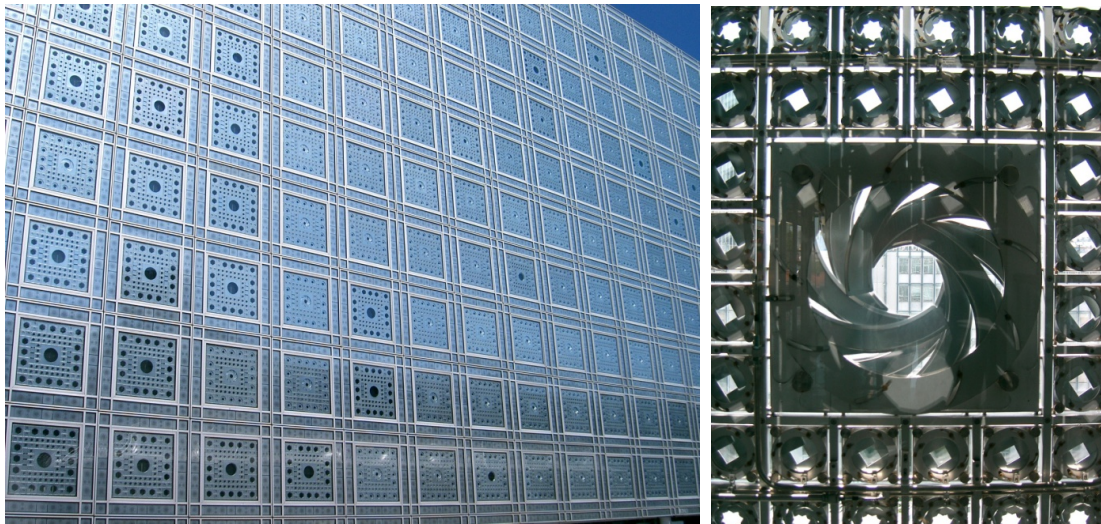
Plášť stavby, jak jsme si řekli, by měl plnit celou řadu funkcí. Jestliže je neplní, či je neplní stoprocentně, je vždy nutné stavbu doplnit o systémy a technologie, které by se postaraly o pohodlné vnitřní prostředí. Systémy, které musejí být umístěny uvnitř stavby (či například samostatně na její střeše) a které tedy zabírají vnitřní prostor, stavbu znehodnocují (esteticky i finančně, často i funkčně), jejich výměna je náročná a nákladná a možnosti pláště nejsou zdaleka využity.

Plášť stavby se může stát nositelem technologií, které se mohou zcela postarat o příjemné vnitřní prostředí a interakci mezi ním a prostředím vnějším, a plnit především následující úkoly, jinak buďto v plášti nepřítomné, anebo obvykle především zajišťované systémy uvnitř stavby:

- Regulace vnitřního prostředí
- Energetické zisky a úspory
- Flexibilita stavby
- Reklama, komunikace

Ostatní funkce pláště, o nichž jsme psali, by měla plnit každá stavba a jsou „automatickou“ součástí všech plášťů – primárním důvodem, proč vůbec pláště (a stavby jako takové) existují.

[57] (Florián 2005, str. 96)



Obr. 3.19: Možnosti stínění integrovaného do pláště – Jean Nouvel, Institut du Monde Arab, Paříž, 1987 (M.Č. 2004)



Obr. 3.20: Vlevo: Siemens Architekturabteilung, pavilon Siemens, Expo 92, Sevilla

Obr. 3.21: Vpravo: Herzog + Partners, administrativní budova, Wiesbaden, Německo, 2001 (Florián 2005)

Systémy, které lze do výrazu architektury integrovat. Např.:

- Stínění (zabránění přehřívání a oslňování)
- Větrání (přirozené, automatizované)
- Chlazení
- Vytápění
- Přirozené osvětlení se systémy proti oslňení – úspora el. energie
- Výroba energie
- Ohřev vody

Stínění a osvětlení

Stínění, tedy systém, který plní hned dvě funkce, tj. chrání stavbu před přehříváním a zároveň zabraňuje vnikání nežádoucího přímého oslňujícího slunečního svitu do budovy, je tím, který lze do výrazu integrovat asi nejnáze, a v současnosti (i u tradičních staveb) je do formy stavby integrován v nějaké míře prakticky vždy. U transparentních plášťů je stínění naprostou nezbytností, je vhodné stínit ale i jiné druhy lehkých plášťů. Systémy stínění mohou být esteticky velmi zajímavé a výrazné. Mohou být i interaktivní a výraz stavby se tak může během dne či roku proměňovat v závislosti na slunečním svitu a teplotě.

Stínění (vnější) může být tvořeno například:

- samotným tvarem budovy
- okenicemi, posuvnými panely, mřížemi apod.
- markýzami, slunolamy a baldachýny
- žaluziemi
- lamelami a trubicemi z různých materiálů
- roletami
- průsvitnými povrchy namísto transparentních
- potiskem (vč. fotovoltaiky)
- elektrochromickým nebo plynochromickým zasklením
- hranoly z prizmatického skla
- holograficko-optické zasklení

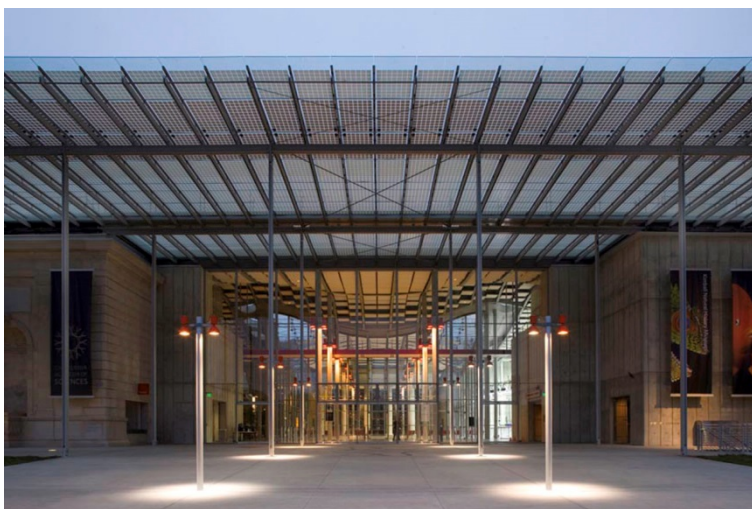
Větrání, chlazení a vytápění

Přirozené větrání, které zároveň může zajišťovat i chlazení (případně ohřívání) vnitřního prostředí stavby, je především řešeno otvíráním prvků tvořících plášť a umožněním přirozeného (regulovaného) proudění vzduchu. Takovéto systémy jsou nejen esteticky velmi zajímavé, ale pláště se díky nim stávají proměnlivými, hravými, je jasně vidět interakce mezi vnitřním a vnějším prostředím.

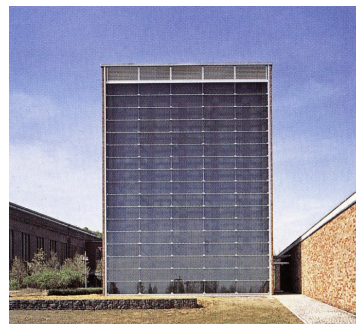


Obr. 3.22: Vlevo: Von Gerkan Marg und Partner, nádraží Lehrter, Berlín - fotovoltaika - www.gmp-architekten.com, foto: Marcus Berndt

Obr. 3.23: Vpravo: Allmann Sattler Wappner, TU Arena Tubigen, 2004 - fotovoltaika ve fasádě - www.allmannsattlerwappner.de, foto Jens Pasoth



Obr. 3.24: RPBW, California Academy of Science, San Francisco, 2008 - semitrparentní fotovoltaika - www.rpbw.com, foto: Nic Lehoux



Obr. 3.25: Vlevo: Dierks Blume Nasedy, sportovní hala Grossostheim, 2000 - systém ohřevu vody - www.dbn-architekten.de

Obr. 3.26: Vpravo: HHS Planer + Architekten, Business centrum, Hamm, 1998 - vzduchové kolektory www.hhs-architekten.de (Florián 2005)

S výhodou lze využít dvojité pláště, kde meziprostor může sloužit k rozvádění chladného (či teplého) vzduchu.

K chlazení a vytápění pak slouží i akumulace získaného tepla (chlada) do vnitřních konstrukcí stavby.

K větrání mohou ale být použity i méně tradiční systémy, jako například solární komíny, či naopak větrem poháněné turbíny, které se mohou výrazně promítnout do architektonického výrazu stavby (viz již zmíněný soubor BedZed nebo další příklady dále).

- tvar budovy
- otvírání prvků pláště
- solární komíny, dvojitý plášť a proudění vzduchu v nich
- větrné turbíny

Výroba energie a ohřev vody

Výroba elektrické energie či ohřev vody (využitelné k vytápění či jako teplá užitková voda) jsou příkladem využití pasivních solárních zisků. Elektrická energie je získávána především pomocí fotovoltaických panelů, kterých dnes existuje celá řada typů.

Typy fotovoltaických článků [58]:

A. Krystalické (polykrystalické nebo monokrystalické) silikonové články

V našich podmínkách se používají zejména polykrystalické, které jsou méně závislé na přímém slunečním záření než monokrystalické. Účinnost panelů se výrazně zvyšuje jak orientací k vhodným světovým stranám a správným sklonem. Klesá však s teplotním zatížením. Proto je nezbytné zajistit pro panely dostatečné ochlazování. To se většinou řeší odsazením panelů od konstrukce střechy nebo fasády. Dá se tedy říct, že tento typ panelů je pro integraci do formy stavby méně zajímavý.

B. Tenkovrstvé technologie (Amorfní nebo mikromorfní články)

Tyto mají obecně menší účinnost, avšak jejich výhodou je stabilnější výkon při vyšších teplotách a pracují daleko více s difuzním zářením. Nejsou tedy tak citlivé na nasměrování k jihu, také sklon panelu může být různý, a mají i větší účinnost v jarním a podzimním období. Cena je oproti krystalickým panelům též nižší. Obecně lze říci, že se používají tam, kde nevádí, že budou zabírat větší plochu než krystalické panely (při stejném výkonu). Dále nabízí větší možnosti integrace do pláště stavby.

[58] oberts, S. a Guariento, N.. *Building integrated photovoltaics: a handbook*. Boston: Birkhäuser, c2009. str. 18-21



Obr. 3.27: HHS Planer + Architekten, solární dům pro Wohnen 2000, IGA '93, Stuttgart, 1989-93 - www.hhs-architekten.de, www.infobuild.it, foto: Giorgio Grandi



Obr. 3.28: New York, Times Square – architektura jako nosič reklamy (M.Č. 2011)

C. Hybridní vysokovýkonné články

Nové typy článků, mezi něž patří například HIT články, kombinují krystalické a tenkovrstvé silikonové články. Amorfni silikon je po obou stranách opatřen monokrystalickým silikonem, tyto vrstvy různorodých polovodičů jsou spojeny silikonem. Tento typ umožňuje absorpci světla jak přední, tak zadní stranou článku a je tedy rovněž vhodný do transparentních konstrukcí a svislých prvků. Zadní strana je schopna vyrábět elektřinu i z odraženého ambientního světla – například u zastřešení atrií budov.

D. Semi-transparentní panely

Tyto panely kombinují fotovoltaické články s běžným zasklením. Výhodou je současný zisk elektrický i tepelný (pasivní zisky), zároveň samotný rastr článků může být využit jako stínění. Výkon transparentních prvků závisí na poměru FV k čistému zasklení a typu použitých FV článků. Je možné použít krystalické články, které ovšem vytváří rast s ostrými přechody. Použití amorfni článků tvoří jemnou strukturu s plynulým rozložením světelného záření.

Další možný způsob získávání elektrické energie pro provoz stavby je větrná energie. Malé větrné elektrárny (turbíny) lze rovněž zapojit do architektonického vyznění stavby, je-li s nimi počítáno v návrhu. Spíše se však větrem poháněné turbíny používají k větrání budov, jak již bylo demonstrováno na příkladu souboru BedZed v Anglii.

Pro ohřev vody se pak nejčastěji používají solární kolektory, které mohou mít mnoho podob a různým způsobem být využity v plášti budovy.

Kolektory mohou být ploché a integrované do střešního pláště či fasád. Naopak trubcové kolektory mohou s výhodou fungovat jako markýzy či obecně jako stínící prvek. Trubice, jimiž protéká buďto přímo ohřívající se voda anebo teplosměnná látka, mohou ale být i přímo integrovány do vlastního materiálu (resp. prvků) pláště. Například firma TECU (KME) vyrábí střešní či fasádní šablony (měděné a jiné), které v sobě mají již zabudován rozvod vody a celá plocha střechy či pláště pak funguje jako termosolární kolektor [59].

Reklama, komunikace

Do pláště mohou být integrovány také prvky reklamy či komunikace – displeje, obrazovky, promítání. Technologie LED umožňují vytvoření velkoplošných barevných komunikačních systémů.

[59] TECU Solar Systém. KME. [online]. [cit. 2011-10-16].
Dostupné z: <http://www.kme.com/tecu-solarsystem/>

Transparentní fasády jako „základní“ forma integrace technologií do výrazu architektury

Transparentní fasády jsou tím, co považují v současné architektuře za jakýsi základ pro integraci technologií do výrazu staveb a jejich odstranění z interiéru. Ten tak může lépe plnit svou užitnou funkci. Zároveň dochází k vytvoření tvarosloví, jež vychází jak z tradičních, tak i ze současných poznatků, a je díky své flexibilitě schopno inovace. Tyto pláště jsou též základem pro zmiňovanou „inteligentní kůži“. V současné době existuje mnoho materiálových alternativ ke sklu, často navíc technicky vyspělejších a ekologičtějších, byť ještě neprověřených délkou užívání. Zejména různé typy plastů nabízejí obdobné a mnohdy zajímavější možnosti než sklo.

David Leatherbarrow k tomu uvádí z již zmiňovaného Nouvelova semináře *„Sklo, tento nejméně hmotný materiál, bude klíčem k znovuvybudování spojení mezi architektem a přírodním i městským životem...“* [60]

Věnujme se však nejprve stručně skleněným (transparentním) fasádám a tomu, jak takovéto fasády ze své podstaty přejímají některé funkce technického zázemí domu, které klasické pláště nemohou plnit, a jak je tento fakt určující pro výraz současných staveb.

Transparentní fasáda je lákavým architektonickým řešením. Aby si udržela svůj výraz, je třeba integrovat technologii skutečně přímo do materiálu, do struktury pláště.

Transparentní fasáda se potýká s těmito primárními problémy (jednotlivá řešení vychází z publikace „Inteligentní skleněné fasády“ od Miloše Floriána [61]):

Tepelná izolace

Cílem je minimalizovat tepelné ztráty fasády, resp. celého obalu stavby. Dosáhnout toho lze několika způsoby:

- izolačním zasklením s optimální hodnotou prostupu tepla (U)
- rámy a systémy ráků s optimalizovanou hodnotou U
- vakuové zasklení nebo vakuové panely
- transparentní tepelná izolace
- dvouplášťové fasády

Stínění proti slunci

Zásadním problémem transparentních fasád je přehřívání a skleníkový efekt. Ochrana proti přehřátí výrazně snižuje potřebu energie na systémy a technologie chlazení, které by musely

[60] Leatherbarrow, D., *Na materiálech záleží*. [citace z Jeruzalémského semináře Jeana Nouvela, 1998]
In: (Tichá 2009, str. 52)

[61] (Florián 2005, str. 95–96)

být umístěny uvnitř budovy, což neodpovídá snaze vnitřní prostředí od technologií oprostit a soustředit je do vlastního výrazu stavby. Možná řešení zahrnují:

- elektrochromické nebo plynchromické zasklení
- integrované lamely
- hranoly z prizmatického skla
- lamely ze skla, kovu, dřeva či tkanin umístěné v exteriéru
- holograficko-optické zasklení
- zasklení s povrchem upraveným potiskem

Získávání energie

Energii může stavba ze svého pláště získávat buďto přímo anebo nepřímo. „K přímému výtěžku energie dochází maximálním využíváním denního světla, což zvyšuje pohodu a snižuje potřebu umělého světla.“ [62] Rovněž lze přímo využívat teplo, např. využitím ohřátého vzduchu v meziprostoru dvojitých fasád.

Nepřímý zisk energie je možný zejména pomocí následujících aktivních systémů:

- fotovoltaické panely (moduly) – monokrystalické, polykrystalické, tenkovrstvé atd.
- vakuové, ploché vakuové a další kolektory

Bezpečnost, flexibilita a inteligence

„Aplikace elektroniky a elektromechaniky s prvky umělé inteligence přináší do struktury fasády větší bezpečnost.“ [63] Stejný význam má i flexibilita a optimalizovaný návrh pláště, který sám o sobě znamená úspornější a méně nákladné řešení. Je třeba zohlednit:

- modulovou výstavbu
- možnosti aktualizace komponentů (a technologie)
- jednoduchost montáže
- adaptabilní technické zařízení

Samozřejmě se zde zabýváme stavbou s transparentním pláštěm v klimatických podmínkách blízkým těm, které jsou na našem území. Jak uvidíme v následujících částech práce, zejména v teplejších klimatických podmínkách s vyšším úhrnem slunečního záření je tím nejdůležitějším stínění a větrání, nikoli vytápění a zisk energie pro něj.

K popsaným bodům lze připojit ještě další významné schopnosti, které může transparentní plášť mít a k nimž lze s velkou výhodou využít právě jeho transparentnost:

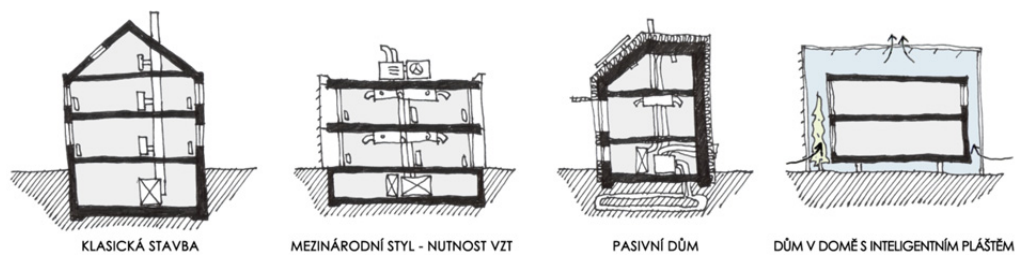
[62] (Florián 2005), str. 96

[63] (Florián 2005), str. 96

Transparentní fasáda či celý plášť by se měl být schopen starat o přirozené (ale řízené) větrání stavby.

Dobře navržený plášť by měl (jak bylo řečeno, především pomocí vhodného systému stínění, ale také právě správně navrženého režimu přirozeného větrání) stavbu dokázat i chladit (například pomocí nočního předchlazování v létě, kdy se plášť z velké části otevře, a stavba je provětrávána chladnějším vzduchem, anebo pouze s využitím faktu, že transparentní obal, je-li dvouplášťový, má větší tepelné ztráty a meziprostor v noci vychládá a takto získaný chladný vzduch je možné dále rozvést stavbou s využitím komínového efektu, proudění vzduchu a akumulace do hmotných komponent stavby a povrchů), a ohřívat – a to opět, pokud možno, přímo, s využitím skleníkového efektu a proudění vzduchu v plášti (v tomto případě předpokládáme dvouplášťovou transparentní fasádu či komplexnější princip „domu v domě“, viz dále).

Transparentní plášť může být také vysoce reprezentativní, svou transparentností nabízí pohled do nitra budovy, což je v mnoha případech velmi žádoucí. Zejména v noci se takový plášť (samozřejmě hlavně u reprezentativních, obchodních, kulturních apod. staveb) stává sám o sobě zářící reklamou, což je jak pro výraz, tak pro fungování stavby v dnešní době velice významné.



Obr. 4.1: Skica teoretického vývoje staveb od „klasické“ stavby (do počátku 20.stol.) po koncept „domu v domě“ (M.Č. 2011)

4. DŮM V DOMĚ

4.1 Principy a dělení

Koncept „domu v domě“ je dalším krokem v úvahách o roli pláště (obalu) stavby a její typologické funkce.

Dům v domě je vlastně extrémní polohou dvojitého pláště, který je dnes již zcela běžný. Princip úplného oddělení různých funkcí pláště (viz předchozí kapitola) je pak zajímavý jak z technického, tak také z estetického hlediska a přináší nové možnosti architektonického ztvárnění.

Takovéto stavby nabízejí možnost řešit domy více jako vložený nábytek než jako složitou stavbu. To umožňuje zjednodušit jak statické požadavky, tak samozřejmě i požadavky na tepelnou izolaci. Hlavním problémem je větrání a stínění, aby v letních dnech nedocházelo k přehřívání. Je proto nutné, aby zejména případná prosklená střecha byla zaclonitelná a aby bylo možné vnější plášť co nejvíce otevřít k přirozenému, případně navíc řízenému proudění vzduchu. To jsou úvahy, které se budeme snažit doložit a prokázat.

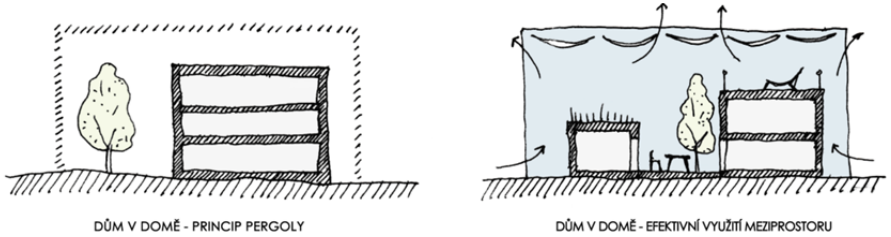
Osamostatnění vnější „kůže“ nabízí také možnost vytvořit skutečně inteligentní plášť, v němž budou integrovány současné technologie, počínaje fotovoltaikou, a který umožní také přirozené větrání i ohřev celé stavby. Promyšlená inteligentní kůže pak může též teoreticky nabídnout zvýšenou přizpůsobivost stavby v případě pokračujících výkyvů počasí i trvalých změn klimatu.

V rovině architektonické teorie lze pro současnou udržitelnou architekturu považovat za velmi zajímavou jasnou pravdivost funkcí budovy. Byť modernisté celé dvacáté století hlásali, že forma následuje funkci, skutečností bylo spíše hledání univerzální formy pro zcela flexibilní funkci. Vytvoření domu v domě nabízí vlastně nový filozofický přístup, kdy forma se přímo rovná funkci. Plášť, jakožto reprezentace formy, má jasně danou funkci. A vnitřní samostatná stavba pak s vlastní, sobě vhodnou estetikou, plní svou funkci bez nutnosti podřizovat se technickým požadavkům na plášť či fasádu. Jak říká Norman Foster, „*flexibilita je klíčová.*“ [1]

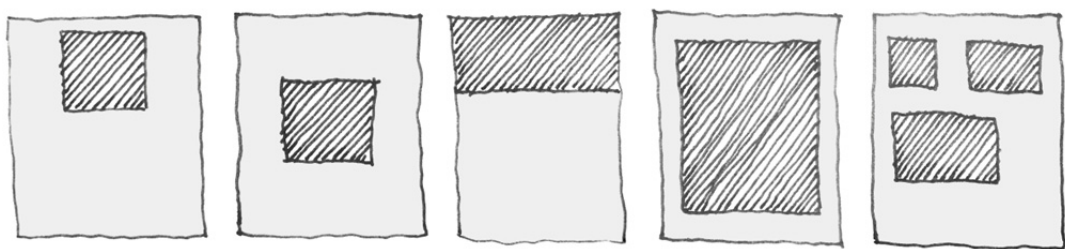
Takovéto rozdělení funkcí navíc nabízí i velkou volnost výměny pláště včetně všech technologií bez potřeby zasahovat do vlastního domu a jeho provozu – a fasáda a technologie jsou dnes jednou z nejrychleji stárnoucích částí staveb. Stejně tak lze nově uvažovat i o změně, adaptaci či doplnění vnitřní stavby a jejího využití, aniž by byla během toho procesu vystavena žvlům.

[1] Foster, N. Třetí průmyslová revoluce. in: *Green Industrial Revolution*, Svobodná univerzita Berlín, 2008 [online]

Dostupné z: <http://www.archiweb.cz/news.php?type=17&action=show&id=8310>,
[Vyhledáno 13/09/2010]



Obr. 4.2: Skica domu se stíněním a domu ve skleníku s využitím meziprostoru (M.Č. 2014)



Obr. 4.3: Skica domu se stíněním a domu ve skleníku s využitím meziprostoru (M.Č. 2014)

Kompozičně vzniká zcela nový prostor mezi oběma plášti, něco, co u běžné dvouplášťové fasády sice existuje, ale má spíše okrajovou roli, co se prostorových kvalit týče. U domu v domě vzniká v této klimatické přechodové zóně plnohodnotný a využitelný prostor, který nabízí kontakt s vnějším prostředím. Prostor, který není ani interiérem, ani exteriérem. Prostor, který může při vhodném fungování stavby (správné regulaci klimatu mezi oběma kůžemi stavby) fungovat jako rozšíření užité plochy.

„Fasáda není jenom kůže, je to také prostor pro lidi“ – Jerome Villemard. [2]

Koncept domu v domě však může mít různá technická i architektonická řešení. To, co bylo napsáno v úvodu kapitoly, implikuje, že jednou z možností, jak k tomuto konceptu přistoupit, je navrhovat jakýsi „dům ve skleníku“, což, jak si ukážeme v dalších částech, je nejrozšířenější a pro naše podmínky pravděpodobně potenciálně nejzajímavější řešení. Není to ale jediný možný přístup.

Na dům v domě můžeme nahlížet také způsobem, kdy vnější druhou kůži netvoří uzavřená klimatická obálka – skleník – ale naopak obálka velmi prodyšná, chránící vnitřní stavbu zejména před přehříváním, před vlivem větru, a která samozřejmě opět může sloužit jako inteligentní nosič nejrůznější aktivní technologie.

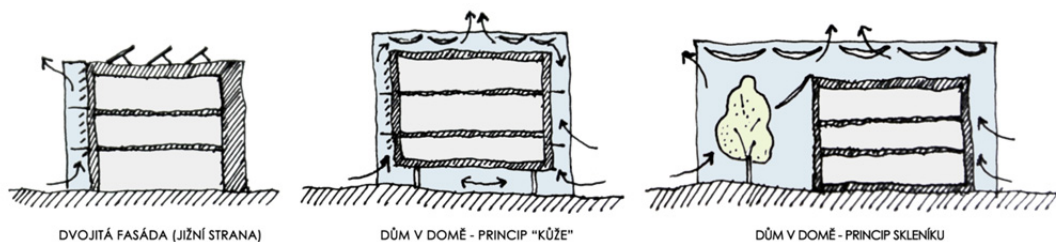
Základní princip je v obou případech stejný – funkce, které zastává v zásadě každý plášť stavby, rozdělíme a jejich část osamostatňujeme do druhé, nezávislé obálky. Její primární funkce je pasivní. To, zda je třeba touto obálkou obklopit vnitřní objekt zcela, je otázkou pro podrobnou optimalizaci – zejména u varianty, kdy je vlastní (vnitřní) „dům“ obklopen stínící kůží, a to z logických důvodů. Taková kůže bude zabraňovat solárním ziskům, což se pochopitelně může za určitých podmínek jevit jako nežádoucí. Ale podobně i u vnějšího pláště na principu skleníku, tedy energetického a klimatického, je třeba zvažovat, zda tento plášť má (či musí) obklopovat vnitřní objekt úplně. Bude vzniklý meziprostor smysluplný i na severní straně, která nemá žádné solární zisky? Pokud nikoliv z hlediska technického, je třeba se ptát, zda má převážit hledisko architektonického pojednání, formy.

U zmíněných typů domu v domě je dále velmi významný vzájemný vztah jejich dvou „kůží“. Tedy té první, vnitřní, která uzavírá vnitřní stavbu, a druhé, vnější, která ji nějakým způsobem chrání a odděluje od vnějšího prostředí. Jak jsou od sebe vzdáleny? Jaký je objem vzduchu mezi nimi? Ze studií, které jsou na dané téma dostupné, vyplývá, že vztah plochy vnějšího pláště a objemu vzduchu v meziprostoru, hraje zejména u domů umístěných ve skleníku velmi významnou roli a ovlivňuje průběh vnitřních teplot. [3]

[2] Villemard, J. *Headquarters of the CFE/Rubelles-what makes it sustainable*. konference IDEA („Interior Design and Eco Architecture“), Praha, 10-11/6/2013

“Façade us not only a skin, but also a space for people“

[3] Wallin, L. *House Inside a Glass House – The Greenhouse Effect*, diplomní práce, Göteborg: Chalmers University of Technology, 2010, str. 40-42, viz též část 4.3

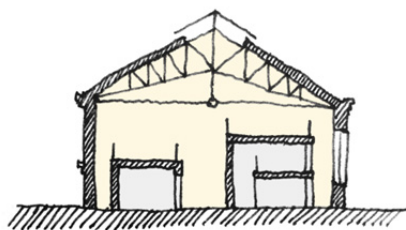


DVOJITÁ FASÁDA (JIŽNÍ STRANA)

DŮM V DOMĚ - PRINCIP "KŮŽE"

DŮM V DOMĚ - PRINCIP SKLENÍKU

Obr. 4.4: Skica dvou variant konceptu „domu v domě“ a srovnání s běžnou dvojitou fasádou: Dům s inteligentní kůží (tedy dvojitým pláštěm po celém obvodu) a dům ve skleníku (M.Č. 2011)



DŮM V DOMĚ - INVERZNÍ PRINCIP (REKONSTRUKCE)

Obr. 4.5: Skica „inverzní“ varianty „domu v domě“, tedy možnosti řešení rekonstrukcí (M.Č. 2014)



Obr. 4.6: AIR House, Informační centrum ČVUT, Dejvice (M.Č. 2014)

Vzdálenost pláštěů je ale také otázkou architektonickou. Bude mít vliv na to, jak se stavba bude projevovat esteticky, bude ovlivňovat její flexibilitu, to, zda jsou obě kůže skutečně i konstrukčně zcela nezávislé, ale také to – a to je asi nejdůležitější – zda meziprostor bude možné skutečně využít pro život či provoz, což může v důsledku mít i dopady ekonomické.

Domy v domě mohou být novostavbami, kdy celý koncept je řešen jednotně od samého počátku architektonického, resp. integrálního návrhu. Od počátku tak může být promyšleno, jaká míra flexibility a nezávislosti bude poskytnuta vnitřním objektům, jak náročně budou řešeny, jak bude provedena druhá kůže atd. Princip ale lze aplikovat i jako dodatečné řešení pro existující stavby, řešení, které výrazně promění jejich estetiku a které především ovlivní jejich energetické chování. V takovém případě je možnost vlivu architekta na podobu vnitřní stavby (zejm. je-li památkou – viz některé z příkladů v části 4.3 práce) omezená.

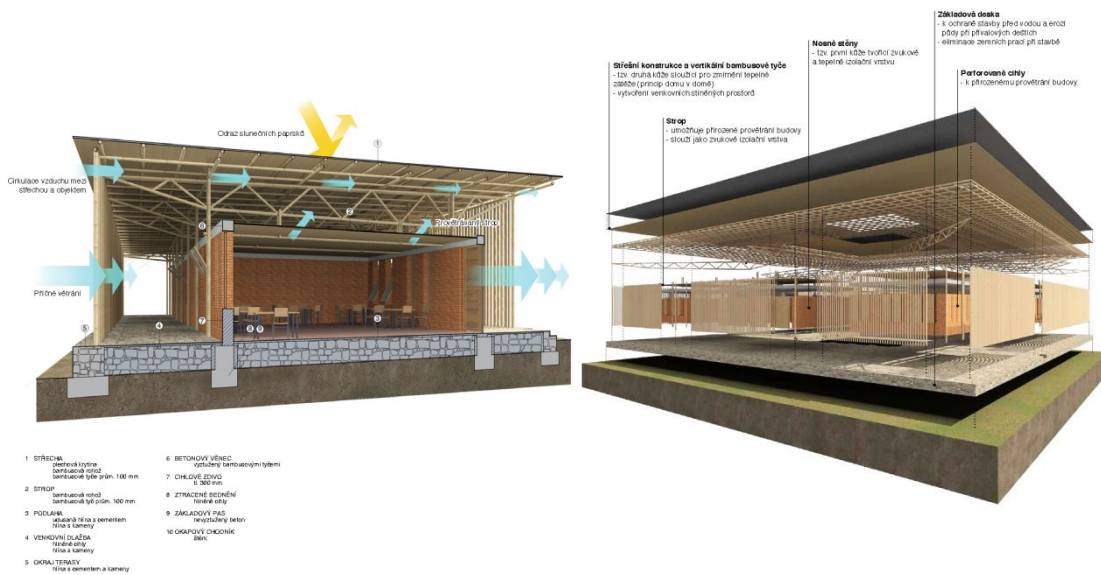
Jako dům v domě můžeme ale chápat ještě jeden odlišný přístup, opět se týkající především rekonstrukcí. Přístup, kdy stávající stavba nevytvoří vnitřní objekt, ale naopak se stane vnější ochrannou kůží. Jedná se vlastně o jakési „inverzní“ řešení, jehož přínos spočívá především v uchování vnějšího objemu existující cenné historické stavby. Toto řešení se ze své podstaty jeví jako zajímavé především pro velké budovy, tedy průmyslové haly, jatka a další podobné stavby, které tvoří podstatu tzv. městských brownfieldů.

Základní rozdělení konceptu domu v domě tedy můžeme definovat takto:

a) Dům v domě – stínící kůže

Toto řešení je též možné popsat jako „princip pergoly“. Toto řešení se na první pohled zdá být logičtější zejména pro velmi teplé podnebí.

Na tomto principu založil i Tým ČVUT svůj experimentální dům „AIR House“. Tento dům byl navržen pro soutěž U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013, která se konala na podzim 2013 v jižní Kalifornii. Autor této práce měl možnost být členem tohoto týmu a architektem zodpovědným za architektonický návrh i jeho koordinaci s ostatními profesemi, aby mohl vzniknout plnohodnotný integrální projekt. Princip „dvou kůží“ byl oceněn jak z hlediska techniky (2. místo v disciplíně Technika), tak z hlediska architektury (1. místo v disciplíně Architektura), ale rovněž stál za výbornými výsledky a výkonu domu v měřených disciplínách, jako například Vnitřní komfort (3. místo) a dopomohl tak českému univerzitnímu týmu k celkovému 3. místu v konkurenci 19 mezinárodních týmů. Současně byl projekt koncipován tak, aby mohl fungovat nejen v klimatických podmínkách Kalifornie a dosáhnout optimálních výsledků během soutěžního týdne, ale aby také fungoval v podmínkách České republiky. Nyní (od prosince 2014) AIR House slouží jako Informační centrum ČVUT v devickém kampusu. Více o soutěži Solar Decathlon a projektu AIR House v kapitole 6.2 tohoto textu.



Obr. 4.7: Sandra Gulázsová, Škola v Africe, diplomní projekt FA ČVUT 2016, schémata fungování stavby – archiv ateliéru Hlaváček-Čeněk



Obr. 4.8: (e)co House, tým ETSAV-UPC, Solar Decathlon Europe 2012, Madrid, dům ve skleníku (M.Č. 2012)

Taktéž Sandra Gulázsiová u svého diplomního projektu „Škola v Africe“, s nímž absolvovala v letním semestru 2015/2016 FA ČVUT a který zpracovala v ateliéru Hlaváček-Čeněk, použila princip druhé (stínící) kůže. Její projekt řešil soubor školských staveb na ostrově Rusinga v Keni. Pro rovníkové podmínky a požadavky tamního školství byla principu domu v domě logická, umožňuje efektivně na tyto podmínky reagovat pomocí jednoduchých, lokálních materiálů a konstrukcí – bambusové příhradoviny, sloupů i stínících prvků. Střecha druhé kůže, na rozdíl od projektu AIR House, je zde volena plná, aby naopak mohl vnitřní objekt být řešen s provětrávaným stropem a bez potřeby hydroizolace. U části objektů je střecha nahrazena aktivními prvky – fotovoltaickými panely.

Autorka k tomu uvedla: „Vzhledem k místnímu klimatu je velice důležité správně navrhnout konstrukci, aby nedocházelo k přehřívání. Z tohoto důvodu byl zvolen tzv. princip domu v domě. První kůže domu z nepálených cihel má funkci zvukově a tepelně izolační. Navíc jsou některé stěny opatřeny perforací pro přirozené větrání. Druhou kůži tvoří střecha a vertikální bambusové tyče, které zmírňují tepelnou zátěž stavby a zároveň vytvářejí stíněné venkovní prostory. Všechny otvory v budovách jsou navrženy bez zasklení pouze s dřevěnými polohovatelnými okenicemi. Ve všech objektech funguje příčné větrání. Stropy jsou navrženy z bambusové rohože, která je zde umístěna z akustického hlediska. Bambusová rohož umožňuje přirozené provětrání stropu.“ [4]

b) Dům v domě – skleník

Dům ve skleníku se jeví jako potenciálně zajímavé řešení především pro chladnější klima.

Kromě řady příkladů ze severovýchodních zemí, ale také velmi jednoduchých a svou ekonomičností extrémně efektivních příkladů z Francie (viz část 4.3) byl na tomto principu navržen například také soutěžní prototyp pro evropskou mutaci mezinárodní univerzitní soutěže Solar Decathlon, tedy Solar Decathlon Europe 2012, která se konala v Madridu. Tým studentů z barcelonské ETSAV-UPC navrhl svůj experimentální dům (e)co House jako několik jednoduchých boxů (dle funkce) umístěných v jednoduchém skleníku. Jakým způsobem se vypořádali s řešením mikroklimatu v domě v klimatických podmínkách podzimního Madridu, i celoročního provozu v Barceloně je blíže analyzováno v části 6.3.

c) Dům v domě – inverzní řešení (rekonstrukce)

Tedy řešení, kdy jako vnější kůže slouží stávající (historická) stavba.

Několik ilustračních principů tohoto konceptu uvádíme v závěru části 4.3.

[4] Gulázsiová S., *Škola v Africe*, diplomní práce, Praha: FA ČVUT, Ateliér Hlaváček-Čeněk, 2016, portfolio, str. 43

Dle vnějších podmínek, které nutně musí ovlivnit přístup k návrhu domu v domě (případně jeho smysluplnost i vyloučit) můžeme pro jednoduchost uvažovat se třemi variantami:

a) Návrh pro teplé klima

V teplém a velmi teplém podnebí se jeví jako logické, že hlavní snahou konceptu by mělo být zabránění přehřívání vnitřních prostor, jejich efektivní provětrávání, omezení rizika oslnění a vůbec ochrana před příliš intenzivním slunečním zářením. Rovněž významný faktor může být ochrana vnitřních prostor před větrem, případně (uvažujeme-li prostředí např. subsaharské či rovníkové Afriky) též ochrana před pískem, prachem, ale rovněž hmyzem apod. Intenzivní sluneční záření lze ale současně zužitkovat pro výrobu energie, ať už elektrické, nebo pro ohřev užitkové vody apod., a to pomocí integrace aktivních prvků do vnější kůže.

Pro ilustraci uveďme údaje o klimatu v Madridu (který má středomořské kontinentální klima s chladnými zimami) a níže též v Dubaji [5]:

Madrid:

- zeměpisná poloha	40°26' s.š., 3°41' v.d.
- průměrná roční teplota vzduchu	+13,9°C
- nejvyšší průměrná teplota	+37,5°C
- nejnižší průměrná teplota	-2,4°C
- roční úhrn slunečního záření	1643 kW/m ² .a

Dubaj:

- zeměpisná poloha	25°16' s.š., 55°18' v.d.
- průměrná roční teplota vzduchu	+27,1°C
- nejvyšší průměrná teplota	+43,6°C
- nejnižší průměrná teplota	-11,9°C
- roční úhrn slunečního záření	2026 kW/m ² .a

b) Pro mírné klima

Mírné klima, tedy v zásadě podmínky, které nás zajímají nejvíce, neboť do nich spadá i oblast České republiky, jsou pravděpodobně pro aplikaci principu domu v domě těmi nejnáročnějšími. Je totiž třeba souběžně efektivně vyřešit reálné riziko přehřívání stavby nejen v letním období, ale velmi pravděpodobně již v přechodných obdobích, tedy na podzim a na jaře. Současně ale zimní období je natolik chladné, že zvýšení solárních zisků či jakýkoli přehřev vzduchu používaného k větrání, stejně jako celková ochrana stavby před chladem a větrem, jsou velmi žádoucí. Je v takových podmínkách možné použít koncept domu ve skleníku? Za jakých podmínek? Může fungovat pouze s přirozeným větráním? Nebo je spíše

[5] Hausladen G., Liedl P., de Saldanha, M., *Building to Suite the Climate: A Handbook*, Basilej: Birkhäuser, 2012, str. 36-37

vhodnější řešení s vnější stínící kůží? A jaký by měla případně mít rozsah? Na tyto otázky se budeme snažit najít odpověď v části 5. tohoto textu.

Pro Prahu můžeme uvažovat přibližně tyto údaje (Praha Klementinum) [6]:

- zeměpisná poloha	50°05' s.š., 14°25' v.d.
- průměrná roční teplota vzduchu (období 1981–2010)	+10,8°C
- nejvyšší průměrná denní/měsíční teplota	+31,9°C / +25,2°C
- nejnižší průměrná denní/měsíční teplota	-24,8°C / -11,0°C
- průměrná teplota vzduchu v červenci (1981–2010)	+20,8°C
- průměrná teplota vzduchu v lednu (1981–2010)	+0,9°C
- roční úhrn slunečního záření [7]	cca. 1000–1100 kW/m ² .a

c) Pro chladné klima

Severské klima, se, s ohledem na velký rozdíl ve výšce slunce v zimním a letním období, vyznačuje velmi chladnými zimami a teplými léty, přičemž i v zimě jsou delší období jasné oblohy a tedy slunečního záření, byť slunce je velmi nízko nad horizontem a jeho intenzita je velmi nízká. V takových podmínkách se zdá logické, že je třeba sluneční energii maximálně využít a pokud možno znásobit a uložit. Riziko přehřívání zde hrozí jen v letních měsících a i tehdy mu lze pravděpodobně relativně dobře bránit přirozeným větráním a stíněním. Mírné přehřívání prostoru kolem samotné stavby se navíc může pro zdejší uživatele jevit i jako klad.

Například pro Helsinky vypadají základní data takto [8]:

- zeměpisná poloha	60°10' s.š., 24°56' v.d.
- průměrná roční teplota vzduchu	+4,7°C
- nejvyšší průměrná teplota	+27,1°C
- nejnižší průměrná teplota	-24,8°C
- roční úhrn slunečního záření	965 kW/m ² .a

Podívejme se nyní blíže na jednotlivé typy domů v domě, jak jsme je určili. Jaké předpokládáme, že mají přínosy, ať už technické anebo architektonické?

[6] Praha Klementinum: základní data. *Český hydrometeorologický ústav*. [online]. [cit.2011-02-04].

Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/praha-klementinum#>

[7] Fotovoltaika v podmínkách České republiky. *Isofen Energy*. [online]. [cit.2011-02-02].

Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

[8] (Hausladen, 2012) str. 36–37

Dům v domě – princip stínící kůže

Popsali jsme koncept domu v domě se stínící druhou kůží. Jaké předpokládáme, že jsou přínosy tohoto návrhu?

a) Technické řešení

Z technického hlediska stínící pergola představuje klasický pasivní prvek, který eliminuje přehřívání vnitřního objektu, na nějž v letních měsících (případně dle klimatických podmínek nikdy) nedopadá přímé sluneční záření. To je zcela kruciólní v teplých podnebných pásmech, ale není to zdaleka zanedbatelné ani v našich podmínkách.

Výpočty, které byly prováděny pro experimentální dům AIR House, prokázaly, že i v podmínkách České republiky je stínící druhá kůže klíčová pro zajištění tepelného komfortu, neboť k přehřívání by bez ní docházelo již v březnu a celková potřeba tepla by byla více než trojnásobná [9] (více viz kapitola 6.2).

Stínící kůže rovněž zajišťuje ochranu před oslněním.

Při jejím vhodném návrhu nemusí být eliminovány energetické zisky v zimním období, které jsou v našich (či chladnějších) podmínkách žádoucí.

Je ochranou před nežádoucí expozicí stavby větru, případně svou vhodnou konfigurací může zlepšovat provětrání meziprostorů i samotné vnitřní stavby.

V závislosti na řešení zastřešení (tedy vodorovné, případně šikmé části vnější kůže) může vnitřní stavbu chránit rovněž před deštěm, což znamená snížení nároků na stavební řešení vnitřního objektu, zejména co se hydroizolace týče.

A konečně, druhá kůže může být tvořena, nebo může alespoň být nosičem aktivních prvků, jako je fotovoltaika a/nebo solární kolektory.

b) Stíněný prostor

Stíněný meziprostor (který eventuálně může být krytý před deštěm) rozšiřuje obytný prostor stavby a v závislosti na klimatických podmínkách svým mikroklimatem může být plnohodnotně využíván po velkou část roku. Prostor mezi oběma kůžemi funguje jako prostředník mezi interiérem a exteriérem. Zprostředkovává kontakt s vnějším prostředím, přechod mezi stavbou a jejím okolím – v případě domu se stínící druhou kůží to s největší pravděpodobností bude zahrada, volná krajina, rurální prostředí. Aplikace tohoto konceptu v městském prostředí se subjektivně jeví jako méně vhodná. Prostor mezi druhou kůží a vlastním objektem se může stát místem společenských událostí, optimálně může krýt terasu,

[9] Sojková K., AIR House – energetické analýzy, článek ve sborníku konference SVK ČVUT, *Udržitelné zdroje energie jako integrální součást návrhu domu – týmová spolupráce na projektu pod vedením architekta – 1 dům – 1 tým*, Praha 03/12/2013

venkovní kuchyni s „příruční“ zahrádkou, přístupové komunikace k domu apod. Druhá kůže tomuto prostoru dodává soukromí a dle zvoleného materiálu i řadu dalších vjemů.

c) Architektura

Co se týče architektury, vzniká nová forma, resp. průnik forem, který je charakterizovaný zejména hrou světla a stínu, rozdílnými hloubkami vnímání, průhledy, kontrastem plného a transparentního. Hra světla a stínu vytváří jedinečnou atmosféru v průběhu dne i celého roku.

Druhá kůže může vytvořit jakýsi efemérní objem, který respektuje či vytváří určité tvarosloví, skrz něj však cítíme – s jistým napětím – odlišnou náplň uvnitř.

Vnější kůže ale nemusí nutně vytvářet jinou formu, než má vnitřní objekt. Sice to z části snižuje možnou flexibilitu vnitřní stavby a její nezávislost na vnější kůži, kdy každý z prvků může být navrhován, konstruován i následně provozován a udržován nezávisle, ale může to přinést možnost dodržet běžné tvarosloví i v případě, že druhá kůže kryje jen část objektu, či je dynamická – např. na fasádě je řešena pomocí výklopných či jinak pohyblivých prvků, které v zimním období umožňují solární zisky.

Dům ve skleníku

Naše hypotéza je, že dům ve skleníku má 3 základní přínosy:

a) Technické řešení

Přechodový prostor:

Vzniká přechodový (nárazový, nárazníkový, vyrovnávací) meziprostor mezi vnějším pláštěm (skleníkem) a vlastní vnitřní stavbou. Jelikož skleník je lehká konstrukce a jeho podstatou je skleníkový efekt, jako výhodná by se měla pro vnitřní stavbu jevit hmota s vyšší akumulací schopností, která dokáže utlumit a vyrovnat teplotní výkyvy mikroklimatu. Akumulační hmotou nemusí nutně být sama vnitřní stavba, ale samostatný prvek (např. šterkové lože).

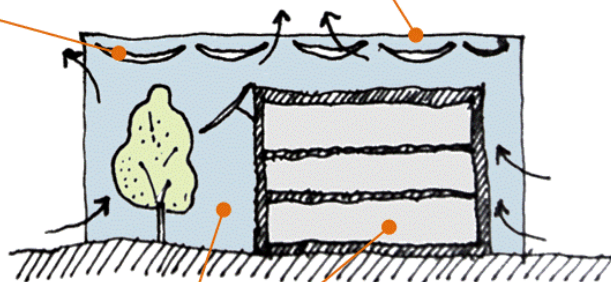
Solární kolektor, větrání:

Vnější plášť a vzduch v meziprostoru představují jednoduchý solární kolektor. K ohřívání vnitřního vzduchu dochází i z difuzního slunečního záření.

Přítomnost vnějšího obalu rovněž představuje příležitost pro odlišné řešení větrání vnitřního objektu, který může být větrán nikoli přímo do vnějšího prostředí, ale do meziprostoru (za předpokladu, že tento je sám dostatečně přirozeně či nuceně větrán), v němž se předpokládá vyšší teplota vzduchu, a tedy představuje jednoduchý výměník, tj. menší tepelnou ztrátu větráním pro vnitřní objekt.

VNĚJŠÍ PLÁŠŤ – PŘEVÁŽNĚ TRANSPARENTNÍ, MAXIMÁLNĚ OTEVÍRATELNÝ (PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ, PŘEDCHLAZOVÁNÍ) S MOŽNOSTÍ INTEGRACE FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ (SEMİTRANSPARENTNÍCH – ZÁROVEŇ STÍNÍ) A SOLÁRNÍCH PANELŮ

MOBILNÍ STÍNĚNÍ PRO LETNÍ MĚSÍCE



BIOKLIMATICKÁ PŘECHODOVÁ (VYROVNÁVACÍ) ZÓNA – VYUŽITELNÁ JAKO ROZŠÍŘENÍ OBYTNÉHO PROSTORU, JAKO SKLENÍK, KOMUNIKACE A POD.

VLASTNÍ STAVBA – JEDNODUCHÁ, LEHKÁ, BEZ NUTNOSTI HYDROIZOLACE, AKUMULAČNÍ VRSTVA NAPŘ. V PODLAŽE

Obr. 4.9: Skica základních principů domu ve skleníku (M.Č. 2011)

Vnitřní stavba a její nároky a možnosti:

Vnější plášť je ochranou před deštěm a větrem, který by vnitřní stavbu ochlazoval; tato ochrana umožňuje zcela odlišné materiálové řešení i pojetí detailů vnitřní stavby. Lze s ní zacházet téměř jako s interiérovým prvkem. Je možné uvažovat s použitím materiálů, které budou mít velmi nízkou zabudovanou energii a které by ve venkovním prostředí bez náročných technických opatření neobstály, nebo nebyly trvanlivé – tedy zejména s přírodními materiály jako hlína, sláma, neošetřené dřevo. Lze používat subtilnější řešení konstrukcí, jelikož nebudou namáhány větrem a neměly by být ani tolik namáhány rozdíly teplot.

Kromě snížení emisí, a tedy menší ekologické stopy stavby, to může znamenat i nižší investiční náklady. Otázkou samozřejmě zůstává, zda vnější obal může být levnou a velmi jednoduchou konstrukcí, nebo zda je to až už z technického či architektonického hlediska nevhodné – to v dalších částech této kapitoly bude ověřeno na řadě realizovaných příkladů staveb.

Konstrukce a flexibilita vnitřních objektů:

Pokud uvažujeme s vnitřním objektem (či objekty) jako s konstrukcemi nespojenými se zemí (jejich založení by nemělo být ze statického hlediska úplně nezbytné, jak se budeme snažit ukázat, teplota ve skleníku by neměla klesat pod nulu, nemělo by hrozit promrzání zeminy), pak koncept domu v domě nabízí možnost vnitřní objekt přemísťovat, případně rozšiřovat, či přidávat do vnějšího obalu – za předpokladu, že je dostatečně prostorný – další vnitřní objekty bez nutnosti složitých stavebních zásahů a bez potřeby narušovat povrch pozemku.

Technologie:

Vnější samostatný obal je také ideálním nosičem řady technologií, které pasivní využívání solární energie mohou doplnit o aktivní prvky. Dle zvoleného přístupu (low-tech versus hi-tech) se může jednat o fotovoltaické články integrované přímo v zasklení, či fotovoltaické panely přidané na konstrukci samostatně, integrované do rámu namísto některých běžných výplní, použité jako externí stínící prvky apod. Podobně lze pracovat i se solárními kolektory.

b) Užitný prostor

Využití meziprostoru a komfort:

Při vhodné konfiguraci vzájemného vztahu vnitřního objektu a vnější kůže vzniká využitelný prostor. S ohledem na předpokládané specifické „skleníkové“ mikroklima nebude pravděpodobně využitelný jako plnohodnotný interiér po celý rok, ale po určitou část roku by měl představovat rozšíření užité plochy chráněné před vnějšími vlivy a s dostatečnou teplotou pro řadu činností. Je třeba poznamenat, že fakt, že tento prostor může být velmi výrazně přirozeně větrán otevřením velkých částí skleníku, že může (musí) být stíněn, i fakt, že je exponován slunečnímu záření, přináší uživateli odlišný komfort a jiné vjemy, než klasický interiér.

Přímá expozice slunečnímu záření by měla dovolovat snášet i vyšší teploty, byť to současně znamená i odlišné využití prostoru – nikoliv například pro soustředěnou práci, ale spíše pro odpočinek, setkávání, práci „venkovnějšího“ charakteru.

Meziprostor není interiérem, nevztahují se na něj normativní požadavky na vnitřní prostředí, lze s ním tedy pracovat výrazně volněji, protože rozsah toho, co je vnímáno jako „komfortní“, je v závislosti na vztahu teploty-vlhkosti-proudění vzduchu-slunečního záření odlišné od normových hodnot.

Propojení s přírodními cykly:

Vlastnosti meziprostoru by uživatelům měly také nabízet zkušenosti, na které z běžných staveb nejsou zvyklí – tedy těsnější sepjetí se střídáním ročních období i denní doby, pohybu slunce na obloze atd.

Ekonomika:

Pokud uvažujeme, že samotný skleník a menší stavba v něm jsou v součtu ekonomičtější než větší „kompletní“, tedy ochranným obalem neobklopená stavba, pak užitná plocha v meziprostoru vzniká v podstatě „zadarmo“. Tato úvaha byla potvrzena propočty některých architektonických ateliérů, jejichž realizace jsou uvedeny v části 4.3 – např. francouzských IP Architectes, Lacaton&Vassal, či švédských Unit Arkitektur. Předpokladem pro ni je použití typizovaného zemědělského skleníku a celkově spíše low-tech přístupu k realizaci.

Skleník – zahrada:

Z podstaty vlastností skleníku jako použitého obalu též plyne, že meziprostor, případně např. střešní pláště (s ohledem na možnost vynechat hydroizolační vrstvy se spíše jedná o klasický strop) lze využít ke kultivaci skleníkových rostlin, které by jinak bylo obtížné či nemožné pěstovat.

c) Nový architektonický jazyk

Realizací domu v domě, tím spíše pak domu ve skleníku, vzniká nová architektonická forma, nové tvarosloví, nové, resp. neobvyklé materiálové pojetí stavby.

Vztah vnitřního pevného uzavřeného objektu a vnějšího lehkého transparentního pláště nabízí novou pestrost a dynamiku takovéto architektury, hru světla, materiálové kontrasty. Vzdálenost mezi vnitřní stavbou a vnější kůží může být různá, což může mít za následek odlišnou hloubku a rozdílný rozptyl světla; vnější kůže nemusí být na celém svém obvodu jen transparentní a jen z plošných prvků – nabízí se průsvitné materiály, použití materiálů profilovaných, či zbarvených.

Oddělení vnitřního objektu a vnějšího obalu nabízí dvě cesty architektonického pojetí stavby:

1. Vnější obal přejímá formu, která je v místě obvyklá, reaguje na určitý archetyp, jemuž dává použitým materiálem novou dimenzi.

2. Vnitřní vložený objekt má takový tvar, jaký nejlépe odpovídá potřebám dané typologie, nemusí se podřizovat žádným dalším omezením a požadavkům. Jeho umístění je v rámci vnějšího pláště jen málo omezené, jeho materiálové řešení taktéž. V případě potřeby jej není nutné adaptovat na jinou funkci, pokud by to bylo neúměrně nákladné, ale lze jej snadno nahradit.

Uživateli je nabízen nový vztah s vnějším prostředím, s přírodou či okolní zástavbou. Není to pouze vztah omezený a ohrámovaný otvorem, navíc nejčastěji pouze „horizontální“. Vizuální propojení s okolím je, resp. může být, totální.

Lze očekávat, že dům ve skleníku je vhodnější pro chladnější klima, resp. pro klima, kde lze zajistit dostatek slunečního svitu (byť se sluncem nízko nad horizontem) v zimě a/nebo dostatek možností k provětrávání objektu v letních měsících, kdy by mohlo hrozit přehřívání. Zda jsou klimatické podmínky České republiky pro aplikaci příhodné, bude ověřováno v kapitole 5 této práce.

Princip domu ve skleníku je použitelný také u starší zástavby (viz příklady v části 4.3), vč. zástavby řadové, kdy původní objekt, který je třeba ochránit, nebo který je technicky nevyhovující, nicméně hoděn zachování ve své původní podobě, je obklopen ochranným obalem – skleníkem. Může se jednat skutečně o jakýsi celistvý poklop (to spíše u solitérních staveb), ale též jen o částečné řešení, kdy jsou vlastnosti skleníku využity jen na straně stavby vystavené solárním ziskům (vertikálně i horizontálně, případně šikmo).

Rekonstrukce – „inverzní“ řešení

V případě tohoto přístupu slouží jako klimatická obálka, resp. vnější plášť a definující forma stavby, existující (starší, historická) stavba, například průmyslový objekt (ale můžeme uvažovat i s měřítkem menším, vč. rodinného domu), umožňující vestavbu dalších objektů do svého interiéru.

Je to zajímavý a prostorově i energeticky funkční přístup, jak se vypořádat s využitím průmyslového dědictví zejména v městském prostředí prakticky bez nutnosti zásahu do jeho struktury, tvaru, výrazu či materiálu, jak eliminovat bourání i nešetrné zásahy do původní stavby. Ta je totiž využita ve své původní podobě (s repasí či alespoň záchranou původních prvků) a nová (či nové) stavby – typologicky zcela odlišné – jsou nezávisle vestavěny.

Tyto jsou pak samostatně vytápěny a větrány, ev. chlazeny. Vnější obal tvořený „starou“ stavbou nicméně poskytuje dostatečnou základní ochranu a napomáhá zmírňovat nebo i eliminovat vnější vlivy. Vnitřní objekty, podobně jako u domu ve skleníku, mohou být řešeny jako jednoduché interiérové prvky, jen s takovými vlastnostmi, aby mohly fungovat v prostředí původní stavby. Meziprostor, v závislosti na přesném využití, rozměrech, např. i způsobu osvětlení původního objektu apod., může či nemusí být nějakým způsobem upravován (ve smyslu vnitřního komfortu). Jeho využití pak závisí rovněž na nové aktivitě, která je do objektu vnesena, a jejích nárocích.

Přínosy:

- Záchrana a znovuvyužití stávajícího architektonického dědictví, zejm. průmyslového
- Zachování existující urbanistické struktury města
- Snížení nákladů na provoz
- Snížení emisí, zlepšení energetické bilance celku
- Vznik zajímavého prostoru

Možné příklady využití (viz též část [4.3](#)):

- Bydlení
- Kanceláře, obchody
- Workshopy, dílny
- Kultura
- Výzkum
- Stravování (kavárny, restaurace)

Využití je v zásadě závislé jen na prostorových nárocích a požadavcích např. na denní osvětlení. V případě, že nový provoz využívá i meziprostoru, pak vzrůstá vliv dalších vlastností původního objektu.

Na koncept domu v domě lze samozřejmě nahlížet i z řady dalších hledisek.

Další možné dělení a klasifikace

a) Dle záměru:

- Cílená aplikace – novostavba
- Adaptace – rekonstrukce

b) Dle technického přístupu:

- Low-tech – využití pouze přirozeného větrání, žádné dotápění či dochlazování meziprostoru, bez integrovaných aktivních prvků apod.
- Hi-tech – použití nejmodernějších konstrukčních i technických a technologických poznatků, integrace maxima technologií, inteligentní řízení, řízená regulace klimatu, doplnění dalších opatření vedoucích k větší stabilitě mikroklimatu stavby.

c) Dle vztahu vnějšího pláště a vnitřního objektu:

Můžeme rozlišit několik základních konfigurací vnitřního objektu, které určují vztah mezi ním a vnějším pláštěm a také využitelnost meziprostoru. Několik možných konfigurací (rozhodně ale ne vyčerpávající výčet) je zobrazeno na *Obr. 4.3* v úvodu kapitoly.

d) Dle materiálu vnější kůže:

- Pro stínící druhou kůži například:

Dřevo

Kov

Textil

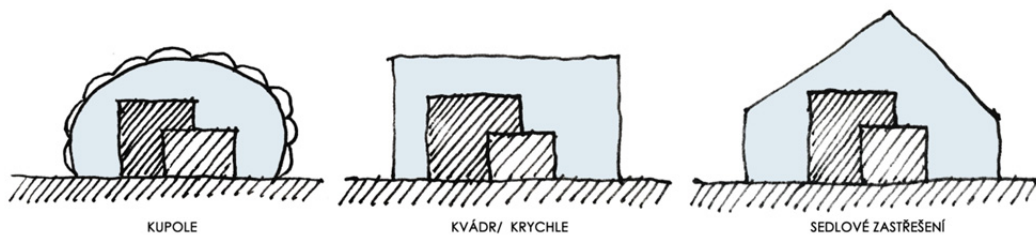
- Pro dům ve skleníku typicky:

Sklo

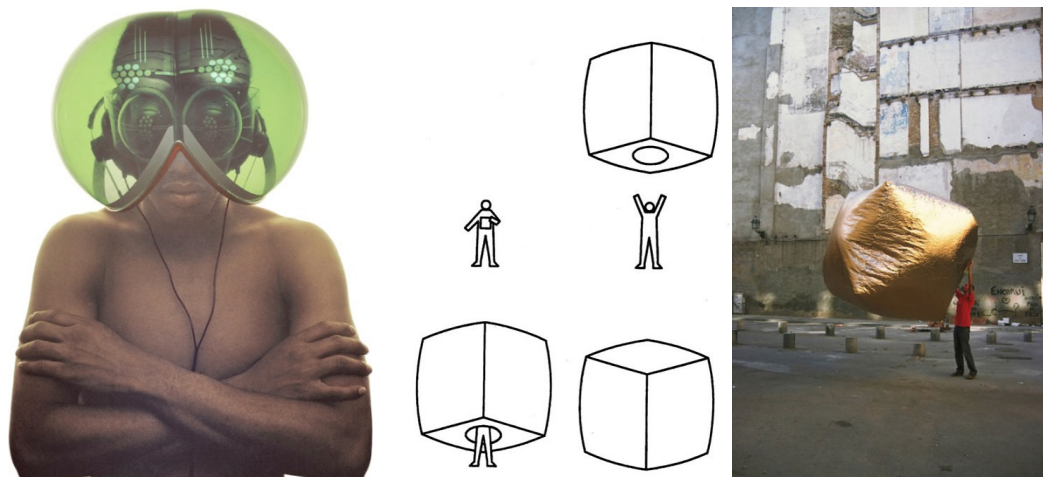
Plasty (plošné prvky), zejm. polykarbonát

Textil

Pneumatické konstrukce, např. ETFE (v kombinaci s geodetickou konstrukcí)

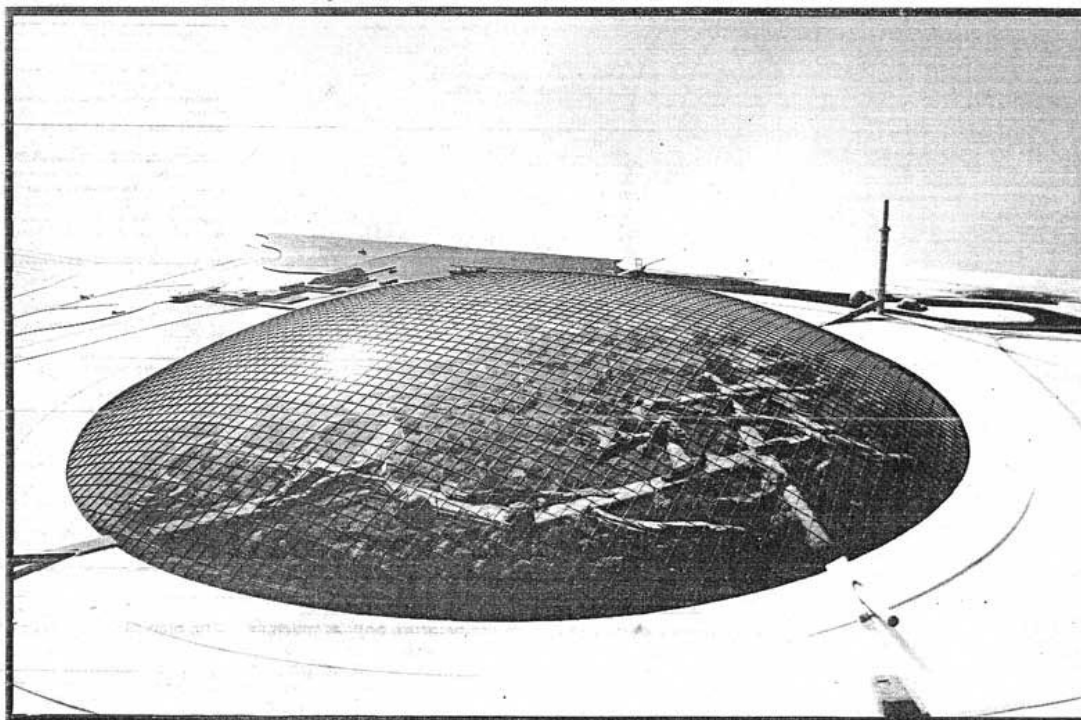


Obr. 4.10: Skica příkladů tvarových možností domu v domě (M.Č. 2016)



Obr. 4.11 (vlevo) Minimální ochranná atmosféra – Domus

Obr. 4.12 (uprostřed a vpravo): Basic House, Martin Azua –www.martiazua.com



Obr. 4.13: „Stadt in der Antarktis“, Frei Otto a kol., 1971 – freiotto.com

e) Dle geometrie:

- Kupole – nejčastěji s využitím pneumatických prvků. Vychází z odkazu Richarda Buckminstera Fullera.
- Kvádry, krychle – nejlapidárnější tvar, byť ale pro dům ve skleníku ne nutně nejvhodnější z důvodu obtížnějšího docílení komínového efektu pro přirozené větrání stavby. Přesto u většiny větších realizací je použit právě tento tvar – viz části [4.2](#) a [4.3](#).
Pro domy s druhou stínící kůží je to naopak nejspíše nejvhodnější a konstrukčně nejjednodušší forma.
- Sedlové zastřešení – nejběžnější tvar skleníku (případně řešený válcovou klenbou namísto klasické sedlové střechy), tedy nejobvyklejší forma zejména pro menší a ekonomicky úsporné domy v domě typu skleníků.

f) Dle velikosti:

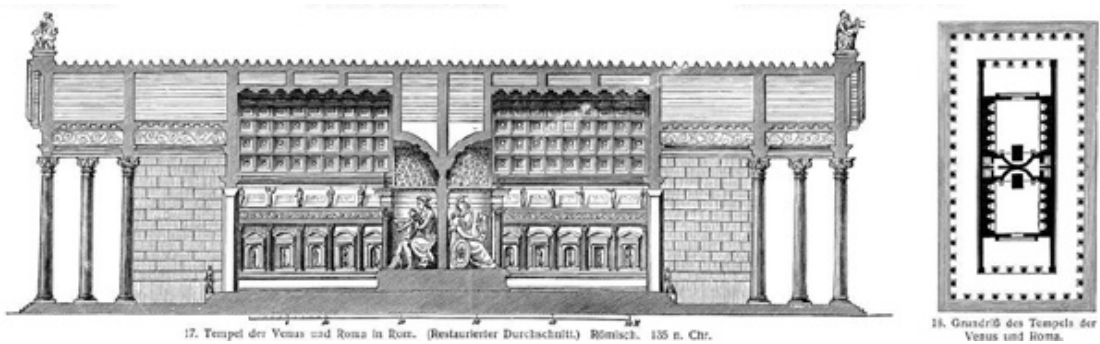
Mikro (měřítko člověka) – spíše experimentální charakter

Malé (rodinný či bytový dům)

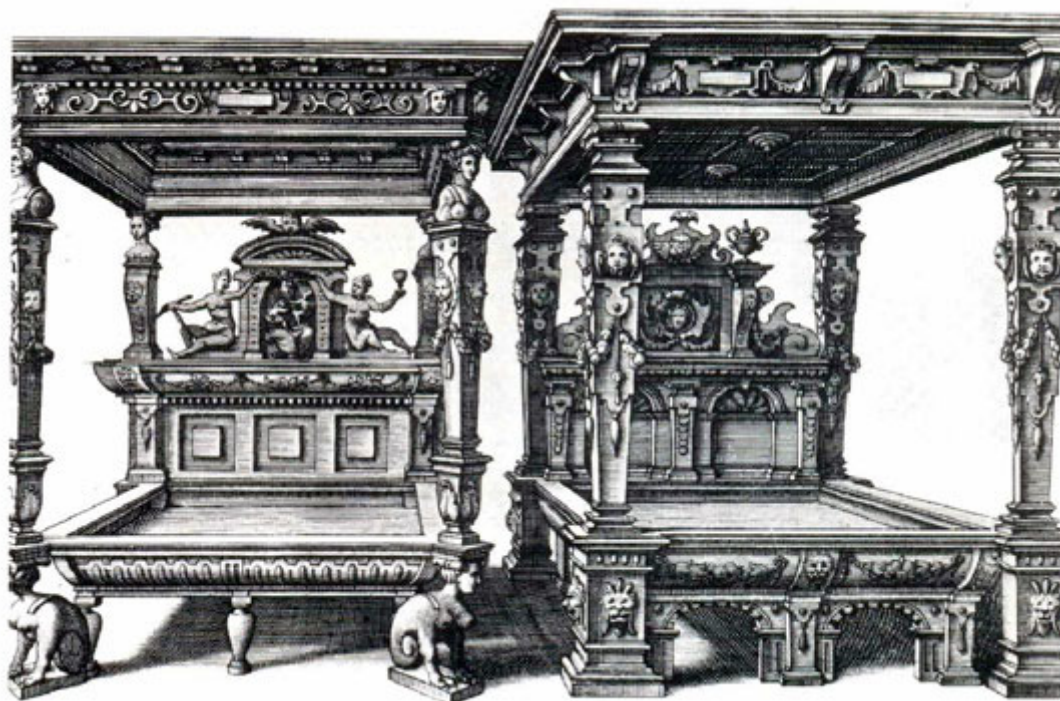
Střední (veřejná budova apod.)

Velké (soubor staveb)

Utopické (město)



Obr. 4.14: Chrám Venuše a Romy, Řím, 121-141 n.l. – hadrianusarchitectuur.webklik.nl/



Obr. 4.15: Barokní postele s nebesy – www.four-poster-beds.com/

4.2 Východiska a historie

Idea vytvoření obálky, v níž kolem budovy (nebo též kolem nějakého specifického ekosystému apod.) vzniká umělé (chráněné, přechodové, nárazníkové apod.) klima odlišné od vnějšího prostředí, není v architektuře a urbanismu ničím zcela novým.

Při širším uvažování nad tématem můžeme zjistit, že už řecký chrám byl do určité míry „domem v domě“ [Obr. 4.1] a v čistě formální či filozofické rovině v architektuře tento princip existuje v architektuře trvale – objevuje se jak v sakrální architektuře, kde chrám je vnější obálkou, zatímco náboženské předměty, které jsou „příbytkem“ duchovna jsou uchovávány ve vložených zmenšených stavbách (relikviáře, svatostánek apod.), tak rovněž v celé řadě dalších významů v jiných, běžných stavbách.

Člověk má přirozenou tendenci znásobovat „ochranný“ přechodový prostor mezi vlastním poměrně zranitelným tělem chráněným jen kůží a vnějším prostředím, které je ve srovnání s potřebami lidského těla (relativně konstantní teplota, vlhkost atd.) extrémně nestabilní a obtížně předvídatelné. Vytváříme tak ve svých domech další chráněné prostory – například v ložnicích jako místech odpočinku byly historicky velmi často postele řešeny jako samostatný, nějakým způsobem uzavíratelný, objekt chránící uživatele před světlem, průvanem, pohledy jiných osob, hmyzem apod. [Obr. 4.2].

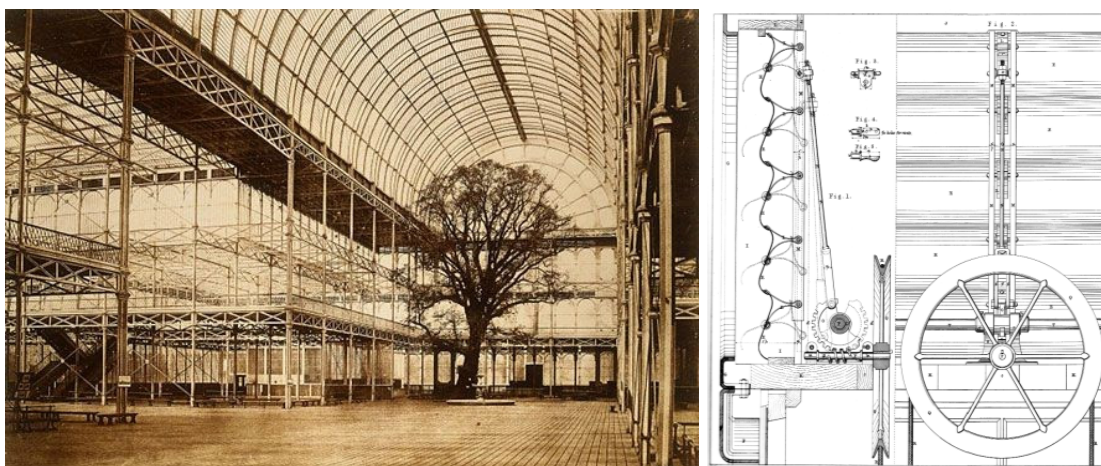
19. století a velké skleníky

Historie skleníků sahá až do období starověkého Říma. Později s úpadkem znalosti výroby tabulového skla byl využíván pouze princip tvorby mikroklimatu pomocí akumulčních zdí, při jejichž na jih orientované straně bylo pěstováno ovoce. V řadě zemí, nejvíce pak ve Francii, Holandsku (oblasti dnešní Belgie a Nizozemska) a Velké Británii vznikala rozsáhlá výstavba „ovocných zdí“ [10] – největšího doloženého rozšíření zřejmě dosáhly v 17. a 18. století, tedy v době chladného výkyvu malé doby ledové (cca. 1300–1860, doložené nejchladnější období 1645–1715 [11]). Později byly doplňovány zasklením. Rovněž byly opatřovány systémem stínění (pomocí rohoží či textilií). Teprve 19. století přišlo s celoprosklenými skleníky, ať již opatřenými vytápěním, nebo pracujícími výhradně na principu skleníkového efektu.

[10] De Decker K. Fruit Walls: Urban Farming in the 1600s. *Low-Tech Magazine*. [online]. [vyhledáno 2016/09/06].

Dostupný z WWW: <http://www.lowtechmagazine.com/2015/12/fruit-walls-urban-farming.html>

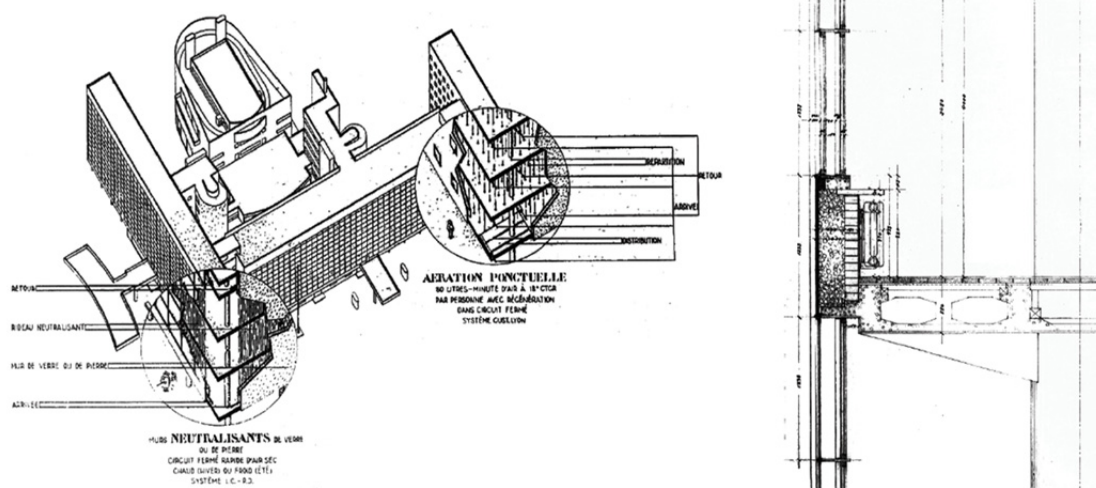
[11] Allain Y. *Une Histoire des Serres: De l'orangerie au palais de cristal*. Versailles: Éditions Quae, 2010, str. 26



Obr. 4.16: Vlevo: Crystal Palace, Joseph Paxton, Hyde Park, Londýn, 1851, pohled do interiéru
www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton

Obr. 4.17: Vpravo: Crystal Palace, detail větracích klapek pláště

Zdroj: Schoenefeldt Henrik, *The Crystal Palace, environmentally considered*, in: *Arq* vol. 12, č. 3/4, 2008, str. 288



Obr. 4.18: Návrh budovy Centrosojuzu s vyznačením „neutralizujících zdí“, Le Corbusier,
facadesconfidential.blogspot.cz/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html

Mnohé projekty „domů v domě“ v zásadě vycházejí z realizace velkých skleníků, které se začaly stavět již před polovinou 19. století s rozvojem zpracování skla a železa, nicméně na rozdíl od nich se snaží vytvořit umělé mikroklima pro život lidí, přechodovou zónu mezi vnějším prostředím a vnitřním prostředím staveb do nich umístěných. Účelem skleníků bylo pochopitelně také umělé mikroklima, nejednalo se ale o prostředek k zjednodušení energetických podmínek nějaké vnitřní stavby, ale o cíl – ve vnitřním prostoru klimatu byly pěstovány rostliny, ať už zemědělské, nebo pro účely botanických zahrad a muzeí.

Výjimku do značné míry tvořil slavný Crystal Palace v Londýně, který byl primárně koncipován jako výstavní pavilon pro Světovou výstavu roku 1851 („Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations“) a jehož autorem byl Joseph Paxton.

Crystal Palace nebyl nijak uměle vytápěn, přijatelné klima pro návštěvníky i vystavované předměty bylo regulováno pouze ventilací (přisáváním chladného vzduchu pod dvojitou podlahou a odvětráním přehřátého pomocí klapky ve skleněném plášti) a stíněním pomocí vnějších plátěných rolet nad střechou. Chlazení ale dle dochovaných záznamů nebylo dostačující a v horkých letních dnech (během trvání Velké výstavy od května do října 1851) i při odstranění části skleněných výplní se horní partie paláce přehřívaly [12].

Lze říci, že Crystal Palace byl jednou z prvních staveb vytvářejících umělé mikroklima k přímému využití lidmi (tedy nikoli jen k pěstování rostlin).

Meziválečná architektura

Začátek 20. století, resp. celá jeho první polovina, byly obdobím úplné proměny architektury. S novými materiály i zcela novým společenským uspořádáním přišly nové požadavky na ni.

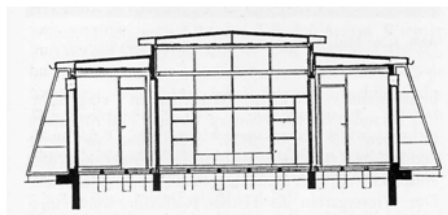
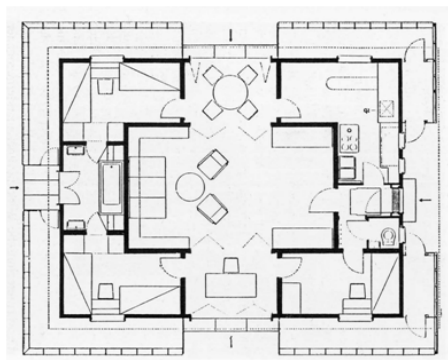
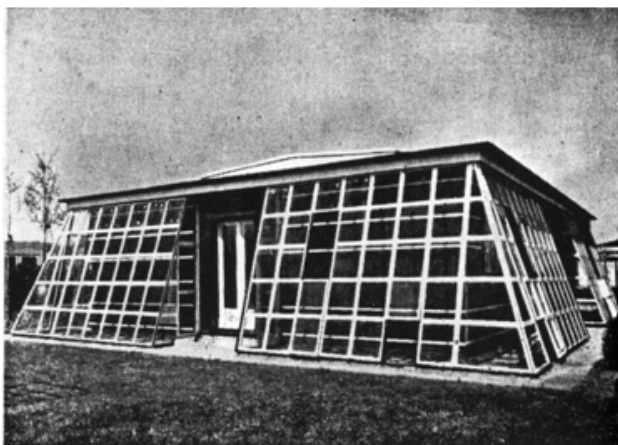
Přinesla však moderna nějaké vědomé užití konceptu domu v domě? Tím spíše užití takové, které by mělo za cíl synergii architektury a energetického konceptu stavby? Solární architektura, ve smyslu využití slunce jako zdroje energie, byla – možná až překvapivě – běžná [13]. Ale zdvojená může stavby?

Závěsové fasády a dvojitě pláště použil např. Le Corbusier. Plánoval aplikaci tzv. „murs neutralisants“ (neutralizujících zdí) u návrhu paláce Centrosójuzu v Moskvě (1933). Závěsovou skleněnou fasádu využil na stavbě útulku Armády spáry v Paříži (1929) – viz **kapitola 2.2**.

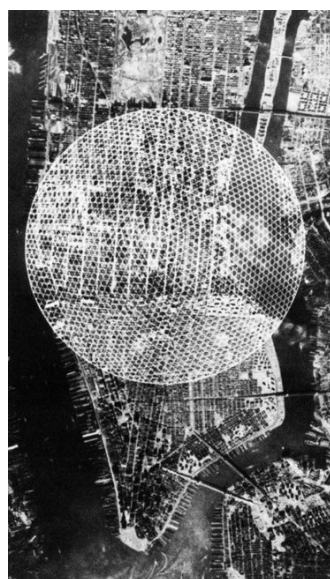
Dům v domě na principu domu ve skleníku realizoval německý silně levicový architekt **Martin Wagner** (1885–1957), spolupracovník Bruno Tauta a berlínský plánovač, na výstavě víkendových domků, která byla pořádána v roce 1932 v Berlíně.

[12] Schoenefeldt H., The Crystal Palace, environmentally considered, In: *Arq* vol. 12, č. 3/4, 2008, str. 283–294, ISSN 1359–1355

[13] Butti K., Perlin J., *A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1980, ISBN 0–442–24005–8



Obr. 4.19: „Das wachsende Haus“, Víkendový dům, Berlín, 1932, Martin Wagner
klimagerechtesbauen.blogspot.cz/2013/12/licht-luft-und-sonne-das-wachsende-haus.html



Obr. 4.20: „Dome over Manhattan“, Richard Buckminster Fuller, projekt, 1960
 Výřez z plakátu, zdroj: V&A Images

Němečtí architekti zde postavili celkem 24 prototypů levných, snadno realizovatelných a flexibilních (rozšiřitelných, ev. prefabrikovatelných) staveb.

Wagnerův domek byla jednoduchá stavba o čtvercovém půdorysu obklopená ze všech stran jakýmsi skleníkem. Pouze střecha nebyla překryta skleněným pláštěm. Wagner skleněné stěny nazýval „třetí kůží“:

„Třetí kůže není zamýšlena jako zimní zahrada, ale jako pohlcovač slunce a tepla, stejně jako ochrana před větrem a hlukem“. [14]

60. a začátek 70. let 20. století – „dál, výš a rychleji“

Pokud se pak zaměříme na téma domu v domě výhradně z hlediska v předešlých částech definované udržitelnosti, tedy jako na stavby, které se snaží přispívat k řešení problematiky ekologické, energeticky úsporné architektury pracující s klimatem a zejména se sluneční energií, pak lze konstatovat, že mezi první skutečné velké průkopníky této myšlenky, a to v přímo utopickém a vizionářském měřítku celých měst, patří v 60. a na počátku 70. let 20. století zejména architekti **Richard Buckminster Fuller** (1895–1983) a **Frei Otto** (1925–2015) se svými projekty zastřešení městských aglomerací či jejich částí průhlednými konstrukcemi.

Pro Richarda Buckminstera Fullera byla vize zastřešení části Manhattanu z roku 1960 geodetickou bání o průměru zhruba 3km evidentním a logickým pokračováním jeho experimentů s geodetickými konstrukcemi. Současně byla také jeho vizionářskou odpovědí na první obavy ze změn klimatu a vyčerpání zdrojů i reakcí na právě probíhající vesmírné objevy a s nimi z části související nový pohled na naši planetu jako „Vesmírnou loď Zemi“ (Spaceship Earth).

Ostatně sám Buckminster Fuller byl autorem textu „Operating Manual for Spaceship Earth“ [15], v němž se tématu zdrojů na naší planetě věnoval. V projektu zastřešení měst spatřoval výhradně pozitiva. Jak sám uvedl: *„Jestli ekonomické výhody překonají protirevoluční setrvačnost velkých společenských celků, to je nicméně otázka. Až budou celá nová města zbudována v panenských lokalitách, jako například na Antarktidě, zastřešení bude realizováno. Zastřešení stávajících měst v mírném podnebném pásmu se ale zřejmě neodehraje, dokud zastřešená nová města nebudou úspěšná, aby přesvědčila ta stávající o potřebě použít celkové zakrytí. Zastřešení městům přinese celou řadu výhod“.* [16]

[14] Wagner M. Luft und Sonne – Das wachsende Haus, Geschichte des klimagerechten Baues. *Wienke Uwe*, Licht. [online]. [cit.2010–09–18].

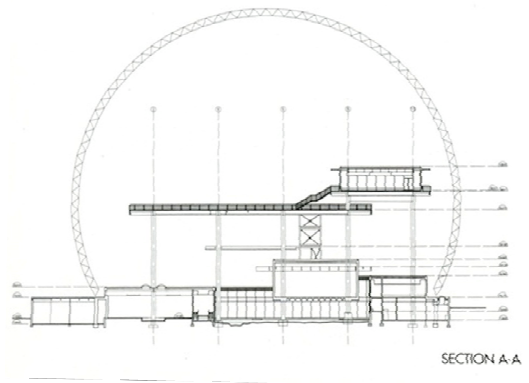
Dostupné z: <http://klimagerechtesbauen.blogspot.cz/2013/12/licht-luft-und-sonne-das-wachsende-haus.html>

„Die dritte Haut ist nicht als Wintergarten gedacht, sondern als eine Sonnen- und Wärmefalle sowie ein Schutz gegen Wind und Lärm“

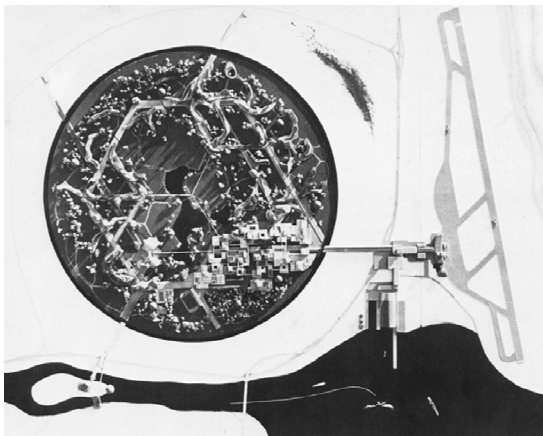
[15] Fuller, B. *Operating Manual for Spaceship Earth*, New York: E.P. Dutton & Co., 1963

[16] Fuller, B., *The Case for a Domed City*, St. Louis Post-Dispatch, 1965–09–26, str. 39–41
(přepis originálu viz násl. strana)

„Whether the economic advantages can overcome the anti-evolutionary inertias of large social bodies is, however, questionable. When whole new human settlements are to be installed on virgin sites as, for instance, on the Antarctic continent, the doming-over may be realized. The doming-over of established cities



Obr. 4.21: „Montreal Biosphere“, EXPO 67, Richard Buckminster Fuller, foto a řez
www.iim.cz/wiki/index.php/Buckminster_Fuller



Obr. 4.22: „Stadt in der Antarktis“, Frei Otto a kol., 1971 – freiotto.com, foto: Atelier Frei Otto

in moderate climate will probably not occur until domed-over cities in virgin lands have proved successful enough to persuade the established cities to employ comprehensive umbrellaing. The established cities will probably not adopt the doming until environmental and other emergencies make it imperative.”

V menším měřítku pak Fuller dosáhl i realizace svého konceptu umělé biosféry. Na světové výstavě EXPO 67 v Montrealu vytvořil Fuller pavilon pro USA jako průhlednou geodetickou konstrukci o výšce 62m a průměru 76m s vlastním řízeným mikroklimatem a systémem stínění obsahující jednotlivé menší stavby a vystavované exponáty zavěšené a rozmístěné ve vzniklém chráněném meziprostoru. Tzv. „Montreal Biosphere“ tvořila ocelová trubková konstrukce s výplněmi z plexiskla. Nicméně funkčnost takto vzniklého umělého prostředí, přes všechny architektonické kvality a technické inovace stavby, byla spíše rozporuplná: *„kopule Buckminstera Fullera nebyla uzpůsobena kanadskému podnebí. Vnitřní prostor bylo takřka nemožné vytopit a velké sezónní výkyvy teplot způsobovaly značnou roztažnost ocelových trubek a plexi panelů.“* [17]

Frei Otto s projektem „Stadt in der Antarktis“, který dokončil po předchozím výzkumu roku 1971, a na němž spolupracoval s Ewaldem Bubnerem, Kenzo Tngem a Ove Arupem, jakoby na tyto Fullerovy vize přirozeně navazoval.

Jedná se o návrh nového města v Antarktidě, které je celé zakryto geodetickou kupolí. Návrh byl další vizí jasně reflektující dobu právě končících 60. let, tedy období hledání hranic možností, období zkoumání, kam až se lze dostat (lety do vesmíru – program Apollo, 1961–1972, přistání na Měsíci, 1969, ponor do Mariánského příkopu, 1960, atd.), období úvah o kolonizaci nehostinných částí naší planety, a zároveň dobu zmíněných prvních jasných obav o vyčerpateľnost zdrojů na Zemi.

Na rozdíl od pevné geodetické bane Buckminstera Fullera se v podání Otta mělo jednat o pneumatickou (nafukovací) „kůži“ tvořenou průsvitnými polštáři kotvenými polyesterovými lany upevněnými do základové obruče o průměru 2km. Kopule o výšce 240m měla zakrývat město pro 40 tisíc obyvatel. Hlavním zdrojem energie měla být atomová elektrárna.

V té době vznikala i celá řada dalších experimentů pracujících s úvahou vytvořit pro život příznivější (umělé) klima, například: *„...prostorový rošt Yony Friedmana vytváří klimatickou clonu. Obdobný smysl mají také bane Buckminstera Fullera, «stany» Freie Otty a clony z proudícího vzduchu navržené Wernerem Ruhnaem.“* [18]

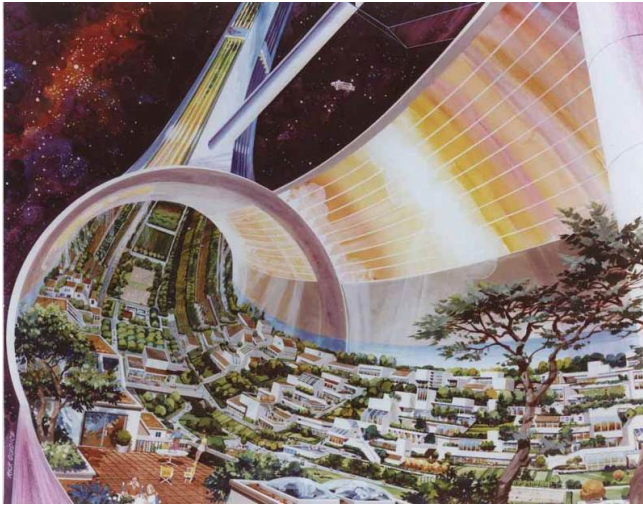
Tyto projekty v principu vždy vycházejí z popsaných realizací velkých skleníků 19. století, ale koncept posouvají výrazně dál.

[17] The Biosphere. Richard Buckminster Fuller, a Visionary Architect. *Environment Canada*. [online]. [cit. 2014-09-13]

Dostupný z: <http://www.ec.gc.ca/biosphere/default.asp?lang=En&n=30956246-1>

„Despite its undeniable advantages – its lightweight structure, strength and elegance – Buckminster Fuller’s dome was not suited to the Canadian climate. Inside, it was practically impossible to heat and the wide seasonal variations in temperature caused the metal tubes and acrylic outer panels to expand and contract considerably.“

[18] Ragon, M. *Kde budeme žít zítra*. Přeložil Smetanová, V. Praha: Mladá fronta, 1967, str.138



Obr. 4.23: Vesmírná kolonie – settlement.arc.nasa.gov



Obr. 4.24: Biosphere 2, Oracle, Arizona, USA, 1986–1991 – foto: John de Dios, CC



Obr. 4.25: Grimshaw Architects, Project Eden, Cornwall, Velká Británie, 2001 – grimshaw-architects.com, foto: Simon Burt

Odkaz utopií do současnosti

I v současné době existují projekty většího měřítka pracující s principem vytvoření umělého klimatu umožňujícího lidský život. Do této oblasti spadá například tzv. „space architecture“, která zkoumá možnosti lidského „habitatu“ pro účely kolonizace planet sluneční soustavy a vůbec pro přežití člověka v nehostinných podmínkách kosmu, případně za účelem simulace klimatických podmínek zcela odlišného podnebného pásu na Zemi – viz například práce architekta Ondřeje Douleho [19].

Za účelem zkoumání života v extrémních podmínkách byly realizovány například projekt „Biosphere 2“ v USA (1991), v nichž probíhají právě též experimenty s možnostmi lidského přežití na jiných planetách. Stavba Biosphere 2 je z podstaty probíhajícího výzkumu uzavřena vnějšímu podnebí [20], během experimentů nesmí vnitřní mikroklima přijít do kontaktu s přirozeným prostředím a veškeré zdroje a regulace klimatu se odehrávají výlučně v prostoru obřího skleníku.

„Project Eden“ v britském Cornwallu [21], jehož autorem je **Nicholas Grimshaw** (nar. 1939, kancelář Grimshaw Architects), dokončený v roce 2001 simuluje dva přirozené typy biomů, tedy klimatické podmínky jiných oblastí Země. Jedná se v zásadě o „skleník“ tvořený geodetickou s výplněmi z pneumatických polštářů z ETFE fólie – největší svého druhu na světě. [22] Jedná se o zřejmou inspiraci staršími projekty Richarda Buckminstera Fullera, ať už jeho „Climatronem“ v botanické zahradě v Missouri z roku 1960 [23], či právě již popsaným pavilonem z výstavy EXPO 67 v Montrealu. Neslouží však k vytvoření přechodového prostředí chránícího další stavby uvnitř a nezapadá tedy do konceptu „domu v domě“. Přesto je významný jak svou architekturou, velikostí, tak též jasným odkazem k vizionářským projektům 60. let a především ukazuje architektonické možnosti realizace vnější kůže pro velké projekty na principu domu v domě.

Na rozdíl od projektu Biosphere 2 se nejedná o zcela uzavřený systém, „skleník“ využívá přirozené větrání. Vnitřní klima není také nijak uměle řízeno – s výjimkou větrání a zavlažování, na rozdíl např. od dále popisované stavby akademie Mont Cenis v Herne.

[19] Doule, O. *Architektura v extrémním prostředí*. disertační práce, Praha: FA ČVUT, 2010

[20] Více o výzkumu Arizonské univerzity v komplexu Biosphere 2: <http://biosphere2.org/>

[21] *Grimshaw Architects*. The Eden Project: The Biomes. [online]. [cit.2014-09-16].

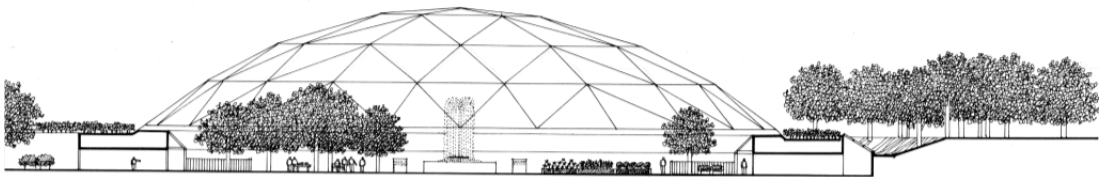
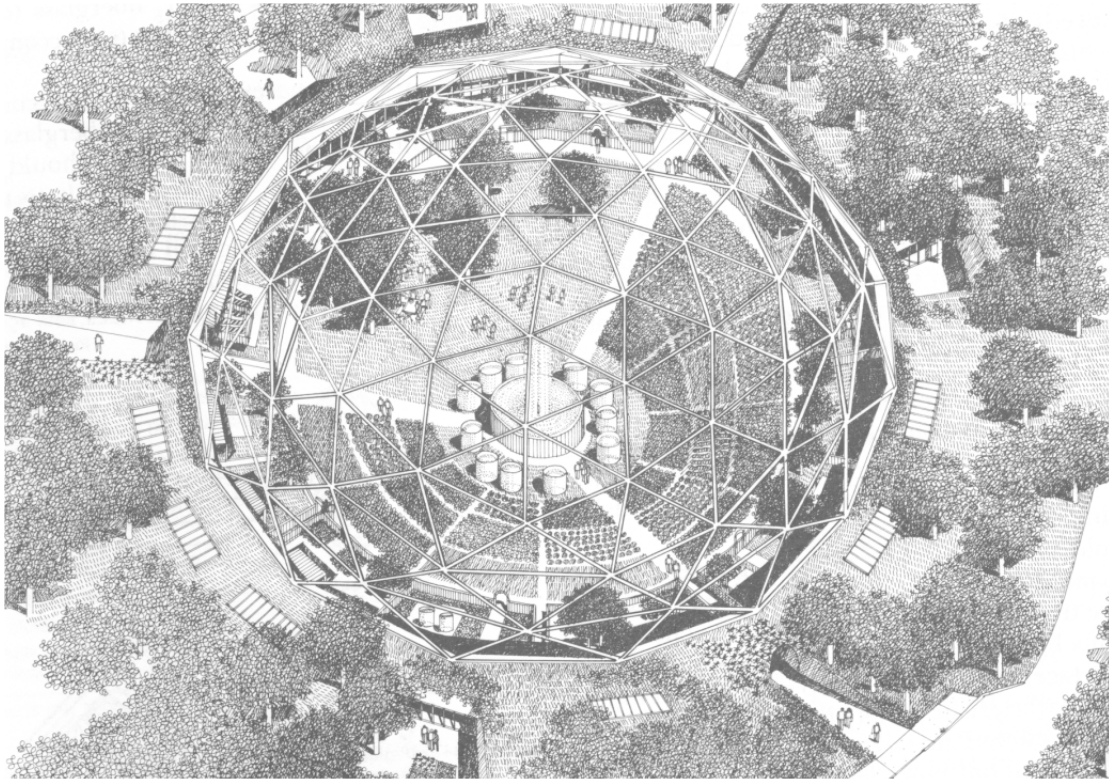
Dostupný z: <http://grimshaw-architects.com/project/the-eden-project-the-biomes/>

[22] *Eden Project*. [online]. [cit.2014-09-16].

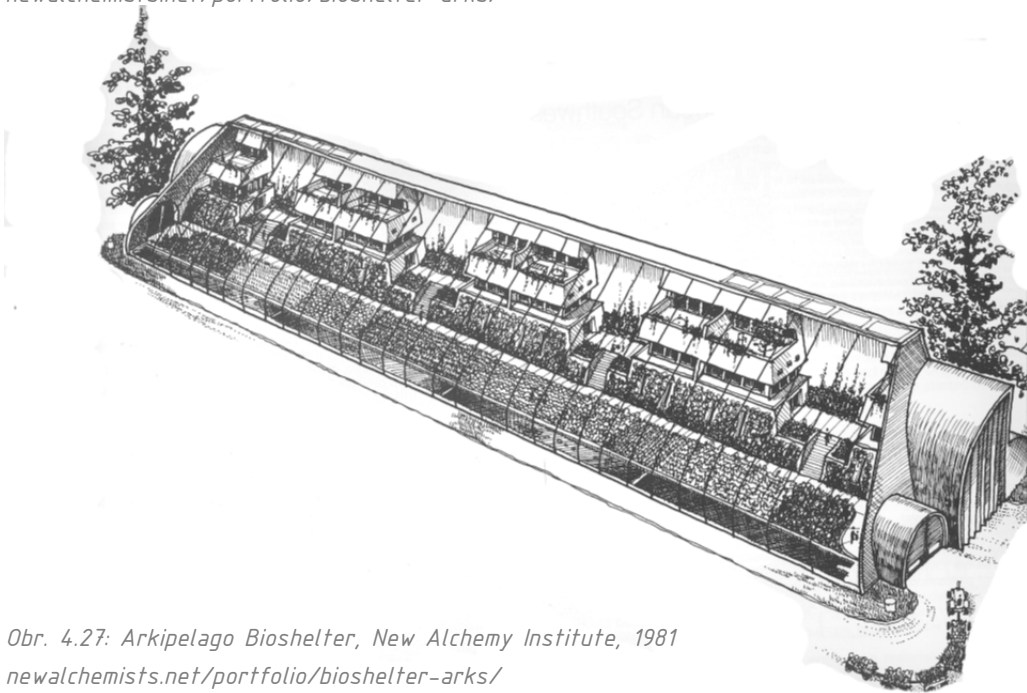
Dostupné z: <http://www.edenproject.com/>

[23] *Climatron*. *Missouri Botanical Garden*. [online]. [cit.2014-09-16].

Dostupné z: <http://www.missouribotanicalgarden.org/gardens-gardening/our-garden/gardens-conservatories/conservatories/climatron.aspx>



Obr. 4.26: Paul Sun's Village Dome, New Alchemy Institute
newalchemists.net/portfolio/bioshelter-arks/



Obr. 4.27: Arkipelago Bioshelter, New Alchemy Institute, 1981
newalchemists.net/portfolio/bioshelter-arks/

Spíše než o jednoduchou snahu najít nový přístup k udržitelné architektuře se nicméně především jedná o vědecké či popularizační experimenty sloužící čistě k simulaci podmínek, které jinak na Zemi či v daném místě nelze vytvořit. Vytvořené „umělé“ prostředí zde není prostředkem, ale cílem.

Jedním z mála utopických příkladů z nedávné doby, jenž přímo odkazuje na vize Richarda Buckminstera Fullera a Freie Otta, je projekt „Houston Dome“ z roku 2010, který popisuje další část této kapitoly.

Ekologická hnutí 60. let

Končící 60. léta byla také obdobím prvních ekologických hnutí, v této době značně idealistických. Jejich filozofické základy mnohdy vycházely z knihy „Silent Spring“ (Mlčící jaro) Rachel Carsonové z roku 1962 [24], v níž na základě shromážděných vědeckých podkladů upozornila na rizikové používání nejrůznějších syntetických chemikálií a která iniciovala vlnu zájmu veřejnosti o životní prostředí.

Jednou z „vizionářských“ organizací, které v této době vznikly, byl tzv. „**New Alchemy Institute**“, výzkumné centrum, které založili John Todd, Nancy Jack Toddová a William McLarney v roce 1969 primárně za účelem zkoumání alternativních zemědělských metod. Cílem bylo vytvořit energeticky efektivní a soběstačné systémy a společenství, která by byla nezávislá na fosilních palivech a průmyslovém zemědělství [25].

Z pohledu architektury a zejm. konceptu „domu v domě“ je pak zajímavá jejich idea tzv. „Bioshelters“, tedy v zásadě skleníků, v nichž vzniká soběstačný nezávislý ekosystém. Na tom by nebylo – z hlediska zemědělství – nic až tak převratného, nicméně zástupci hnutí šli ve svých představách dále. „Skleníky“, nejčastěji ve formě geodetických kopulí, měly rovněž být využívány k bydlení, a to pro celé vesnice. Kromě několika drobnějších geodetických konstrukcí a klasických skleníků nazývaných hnutími „Archy“, k realizaci nicméně nedošlo.

Mezi nerealizovanými projekty stojí za zmínku např. „Village Dome“ z roku 1980, jehož autorem byl architekt Paul Sun, či projekt „Arkipelago: Bioshelter Apartment“ od Jan Atkinsově.

New Alchemy Institute zanikl roku 1991, kdy se transformoval na novou neziskovou organizaci „The Green Center“ [26]. V textu z roku 1974 v časopise „Architecture Plus“ Sean Wellesley-Miller a Day Chahdroudi nicméně vystihli energetické principy domu v domě:

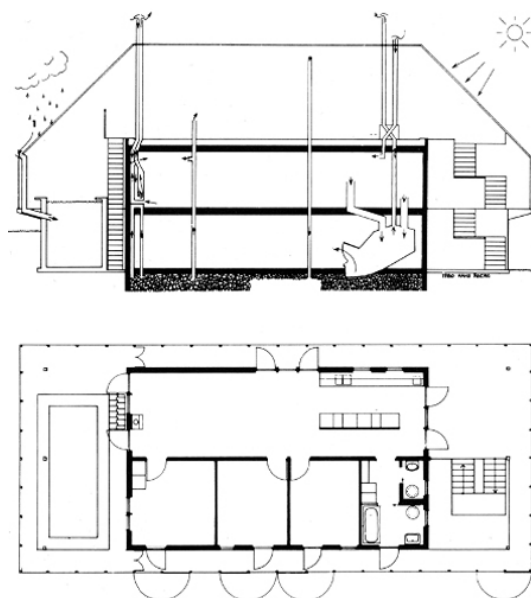
[24] Carson, R.. *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin company, 1994

[25] New Alchemy Institute, *Spatial Agency*. [online]. [Cit. 2011-02-04]

Dostupné z: <http://www.spatialagency.net/database/why/ecological/new.alchemy.institute>

[26] *The Green Center*. [online]. [Cit. 2011-02-03].

Dostupné z: <http://www.thegreencenter.net/>



Obr. 4.28: Vlevo: Bengt Warne, Naturhus Saltsjöbaden, Švédsko, 1976 - www.bengtwarne.malwa.nu

Obr. 4.29: Vpravo: Bengt Warne, Naturhus Saltsjöbaden - řez a půdorys

Zdroj: Herzog Thomas, *Gebäudehüllen aus Glas und Holz*, 1984

„Představme si obal doslova jakéhokoli měřítko, který vpouští do svého nitra sluneční světlo a který brání teplotu, aby unikalo ven, když je vnitřní mikroklima příliš studené. Také odráží sluneční světlo a přebytečného tepla se zbavuje do noční oblohy, když je interiér příliš teplý. Představme si dále, že uvnitř tohoto obalu lze teplotu uchovat v zemi po několik dní, i když právě nesvítí slunce. Budeme pak mít systém, který bude udržovat velmi stabilní vnitřní mikroklima bez potřeby umělého vytápění nebo chlazení.“ [27]

70. a 80. léta – důsledky ropné krize

Ropná krize roku 1973 přinesla kromě dramatických dopadů na světovou (zejm. západní) ekonomiku a přístup k fosilním palivům především zvýšený zájem o ekologii, alternativní zdroje energie a urychlila směřování k tomu, co dnes nazýváme trvale udržitelný rozvoj (viz kapitola 1). Jak již bylo řečeno, ekologická hnutí měla svůj počátek již v 60. letech 20. století (Rachel Carson: *Silent Spring*, 1962; Římský klub, 1968; vážnější experimentování s využitím sluneční energie – první solární kolektory apod. – se objevovalo ale již na počátku 20. století [28]). Byť krize vlastně nijak nesouvisela s ohrožením zdrojů fosilních paliv, ale jednalo se o čistě obchodní a mezinárodněpolitickou záležitost, jakoby potvrdila závěry jen o rok dříve vydané publikace „Meze růstu“, kterou vydal tým vědců z MIT pod vedením Donelly H. Meadows [29] právě pro Římský klub.

V této době řada architektů začala v menším měřítku nejběžnějších staveb, tedy rodinných domů, experimentovat s nejrůznějšími inovativními řešeními, která bychom dnes nazývali „udržitelná“ či „ekologická“.

V severní Evropě několik architektů dospělo k návrhům prvních staveb, které lze skutečně nazvat „domem v domě“, a to na základě promyšlených úvah.

[27] Barnhart E., *Bioshelter Guidebook: Bioshelter Research by New Alchemy Institute (1971-1991)*.

[online]. [Cit. 2016-08-20]. Dostupný z <https://newalchemists.net/portfolio/bioshelter-arks/>

„Let us imagine an enclosure of virtually any scale that lets sunlight into itself and that prevents heat from escaping when the interior microclimate is too cool. It also reflects sunlight, and it dumps heat out into the night sky when its interior is too warm. Let us further conceive that, within this enclosure, sufficient heat could be stored in the ground to provide several days worth, even if the sun did not shine. We would then have a system that would maintain a very stable interior microclimate without requiring mechanical heating or cooling.“

[28] Butti K., Perlin J., *A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1980

[29] Meadows, D. H. *The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. 8th print. New York: Universe books, 1972

Dle dostupných podkladů tím prvním byl švédský architekt **Bengt Warne** (1929–2006), který svůj koncept nazval „Naturhus“, tedy „Přírodní dům“. První realizoval v Saltsjöbadenu u Stockholmu mezi lety 1974 a 1976.

Základním principem bylo uzavření samotné stavby do skleníku, přičemž vzniklý prostor byl využit jak k rozšíření obytné plochy, tak rovněž k aplikaci dalších opatření – např. pěstování zeleniny.

Dům byl vybaven rovněž systémem recyklace odpadních vod či akumulace tepla pod základy. Skleník byl navržen jako přirozeně větraný a doplněný o vnitřní stínění.

V uvedeném domě autor až do roku 1981 bydlel, testoval jej a rovněž pořádal jeho prohlídky. Od roku 1981 je užíván jako běžný soukromý rodinný dům. [30]

Později (1993) Warne spolu s Marianne Fedrikssonovou o těchto svých názorech a projektech vydal publikaci „På akaciens villkor“ (doslova: Podmínky akácie) [31], v níž mimo jiné uváděl jako jeden ze základních principů „*oddělení klimatického pláště: konstrukce skleníku vytváří třetí klimatickou zónu mezi interiérem a exteriérem, čímž vzniká dynamický společenský prostor, který se zvětšuje a zmenšuje podle ročního období*“. [32]

Bengt Warne realizoval během své kariéry ještě několik dalších domů ve skleníku.

Práce Bengta Warneho je i v současnosti ve Švédsku citována a mnozí architekti se na jím stanovené principy přímo odvolávají:

1. ateliér **Unit Arkitektur AB** se svou realizací „Glass House“ v Träslövsläge ve Švédsku (2007),
2. ateliér **Tailor Made Arkitekter**, Sundby Naturhus (2015) a Uppgrena Naturhus (2015)

Jeho projekty mají ale zřetelný ohlas i v dalších severských zemích a v Holandsku:

3. **CC-studio** s projektem KasCo v Amsterdamu (v realizaci, 2016) a KasCo v Utrechtu (ve fázi příprav stavby)
4. dánské studio **EFFEKT** s projektem ReGen Village do Almere

Mezi další realizované domy ve skleníku dle Warneho principů patří např. obestavba rodinného domku skleníkem v Ingarö (Ecosol, 2007), nebo dům v Sikhallu (Ecorelief, 2014). Více se některým z těchto staveb budou věnovat následující sekce této práce.

[30] *Bengt Warne eco architect* [online]. [Cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <http://bengtwarne.malwa.nu>

[31] Warne, B. Fredriksson M. *På akaciens villkor: att bygga och bo i samklang med naturen*, Partille: Warne Förlag,

[32] Převzato z diplomní práce v angličtině:

Berg J., *Sprout Living: Greenhouse Co-living for Start-up Entrepreneurs*, Master thesis, Goteborg: Chalmers Architecture, 2016, strana 14

„*Separation of Climate Shell: The greenhouse structure constitutes a third climate zone between outside and inside, creating a dynamic social space that expands or retracts according to season.*“

Jak ukazují výpočty, simulace a měření, ve švédských podmínkách princip domu ve skleníku umožňuje dosahovat úspory energie na vytápění okolo 30% a pro hůře izolovanou vnitřní stavbu dokonce i více [33]. Otázkou, kterou si budeme klást dále, je, zda lze podobných výsledků dosahovat i v podmínkách střední Evropy.

Značný ohlas měly názory Bengta Warneho již v 70. letech i mimo Švédsko a sever Evropy, a to zejména u německého průkopníka architektury pracující se sluneční energií **Thomase Herzoga** (nar. 1941, atelier Herzog + Partners [34]). Právě on Warneho citoval ve své knize „Gebäudehüllen aus Glas und Holz – Habiller de verre et de bois“ z roku 1984 [35].

Thomas Herzog podobný koncept použil již v roce 1977 u rodinného domu v Regensburgu [36], za nějž obdržel roku 1981 cenu Miese van der Rohe (nejlepší evropská stavba).

U tohoto rodinného domu byl použit princip skleníků předsazených z jižní strany před samotným obytným prostorem a navazující na prosklenou pultovou střecha oddělenou mezerou – ventilačním meziprostorem se stíněním. Vnitřní obytný prostor bylo možné s prostorem skleníků plně propojit otevřením posuvných dveří, a rozšířit jej tak.

Thomas Herzog s podobným konceptem dále experimentoval u výstavby řadových rodinných domů v Mnichově (1979–1982), které mají rovněž na jih orientované celoskleněné pultové „střechy“ vytvářející systém jakýchsi kaskádových zimních zahrad navazujících na vlastní obytné interiéry stavby. Prostor střechy lze stínit vnitřními textilními roletami a přirozeně, s využitím principu solárního komínu, odvětrávat.

U těchto rodinných domů navíc Herzog zcela inovativně přímo do proskleného pláště integroval jak trubicové solární kolektory, tak fotovoltaické panely [37].

[33]Kuldkepp T., *The Effect of a Microclimate on the Energy Usage of a Building* (Ett mikroklimats påverkan på en byggnads energianvändning), Master of Science Thesis EGI-2012-046MSC, Stockholm: KTH Industrial Engineering and Mechanics, 2012

a

Persson, O., Wennerstål P., *Energimodellering av naturhus – en studie av Sundby naturhus*, Lund: LTH School of Engineering, Lund University, 2015

[34] *Thomas Herzog Architekten*. [online]. [cit. 2016-08-20].

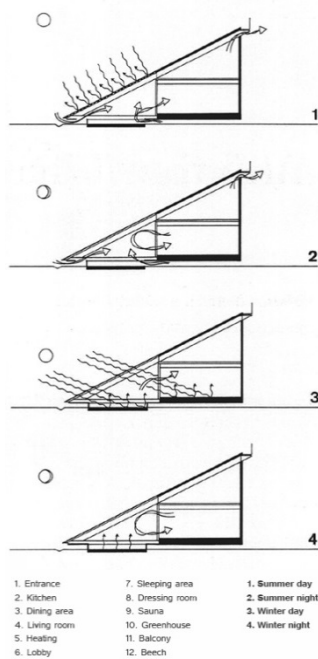
Dostupné z: http://www.thomasherzogarchitekten.de/Thomas_Herzog_Architekten.html

[35] Herzog, T. [et al.]. *Habiller de verre et de bois: agrandir des maisons familiales sans augmenter la consommation d'énergie*. 2e éd. Lausanne, Suisse: Presse Polytechniques Romandes, 1985.

[36] House in Regensburg. *Herzog + Partner*. [online]. [cit. 2013-01-08].

Dostupné z: http://www.herzog-und-partner.de/english/projects/projects_-_house_regensburg.html

[37] Schoof J. Dialogue with the Sun: Thomas Herzog – researcher and architect, *Dailight&Architecture*, Velux č.20, 2013



Obr. 4.30: Thomas Herzog, rodinný dům v Regensburgu, 1977, foto a schematické řezy
 Zdroj: D&A č.20, 2013, Dialogue with the Sun, str. 3, foto Richard Schenkirz



Obr. 4.31: Thomas Herzog, rodinné domy v Mnichově, 1979-1982
 Zdroj: D&A č.20, 2013, Dialogue with the Sun, str. 1+2, foto Richard Schenkirz



Obr. 4.32: HHS Planer + Architekten, solární dům pro Wohnen 2000, 1989-93 - www.hhs-architekten.de

Thomas Herzog se udržitelné architektuře s důrazem na využití solární energie a především vlastnosti obálky budovy věnuje intenzivně stále, a to jak na teoretické úrovni (jako autor řady publikací), tak v architektonické praxi. Zásadní jsou také jeho výzkumy ohledně stínění budov a přirozeného větrání a integrace inovativních materiálů a technologií do pláštíků staveb. Thomas Herzog píše: „*Pochopil jsem, že obálka je <causa prima> stavby*“.^[38]

Stojí za to zmínit, že konceptem aplikovaným Thomasem Herzogem u rodinných domů v Mnichově se inspirovali i další architekti. Pro výstavu „Wohnen 2000“ v rámci mezinárodní akce iGA'93 ve Stuttgartu připravovali od roku 1989 architekti z ateliéru **HHS Planer + Architekten**^[39] z německého Kasselu (Hegger-Hegger-Schleiff) experimentální solární dům na prakticky totožném principu. Zajímavostí jejich prosklené jižní pultové „střechy“ kryjící obytné zimní zahrady byly pohyblivé fotovoltaické panely, které svým nastavením vůči slunci optimalizovaly energetické zisky a současně velmi efektivně stínily vnitřní prostor.

A mezi lety 1989 a 1995 realizovaná centrální budova technologického centra ve vědeckém parku Wissenschaftspark Rheinelbe v Gelsenkirchenu od mnichovských architektů **Kiessler + Partner**^[40] využívá obdobný princip nakloněné západní prosklené „střechy-fasády“ kryjící dlouhou arkádu – meziprostor oddělující více v hloubi stavby vsazené kanceláře. V zimě funguje jako nárazníková zóna umožňující ohřev vzduchu uvnitř průběžné arkády, teplý vzduch je pak využit k vytápění. V létě je fasáda stíněna venkovními textilními roletami a rovněž arkáda je u země a v horní partii otevřená, aby horký vzduch mohl být komínovým efektem přirozeně odvětráván.^[41]

U ani jedné z posledních zmíněných německých staveb se však nejedná o skutečný koncept domu v domě, část stavby je vždy v přímém kontaktu s vnějším prostředím. Jde „pouze“ o velmi propracované řešení zdvojené fasády a využití skleníkového efektu. Použité principy jsou však pro vývoj konceptu domu v domě zcela zásadní.

[38] Dassler, F., H., Herzog, T. Aller Lasten Anfang, rozhovor s Thomasem Herzogem, In: *Xia intelligente architektur* 07-09/2012, s. 30-35

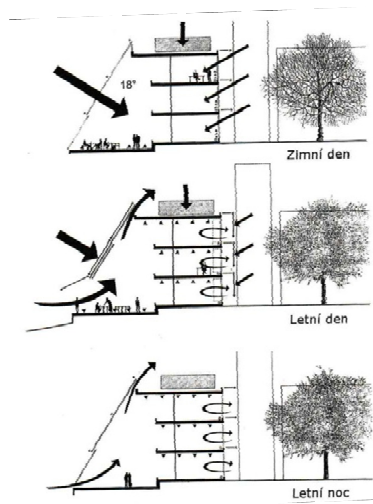
[39] *HHS Hegger-Hegger-Schleiff Architekten*. [online]. [cit.2016-08-30]. Dostupné z: <http://www.hhs-architekten.de/>

[40] *Kiessler + Partner Architekten GmbH* [online], [cit.2016-08-10] Dostupné z: <http://www.kiessler.de/>

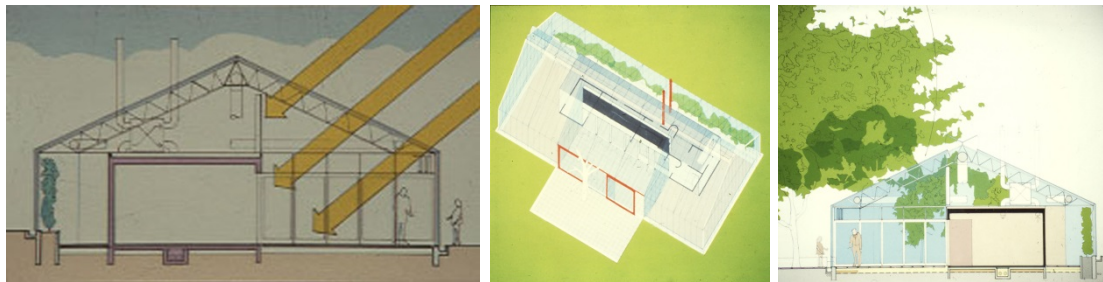
[41] Wissenschaftspark Rheinelbe, Gelsenkirchen, *Flachglas Markenkreis* [online]. [cit.2016-08-29]. Dostupné z: <http://www.flachglas-markenkreis.de/ueber-uns/glasreich/wissenschaftspark-rheinelbe-gelsenkirchen.html>

a

Florián M., *Inteligentní skleněné fasády*, Praha: FA ČVUT, 2005, str. 124



Obr. 4.33: Kiessler + Partner, Wissenschaftspark Gelsenkirchen, 1989-95 - www.kiessler.de
Schéma fungování - zdroj (Florián 2005) str. 124



Obr. 4.34: Per Mønsen, Glasshouse house, 80. léta, z přednášky *Ekologie versus. architektura*



Obr. 4.35: Per Mønsen, dům z výstavy v Kristiansandu, 1985, z přednášky *Ekologie versus. architektura*

Norský architekt **Per Mosen** (nar. 1953, ateliér GASA AS) se konceptem využívání sluneční energie aktivně zabýval již na začátku 80. let a u svých staveb z něj čerpá dodnes, podobně jako zmíněný Thomas Herzog. Per Mosen tvrdí, že každý dům (resp. stavba obecně) je solárním kolektorem a v podmínkách Norska každé na jih orientované prosklení v roční bilanci více energie získá, než ztratí.

Jeho nerealizovaný koncept domu nazvaného „Glasshouse house“ z 80. let představoval jednoduchý dům inspirovaný návrhem Le Corbusiera vestavěný do klasického zemědělského skleníku, který vytváří „klimatickou kůži“. Otázka, kterou si Per Mosen u svých projektů pokládal, byla prostá: „*co se stane, jestliže rozdělíme konstrukci pláště stavby na její hlavní součásti: konstrukci, ochranu před podnebím a izolaci vnitřním opláštěním?*“ [42]

Následně tento koncept dále upravil a v roce 1985 použil pro stavbu na výstavě v Kristiansandu.

Paralelně s popsányými projekty začali s podobnými konceptem, a to dokonce ve vícero jeho podobách, experimentovat již na počátku 80. let 20. století i mladí francouzští architekti **Françoise-Hélène Jourda** (1955–2015) a **Gilles Perraudin** (nar. 1949), kteří svůj společný (dnes již neexistující) ateliér Jourda-Perraudin (dnes samostatné kanceláře Jourda Architectes a Perraudin Architectes) založili v Lyonu v roce 1980.

Françoise-Hélène Jourda byla dle vlastního životopisu [43] silně ovlivněna severskou architekturou, zejména projekty ve Švédsku působícího Ralpa Erskina (1914–2005), stejně jako kontaktem a spoluprací s Peterem Ricem (1935–1992) a Normanem Fosterem (nar. 1935) a také osobitým a progresivním přístupem ke konstrukcím a materiálům Jeana Prouvé (1901–1984).

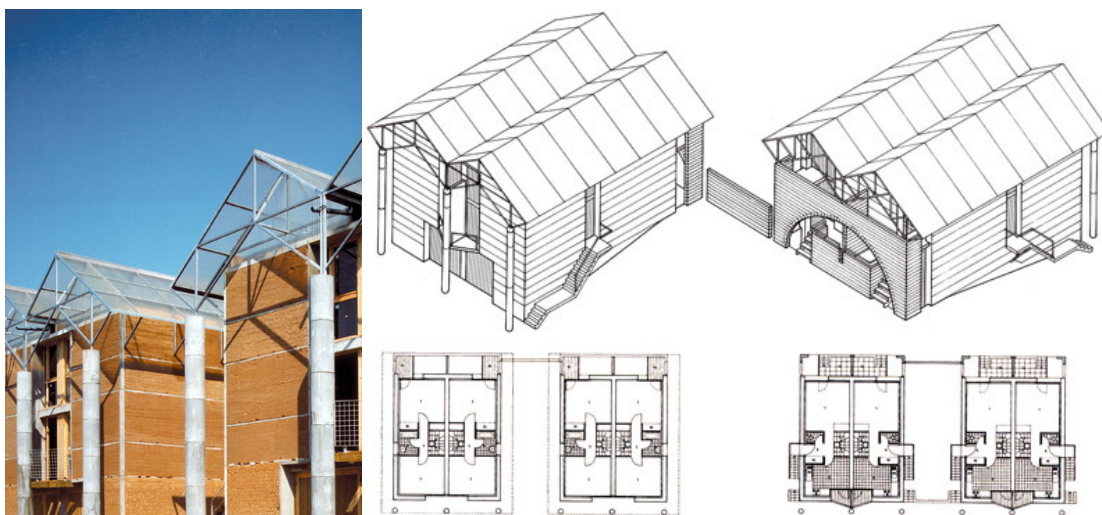
Pro mnohé mladé architekty byly na přelomu 70. a 80. let důležitými tématy inovativní práce s konstrukcí, modularitou a flexibilitou, které umožní ekonomičtější výstavbu, a pochopitelně právě nastupující ekologický přístup, který se musel jevit jako důležité téma k výzkumu. Ateliér Jourda-Perraudin se zaměřil právě tímto směrem, první stavby experimentovaly s konstrukcí i materiály.

Na počátku 80. let navrhli Jourda-Perraudin 3 rodinné domy, jejichž cílem bylo inovativní použití materiálů, neotřelý přístup ke konstrukci a také ekonomika výstavby a práce s energetickým řešením stavby.

[42] Mosen, P., *Architecture and the environment*, nepublikovaná přednáška z cyklu „Ekologie versus architektura“, FA ČVUT, Praha, 06/12/2010

[43] *Jourda Architectes* [online]. [cit.2011-02-21].

Dostupné z: <http://www.jourda-architectes.com/>



Obr. 4.36: Jourda-Perraudin, domy v Isle d'Ábeau, 1981-84, foto, axonometrie, pŕdorysy
www.perraudinarchitectes.com



Obr. 4.37: Jourda-Perraudin, Maison serre, 1984-85, foto, axonometrie
www.perraudinarchitectes.com



Obr. 4.38: Jourda-Perraudin, dŕm Lyon-Vaise, 1987 - www.perraudinarchitectes.com

První z realizací není v pravém slova smyslu „domem v domě“, přesto s obdobným konceptem silně pracuje. Jedná se o dvojici dvojdomů v Isle d'Abeau u Lyonu z let 1981–1984 s masivní konstrukcí z dusané hlíny, která je chráněna sedlovým zastřešením ve formě skleníků s výraznými přesahy. To funguje z části i jako klimatická ochrana, vzniklý prostor byl zamýšlen jako sezónně využitelné rozšíření obytné plochy. [44]

Následně realizovaný dům v Lyonu St. Just (1984–85) nazývaný autory „Maison serre“, tedy „Dům skleník“, zcela naplňuje definice domu v domě, resp. domu ve skleníku.

Podobně jako u jiných příkladů podobných zde uváděných staveb je využita běžná industriální prefabrikovaná konstrukce skleníku, která byla zakoupena od výrobce zemědělských skleníků a na parcele smontována během 3 dnů. Kontrola vnitřního mikroklimatu je ponechána rovněž klasicky „zemědělská“ – stínící plachty, přirozené větrání. Zdrojem tepla je (kromě slunce) krb. Vlastní vnitřní stavba je řešena téměř truhlářsky, jako velmi lehké hmoty zajišťující především soukromí obyvatel domu. [45]

Třetím ze zmíněných domů této kanceláře je stavba rodinného domu z roku 1987 v Lyonu-Vaise. V tomto případě se jedná o princip domu s otevřenou stínící druhou kůží, nikoliv dům ve skleníku. Jednoduchá a materiálově extrémně prostá stavba (ocel, dřevo, překližka a plně otevíratelná hlavní prosklená jižní fasáda) je kryta stínící střechou, či spíše jakýmsi textilním deštníkem na lehké ocelové prostorové konstrukci. Její výrazný přesah zamezuje přehřívání samotného domku a současně umožňuje rozšíření obytného prostoru na kryté a stíněné terasy podél celé stavby.

Ateliér tyto koncepty neopustil ani u pozdějších projektů, u nichž se postupně ještě více profiloval směrem k udržitelnému stavění. Françoise-Hélène Jourda pak i v samostatné práci byla jednou z nejvýznamnějších francouzských architektek věnujících se udržitelné architektuře všech měřítek.

A jestliže jsme u architektů Jourdy a Perraudina hovořili o domě s druhou kůží ve formě stínění, v 80. letech vznikl též další projekt, který stojí za stručné uvedení. Šlo o výrazně větší stavbu administrativní budovy TAD v Miláně-Lainate z roku 1989, jejímž autorem je italský architekt **Ottavio di Blasi**, a jednalo se vlastně o rekonstrukci starší kancelářské budovy z 50. let. Princip spočíval v tom, že okolo původní stavby vznikla zcela nezávislá nosná konstrukce opatřená otočnými lamelami z perforovaného hliníku sloužícími jako účinné stínění a ochrana proti větru. Konstrukce rovněž vynáší prostorovou příhradovinu nové nezávislé střechy, odsazené od původního objektu.

[44] *Maison en pisé, Isle d'abeau (1981-84). Perraudin Architectes.* [online]. [cit.2014-01-30]

Dostupné z: http://www.perraudinarchitectes.com/projets/maisons_pise/maison_pise.htm

[45] *Jourda-Perraudin, Maison serre.* [online]. [cit.2014-01-30].

Dostupné z: http://www.perraudinarchitectes.com/projets/maison_serre/maison_serre.html

Dostupné z: <http://www.jourda-architectes.com/projet.php?code=mase>



Obr. 4.38: Ottavio di Blasi,
budova TAD, Milán-Lainate
www.divisare.com



Obr. 4.39: Lacaton-Vassal, prototyp rodinného domu Latapie, 1992 - www.lacatonvassal.com

Tato nová kůže původní objekt chrání, rovněž jsou v ní umístěny (tak trochu po vzoru Centre Pompidou v Paříži) i veškeré nové instalace a rozvody. „*Stavba tak odmítla tradiční ideu zděné krabice perforované okny, namísto toho se stala jedinečným organismem, jehož vnější vzezření se proměňuje podle ročního období a denní hodiny*“. [46]

90. léta 20. století

V 90. letech již udržitelné stavění a problematika udržitelného vývoje začínaly být běžnějším celospolečenským tématem (Brundtland report, 1987; Definice standardu pasivního domu – Passivhaus Standard, Německo, 1991; Summit v Rio de Janiero, 1992; Kyótský protokol, 1997; první verze certifikační metodiky LEED, 1998) a energeticky efektivní řešení staveb se začalo postupně stávat (přinejmenším ve vyspělých zemích) standardem.

V této dekádě začali s konceptem domu v domě experimentovat i další mladí architekti ve Francii, a to v různých měřítcích.

Francie dlouhodobě ve své politice kladla důraz dostupnost bydlení, výstavbu sociálního bydlení, podporu mladých rodin. V 90. letech, v době levicové vlády François Mitterranda, byly tyto body podporovány a propagovány ještě významněji než dříve. [47]

Ateliér **Lacaton & Vassal** (Anne Lacaton, nar. 1955 a Jean-Philippe Vassal, nar. 1954) [48] se poprvé zabýval konceptem domu ve skleníku v roce 1992 s prvním prototypem tzv. domu „Latapie“, což měla být především ekonomická varianta individuálního bydlení pro mladé.

Dle jejich představ se mělo jednat o standardní zemědělský skleník o rozměrech 12x9m, který měl uvnitř vytvářet mikroklima Baleárských ostrovů. Uvnitř pak byly navrženy dvě autonomní kubické hmoty realizované ze dřeva. Střecha a severní stěna skleníku měly mít výplně z pneumatik, které by měly lepší tepelné izolační vlastnosti. Letnímu přehřívání mělo být bráněno textilními stínícími prvky a řízeným přirozeným větráním [49]. Koncept nicméně zůstal nerealizován, a to zejména z důvodů přesažení předpokládaného rozpočtu. Posloužil ale jako základ pro následující projekty ateliéru i jako inspirace dalším mladým francouzským architektům.

[46] TAD Headquarter, *Divisare* [online]. [cit.2011-10-10]

Dostupné z: <http://divisare.com/projects/159503-odb-architects-ottavio-di-biasi-partners-tad-headquarter>

„*The building refused the traditional idea of a masonry box perforated by windows; instead, it becomes a unique organism in which the external appearance changes according with the season and the hours.*“

[47] Politique du logement sociale: chronologie, *Vie publique*, [online] 2014 [cit.2014-09-24]

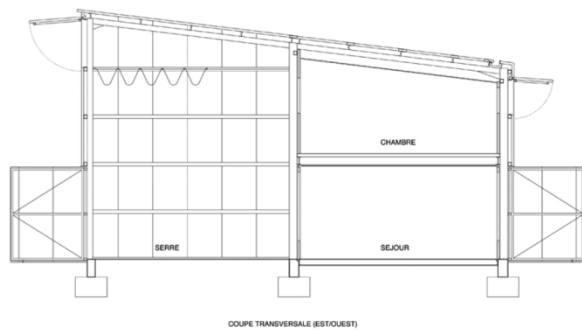
Dostupné z: <http://www.vie-publique.fr/politiques-publiques/logement-social/chronologie/>

[48] *Lacaton & Vassal* [online]. [cit.2011-10-10]

Dostupné z: <http://www.lacatonvassal.com/>

[49] Maison d'habitation économique, *Lacaton & Vassal* [online]. [cit.2011-10-11]

Dostupné z: <http://lacatonvassal.com/index.php?idp=23#>



Obr. 4.40: Lacaton-Vassal, rodinný dům Latapie, Floirac, 1993 – www.lacatonvassal.com



Obr. 4.41: Jourda-Perraudin, HHS Planer + Architekten, Akademie Mont-Cenis, Herne, 1999, foto Martin Čeněk 2011

V roce 1993 tak ve Floiracu realizovali první „Maison Latapie“, jehož cena při ploše 185m² dosahovalo (v přepočtu na dnešní ceny) 55 tisíc euro (cca. 1,5 mil. Kč). Opět se jedná o materiálově velmi jednoduchou stavbu, kde „vnitřní“ objekt je ze strany ulice přetažen druhou kůží z vlnitých cementovláknitých desek), která tvoří fasádu, nevzniká zde ale žádný využitelný meziprostor. Do zahrady se ale otevírá výhradně do rozměrného jednoduchého skleníku z vlnitého polykarbonátu, jehož hlavní zahradní fasádu lze zcela otevřít. Rovněž interiér vnitřního objemu je možné plně otevřít a propojit s „meziprostorem“ ve skleníku. Stínění skleníku je řešeno pomocí zavěšených rohoží.

Kancelář Lacaton & Vassal se tomuto konceptu věnovala i v pozdějších projektech (Maison Coutras, 2000; sociální bydlení „Cité manifeste“ v Mulhouse, 2005; sociální bydlení v Trignacu, 2010; v soutěži na „Maison des sciences de l'homme et plateforme technologique“ v Saint-Deins z roku 2007) – viz dále – a aplikovala jej i u jedné ze svých nedávno dokončených významných realizací, ve výrazně větším měřítku – u projektu FRAC v Dunkerque, dokončeném v roce 2013, o němž bude podrobněji pojednáno v dalších částech této práce.

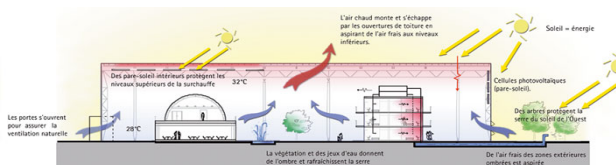
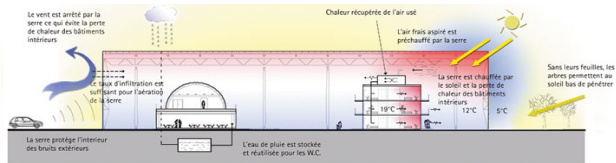
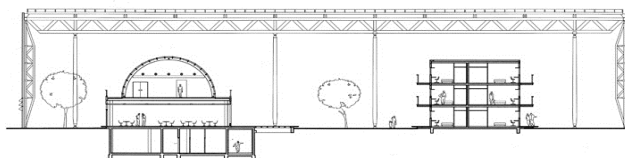
Již v předcházející sekci zmíněný lyonský ateliér **Jourda-Perraudin** pak roce 1999 (společně s též již zmíněnými německými kolegy HHS Planer + Architekten) realizoval – po mnohaletém výzkumu a projektové přípravě – jednu z pravděpodobně nejzásadnějších referenčních staveb spadajících pod koncept „domu v domě“: vzdělávací středisko „Akademie Mont-Cenis“ v porúrském Herne. Soubor veřejných budov (administrativa, konferenční místnosti, ubytování, bytové jednotky, restaurace, knihovna, komunitní sál atd.) uzavřených v nezávislé klimatické obálce. [50].

Do vnější kůže – skleníku je zde integrován i systém stínění pomocí fotovoltaických modulů o ploše 9.300m² ve střeše a 800m² v jihozápadní fasádě. Tato jakási umělá semitransparentní „mračna“ se tak starají hned o několik funkcí (v první řadě vyrábí 1MW elektrické energie, tedy cca. 750.000kWh/a). Skleník zároveň zajišťuje přímé, aktivní vytápění, chlazení i větrání vnitřního rozsáhlého prostoru o užitné ploše 11.700m² (samotný skleník má zastavěnou plochu 13.000m²), jenž funguje jako ulice s náměstím, kde jednotlivé stavby již mohou být řešeny velmi jednoduše, v zásadě jako výstavní pavilony. Větrání je přirozené, větrací klapky i další otvory jsou automatizovány.

[50] Académie de formation Herne-Sodingen, Allemagne, *Jourda Architectes* [online]. [cit.2010-09-16]
Dostupné z: http://www.jourda-architectes.com/test/testPage.php?langue=fr§ion=archi&etat=__realisati&categorie=bat_publics&code=herne&page=1

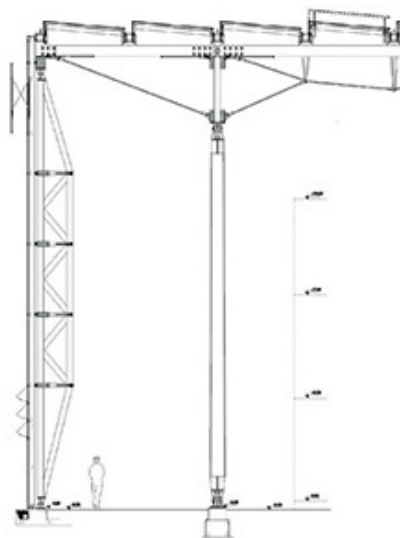
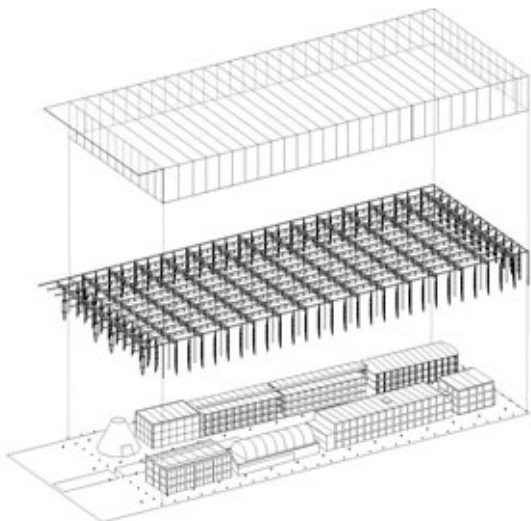
a

Academie de formation, Herne, Ruhr, Allemagne (1992-99), *Perraudin Architectes* [online]. [cit.2014-09-01]. Dostupné z: http://www.perraudinarchitectes.com/projets/herne_allemande/herne_allemande.htm



Obr. 4.42: Vlevo: Jourda-Perraudin, HHS Planer + Architekten, Akademie Mont-Cenis, Herne, 1999, foto Martin Čeněk 2011

Obr. 4.43: Vpravo: Jourda-Perraudin, HHS Planer + Architekten, Akademie Mont-Cenis, Herne, 1999, schematický řez (nahoře) a znázornění principů fungování: zimní den (uprostřed), letní den (dole) www.perraudinarchitectes.com



Obr. 4.44: Jourda-Perraudin, HHS Planer + Architekten, Akademie Mont-Cenis, Herne, 1999, axonometrie a detail „skleníku“ - www.perraudinarchitectes.com

Sluneční energie je tedy využívána jak pasivním, tak aktivním způsobem. Vnitřní mikroklima pomáhá upravovat množství rostlin a stromů v interiéru a také řada vodních prvků – obojí přispívá zejm. k ochlazování v letním období.

V letním období díky ventilaci, přísávání předchlazeného vzduchu ze stíněných venkovních prostranství s vodními plochami, vnitřnímu stínění horních partií skleníku, stínícímu fotovoltaickému potisku a využití vegetace a vody, dosahuje teplota v úrovni vnitřních dvou až třípodlažních staveb maximálně 28°–32°C.

V zimním období je skleník naopak co nejvíce uzavřený a chrání vnitřní objekty před větrem, který by je ochlazoval, využívá plně pasivní solární zisky pro ohřev vzduchu. Venkovní vegetace bez listů nestíní nízké slunce. Vnitřní objekty jsou navíc vybaveny větráním s rekuperací odpadního tepla, což dále snižuje potřebu přivádět nepřehřátý vzduch z exteriéru. Dle údajů autorů neklesne zimní teplota v prostoru skleníku pod 12°C při venkovní teplotě 5°C. Vnitřní mikroklima tak zhruba odpovídá podnebí v jihofrancouzském Nice. [51]

Stavba je pojata jako udržitelná v maximální možné míře: je řešena recyklace odpadních (šedých) vod, jsou používány ekologické materiály, zejména dřevo, a to i na nosné prvky velkého skleníku. Plyny unikající ze starých uhelných dolů nacházejících se pod areálem jsou využívány k vytápění, a to nejen této stavby, ale pro celé sídlo.

Rovněž němečtí architekti byli v tomto desetiletí aktivní a udržitelnosti a energetické efektivity se věnovali čím dál více.

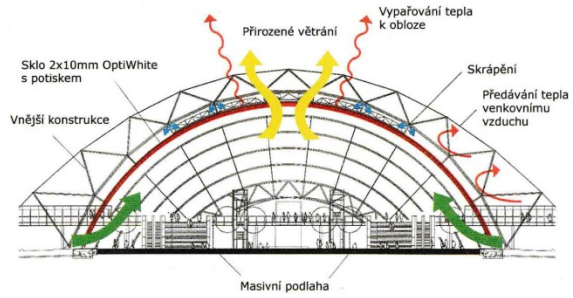
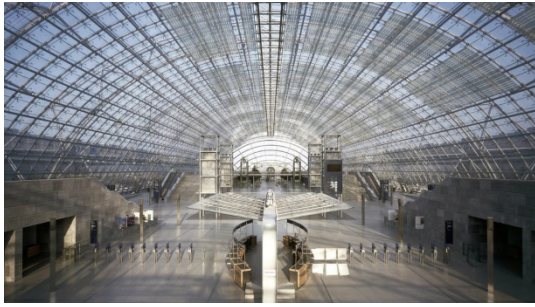
V úvodu k této části byl popisován londýnský Crystal Palace jako jakýsi prototyp prostoru pro pohyb lidí s vlastním mikroklimatem, byť se z definice vlastně nejednalo o „dům v domě“.

Podobně ani hlavní hala veletržního areálu v Lipsku (Leipzig Messe) dokončená v roce 1995 architektonickým ateliérem **GMP Architekten** (Von Gerkan, Marg und Partner) [52] není v pravém slova smyslu domem v domě, neboť využíván je přímo prostor vznikající pod vnější klimatickou obálkou, v tomto případě prosklenou klenbou zavěšenou pod mohutnými příhradovými nosníky o rozponu cca. 80m a výšce 30m. Hala je ale podstatnou realizací z pohledu přístupu k regulaci vnitřního klimatu v „meziprostoru“ (v hale jsou vestavěny jen dva podélné objekty zázemí, jinak jde především o reprezentativní a výstavní prostor „per sé“) – sklo je potíštěno bílým potiskem, je využíváno výhradně přirozené větrání (u paty a vrcholu klenby) a pokud v létě teplota přesahuje 30°C, je povrch skleněného pláště skrácen studenou vodou, jejíž množství je počítáno tak, aby se odpařila dříve, než stěže k patě klenby.

[51] (Schittich 2003, str. 142–145)

[52] New Trade Fair, Leipzig, *GMP-Architekten* [online]. [cit.2011-10-16].

Dostupné z: <http://www.gmp-architekten.com/projects.html>

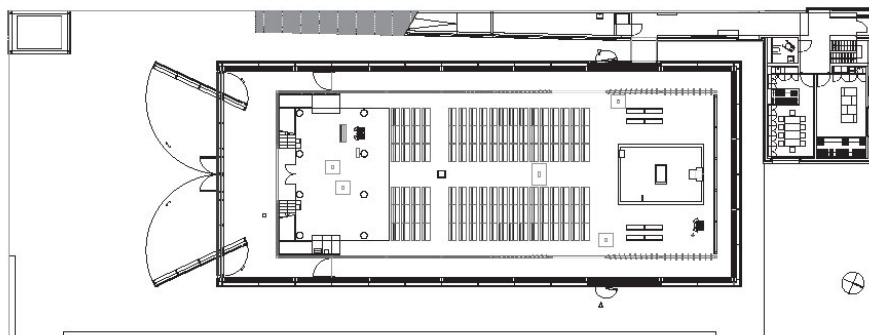
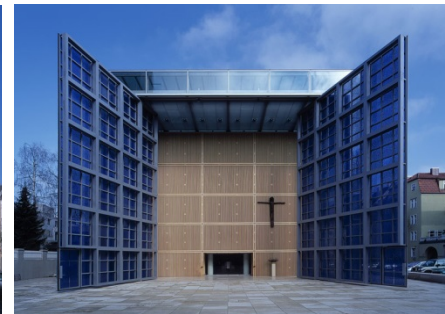


Obr. 4.45: Vlevo: GMP Architekten, Leipzig Messe, 1995 – www.gmp-architekten.com, foto: Bertram Kober

Obr. 4.46: Vpravo: GMP Architekten, Leipzig Messe, 1995, schematické znázornění principů
Zdroj: (Florián 2005), str. 123



Obr. 4.47: Bothe Richter Teherani, Doppel XX, Hamburg, 1999 – www.haditeherani.com, foto: Jörg Hempel



Obr. 4.48: Altmann Sattler Wappner, Herz Jesu Kirche, Mnichov, 2000 – www.altmannsattlerwappner.de

V létě je dále studená voda v noci napouštěna do systému podlahového vytápění a masivní podlaha pomáhá prostor předchlazovat. V zimních měsících se podlahové vytápění používá na teplotaci, pokud by vnitřní teplota klesala pod 8°C [53].

V samém závěru dekády vzniká v Německu ještě několik dalších staveb, z nichž alespoň některé je třeba zmínit. Každá pracuje s konceptem domu v domě trochu odlišně.

Administrativní budova Doppel XX v Hamburku od ateliéru **Bothe Richter Teherani** (dnes samostatná kancelář Hadi Teherani [54]) z let 1994–1999 může z dnešního pohledu působit jako poměrně standardní administrativní budova s prosklenou fasádou a jakýmsi vnitřním atriem. Stavba je ale řešena jako dům v domě, který kombinuje princip „kůže“, tedy dvojitě skleněné fasády s pouze účelovým (větrání + údržba) meziprostorem s principem domu ve skleníku.

Vzájemná orientace samotného kancelářského objektu tvořícího dvojitě písmeno X a vnějšího proskleného pláště dala vzniknout sérii „skleníků“, které přispívají k větrání i osvětlení kanceláří.

Nicméně ne vždy je energetická náročnost či ekonomika stavby tím nejpodstatnějším.

Herz Jesu Kirche v Mnichově [55] od německého ateliéru **Allmann Sattler Wappner**, který vzešel ze soutěžního návrhu z roku 1996 a dokončen byl v roce 2000, nemá žádné energetické či ekologické ambice. Vnější kůže a vnitřní objem jsou zde odděleny z čistě estetických, až spirituálních důvodů, kvůli působení světla v interiéru kostela a kontrastu mezi vnitřním prostorem určeným k bohoslužbě a okolním světem. Jedná se o velmi působivý prostor.

Nakonec ještě považuji za důležité zmínit dva nerealizované projekty českých architektů.

Jan Kaplický (1937–2005) a Amanda Levete (nar. 1955) z ateliéru **Future Systems** přišli již v roce 1990 s konceptem „Green Building“ [56], který v měřítku poměrně velké administrativní budovy řešil pomocí integrálního návrhu komplexní problematiku ekologické stavby ve spolupráci se specialisty z kanceláře Ove Arup.

[53] (Florián 2005, str. 122–123)

[54] Double-X office building, Hamburg, Germany, 1994 – 1999: Stacked garden city, *Hadid Teherani* [online]. [cit.2010–09–08]. Dostupné z: <http://www.haditeherani.com/en/works/double-x>

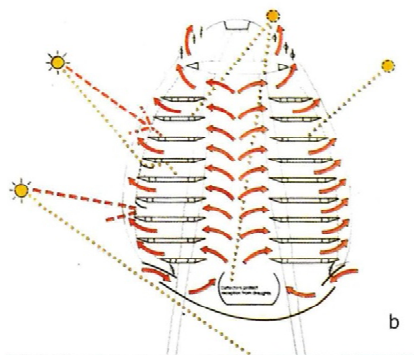
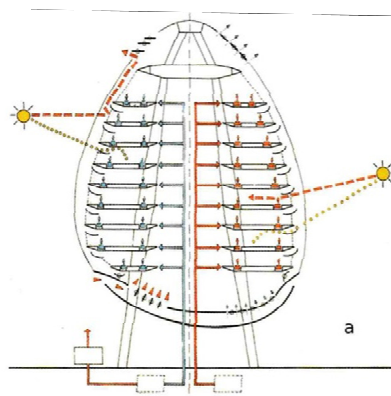
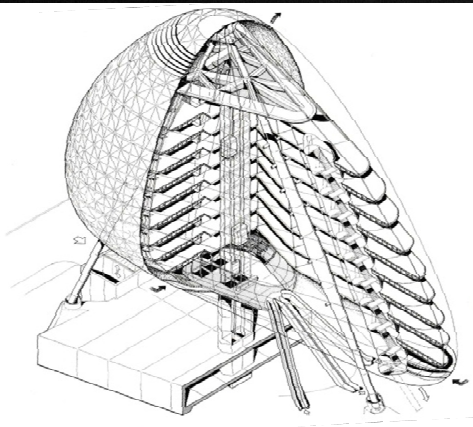
[55] Herz Jesu Church, *Allmann Sattler Wappner* [online] [cit.2010–09–10]

Dostupné z: <http://www.allmannsattlerwappner.de/en/#/en/projects/detail/60/>

[56] Tichá J., Kaplický J., Margolius I. (eds.), *Future Systems*, Praha: Zlatý řez, 2002, str. 166–167

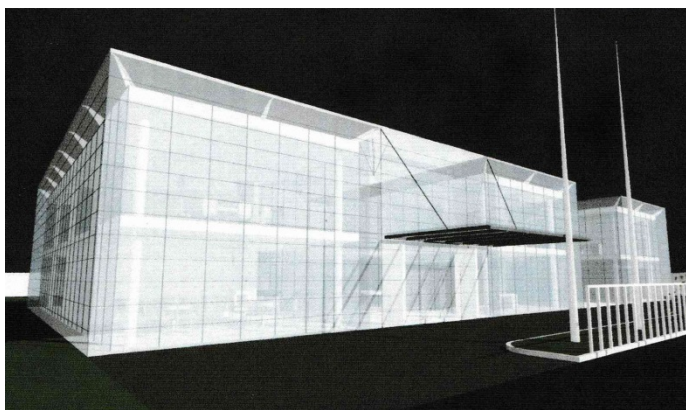
a

(Florián 2005, str. 121)



Obr. 4.49: Vlevo: Future Systems, Green Building, 1990, model a perspektiva – (Tichá a kol. 2002) str. 166-167

Obr. 4.50: Vlevo: Future Systems, Green Building, 1990, schéma – (Florián 2005) str. 121



Obr. 4.51: Miloš Florián, Petr Vágner, Zastupitelský úřad ČR, Ottawa, soutěž 1998 – (Florián 2005) str. 157

Nejedná se sice prvoplánově o „dům v domě“, nicméně samotné prostory kanceláří jsou ze všech stran obklopeny meziprostorem tvořeným vnější prosklenou „fasádou“ a vnitřním prosklením kanceláří, a to nejen již tehdy poměrně obvyklým způsobem (větraná fasáda), ale vzhledem k tvaru budovy – jakéhosi vejce – i zesponu a shora. Předpokládalo se, že budova bude fungovat zcela bez umělého větrání a klimatizace. Systém zdvojeného pláště rovněž komplexně řešil regulaci denního osvětlení kanceláří.

Druhým projektem v zásadě zcela „archetypálním“ domem ve skleníku – dle definic z úvodu kapitoly domem s druhou kůží, neboť skleník zde nenabízel žádný výraznější využitelný meziprospon – byl soutěžní návrh na Zastupitelský úřad České republiky do kanadské Ottawy od architektů **Miloše Floriána** (nar. 1958) a **Petra Vágnera** (nar. 1970) z roku 1998.

Jednalo se o dva objemy uzavřené do jednoduchých kvádrů skleníků. Ty měly být tvořeny pláštěm se skleněnými nastavitelnými lamelami předsazeným o 0,5m před pláštěm vnitřním (jak u fasád, tak nad střechou). Skleněné lamely se měly otvírat dle potřeby, buď lokálně, nebo všechny společně. Jejich natočení mělo umožňovat různé režimy, vč. optimalizace osvětlení prostor uvnitř (při zatažené obloze natočením tak, aby se světlo co nejvíce odráželo do hloubky interiéru – podobně, jako to řešil zmíněný Jan Kaplický u návrhu Green Building.

Projekt je z našeho pohledu významný ale i proto, že na něm byla provedena řada výpočtů a simulací, které komplexně posuzovaly vzájemné vztahy architektonického řešení a technologie, zejm. energetického systému stavby. Jednalo se tedy o pokus o skutečně integrální návrh v poměrně velkém měřítku a se značně neobvyklým konceptem.

Při výpočtech byly porovnávány 4 varianty, z nichž nejzajímavější jsou dvě:

1. referenční, u níž se počítalo s „běžnou“ dvouplášťovou fasádou bez otvírání a regulace a s plnou klimatizací celé budovy,
2. ta, která rozpracována do soutěžního návrhu, tedy budova s nastavitelnými lamelami, žaluziemi a především se začleněním vzduchu z meziprostoru do soustavy vzduchotechniky (s tou se počítalo ve všech případech) a zemním výměníkem pro předeřev větraného vzduchu.

Výpočty ukázaly, že pro podmínky Ottawy lze oproti základní variantě dosáhnout snížení potřeby energie na vytápění až o 51% a energie na chlazení až o 42%. Rovněž byla zkoumána teplota vzduchu v meziprostoru ve vztahu k režimům větrání, aby teplota ve „skleníku“ nepřesáhla 40°C. To se dařilo dle simulace již při výměně objemu vzduchu 50x za hodinu, při vyšší výměně potřeba energie na chlazení dále klesala. [57]

[57] (Florián 2005, str. 157–167)

Nové tisíciletí a současnost:

Začátek 21. století přinesl celospolečenské uvědomění si problematiky životního prostředí a našeho vlivu na něj. Udržitelný rozvoj je kodifikován v legislativě řady zemí a na stavby jsou prostřednictvím předpisů kladeny nároky směřující především ke snížení spotřeby energie a snížení produkce CO₂.

Nové tisíciletí představuje v oblasti udržitelné architektury již dobu, kdy mnozí architekti udržitelný anebo alespoň energeticky úsporný aspekt svých staveb považují v podstatě za samozřejmou součást návrhu a zdůrazňují, že aby architektura byla udržitelná, musí být především kvalitní. Musí také respektovat svůj kontext, podmínky, pro něž je navrhována. To nicméně neznamená, že by současní tvůrci přestali experimentovat s formou, materiály a technickým řešením, či že by skutečně integrální navrhování, které je pro dobrou (udržitelnou) architekturu nezbytné, bylo již naprostou samozřejmostí. Udržitelné, ekologické, energeticky úsporné stavby se v každém případě stávají stále více standardem a mají širokou škálu podob a forem, jak bylo popsáno v úvodních kapitolách.

V předcházejících odstavcích již bylo zmíněno několik architektonických ateliérů, které i v novém tisíciletí dále pokračují v experimentování s ojedinělou formou udržitelné architektury – domem v domě, anebo v současnosti přišly se svými prvními projekty přímo odkazujícími na své předchůdce ze 70. a 80. let.

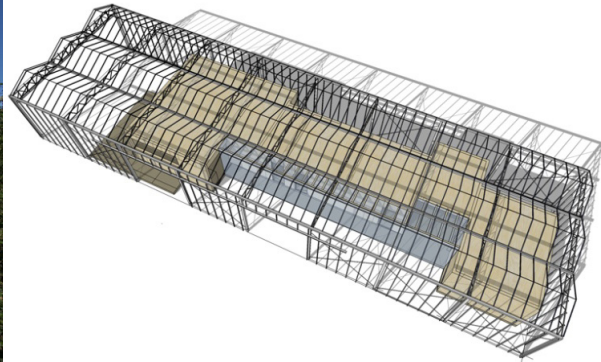
Zatímco v uplynulých dekádách byl koncept domu v domě reálně aplikován především u rodinných domů a první zásadnější skutečně velkou stavbou, u níž byl integrální návrh dotážen až do plně fungující realizace, byla Akademie v Herne ze samého konce 90. let, s novým tisíciletím přibývají příklady užití konceptu – v různém stupni propracovanosti – ve všech měřítcích a typologiích. Je to logický důsledek toho, jak se udržitelné stavění rozšířilo od prvních experimentů (ostatně i první kodifikace, např. Passivhaus Standard či DGNB, se týkala výhradně rodinných domů) na prakticky veškeré stavby. Stejně tak se výrazně rozšiřují možnosti technologií a materiálů. Zdvojené fasády a nejrůznější typy pláštěů se staly běžnou součástí větších staveb i rekonstrukcí staveb starších (výměna pláště, aplikace předsazené skleněné fasády apod. jsou v současnosti často používané přístupy zejm. k rekonstrukci staveb z období modernismu, resp. mezinárodního stylu, tedy poválečné „globální“ architektury, jež svým pojetím vyvolávala zcela neadekvátní nároky na energie).

Z důvodů velkého počtu příkladů staveb ze současnosti (byť se jedná jen o nepatrný zlomek kvalitní architektury vzniklé v posledních 15 letech) je zde pro větší přehlednost rozdělíme podle typologie, resp. měřítka. Paralelně budeme sledovat, pro jaké podmínky byly navrhovány, jaká opatření jsou u nich použita a o jaký typ „domu v domě“ se jedná.

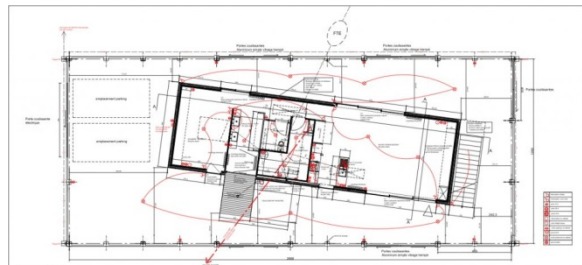
Nejde v žádném případě o výčet zcela vyčerpávající, staveb, které by bylo možno charakterizovat (alespoň částečně) jako domy v domě, vzniká celá řada. Uvedeme tedy ty, které jsou svým pojetím zajímavé, reprezentují různé přístupy, či které ukazují, v jakých

různých klimatických a/nebo urbanistických podmínkách lze s konceptem domu v domě pracovat.

Menší stavby pro bydlení jsou tím hlavním, co nás v této práci zajímá, jsou nejrozšířenějším stavebním typem. I z toho důvodu uvádíme rozsáhlejší výběr příkladů těchto staveb, prezentující různé přístupy. Převažuje řešení „domu ve skleníku“, nejvíce příkladů je ze severovýchodních zemí a z Francie, můžeme ale sledovat odlišný způsob řešení, který se odráží ve finálním výrazu staveb. Velmi zajímavé jsou příklady, kdy je princip domu v domě aplikován v městském prostředí a nemůže se chovat jako solitér, z dálky připomínající v zásadě jen zemědělskou stavbu v krajině.



Obr. 4.52: IP Architectes, Maison-serre DLB - www.ip-architectes.fr



Obr. 4.53: IP Architectes, Maison-serre CR - www.ip-architectes.fr

4.3 Příklady současných realizací a projektů

Stavby pro bydlení, rodinné a bytové domy

IP architectes, Frank Gerno, Marc Jaeger, Nantes

1. Maison-serre DLB („dům-skleník DLB“), Saint Mars de Coutais, západní Francie, 2008 / skleník 310m², užitná plocha uvnitř 140m², 170m² meziprostor
2. Maison-serre CR, Niort, západní Francie / skleník 370m², vnitřní užitná plocha 95m², 275m² přechodových ploch, střešní terasa 100m²

V obou případech francouzští architekti IP architectes realizovali jednoduché a maximálně ekonomické rodinné domy, domy ve skleníku. Oba domy jsou v západní Francii, nedaleko Atlantiku, poblíž Nantes, resp. La Rochelle.

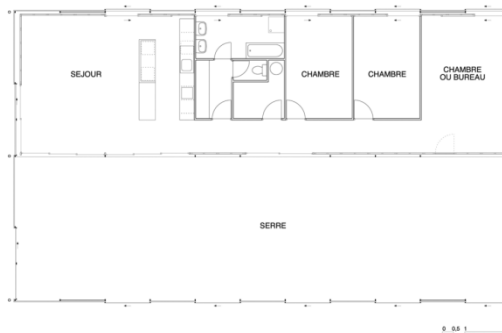
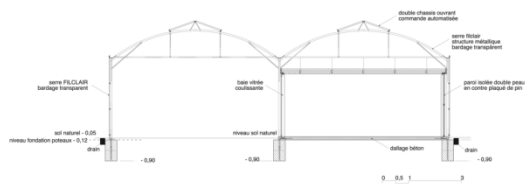
Jako vnější obal jsou u obou použity typizované trojlodní zahradnické skleníky „Venlo“ s čirým zasklením jednoduchým sklem a automatizovanou regulací ventilace (pomocí otvírání klapek). U obou domů jde primárně o pasivní využití sluneční energie, nejsou zde žádné aktivní prvky. Vytápěná je výhradně vnitřní stavba, která je řešena jako jednoduchá dřevostavba. Stínění zajišťují vnitřní systémové závěsy a plachty z pokovené textilie. Oba domy jsou si velmi podobné, liší se především poměrem velikosti vytápěných a přechodových ploch a výškou použitých skleníků. U domu CR v Niortu je vlastní vytápěný objem menší, skleník vyšší. Přechodový meziprostor je tedy větší, dům má rovněž střešní terasu na celé své ploše, která je využívána jako další „místnost“.

Sami autoři k problematice vzletně uvádějí:

„Automatizovaný zahradnický skleník přes den dodává mírné klima, je obzvláště účinný v zimním slunci. Objem je velký, výška může pojmout další menší objemy (...), celý prostor mezi obálkou skleníku a těmito objemy je potenciální obydli. Sklep a půda umístěné ve vnitřní zahradě. Zahradnický skleník je stavba s malou spotřebou energie, netěsná a s tepelnými mosty. Nabízí krajinu, roční období, světlo, živly.“ [58]

[58] Architecture des saisons: Constructions bioclimatiques? Architecture écologique?, IP Architectes [online]. [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: http://www.ip-architectes.fr/?page_id=855

„Une serre horticole automatisée procure en journée un climat tempéré, elle est particulièrement efficace par soleil d'hiver. Le volume est grand, haut, et peut accueillir des sous-volumes (...), tout l'espace entre l'enveloppe de la serre et ces sous-volumes sont des espaces d'habitation potentiels. Cave et grenier disposés dans un jardin intérieur. La serre horticole est un bâtiment consommant peu d'énergie, garantie sans étanchéité à l'air et avec ponts thermiques. La serre offre un paysage, des saisons, de la lumière, des éléments.“



Obr. 4.54: Lacaton & Vassal, Maison Coutras – www.lacatonvassal.com, foto: Philippe Ruault



Obr. 4.55: Lacaton & Vassal, Cité Manifeste – www.lacatonvassal.com, foto: Philippe Ruault

Lacaton & Vassal, Anne Lacaton, Jean-Philippe Vassal, Paříž (viz předchozí oddíl)

Kancelář Lacaton & Vassal a její průkopnická práce byla již představena v předešlé části. Architekti však s konceptem domů ve skleníku nepřestali experimentovat ani ve své současné tvorbě.

1. Maison Coutras (dům Coutras), Coutras, Francie, 2000 / 290m²

Jedná se o realizaci rodinného domu na jihozápadě Francie nedaleko od Bordeaux využívající dva spojené klenuté zahradnické skleníky, každý s plochou 150m², které mají vnější plášť z polykarbonátu. 50% obvodových stěn skleníku lze plně otevřít, pomocí posuvných výplní, z nichž některé jsou neprůhledné, aby poskytovaly více soukromí vnitřní stavbě. Ta prakticky vyplňuje jeden ze skleníků, mezi pláštěmi je ponechána jen úzká provětrávaná mezera. Druhý připojený skleník je pak volným rozšířením obytného prostoru. Skleníky jsou vybaveny inteligentním řízením vnitřního klimatu, které především řeší přirozené větrání pomocí otvírání klapek ve vrcholu klenby v závislosti na vnitřní teplotě. Při dešti či větru jsou automaticky uzavírány. Podobně jako u jiných domů ve skleníku, je použito vnitřní stínění pomocí plachet z pokovené textilie (odrazivé směrem ven), která je umístěna zhruba v polovině výšky skleníku (těsně nad rovinou stropu vnitřního objemu). Vnitřní objem je stavebně extrémně jednoduchý a subtilní, jedná se o lehkou konstrukci z obou stran opláštěnou překližkou.

Architekti uvádějí, že „volba skleníků umožnila výstavbu většího prostoru za nízkou cenu s možností řady využití a přizpůsobení prostoru a nabídla více vjemů“ [59]

2. Cité Manifeste, Mulhouse, Francie, 2005 / 2.262m², 14 bytových jednotek

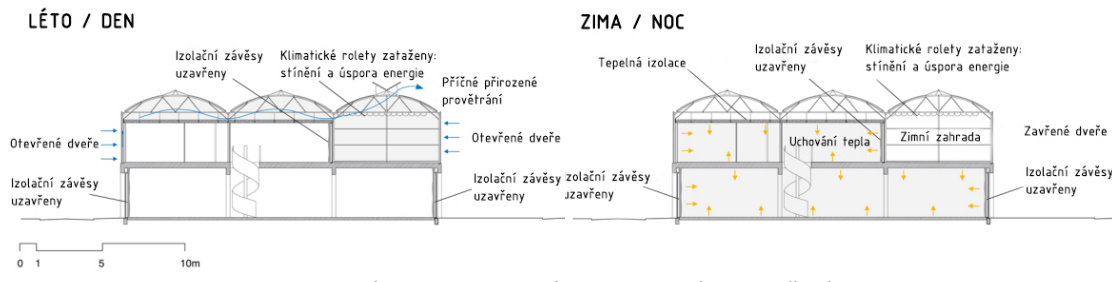
Novostavba sociálního bydlení v Mulhouse (východ Francie, poblíž hranic s Německem a Švýcarskem) obsahuje 14 mezonetových nájemních bytových jednotek. Stavba je součástí většího komplexu sociálního bydlení – mezi dalšími architekty byli Jean Nouvel, Poitevin & Raybaud, Lewis+Block a Shigeru Ban & De Gastines. Jak jsme již uváděli, ve Francii je kladen velký důraz na výstavbu nájemního sociálního bydlení i velmi ekonomických staveb rodinných domů.

Bytový dům v Mulhouse je řešen jako dvoupodlažní, na platformě tvořené železobetonovým skeletem přízemí je postavena trojice zahradnických skleníků, obdobných jako u realizace domu v Coutras – pozinkovaná ocelová nosná konstrukce a polykarbonátové opláštění. Část z takto definovaného objemu je zevnitř izolována, část je ponechána otevřená.

[59] Maison Coutras. *Lacaton & Vassal*. [online]. [cit. 2011-10-12].

Dostupné z: <http://lacatonvassal.com/index.php?idp=16>

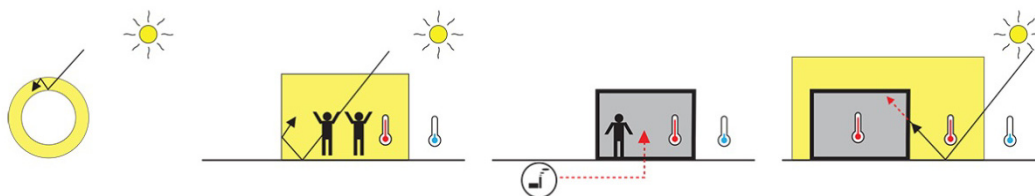
„le choix des serres a permis de construire de plus grands espaces à un faible coût, tout en offrant de nombreuses possibilités d'utilisation et d'adaptation, des ambiances et des sensations multiples.“



Obr. 4.56: Lacaton & Vassal, Cité Manifeste, schéma klimatických opatření - www.lacatonvassal.com



Obr. 4.57: Lacaton & Vassal, Trignac - www.lacatonvassal.com, foto: Philippe Ruault



Obr. 4.58: Unit Arkitektur AB, Glass House Träslövsläge,, fotografie a koncepční schéma - www.unitark.se, foto: Krister Engström a Unit Arkitektur.

Horizontální stínění je řešeno uvnitř skleníků pomocí stahovacích rolet z lehké tkaniny s hliníkovými reflexními pásky, které ve dne stíní a v noci dokáží teplo zadržet v interiéru, vertikální stínění pak pomocí izolačních (a zatemňujících) závěsů, které mají vnější stranu pokovenou, vnitřní textilní a všitu mají tenkou vlněnou izolaci. Skleníky mají automaticky řízené přirozené větrání, prostor je provětráván příčně v úrovni kleneb skleníků a jejich vrcholovými klapkami je horký vzduch odváděn ven.

Ekonomičnost výstavby umožnila architektům nabídnout větší nájemní byty, než jaké jsou definované francouzskými normami.

Nejedná se doslova o „dům ve skleníku“, skleník nevytváří celistvou obálku kolem celé stavby, ale pouze v její horní partii. Nicméně principy skleníkového mikroklimatu jsou plně využívány.

3. Sociální bydlení, Trignac, Francie, 2010 / 2.852m², 23 bytových jednotek

Prakticky stejný koncept jako v Mulhouse architekti aplikovali o 5 let později u stavby sociálního bydlení v Trignacu. Jedná se o dva dvoupodlažní objekty, kde horní podlaží je opět tvořeno trojicí klenutých skleníků.

Unit Arkitektur AB, Mikael Frej a Klas Moberg, Göteborg, Švédsko

„Glass House“, Träslövsläge, Švédsko, 2007 (interiéry 2011) / zastavěná plocha: 250m² skleník, 70m² vnitřní objekt, užitná 150m² a 63m²

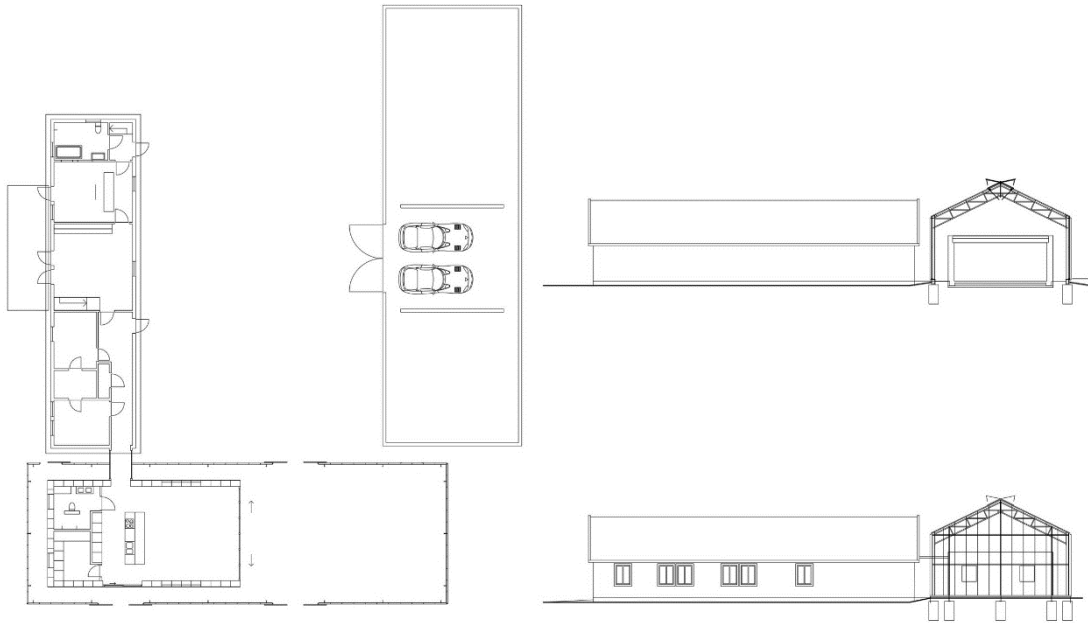
Dům ve skleníku od švédského studia Unit Arkitektur AB, který byl již zmíněn v souvislosti s odkazem švédského průkopníka solární architektury Bengta Warneho, je klasickou ukázkou domu ve skleníku a patří mezi nejlépe zdokumentované příklady. V souvislosti s tímto domem byla vypracována Lenou Wallin na göteborgské technické univerzitě Chalmers diplomní práce zabývající se jeho reálným chováním v porovnání se simulacemi a výpočty [60].

Dům ve skleníku je přístavbou ke stávající usedlosti, která byla souběžně rekonstruována. Podle slov architektů byla realizace domu ve skleníku velmi ekonomická a umožnila za cenu běžného domu se zastavěnou plochou cca. 100m² vybudovat plochu 250m² zastavěnou skleníkem, v níž zůstává cca. 150m² využitelného meziprostoru navíc. [61]

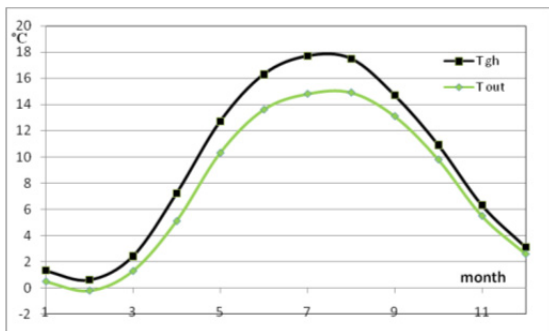
[60] Wallin L. *House Inside a Glass House–The Greenhouse Effect*, Göteborg: Chalmers University, 2010

[61] Glass House, Project info in English. *Unit Arkitektur AB*. [online]. [cit. 2014-09-02].

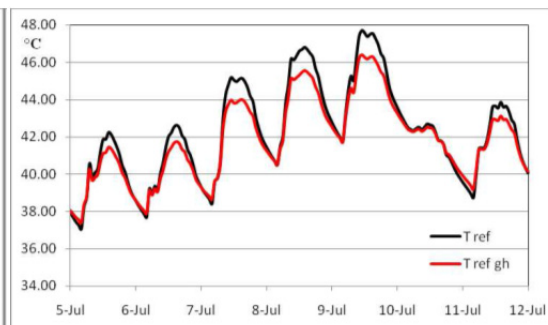
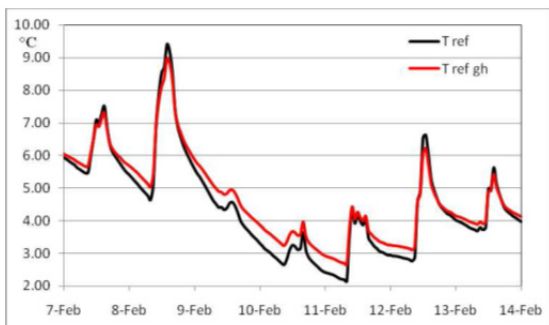
Dostupné z: <http://unitark.se/wp-content/uploads/project-info-glass-house.pdf>



Obr. 4.59: Unit Arkitektur AB, Glass House Träslövsläge, základní výkresy – www.unitark.se



Graf. 4.1: Glass House Träslövsläge: Průběh průměrných měsíčních teplot ve skleníku (T_{gh}) v porovnání s vnějším prostředím (T_{out}) – (Wallin 2010) str. 35



Grafy 4.2: Glass House Träslövsläge: Průběh teplot v interiéru domu (bez vytápění) bez skleníku (T_{ref}) a se skleníkem (T_{ref_gh}) pro nejchladnější a nejteplejší týden – (Wallin 2010), str. 62

Vnitřní objekt byl realizován z materiálů s vysokou akumulací schopností, aby, dle slov architektů, pomohl vyrovnat teplotní fluktuace charakteristické pro skleníky – stěny jsou z pórobetonových tvárnic o tl. 375mm bez další izolace, podlaha betonová se 300mm tepelné izolace, strop skládaný se systémovými lehčenými nosníky a 100mm tepelné izolace. Pokud tyto skladby porovnáme s typickými skladbami pro pasivní dům v našich podmínkách, s výjimkou podlahy se jeví jako značně úsporné.

Skleníky byly realizovány ze standardních komponentů vč. technologie, tedy automatického řízení větracích klapek v hřebeni sedlové střechy skleníku a textilního stínění s reflexním hliníkovým pokovením, poháněného motoricky, ale ovládaného manuálně.

Skleníky se vyznačují záměrným vymezením dvou odlišných klimatických zón – v úrovni přízemí a v úrovni střešní terasy, která má, dle výsledků měření, klima odpovídající téměř severu Afriky. Do pláště skleníku nejsou integrovány žádné další technologie (fotovoltaika, solární kolektory apod.). Kromě automaticky otvíraných (při dosažení nastavené maximální teploty) klapek v hřebeni je skleníky větrány ručně ovládanými posuvnými dveřmi v úrovni přízemí.

Ve vnitřním objektu je instalováno podlahové vytápění a řízené větrání s možností předchlazování/předehřívání vzduchu v zemním výměníku. Cílem je maximálně využít akumulací schopností stavby k vyrovnání výkyvů chování skleníku a také co nejvíce využívat přirozené zdroje energie – právě použitím zemního výměníku.

Stínění a větrání pomáhá – dle naměřených údajů – stabilizovat jinak poměrně velké teplotní výkyvy ve skleníku. Výpočty provedené Lenou Wallin také ukázaly, že větší skleníky umožňují stabilnější, avšak teplejší klima (objem vzduchu narůstá kubicky, plocha ohřívacích prosklených ploch kvadraticky) [62].

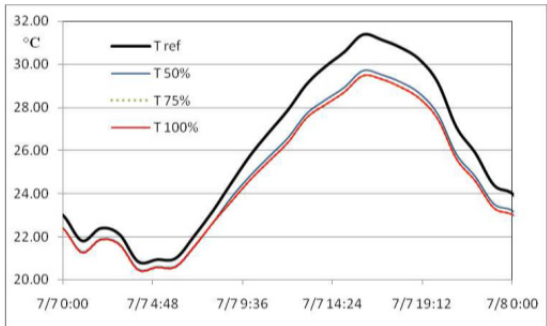
Výsledky provedených měření, výpočtů a simulací, které provedla Lena Wallin, přináší několik zajímavých poznatků ohledně fungování domu ve skleníku ve švédských podmínkách:

(i) Výsledné klima a průběh teplot

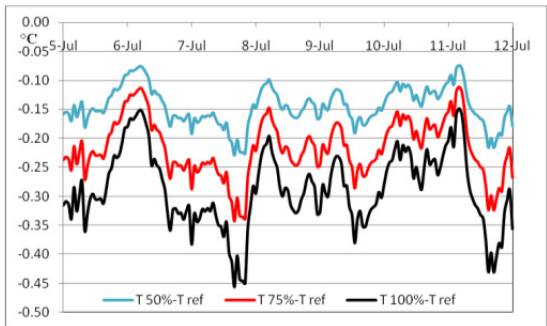
Výsledné klima ve skleníku, resp. ve vnitřním domě, v ročním průměru, s výjimkou cca. zimních 3 měsíců, v podstatě odpovídá podmínkám ve španělské Seville. Průměrné měsíční teploty ve skleníku jsou zhruba o 1–4°C, s vyšší venkovní teplotou se zvyšuje i rozdíl teplot ve skleníku oproti exteriéru (dáno větší intenzitou slunečního záření). Maximální simulovaná teplota dosahovala cca. 32°C při 27,4°C venku, reálná měření ale prokázala maximální teplotu v horních partiích skleníku přes 45°C [63]. Denní fluktuace teplot ve skleníku je v závislosti na slunečním záření velmi výrazná (i 30°C) – viz *Grafy 4.1 a 4.2*

[62] (Wallin 2010, str. 40–42)

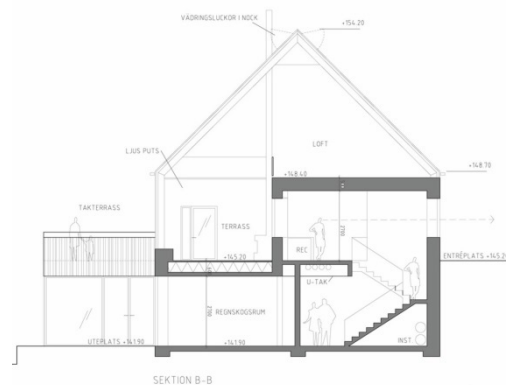
[63] (Wallin 2010, str. 34–35)



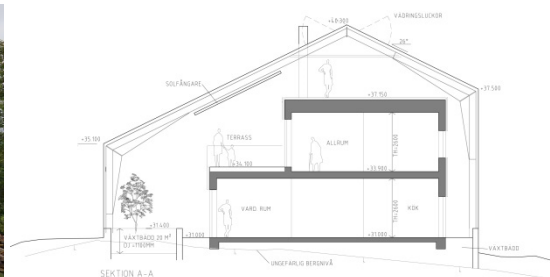
Graf 4.3: Glass House Träslövsläge: Průběh teplot ve skleníku při různých režimech větrání:
 T_{ref} = nevětraný referenční skleník
 $T 50%$ = klapky na 50%
 $T 75%$ = klapky na 75%
 $T 100%$ = klapky na 100%
 pro nejteplejší týden – (Wallin 2010), str. 47



Graf 4.4: Glass House Träslövsläge: Rozdíly v teplotách ve skleníku mezi různými variantami stínění a objektem skleníkem bez stínění (T_{ref}):
 $T 50%$ = stínění 50%
 $T 75%$ = stínění 75%
 $T 100%$ = stínění 100%
 pro nejteplejší týden – (Wallin 2010), str. 49



Obr. 4.60: Tailor Made Arkitekter, Uppgrena Naturhus, fotografie a řez – www.tailor-made.se, foto: Ulf Celander



Obr. 4.61: Tailor Made Arkitekter, Sundby Naturhus, fotografie a řez – www.tailor-made.se

Teplota v interiéru vnitřního objektu je, díky akumulaci a dalším vlivům výrazně stabilnější a především je obecně v maximech nižší a v minimech vyšší, než pokud by byl vnitřní objem realizován bez skleníku. Nižší maxima jsou dána menším množstvím slunečního záření, které na objekt dopadá (vliv stínění je zanedbán), vyšší minima menší noční radiací vůči obloze, jíž skleník zabraňuje [64]. Tento efekt probíhá v zimním i letním období, v zimním je méně výrazný.

(ii) Vliv větrání

Podobně, jako to ve svých výpočtech konstatoval autorský tým Miloše Floriána u projektu Zastupitelského úřadu ČR do Ottawy [65], od určité intenzity větrání – v případě domu Glass House v Träslövsläge procenta otevření větracích klapek – nepřináší větší intenzita větrání další snižování teploty. Dle výpočtů lze maximální teplotu ve skleníku udržet pod hodnotou 30°C. [66] – viz *Graf 4.3*.

(iii) Vliv stínění

Lena Wallin ve své práci porovnávala efekt zastínění 50, 75 a 100%, přičemž stínění mělo propustnost 83% pro přímé a 75% pro difuzní světlo. Dle vypočítaných výsledků má stínění logický dopad na teplotu, snížení je však jen malé – maximální snížení teploty při úplném zastínění z výpočtů vychází jen 0,72°C. Jak autorka konstatuje, účinnější by bylo vnější stínění skleníku [67] – viz *Graf 4.4*.

Tailor Made Arkitekter, Fredrik Olson, Göteborg, Švédsko

Další z mladých švédských ateliérů, který navazuje na odkaz Bengta Warneho. Spolupracuje se společností „Greenhouse Living“ zabývající se komerční výstavbou domů ve skleníku. Ateliér realizoval v nedávné době ve Švédsku dva domy ve skleníku, které jsou koncipovány jako rodinné domy, ale slouží také k ubytování návštěvníků a zájemců [68]:

1. Uppgrena Naturhus, ubytování a konferenční prostory, Uppgrena, Švédsko, 2015 / 520m²

Stavba je prototypem rodinného domu se skleníkem, spíše než zcela „ve skleníku“. Užívána je za účelem propagace konceptu k ubytování a pořádání konferencí. Cílem konceptu Naturhus („Přírodní dům“) je maximální soběstačnost stavby a jejích uživatelů, skleník má sloužit k pěstování vlastních plodin.

[64] (Wallin 2010, str. 62)

[65] (Florián 2005, str. 167)

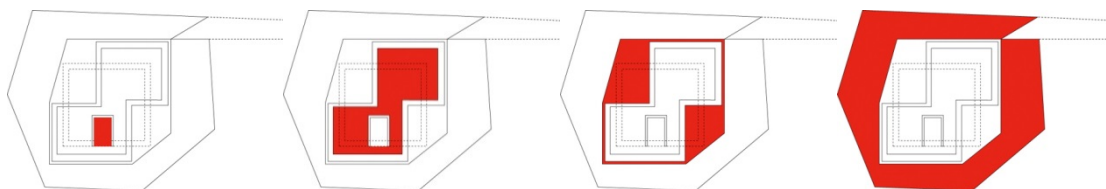
[66] (Wallin 2010, str. 46–48)

[67] (Wallin 2010, str. 48–49)

[68] *Tailor Made Arkitekter*. [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.tailor-made.se/>



Obr. 4.62: FAR frohn&rojas, Wall House, fotografie a řezy – www.f-a-r.net, foto: Cristobal Palma



Obr. 4.63: FAR frohn&rojas, Wall House, schema vrstev domu – www.f-a-r.net

2. Sundby Naturhus, ubytování pro rodiny s dětmi, Vallentuna, Švédsko, 2016

Vnitřní stavba je řešena jako roubená, dvoupodlažní, s několika terasami a balkonem pronikajícím skrz obálkou tvořenou skleníkem. Dokončení je předpokládáno v roce 2016. Pro tuto stavbu byla na univerzitě v Lundu vypracována studie, jejíž výsledky dokládají, že „celková roční potřeba tepla pro Sundby Naturhus se sníží o 32,9%, když je vnitřní dům uzavřen do skleníku. (...) Parametrická studie ukazuje, že větrání je extrémně důležité pro kontrolu klimatu v domě i ve skleníku.“ [69]

FAR frohn&rojas, Marc Frohn, Mario Rojas, Berlín, Německo, Santiago de Chile

Wall House, Las Condes, Santiago, Chile, 2004–2007

Inovativní a nezvyklý dům odměněný řadou mezinárodních cen, který koncept „domu v domě“ rozvíjí o stupeň dále. Stavbu tvoří celkem 4 vrstvy, mezi nimiž se odehrávají různé aktivity obyvatel domu. Každá tato vrstva má osobité vlastnosti materiálové, konstrukční, energetické a určuje hierarchii prostor domu a umožnila pracovat s omezeným rozpočtem.

Centrální zóna, která je definována nosným betonovým jádrem, obsahuje technologicky náročné (mokrě) provozy domu – koupelny. Její pojetí jako poměrně uzavřené „jeskyně“ poskytuje soukromí. Vnitřní jádro je pak obklopeno systémem dřevěných stěn a nosných „polic“, které slouží jako ukládací prostory domu a vymezují v přízemí kuchyni, obytný prostor a pokoj pro hosty v přízemí, pracovny v patře. Další vrstvou je pak mléčná „skořápka“ z tepelně izolačního polykarbonátu, který filtruje světlo dopadající do interiéru. Skrz tuto skořápku je proraženo několik velkých okenních otvorů.

Vnější plášť celé stavby je vytvořen textilní membránou, používanou obvykle ke stínění skleníků, doplněnou o moskytiéru. Textilie odráží 50–75% sluneční energie dopadající na stavbu a chrání obyvatele před komáry, kteří jsou v místě stavby hojní [70]. Stavba tak na venek působí jako lehký a trochu neforemný stan nabízející ve skutečnosti tři různé úrovně transparentnosti, kontakt s přírodou, prouděním vzduchu. Hliníkové prošívané vnější ochranné textilie dodává stavbě strukturu a vzezření – při určitém světle – klenotu.

Veškeré chlazení a vytápění domu se odehrává v betonovém jádře, které je aktivované a systém je napojen na tepelné čerpadlo. Betonové jádro funguje jako akumulární hmota. Mezi vnějšími dvěma pláštěmi, tedy polykarbonátem a textilní membránou je po celém odvodu ponechána mezera, kterou může proudit vzduch; nejmenší vzdálenost plášťů je 45cm.

[69] Persson O., Wennerstål P., *Energimodellering av naturhus – en studie av Sundby naturhus, Lund: LTH School of Engineering, Lund University, 2015*

„...the total heat demand in a year for Sundby naturhus is decreased by 32.9 % when the core house is enclosed by a greenhouse. (...) The parameter study shows that ventilation is extremely important to control the climate in both core and greenhouse.“

[70] FAR. [online]. [cit. 2016-08-29]. Dostupné z: <http://www.f-a-r.net/>



Obr. 4.64: Hiroshi Iguchi, Camouflage House – inhabitat.com, foto: Alessio Guarino



Obr. 4.65: Hiroshi Iguchi, Millenium City – www.dwell.com, foto: Alessio Guarino

Hiroshi Iguchi & Fifth World Architects, Tokyo, Japonsko [71]

Hiroshi Iguchi a jeho ateliér Fifth World Architects se věnují udržitelným stavbám – po stránce, ekologické, ekonomické i sociální. Mezi jejich projekty patří až téměř utopické projekty komunit žijících nezávisle z vlastních zdrojů. Využívání skleníků a japonský výrazový a materiálový (a pravděpodobně i životní) minimalismus je společným znakem projektů.

1. Camouflage House 3, Nagano, Japonsko, 2008

Hlavním cílem rodinného domu nazvaného „Camouflage House“, tedy maskovaný dům, je splynout s přírodou [72]. Skleník tvoří nejen obálku vlastního domu, ale i vnitřní zahradu domu a současně je přímo prostoupen okolní zelení. Projekt vizuálně velmi připomíná rodinný dům v Regensburgu od Thomase Herzoga z roku 1977 (viz *Obr. 4.30*).

Vnitřní hmota používá tradiční japonské materiály – dřevo a papír, skleník je tvořen ocelovou konstrukcí.

2. Millennium City, Chiba, Japonsko, 2008

Millennium City představuje utopický experiment soběstačné ekologické komunity v prostředí zemědělské oblasti Chiba v tokijském zálivu, asi 2h cesty od Tokia. Vesničku tvoří 4 velké skleníky, v nichž je vestavěno několik jednoduchých dřevěných kvádrů, které mají v přízemí otevřenou platformu, jejíž využití se může měnit podle potřeb komunity, a v patře jsou uzavřené a poskytují soukromí. Tyto jednoduché boxy mají pouze zcela minimální kontakt se zemí. Komunitní kuchyně je v jednom ze skleníků a sociální zázemí je umístěno v samostatném pavilonu. Ohřev vody je zajišťován pomocí jednoduchých kolektorů, elektřina, která slouží i k vytápění, je generována fotovoltaickými panely. Vnitřní teplota ve sklenících je regulována větráním a pomocí venkovního stínění, které obstarávají vysázené stromy. [73]

Cílem je sociální soužití celé komunity a podpora společných aktivit při minimálním zásahu do krajiny a zcela zanedbatelné potřebě zdrojů. Skleníky využité pro projekt jsou, podobně jako u řady dalších zde citovaných staveb, běžné zemědělské skleníky dodané výrobcem. Vnitřní dřevěné stavby realizovala komunita svépomocí. Iguchiho snahou byl tradiční „low-tech“ přístup. Říká: „naši předkové žili ve velmi k životnímu prostředí šetrné životy“. [74]

[71] *Hiroshi Iguchi & Fifth World Architects*. [online]. [cit. 2010-09-16]. Dostup. z: <http://www.fifthworld-inc.com/>

[72] Chen O., *Camouflage House: A Greenhouse Residence*. *Inhabitat* [online]. 2009. [cit. 2011-10-10].

Dostupné z: <http://inhabitat.com/camouflage-house-a-greenhouse-residence/>

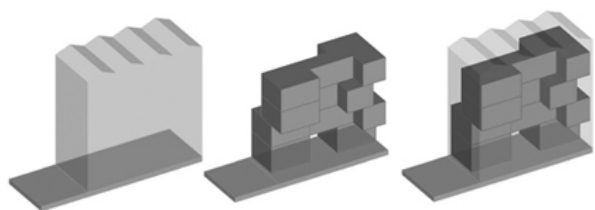
[73] Bijlsma F. *Low-Tech Utopia*, *Dwell*, [online]. 2009. [cit. 2016-08-21]

Dostupné z: <https://www.dwell.com/article/low-tech-utopia-1905d445>

[74] Iguchi H. in: Bijlsma F. *Low-Tech Utopia*, *Dwell*, 2009 [online]. [cit. 2016-08-21].

Dostupné z: <https://www.dwell.com/article/low-tech-utopia-1905d445>

“Our ancestors actually lived a very environmentally friendly life.”



Obr. 4.66: CC-Studio a Dill Architekten, KasCo Amsterdam – www.cc-studio.nl a www.thomasdill.nl



Obr. 4.67: Divooe Zein Architects, Siu siu, laboratoř základních smyslů – www.divooe.com.tw

CC-Studio, Danny van Kessel, Gerald Lindner, Peter Heideman, Amsterdam, Nizozemsko [75]

Holandský ateliér CC-Studio pracuje aktuálně (2016) na realizaci a přípravě realizace dvou projektů domů ve skleníku („kashuis“).

1. KasHuis KasCo Amsterdam, 2016 / 218m². Ve spolupráci s ateliérem Dill Architekten (Thomas Dill) [76]
2. KasCo Utrecht, plánovaná realizace 2016–2017

Dům ve skleníku KasCo Amsterdam představuje koncovou sekci poměrně typického amsterdamského bloku městských domů. Jedná se o pětipodlažní stavbu s vnitřním objemem realizovaným ze zateplených CLT panelů a obestavěným jednoduchým skleníkem, který by dle slov architektů měl zajišťovat teplotu v meziprostoru nad 18°C 9 měsíců v roce a který představuje vodotěsnou a větru odolnou ochrannou obálku. Dle jejich studií by dům bez skleníku měl o 56% vyšší potřebu energie. [77]

Realizovaný dům v Amsterdamu, kromě toho, že bude sloužit jako bydlení pro své autory, je současně i prototypem pro další výstavbu, která by už měla představovat soubor staveb – domů „KasCo“, a to nejprve v Utrechtu, kde již je realizace v přípravě (08/2016).

Divooe Zein Architects, Divooe Zein, Taipei, Taiwan

Siu Siu – laboratoř základních smyslů, Taipei, Taiwan, 2014 / zastavěná plocha 270m²

Laboratoř základních smyslů [78] je jednoduchý dům, jehož podstatná část vznikla úpravou původního dřevěného objektu. Ten byl překryt 8m vysokou konstrukcí tvořenou klenbou z tmavé síťoviny, která je tradičně v subtropických podmínkách Taiwanu používána jako zemědělský „skleník“ chránící rostliny a vytvářející příhodnější mikroklima pro jejich pěstování. Stavba slouží jako výstavní prostor a k pořádání workshopů, ale také jako studio a bydlení.

[75] *CC-Studio architecture & engineering*. [online]. [cit. 2016-08-20].

Dostupné z: <http://www.cc-studio.nl/>

[76] *Dill Architekten*. [online]. [cit. 2016-08-20].

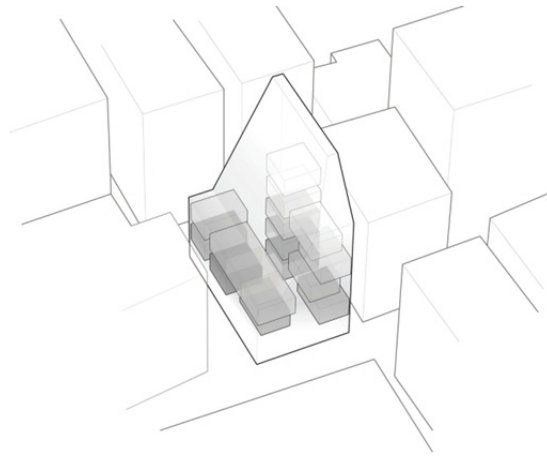
Dostupné z: <http://www.thomasdill.nl/index.php>

[77] KasCo® Amsterdam North. *CC-Studio* [online]. [cit. 2016-08-20].

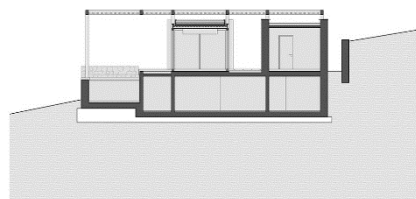
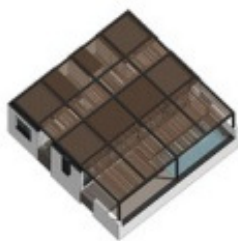
Dostupné z: <http://www.cc-studio.nl/?project=kasco-adam>

[78] Siu siu – Lab of Primitive Senses. *Divooe Zein Architects*. [online]. [cit. 2016-08-30].

Dostupné z: <http://www.divooe.com.tw/architecture13.html>



Obr. 4.68: SsD Architecture + urbanism, Songpa Micro-Housing - www.ssdarchitecture.com



Obr. 4.69: Cirakoglu Architects, Gumus Su Villas - www.archdaily.com, foto: Cemal Emden

SsD Architecture + urbanism, Jinhee Park, New York, USA a Seoul, Korea

Songpa Micro-Housing, Soul, Jižní Korea, 2014

Realizace bytového domu s miniaturními byty a společnými komunitními prostory (zejm. přízemí a suterén, kde je společná kavárna-galerie-minidivadlo, ale také meziprostor mezi jednotlivými obytnými buňkami a mezi buňkami a pláštěm-kůží stavby) získala řadu architektonických ocenění.

Stavba se vypořádává s náročným urbanistickým kontextem husté zástavby. Funguje jako systém obytných buněk-boxů zavěšených na komunikačním jádru a sjednocených do jakéhosi lapidárního výsledného výrazu pláštěm tvořeným svislými tvarovanými kovovými lamelami, které poskytují stínění i soukromí, stavbu chrání i slouží jako zábradlí pro ochozy, balkony a terasy, které vznikají v meziprostorech. Obytné boxy je možné případně konvertovat na galerie nebo propojit do větších obytných jednotek. [79]

Kůže nemá zásadnější ekologický či energetický důvod. Stavba je ale zajímavá svým pojetím a zasazením do městského prostředí. Ukazuje zajímavou možnost, jak by mohly domy v domě fungovat v klasické městské zástavbě.

Cirakoglu Architects, Alisan Cirakoglu, Ilgin Avcı, Istanbul, Turecko

Gumus Su Villas – soubor 5 rodinných vil, Gümüşlük, Turecko, 2014 / užitná plocha 389m²/dům, zastavěná plocha 1250m² celkem

Působivý koncept vil ve stráni s výhledem na moře. Půdorys každé z vil je vepsán do čtverce se spodním podlažím tvořeným masivní kamennou podstavou. Horní podlaží každé vily je pak řešeno tak, že každá místnost je samostatným nezávislým blokem, mezi nimiž je otevřený přirozeně provětrávaný prostor. Celý půdorys včetně bloků místností, je pak překryt druhou kůží – celoplošnou pergolou, která zajišťuje stínění. Pergola má ocelovou konstrukci a lehkou bambusovou výplň. Jedná se o dům s druhou stínící kůží, byť boky chráněné nejsou. Jinou funkci než bránit přehřívání tato „druhá střecha“ nemá. [80]

[79] Songpa Micro-Housing. *SsD architecture + urbanism*. [online]. [cit. 2014-09-23].

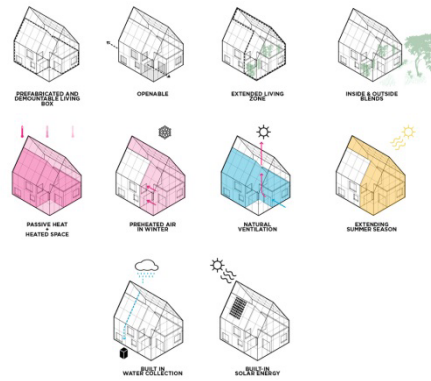
Dostupné z: <http://www.ssdarchitecture.com/works/residential/songpa-micro-housing/>

[80] Cirakoglu Architects. Gumus Su Villas. *ArchDaily* [online]. 2014. [cit. 2014-09-23].

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/488291/gumus-su-villas-cirakoglu-architects/>



HOUSING FEATURES



Obr. 4.70: EFFEKT, ReGen Village - www.efeekt.dk

EFFEKT Arkitekter, Tue Hesselberg Foged a Sinus Lyngge, Kodaň, Dánsko

Koncept ReGen Village, Almere, Nizozemsko, představeno na Bienále architektury v Benátkách 2016, plánovaná realizace od 2016 / 15.500m² celkem

ReGen Village je vizionářský koncept představující model plně soběstačné vesnice, a to jak po stránce energetické, tak co se produkce potravin týče. Koncept byl představen na Bienále architektury v Benátkách v roce 2016 s tím, že první výstavba 100 domů o celkové ploše cca. 15.500m² by měla být zahájena již v roce 2016.

Projekt je založen na spojení bydlení a zemědělství, obojí s maximálním ohledem na energii, ekologii, minimalizaci emisí CO₂ a produkce odpadů. Dosáhnout toho autoři z ateliéru EFFEKT chtějí použitím modelu domů ve skleníku, resp. použitím jakési archetypální vesnické formy, ale tvořené skleníky, do nichž jsou pak vloženy různé funkce: bydlení, zemědělská výroba, aquaponická farma, produkce energie, komunitní/společenské prostory atd. Celá vesnice pak má tvořit provázaný cyklický soběstačný systém – ostatně, urbanismus vesnice je vepsán do kružnice, v jejímž středu jsou společné funkce.

Z hlediska této práce je velmi zajímavá právě uvažovaná aplikace skleníků jako jednotícího architektonického principu, který má současně fungovat jako energetická obálka (pasivní i jako nosič aktivních prvků) a rozšíření obytného prostoru. Celkem architekti navrhují 8 typologií bydlení a 4 typologie zemědělské produkce (3 z nich ve sklenících). [8]

Bude jistě zajímavé sledovat vývoj tohoto projektu a míru, do jaké bude původní architektonický a urbanistický záměr realizovatelný v reálných podmínkách.

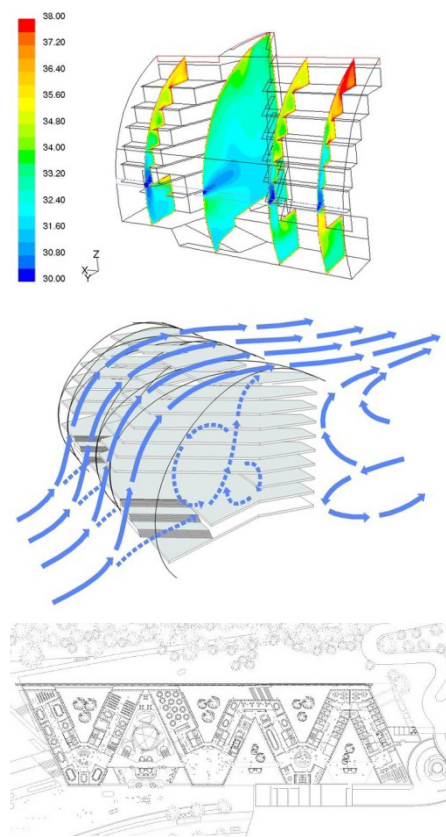
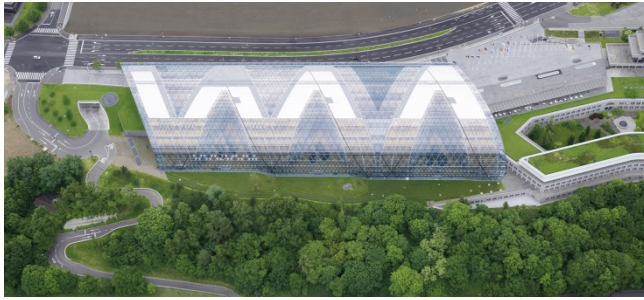
Administrativa

Administrativní budovy obecně jsou v současnosti řešeny velmi často pomocí různých typů dvojitých fasád, obvykle jsou aplikovány dvojitě transparentní fasády, ať už jde o fasády energetické (pouze nárazový prostor), klimatické (využívání mikroklimatu meziprostoru k větrání vnitřních prostor stavby) či různých dalších modifikací, dělené po patrech či průběžné na celou výšku stavby, otevřené či uzavřené. Prostory mezi pláštěmi mohou někdy být využitelné nebo alespoň průchozí pro údržbu, někdy jsou však jen minimální umožňující proudění vzduchu.

Existuje ale i několik příkladů poměrně klasických komerčních administrativních staveb (viz např. budova Doppel XX, *Obr. 4.4.7*), kde „obal“ budovy je řešen důsledněji a daleko více v souladu s konceptem „domu v domě“.

[8] ReGen Villages. *EFFEKT*. [online]. [cit. 2016-08-12].

Dostupné z: <http://www.efeekt.dk/work/#/regenvillages/>



Obr. 4.71: Ingenhoven Architects, EIB, fotografie, půdorys a schémata průběhu maximálních teplot v létě a proudění vzduchu (čárkovaně provětrání atríí) – Foto: www.ingenhovenarchitects.com, Výkresy: www.detail-online.com

Ingehoven Architects, Christoph Ingenhoven, Düsseldorf, Německo

Evropská investiční banka (European Investment Bank), Lucemburk, 2003–2008 / 70.000m²
BREEAM excellent

Jedním z příkladů velké administrativní budovy z první dekády nového tisíciletí, která využívá spíše než jen dvojitou fasádu důslednější koncept blížící se k řešení „domu v domě“, je budova Evropské investiční banky v Lucemburku. Základním konceptem připomíná řešení Thomase Herzoga ze 70. a 80. let 20. století či rovněž již citovanou stavbu v Gelsenkirchenu od architektů Kiessler + Partner.

Vzhledem k půdorysnému uspořádání objektu kanceláří pro 750 zaměstnanců v horizontálním proskleném tubusu, se jedná o jakýsi hybrid mezi dvojitou fasádou (tam, kde je vnitřní objekt nejbližší druhému plášti) a objektem ve skleníku, resp. budovou s átrii, což by bylo poměrně konvenční řešení. Prosklený tubus tvoří však současně i zastřešení, tedy téměř celistvý obal. Některé meziprostory jsou vytápěné, některé využívají výhradně pasivní solární zisky. Severní fasáda je poměrně klasická dvojitá prosklená fasáda. Větrání celého je přirozené, zajišťují jej větrací klapky ve vnějším plášti. Vnitřní kancelářský objekt mohl být řešen jednoduše a pomocí příjemnějších, „interiérových“ a především ekologických materiálů – zejm. ze dřeva. Stínění je řešeno z vnější strany fasád vnitřního objektu. [82]

Bjarke Ingels Group (BIG), Bjarke Ingels, Kodaň, New York a **Heatherwick Studio**, Thomas Heatherwick, Londýn

Centrála Google Mountain View, návrh č.1, 2015 / nerealizováno

Návrh centrály korporace Google v Mountain View v Kalifornii, který nakonec nebude zřejmě v této podobě a rozsahu realizován, [93] inspiračně zjevně vychází z utopických vizí Richarda Buckminstra Fullera a Freie Otta ze 60. a 70. let. Mělo se jednat o rozsáhlou výstavbu drobnějších a částečně i mobilních staveb překrytých průsvitnou membránou vytvářející vnitřní mikroklima.

[82] *Ingehoven Architects*. [online]. [cit. 2011-10-16].

Dostupné z: <http://www.ingehovenarchitects.com/projects/more-projects/european-investment-bank/>
a

European Investment Bank, Luxembourg. *DETAIL Online*. [online]. 2009 [cit. 2011-10-16].

Dostupné z: <http://www.detail-online.com/article/european-investment-bank-luxembourg-13796/>

[93] Frearson Amy. BIG and Heatherwick rework Google HQ design for smaller Mountain View site. *Dezeen*. [online]. [cit.2016-03-15].

Dostupné z: <http://www.dezeen.com/2016/03/15/big-bjarke-ingels-thomas-heatherwick-studio-new-google-campus-design-charleston-east-mountain-view-california/>



Obr. 4.72: BIG + Heatherwick Studio, Google HQ, vizualizace - ©Google - www.latimes.com

Komentátor Los Angeles Times o návrhu napsal: „*Sen o rajske zahradě pod velkým skleněným stropem má v architektuře dlouhou historii sahající ke Křišťálovému paláci v Londýně 19. století a v méně vzdálené minulosti ke kopulím Buckminstera Fullera, návrhům německého inženýra (sic) Freie Otta pro mnichovskou Olympiádu v roce 1972 a stavbě Biosphere 2 v Arizoně.*

Symbolismus tohoto přístupu je utopický, ale mnohdy s nádechem strachu z ekologické katastrofy. V rukou Heatherwicka a Ingelse je dost ambiciózní, aby přispěl k nápravě škod způsobených rozpínáním měst do krajiny a navrácení rovnováhy mezi architekturou a přírodou.“ [84]

Muzea, galerie, kultura

Muzea a galerie a další kulturní stavby mívají velmi specifické požadavky na vnitřní prostředí. Často se také staví ve složitějším urbanistickém kontextu, jako přístavby rozšiřující starší kapacitně nedostačující a technicky nevyhovující objekty. Současně se jedná o typ veřejných staveb, který je do určité míry výkladní skříní kulturní vyspělosti města či země, případně (u soukromých staveb, tedy zejm. v USA) svého mecenáše. Udržitelnost, ekologie i ekonomické aspekty hrají logicky u nově budovaných staveb pro kulturu významnou roli. S ohledem na jejich provozní náklady, které obvykle musí být dotovány, a na jejich velikost, i proto, že mají často vyšší nároky na vnitřní klima než jiné typy staveb.

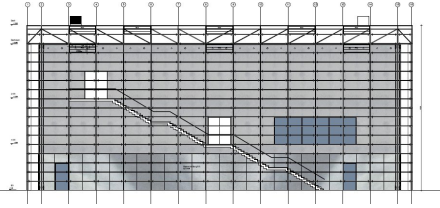
Následující příklady ukazují několik přístupů k výstavbě kulturních staveb s využitím konceptu „domu v domě“ v jeho různých podobách.

[84] Hawthorne Ch. *Google's new headquarters design takes transparency to new levels. Los Angeles Times.* [online]. [cit.2015-03-03].

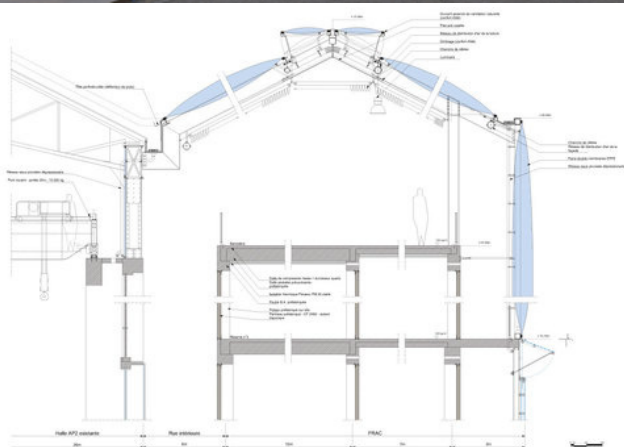
Dostupné z: <http://www.latimes.com/entertainment/arts/la-et-cm-new-google-headquarters-mountain-view-20150303-column.html>

„The dream of garden paradise beneath a great glass ceiling has a long history in architecture, going back to the Crystal Palace in 19th century London and more recently appearing in the domed architecture of Buckminster Fuller, German engineer Frei Otto's designs for the 1972 Munich Olympics and Biosphere 2 in Arizona.

The symbolism of this approach is utopian but in many cases tinged with anxiety about environmental catastrophe. In the hands of Heatherwick and Ingels, it is ambitious enough to seek to repair the damage of suburban sprawl while rebalancing the relationship between architecture and nature.“



Obr. 4.73: Lindemann Architekten, Emil Schumacher Museum, foto a pohled - www.lindemannarchitekten.de



Obr. 4.74: Lacaton & Vassal, FRAC Nord-Pas de Calais - www.lacatonvassal.com, foto: Philippe Ruault

Lindemann Architekten, Marek Lindemann a Edmund Lindemann, Mannheim, Německo

Emil Schumacher Museum, Hagen, Německo, 2008

Muzeum Emila Schumachera v porýnském Hagenu je typickým příkladem evropského muzea začátku 21. století. Jeho podoba je výsledkem architektonické soutěže na rekonstrukci a dostavbu staršího, již nedostačujícího objektu [85].

Nová část muzea je řešena z architektonického i energetického hlediska inovativně.

Jedná se o těžký kubus z pohledového betonu umístěný ve skleněné obálce. Meziprostor je využit například na vertikální komunikace. Vnější skleněný plášť stavbu obklopuje ze všech stran a rovněž ji propojuje s původním (sousedícím) objektem.

Je použita aktivace betonu, masivní akumulční jádro tak slouží jak pro chlazení, tak pro vytápění. Zdrojem energie je tepelné čerpadlo se zemními výměníky. Tepelné čerpadlo rovněž upravuje vzduch, který je využíván na doplňkovou úpravu klimatu v meziprostoru obou „domů“. Současně je v letních měsících využíváno noční předchlazování meziprostoru. Teplota vnějšího pláště je upravována tak, aby v zimních měsících nehrozila kondenzace na skle a v létě přehřívání profilů zasklení. Je k tomu využit systém s roztokem solanky (tj. slaná voda). [86] Ve vnějším střešním plášti jsou pak integrovány fotovoltaické panely dodávající energii pro umělé osvětlení muzea.

Lacaton & Vassal, Anne Lacaton, Jean-Philippe Vassal, Paříž (viz předchozí oddíly)

FRAC Nord-Pas de Calais, Dunkerque, Francie, 2013 / užitná plocha 11.129m² celkem, 9.157m² nová stavba

Rovněž kulturní prostor současného umění na severozápadě Francie vzešel z architektonické soutěže a také on je rozšířením staršího objektu, i když v tomto případě přístavní loděařské haly, tedy industriální stavby 20. století. Prostorná, světlá, archetypální hala posloužila architektům jako základ pro jejich návrh. Stávající halu se rozhodli plně zachovat a ponechat prázdnou pro dočasné výstavy, kulturní akce atd. a vedle ní vystavět přesnou kopii její hmoty, která by obsahovala veškerý ostatní stavební program instituce. [87]

[85] Emil Schumacher Museum Hagen. *Lindemann Architekten*. [online]. [cit. 2011-02-02].

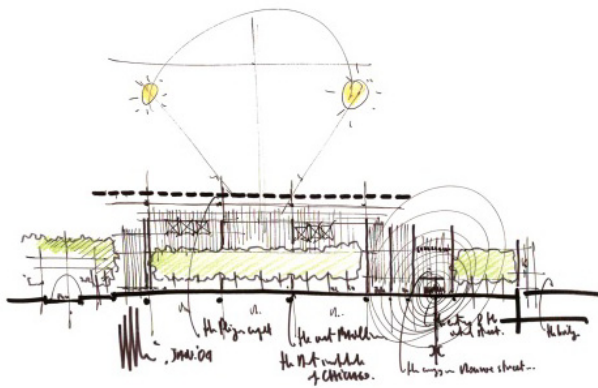
Dostupné z: <http://lindemannarchitekten.de/?portfolio=221-emil-schumacher-museum-hagen>

[86] Wittkowski H., Emil Schumacher hat ein effizientes Dach über dem Kopf. *EnergieAgentur.NRW* [online]. 2009. [cit. 2014-01-15]

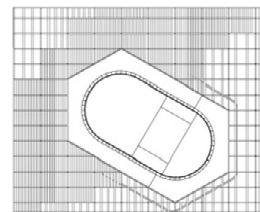
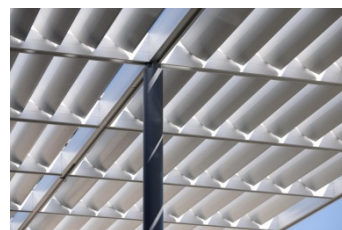
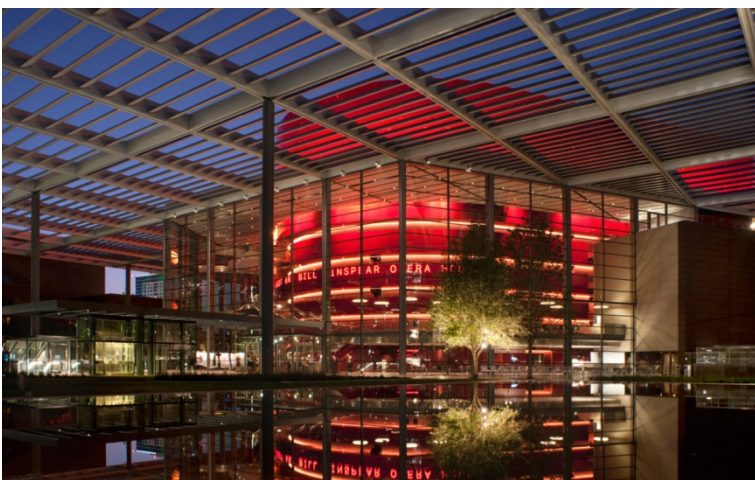
Dostupné z: <http://www.energieagentur.nrw/eanrw/ea/emil-schumacher-hat-ein-effizientes-dach-ueber-dem-kopf>

[87] FRAC Nord-Pas de Calais, Dunkerque, *Lacaton&Vassal* [online]. [cit.2016-08-20].

Dostupné z: <http://lacatonvassal.com/index.php?idp=61>



Obr. 4.75: RPBW, Chicago Art Institute - rpbw.com, foto: James Iska, Nic Lehoux



Obr. 4.76: Foster+Partners, Margot and Bill Winspear Opera House, Dallas - www.fosterandpartners.com

Tato nová hala je řešena jako dům v domě – objemy jednotlivých provozů jsou vestavěny do bioklimatického pláště, který ve spodních podlažích tvoří průsvitný polykarbonát a v těch vyšších, vč. střechy, „kůže“ z pneumatických „polštářů“ ETFE fólie. Vše je doplněno o vnitřní stínění a přirozené větrání.

Meziprostor je z části ponechán zcela volný, z části je využit pro komunikace. Z architektonického pohledu je působivá juxtapozice stejných, ale materiálově zcela jasně odlišných hmot, z nichž jedna působí odhmotněně, v noci září jako reklamní transparent, ve dne naopak její transparentnost umožňuje vnímat kontrast pláště a poměrně uzavřené „náplně“, tedy např. depozitářů.

Renzo Piano Building Workshop (RPBW), Renzo Piano, Janov, Itálie, Paříž, Francie

Chicago Art Institute – The Modern Wing, Chicago, USA, 2000–2009 / 25.000m²

Nová část chicagského Art Institute se vyznačuje kombinací prosklených a kamenných fasád a horním podlažím s galeriemi osvětlenými přirozeným zenitálním světlem. Celý objekt je pak překryt nezávislou obří „pergolou“ přezdívanou „flying carpet“ (létající koberec) [88], která propouští rozptýlené světlo do galerií a současně stíní veřejná prostranství kolem budovy. Vertikální stínící kůže je rovněž na fasádách.

Foster + Partners, Sir Norman Foster, Londýn, Velká Británie (+ dalších 10 poboček ve světě)

Margot and Bill Winspear Opera House, Dallas, Texas, USA, 2003–2009 / 23.500m²

Podobně jako u chicagské stavby Renza Piana, rovněž stavba opery v Dallasu od architektonického ateliéru Foster+Partners se vyznačuje nezávislou stínící „pergolou“, která kryje jak podstatnou část stavby (kromě samotného sálu, jenž skrz pergolu proniká) – zejména její zázemí, recepci, kavárny a další veřejně přístupné části, tak rozlehlé plochy veřejných prostranství náležejících k opeře. [89]

[88] Chicago Art Institute – The Modern Wing, *Renzo Piano Building Workshop* [online]. [cit.2014-01-15].

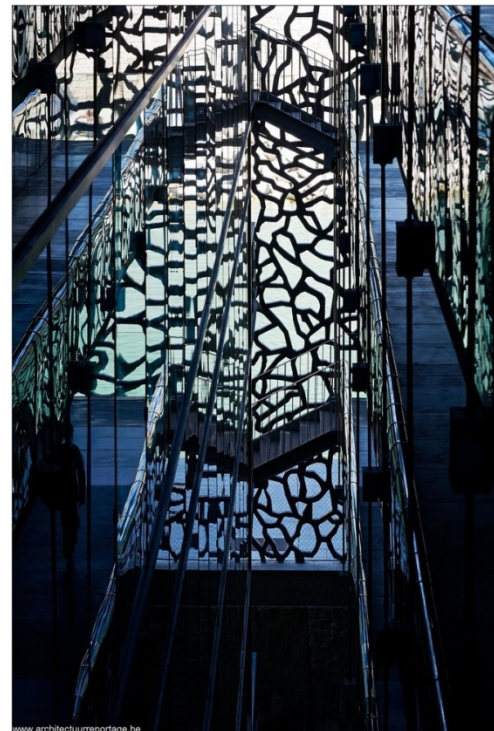
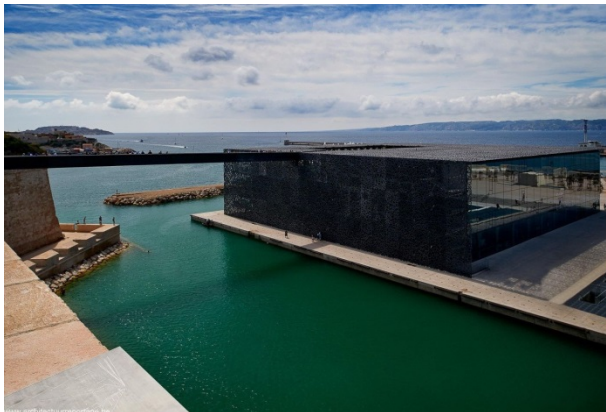
Dostupné z: <http://rpbw.com/project/74/chicago-art-institute-the-modern-wing/#>

[89] Margot and Bill Winspear Opera House, *Foster + Partners* [online]. [cit.2014-01-16]

Dostupné z: <http://www.fosterandpartners.com/projects/margot-and-bill-winspear-opera-house/>



Obr. 4.77: Denton Corker Marshall, Stonehenge Visitor Centre - www.dentoncorkermarshall.co.uk
foto: Peter Cook



Obr. 4.78: Rudy Ricciotti, MuCEM Marseille - www.archdaily.com, foto: Stevern Massart

Denton Corker Marshall (UK), John Denton, Barrie Marshall, Londýn, Manchester, Velká Británie

Návštěvnické centrum Stonehenge, Stonehenge, Amesbury, Velká Británie, 2013 / 1.500m²

Návštěvnické centrum tvoří několik budov usazených na kamenné platformě, s bohatým prosklením do krajiny v kombinaci s dřevěným obkladem. Jsou použity výhradně lokální materiály. Nad všemi budovami a celou vápencem vydlážděnou platformou se na subtilním lese ocelových sloupů téměř vznáší jemně zvlněná „střecha“, perforovaná plechová pergola, jejíž tvarování má odkazovat na okolní krajinu. Perforace, spolu s monžstvím sloupů má zprostředkovat propojení stavby s krajinou.

Pergola objekty centra stíní, současně zlepšuje jejich přirozené větrání, což snižuje potřebu chlazení.

Součástí konceptu byla i reverzibilita, tedy co nejmenší zásah do krajiny v případě odstranění stavby. Zdrojem pro vytápění a chlazení je tepelné čerpadlo se zemním výměníkem. Stavba (dle venkovních podmínek) využívá přirozené větrání. Odpadní (šedá) voda je recyklována.

O pergole architekti píší, že to má být: *„mlžný přechod z krajiny do interiéru (...), abstraktní pojednání lesa (...), listoví promítající světlo a stín na zem a stěny“*. [90]

Rudy Ricciotti architecte, Rudy Ricciotti (nar. 1952), Bandol, Francie

MuCEM, Muzeum evropských a středomořských civilizací, Marseille, Francie, 2013 / 15.500m² (3.600m² výstavní plochy)

Rudy Ricciotti je francouzský architekt (původem z Alžíru) [91], jehož práce se vyznačuje experimenty s materiály, zejména betonem, a možnostmi jejich inovativního využití. U nového muzea v Marseille realizovaného ve spolupráci s kanceláří C+T Architecture, které stojí na starém přístavním molu v centru města, použil prefabrikované prvky z vysokopevnostního betonu, který dovoluje dimenze redukovat až k efektu lehké „kůže a kostí“. Muzeum tvoří v půdoryse dva do sebe vložené čtverce, vnější 72x72m je tvořen na pohled jemnou a lehkou betonovou síťovinou připomínající jakousi mořskou houbu. Do ní je vložen menší kvádr o straně 52m, který je prosklený.

[90] Stonehenge Visitor Centre. *Denton Corker Marshall*. [online]. [cit.2016-08-15]

Dostupné z: <http://www.dentoncorkermarshall.co.uk/project/stonehenge-visitor-centre>

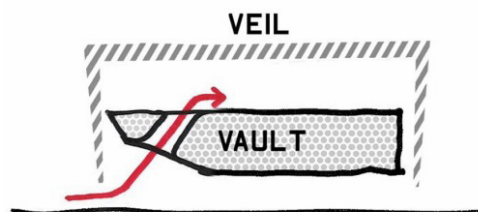
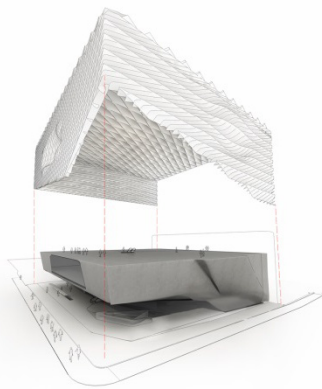
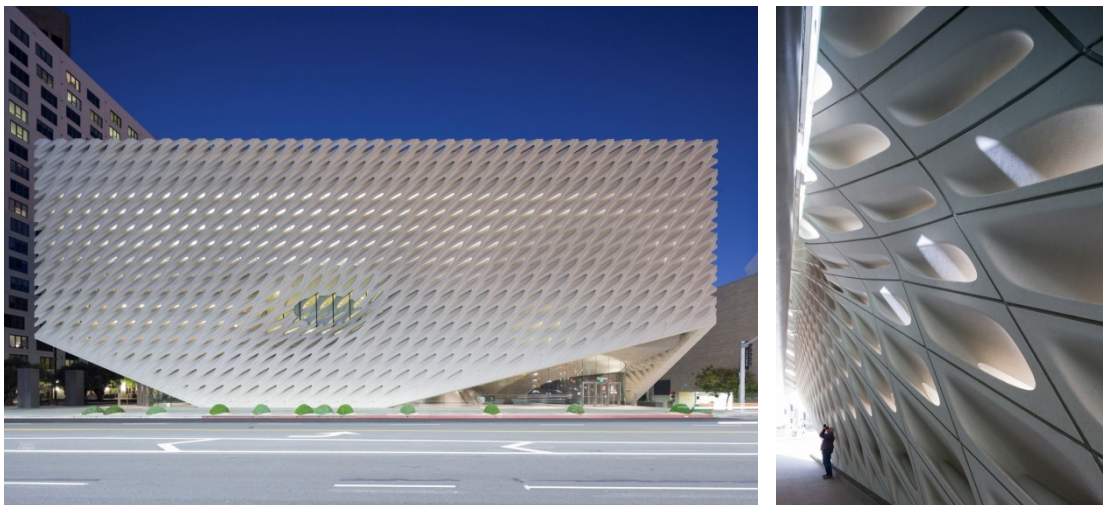
„canopy as blurred transition from landscape to interior, (...) as abstracted tracery of woods, (...) as foilage casting light and shade on ground + walls“

[91] *Rudy Ricciotti architecte*. [online]. [cit.2014-09-02].

Dostupné z: <http://rudyr Ricciotti.com/>



Obr. 4.79: HHS Planer + Architekten, Energy Bunker, Hamburg - www.hhs-architekten.de



Obr. 4.80: Diller Scofidio+Renfro, The Broad Museum LA - www.archdaily.com, foto: Iwan Baan

Mezi těmito dvěma hmotami se nachází vertikální i horizontální komunikace a další obslužné prostory. Vstup do muzea z pevnosti St. Jean je po lávce, shora, vedené pod kůží kryjící jej svrchu. Dvě z fasád (jižní a východní) jsou překryté druhou kůží, naopak západní fasáda muzea orientovaná na moře a severní fasáda k městu jsou otevřené, pouze kryté přesahem vodorovné části druhé kůže. Stavba využívá mořskou vodu jako výměník tepla.

HHS Planer + Architekten (Johannes Hegger, Günter Schleiff, Gerhard Greiner, Andreas Wiege), Kassel, Německo (viz část 4.2)

„Energy Bunker“, Wilhelmsburg, Hamburk, 2008–2013

Energy Bunker představuje příklad „aktivní“ druhé (stínící) kůže tvořené fotovoltaickými panely (horizontální „pergola“) a s jižní stínící fasádou z termických kolektorů. Tato druhá kůže je umístěna na mohutném železobetonovém protiletectkém „bunkru“ (jednalo se o stavbu sloužící k umístění protiletectké obrany města Hamburk za 2. světové války), který byl transformován na muzeum a také na zdroj energie pro okolí. Střed původní stavby je využit na obří zásobník vody (8.000m³), pergolu tvoří 2.000m² fotovoltaických panelů a jižní fasádu 1.600m² termických solárních kolektorů. Architektonickým cílem bylo nepoškodit siluetu původní stavby. [92]

Za zmínku stojí bezesporu ještě několik dalších staveb pro kulturu.

The Broad Museum v centru Los Angeles (2015, 11,150m²) od newyorského ateliéru **Diller Scofidio+Renfro** se vyznačuje použitím principu – jak jej nazvali sami architekti – „závoje a trezoru“ [93]. Pevné jádro stavby tedy tvoří archiv a depositáře, přes nějž je „převozen“ závoj tvořený prefabrikovaným závojem, plástvemi, které filtrují denní světlo do veřejných galerií a dalších přístupných částí stavby – ty se nachází právě v tomto meziprostoru. Na energetickém konceptu a finálním řešení se podílela, jako u řady dalších velkých udržitelných kancelář Arup [94]. Stavba získala certifikaci LEED Gold.

[92] Energy Bunker, *HHS Hegger-Hegger-Schleiff Architekten* [online]. [cit. 2014-01-16].

Dostupné z: <http://www.hhs-architekten.de/projekte-ausstellung-energy-bunker.en.html>

[93] The Broad. *Diller Scofidio+Renfro*. [online]. [cit. 2016-08-16].

Dostupné z: <http://www.dsrny.com/projects/the-broad>

„the veil and the vault“

[94] The Broad. *Arup*. [online]. [cit. 2016-08-15].

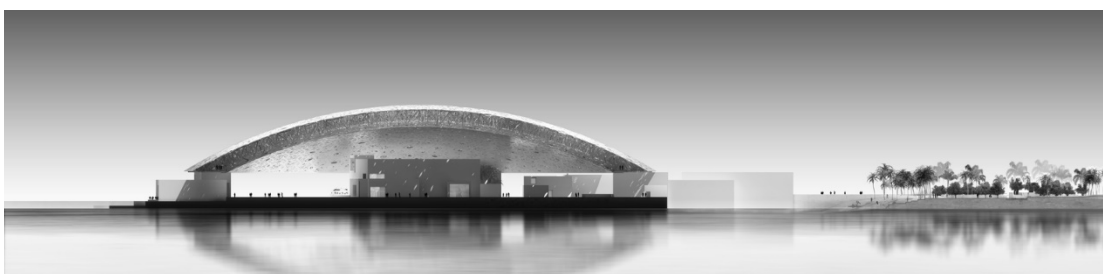
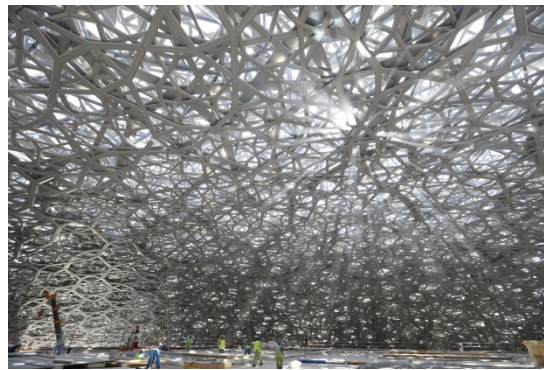
Dostupné z: http://www.arup.com/projects/the_broad



Obr. 4.81: Oving Architecten, Westerbork – ovingarchitecten.nl, foto: Susan Schuls



Obr. 4.82: Casa Museo Sarmiento, Argentina – commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21284600, foto: Josedebaires, CC



Obr. 4.83: Jean Nouvel, Louvre Abu Dhabi, foto ze stavby a řez – www.archdaily.com, foto: TDIC

Zcela odlišný je koncept památníku holokaustu v bývalém koncentračním táboře Westerbork v Nizozemsku, kde holandský ateliér **Oving Architecten** dokončil v roce 2015 muzeum (940m²) umístěné v původní budově velitele tábora, které bylo současně zakonzervováno. [95]

Tento princip byl již zmíněn v úvodu kapitoly 4 jako jeden z možných přístupů k využití konceptu „domu v domě“ k „rekonstrukci“, resp. spíše uchování, stávajících cenných staveb.

Architekti navrhli překrýt původní objekt velkým skleníkem, jakýmsi celoproskleným akváriem či vitrínou a stává se tak exponátem. Současně je ale zachována jeho vazba na okolní krajinu.

Podobný princip „vystavení“ historické stavby byl použit rovněž u muzea „Casa Museo Sarmiento“ v Tigre v Argentině (autor projektu nezjištěn), kde byl v roce 1996 překryt prosklenou konstrukcí původní dům argentinského prezidenta Dominga Faustina Sarmienta z roku 1855.

Před dokončením aktuálně (2016) [96] je i stavba muzea „Louvre Abu Dhabi“ (užitná plocha 35.000m²) ve Spojených Arabských Emirátech navržená ateliérem francouzského architekta **Jean Nouvela**.

Stavba do horkého pouštního klimatu je založena na principu množství drobných staveb překrytých kupolí slunečnicku, jehož ocelová konstrukce se odvolává na tradiční arabské vzory, současně nechává pronikat do takto stíněného meziprostoru jen ojedinělé sluneční paprsky, které vytváří velmi zajímavou atmosféru.

[95] Overkapping commandantswoning, prijsvraag, 1e plaats 2012, *Oving Architecten* [online].

[cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://ovingarchitecten.nl/project/overkapping-commandantswoning-6/>

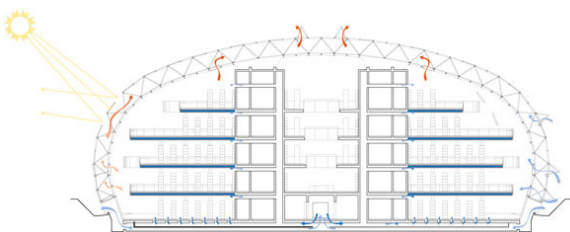
[96] Castro Fernanda. In Progress: Louvre Abu Dhabi / Jean Nouvel. *ArchDaily*.

[online]. [cit. 2016-08-12].

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/793182/in-progress-louvre-abu-dhabi-jean-nouvel/>



Obr. 4.84: Elemental, Siamese Towers,
foto a řez – www.elementalchile.cl,
foto: Cristobal Palma



Obr. 4.85: Foster+Partners, Knihovna FU Berlín, foto a schématické řezy –
www.fosterandpartners.com, foto: Reinhard Gerner

Školské stavby

I mezi stavbami škol a univerzit lze nalézt (přibývající) množství řešení, která jsou založena na principu „domu v domě“. Použité koncepty jsou různé – od čistých (stavebně i funkčně) domů ve skleníku, po různé varianty řešení se stínící druhou kůží.

Elemental, Alejandro Aravena, Santiago, Chile

„Siamské věže“, Katolická univerzita Chile, Macul, Santiago, Chile, 2003 / 5000m²

Dvojice věží Katolické univerzity v Santiagu je snahou o jednoduchý a ekonomický přístup, který bude architektonicky neotřelý a rovněž ekologický. Aravena rozdělil funkce pláště a jednotlivé vrstvy řešil co nejjednodušším a nejefektivnějším způsobem. [97] Vznikly tak dva objekty, každý vložený do nezávislého celoproskleného obalu. Meziprostor slouží jako solární komín, ohřátý vzduch je přirozeně odváděn u vrcholu stavby, rychlost jeho proudění by měla být dostatečná, aby eliminovala skleníkový efekt a přehřívání stavby. Vnitřní objekt má fasádu z jednoduchých cementovláknitých desek, které by v exteriéru nemohly být použité.

Foster + Partners (detaily viz předchozí sekce)

Knihovna, Svobodná univerzita Berlín, 2005

Stavba přezdívaná pro svůj tvar „mozek“ je, dle slov autorů [98], vyvrcholením několikaletých výzkumů ohledně pasivních i aktivních environmentálních strategií. Vnější kůže je tvořena dvěma plášti, vnějším s hliníkovými panely, integrovanou fotovoltaikou a prosklenými prvky orientovanými podle trajektorie slunce, vynesena je prostorovým ocelovým rámem ve žluté barvě, který prosvítá skrz vnitřní plášť obalu stavby, který je tvořen průsvitnou membránou doplněnou u vložené prosklení umožňující vizuální kontakt s exteriérem. Tato zdvojená kůže funguje jako tepelný nárazník a současně jí proudí vzduch přirozeně ohříván sluncem a odváděný klapkami v plášti. Vnitřní betonové jádro knihovny slouží jako akumulační hmota, beton je aktivovaný za účelem dotápění či chlazení. Po 60% roku je knihovna větrána výhradně přirozeně. Nasávaný vzduch může být předehříván v podzemním výměníku využívajícím teplo jádra stavby. Během dny je interiér osvětlen výhradně denním světlem.

[97] Siamese Tower, *Elemental* [online]. [cit. 2014-01-20]

Dostupné z: <http://www.elementalchile.cl/en/projects/siamese-tower/>

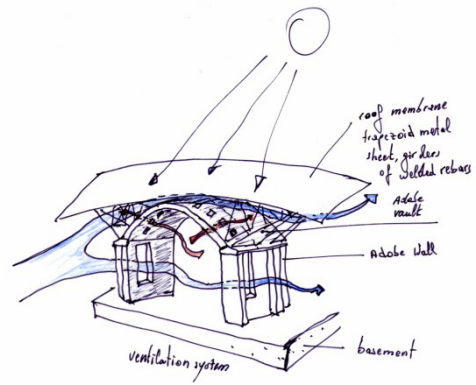
[98] Free University's Philology Library / Foster+Partners. *ArchDaily*. [online]. [cit. 2013-10-15]

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/438400/free-university-of-berlin-foster-partners/>

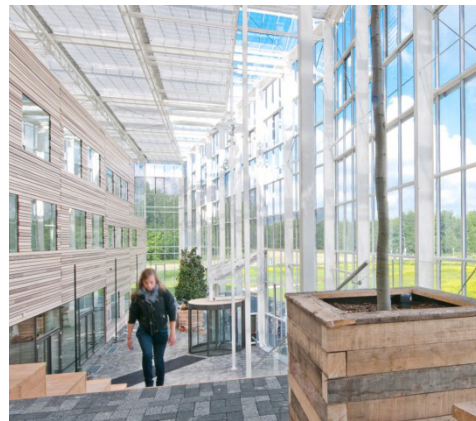
a

Free University Berlin, *Foster+Partners* [online]. [cit. 2013-10-15].

Dostupné z: <http://www.fosterandpartners.com/projects/free-university/>



Obr. 4.86: Kéré Architecture, škola Gando – www.kere-architecture.com, foto: Enrico Cano



Obr. 4.87: BDG Architecten, CAH Dronten, foto a schémata fungování den/noc – www.bdgarchitecten.nl



Obr. 4.88: RH+ Architecture, knihovna Cayenne – www.rhplus-architecture.com, foto: Jean-Michel André

Kéré Architecture, Diebedo Francis Kéré (nar. 1965 Burkina Faso), Berlín, Německo [99]

Základní škola Gando, Burkina Faso, 2001 + rozšíření 2008 / 520m² + 560m².

Jednoduchá stavba z nepálených cihel se stínící a ochrannou „canopy“, tedy stínící druhou střechou s plechovou krytinou vynesenu jednoduchou a subtilní příhradovou konstrukcí. Stavba je jednoduchá, vyznačuje se lokálními materiály, technologiemi i celkovou strategií. Je to typický příklad low-tech řešení do horkého klimatu, navíc se silným sociálním a ekonomickým aspektem. Stavba byla jednou z referencí pro projekt Sandry Gulázsiové zmíněný v části 4.1.

BDG Architecten, Wilco Scheffer, Zwolle, Nizozemsko

Christelijke Agrarische Hogeschool (Křesťanská zemědělská univerzita), Dronten, Nizozemsko, 2012 /

Stavba univerzity je pojata jako 16m vysoký skleník – odkaz na zaměření školy. [100] Jedná se o dvě hmoty učeben a poslucháren vložené do rozměrného skleníku s klasickým zastřešením obvyklým u holandských zemědělských skleníků (série sedlových střech). Je použito vnitřní stínění, potisk skla, inteligentní systém kontroly klimatu a rovněž řada rostlin v interiéru, které poskytují stínění a zlepšují kvalitu vzduchu vlhkost. Stavba využívá recyklaci dešťové vody. Vnitřní objekty mají jednoduché dřevěné fasády, které díky ochraně skleníkem mají nižší pořizovací náklady a prakticky nulovou údržbu.

RH+ Architecture, Alix Héaume, Adrien Robain, Paříž, Francie

Univerzitní knihovna, Cayenne, Fr. Guyana, 2013 / 2143m²

Nový univerzitní kampus, jehož součástí je i knihovna od mladých pařížských architektů se nachází ve Francouzské Guyaně, zámořském území Francie, v rovníkové Americe.

[99] Kéré Architecture. [online]. [cit. 2016-08-20].

Dostupné z: <http://www.kere-architecture.com/>

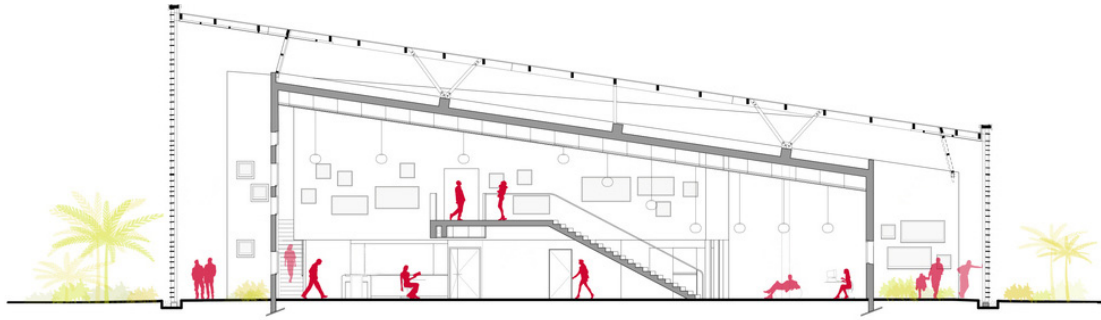
[100] Christelijke Agrarische Hogeschool, Dronten. *BDG Architecten*. [online]. [cit. 2016-08-31].

Dostupné z: <http://www.bdgarchitecten.nl/projecten/cah/>

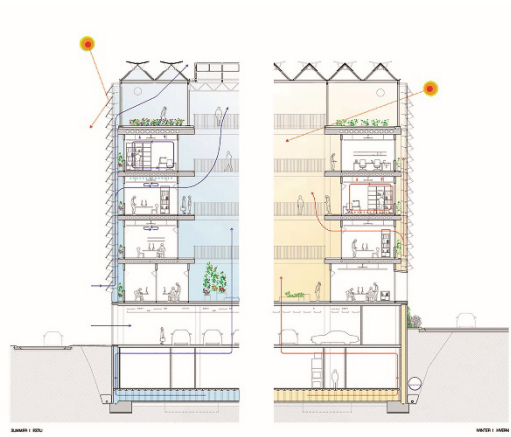
a

CAH Dronten / BDG Architects Zwolle. *ArchDaily*. [online]. [cit. 2012-07-24].

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/256419/cah-dronten-bdg-architects-zwolle/>



Obr. 4.89: RH+ Architecture, *Knihovna Cayenne*, řez - www.rhplus-architecture.com



Obr. 4.90: H arquitectes, *Výzkumné centrum UAB ICTA-ICP* - www.harquitectes.com, foto: Adrià Goula

Klimatickým podmínkám rovníkové země (80% vlhkost, celoroční intenzivní sluneční svit) odpovídá i přístup architektů. Knihovna je jednoduchý objem s poměrně skromnou fenestrací obklopený ze všech stran „filtrem“ [101]. Je vytvořen přechodový stíněný prostor, který je přístupný pro celý kampus a který zajišťuje rozptýlené světlo bez oslnění pro vnitřní prostory. Architekti nazývají tuto chráněnou galerii po vzoru antických chrámů s vnějším ochozem (viz sekce 4.2) peristyl.

H arquitectes, David Lorente Ibáñez, Josep Ricart Ulldemolins, Xavier Ros Majó, Roger Tudó Galí, Barcelona, Španělsko

Výzkumné centrum paleontologie ICTA-ICP, UAB, Barcelona, 2012–2014 / 9.405m² (spolupráce dataAE)

Stavba výzkumného centra ICTA-ICP se vyznačuje kombinací dynamické bioklimatické kůže, která v oblasti zastřešení stavby přechází v systém skleníků, které kryjí jednotlivé vnitřní části stavby, stejně tak jako mezilehlá atria. Vnitřní části jsou betonové, beton slouží, obdobně jako u dalších energeticky efektivních staveb jako akumulční hmota s velkou setrvačností a je aktivován rozvody tepla i chladu.

Hlavním architektonickým i funkčním prvkem stavby je bioklimatická kůže, o níž autoři uvádějí: „*Kůže: Betonová konstrukce je obalena a chráněna levnou venkovní bioklimatickou kůží. Použití průmyslových skleníkových systémů, které se automaticky otevírají a zavírají, umožňuje regulaci slunečních zisků a větrání. Takto lze přirozeně zvýšit vnitřní teplotu a zaručit komfort v komunikačních prostorech a meziprostorech*“. [102]

El Equipo Mazzanti, Giancarlo Mazzanti, Bogotá, Kolumbie

Marinilla Educational Park, Marinilla, Kolumbie, 2015 / 700m²

Drobná stavba vzdělávacího centra v Marinille je založena na principu rozmístění několika drobných uzavřených objektů–boxů na platformě vyvýšené nad terénem.

[101] Eloge de l'ombre. *RH+ Architecture*. [online]. [cit. 2014-02-12].

Dostupné z: <http://www.rhplus-architecture.com/index.php?/agence/ecol--eloge-de-lombre/>
a

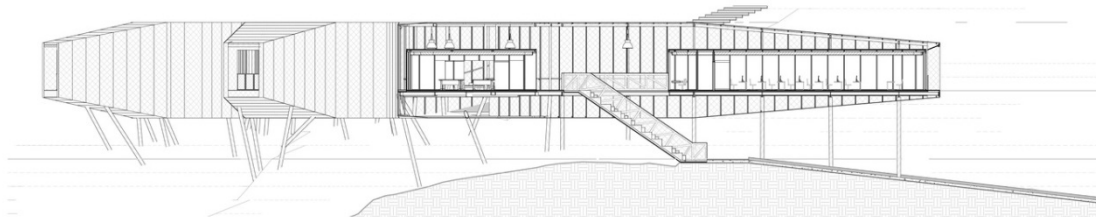
New University Library in Cayenne / *rh+ architecture, ArchDaily*. [online]. [cit. 2014-02-12].

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/475800/new-university-library-in-cayenne-rh-architecture/>

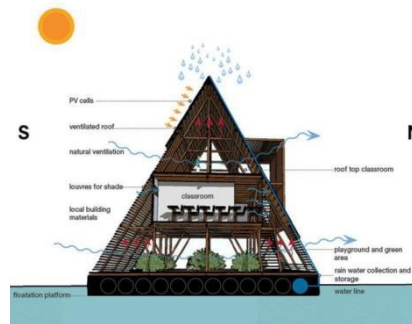
[102] Centre de recerca ICTA-ICP de la UAB 1102. *H arquitectes*. [online]. [cit. 2016-08-10].

Dostupné z: <http://www.harquitectes.com/projectes/centre-recerca-uab-icta-icp/>

„*Skin. The concrete structure is wrapped and protected by a low cost exterior bioclimatic skin. By installing a greenhouse industrialized system that opens and closes its mechanisms automatically, the solar gain and ventilation are regulated. This way, it is possible to raise the interior temperature naturally and guarantee a base of comfort in the circulation spaces as well as in the in-between spaces*“.



Obr. 4.91: El Equipo Mazzanti, Marinilla Educational Park, Kolumbie, foto a řez, foto: Sergio Gomez



Obr. 4.92: NLÉ Architects, škola Makoko, foto a schéma – www.designboom.com, foto: Iwan Baan

Celý hvězdicovitý objekt je pak doslova „zabaleno“ do 2. kůže z ocelové sítě, shora je pod ní ještě vloženo průsvitné zastřešení. Díky této průsvitné obálce jsou stavba a aktivity v ní chráněné před okolím, mají ale přirozené větrání i dostatečný kontakt s vnějším světem. Meziprostor je pak aktivní součástí stavebního programu budovy, v něm se odehrává řada činností jeho uživatelů. [103]

NLÉ Architects, Kunté Adeyemi, Amsterdam, Nizozemsko a Lagos, Nigérie

Plovoucí škola Makoko, Lagos, Nigérie, 2012–2013 / 220m²

Drobná stavba školy je skvělým příkladem skutečně udržitelné stavby, která maximálně respektuje kontext, místní podmínky, zvyklosti i stavební a technické možnosti, současně ale působí jako pozitivní příklad a na lokálních tradicích staví.

Komunita Makoko, žijící na laguně v Lagosu je specifická – veškerá činnost obyvatel se odehrává na vodě a je s ní spojená. Proto i jednoduchý objekt školy je plovoucí konstrukcí. Tvoří jej dřevěná konstrukce ve tvaru „A“, ne nepodobná místním plovoucím slumům, která tvoří vnější stínící a ochrannou kůži. V ní je vložena „buňka“ třídy, nad níž je ve špičce střechy, pod vnější kůží ještě další „polo-venkovní“ výukový prostor. [104]

Další veřejné budovy

Uvedme zde ještě jeden příklad další veřejné stavby, která nezapadá do žádné z dosud jmenovaných typologických kategorií.

MVRDV, Winy Maas, Jacob Van Rijs, Nathalie de Vries, Rotterdam, Nizozemsko

Pyjama Garden, Maxima Medical Centre, Veldhoven, 2001–2003 / 1.500m²

[103] Marinilla Educational Park, *El Equipo Mazzanti* [online]. [cit. 2016-08-21].

Dostupné z: <http://www.elequipomazzanti.com/en/proyecto/marinilla-2/>

[104] Makoko Floating School. *NLÉ* [online]. 2012. [cit. 2014-01-15].

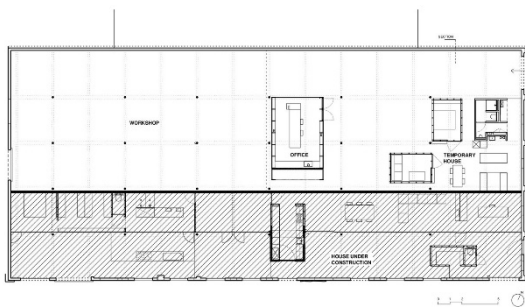
Dostupné z: <http://www.nleworks.com/case/makoko-floating-school/>

a NLÉ architects: floating school in Makoko. *Designboom*. [online]. [cit. 2014-01-15].

Dostupné z: <http://www.designboom.com/architecture/nle-architects-floating-school-in-makoko/>



Obr. 4.93: MVRDV, Pyjama Garden, foto - www.mvrdv.nl



Obr. 4.94: Julie d'Aubioul, Factory Life, foto a pùdorys - www.archdaily.com, foto: Tim Van de Velde

Stavba nazvaná „Pyjama Garden“, tedy doslova „pyžamová zahrada“ je součástí nemocnice ve Veldhovenu a nachází se v ní ta část stavebního programu, která je přístupná veřejnosti – tedy restaurace, knihovna, konferenční centrum. Navržena byla jako krytá zahrada s přirozeným osvětlením a se vzrostlými stromy, která je kryta klasickým „holandským“ zemědělským skleníkem, který dodavatel, firma Gakon, jinak běžně dodává zemědělcům. Je to velmi podobné řešení, jako to, které zvolili architekti BDG Architecten u budovy Křesťanská zemědělské univerzity v Drontenu. Jednotlivé funkce jsou umístěny v „mini-domcích“ v zahradě. [105] Stínění je řešeno uvnitř skleníku, reflexními textilními roletami, podobně jako to bylo i v případě dalších obdobných staveb – tedy tak, jak je to běžně řešeno v zemědělství.

Rekonstrukce – „inverzní“ dům v domě

V části 4.1 byly popsány tři přístupy k tématu domu v domě. Tím třetím zmiňovaným byla možnost použití „inverzního“ přístupu zejména pro rekonstrukce. Do stávající historické budovy je vestavěn nový stavební program, který je na původní budově více či méně nezávislý. Původní objekt mu poskytuje ochranu před vnějším prostředím i zajímavý prostor. Naopak původní stavba díky tomu může být v původní podobě využita a vrátí se do ní život, což může napomoci regeneraci např. městských brownfieldů. Mezi zajímavé příklady takovýchto řešení patří i následujících několik realizací.

Julie D’Aubioul, Waarschoot, Belgie

„Factory Life“, Waarschoot, Belgie, 2012 / 860m²

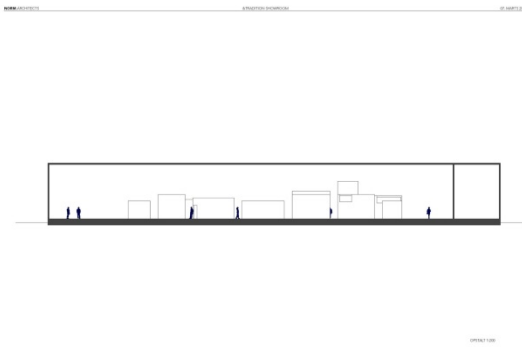
Mladá belgická architektka zvolila pro projekt vlastního bydlení a kanceláře podobný koncept. Do staré průmyslové haly, v níž ponechala veškeré původní prvky (prozatím i v nerekonstruovaném stavu), vestavěla několik jednoduchých v zásadě dočasných objektů. To, že se nachází již v interiéru (byť nevytápěném a s řadou stavebních problémů) jí dovolilo řešit stavby spíše jako nábytek – bez hydroizolace, se spoji, které by v exteriéru nebylo možné použít, z materiálů, které by povětrnosti neodolaly. Kancelář i bydlení jsou z desek OSB a čirého i vzorovaného jednoduchého skla, samotné bydlení je rozděleno na jednotlivé buňky podle funkcí, obývacím pokojem je samotný prostor haly. Ten také funguje jako workshop/dílna. [106]

[105] Pyjama Garden. *MVRDV*. [online]. [cit. 2014-09-16].

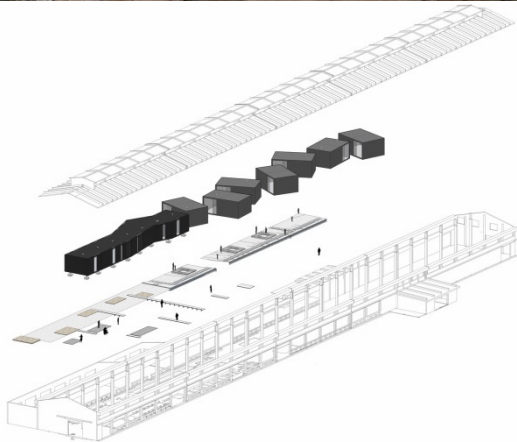
Dostupné z: <https://www.mvrdv.nl/en/projects/maxima/#>

[106] Factory Life / Julie D’Aubioul. *ArchDaily*. [online]. [cit. 2013-04-29].

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/366055/factory-life-julie-d-aubioul/>



Obr. 4.95: Norm Architects, *The Village*, foto a řez – www.normcphy.com, foto: Patricia Parinejad



Obr. 4.96: O-Office Architects, *Z Gallery*, foto a schéma – www.archdaily.com, foto: Likyfoto



Obr. 4.97: Bengt Warne, *Naturhus Ingarö*, 2007 – inhabitat.com

Norm Architects, Kodaň, Dánsko

The Village on Paper Island, showroom a kanceláře firmy &traditon, Kodaň, 2014 / 1.000m²

Showroom a kanceláře designerské firmy &tradition byly ateliérem Norm Architects navrženy do staré a nevyužívané haly v kodaňské čtvrti zvané Paper Island jako abstrahovaná vesnice („village“) jednoduchých bílých hmot různých velikostí a různých stupňů uzavřenosti. [107]

O-Office Architects, Jianxiang He, Ying Jiang, Kuang-čou (Kanton), Čína

Z Gallery, Šen-čen, Čína, 2014 / 2963m²

Z Gallery je první z realizací v rámci většího projektu revitalizace a konverze velkého průmyslového areálu bývalé továrny na barvení textilu.

Jedná se o recepční prostory a 7 ateliérů pro umělce. Nový stavební zásah si, podobně jako u předchozích dvou popsanych projektů drží odstup od stávající budovy, snaží se respektovat jejího silného ducha. [108]

Druhý přístup k „rekonstrukci“ může být takový, při němž je naopak původní stavba uzavřena do nového nezávislého pláště, který ji chrání a zcela změní její energetické vlastnosti. Čistě z hlediska ochrany, resp. spíše vystavení, takto byla řešena dvě již zmíněná muzea.

Obdobný přístup ale zvolil také již vícekrát v této práci zmíněný švédský architekt **Bengt Warne**, konkrétně ve spolupráci se společností Ecosol u domu nazvaného Naturhus v Ingarö, ve Värmdö, ve Švédsku, z roku 2007. Výsledkem je objekt – naturhus – obdobný jako další již zmiňované. Odlišný je ale proces jeho realizace. Skleníkem byl obestavěn stávající starší rodinný dům. Na průběhu stavby (viz *Obr. 4.97*) jsou zřetelně vidět výhody druhé kůže v chladném podnebí – tedy úprava vnitřního mikroklimatu a ochrana před povětrností. To umožnilo, že původnímu rodinnému domu mohla být odstraněna střecha a místo ní vznikla střešní terasa se zahradou. [109]

[107] The Village. *Norm Architects*. [online]. [cit. 2014-09-24].

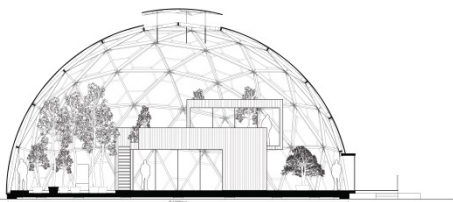
Dostupné z: <http://normcph.com/norm-architecture/the-village/>

[108] Z Gallery / O-OFFICE Architects. *ArchDaily*. [online]. [cit. 2014-04-03].

Dostupné z: <http://www.archdaily.com/489436/z-gallery-o-office-architects/>

[109] Yoneda, Y. Naturhus: an Entire House Wrapped in Its Own Private Greenhouse. *Inhabitat*. [online]. [cit. 2010-12-20].

Dostupné z: <http://inhabitat.com/naturhus-an-entire-house-wrapped-in-its-own-private-greenhouse/>



Obr. 4.98: Kristoffer Tejlgaard a Benny Jepsen, *Dome of Visions Kodaň* – domeofvisions.com



Obr. 4.99: *U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013, Orange County Great Park* – www.solardecathlon.gov, foto: Stefano Paltera

Experimentální a dočasné stavby

Velmi zajímavou kategorií staveb jsou ty, které se nemusí nutně snažit o trvanlivost, resp. si mohou z důvodů dočasnosti či jakýchkoli jiných (podpory univerzity, sponzorů apod.), dovolit testovat řešení, která by u běžné „komerční“ stavby nebylo s největší pravděpodobností možné vyzkoušet.

Kristoffer Tejlgaard a Benny Jepsen, Kodaň, Dánsko

Dome of Visions 1.0, Kodaň, 2013 / výška 10,5m, průměr 21m, 346m², užitná plocha vnitřní dvoupodlažní stavby cca. 101m².

Dome of Visions je dočasný prostor, objekt umístěný v přístavu v centru Kodaně, který slouží k různým veřejným kulturním akcím. Jedná se o jednoduchou kupoli, která je nejen jakýmsi reklamním transparentem (mimo jiné díky kontrastu s okolní architekturou), ale také skleníkem nabízejícím v centru dánské metropole po velkou část roku příjemnější klima, dle autorů v podstatě středomořské, což mají podtrhovat i byliny a stromy pěstované uvnitř. V centru kupole je umístěn dřevěný objekt sloužící jako ateliér a konferenční místnost. Konstrukce kupole je rovněž dřevěná, zakrytá je polykarbonátovými průhlednými hexagonálními panely. K různým kulturním akcím je využíván především meziprostor skleníku.

Dle autorů [100] je v objektu po 9 měsících v roce středomořské klima, zbývajících 3 měsíce je používáno vytápění – tepelné čerpadlo a jednoduchý kotel.

Objekt byl plánován jako mobilní, se záměrem jej umístit v různých městech. Následně byly skutečně postaveny další dva, mírně odlišné, a to ve Stockholmu a v Aarhusu (Dánsko). U těchto pozdějších dvou byly zvětšeny větrací otvory v plášti – jak dole při obvodu, tak ve vrcholu.

Mezi další „zdroj“ zajímavých experimentálních staveb hledajících inovativní přístupy k udržitelné architektuře a zejména využití sluneční energie patří bezesporu prestižní mezinárodní univerzitní soutěž **Solar Decathlon**. Její původní americká varianta, pořádaná (s krátkou přestávkou) každé dva roky americkým Ministerstvem energetiky (U.S. Department of Energy), se koná již od roku 2002. Do roku 2015 se tedy konalo již 8 ročníků. [101] Každého z nich se účastní až 20 univerzitních týmů, jejichž úkolem je navrhnout, postavit a také provozovat soběstačný „solární“ dům. Soutěž má 10 disciplín, které mají za cíl komplexně posoudit kvality každé ze soutěžních staveb.

[100] Arkitecture. *Dome of Visions* [online]. [cit. 2014-09-11].

Dostupné z: <http://domeofvisions.com/architecture/>

[101] Solar Decathlon History. *U.S. Department of Energy Solar Decathlon*. [online]. [cit. 2016-08-20].

Dostupné z: <http://www.solardecathlon.gov/past.html>



Obr. 4.100: ETSAV Barcelona, Low3 House, soutěžní dům Solar Decathlon Europe, Madrid, 2010 – www.low3.upc.edu

První ročníky americké soutěže se konaly ve Washingtonu D.C., ročníky 2013 (jehož se zúčastnil i český tým, složený ze studentů a absolventů ČVUT) a 2015 v Orange County v Jižní Kalifornii. Ročník 2017 je plánován do Denveru v Coloradu.

Od roku 2010 se také koná evropská varianta soutěže, Solar Decathlon Europe (od roku 2013 též v Číně, od 2015 v Latinské Americe a pro rok 2018 je plánována též odnož v Dubaji), jejíž pravidla jsou mírně uzpůsobena evropským podmínkám, ale princip komplexního hodnocení v deseti disciplínách s důrazem na soběstačnost domů je zachován. První dvě evropské soutěže (2010, 2012) se konaly v Madridu, ročník 2014 pak ve Versailles. [112]

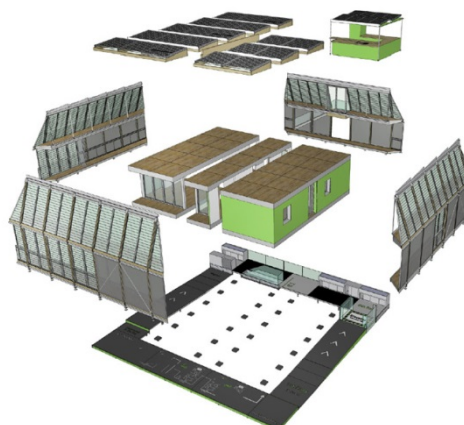
V obou soutěžích, tedy Solar Decathlon a Solar Decathlon Europe, se objevilo několik zajímavých návrhů, které pracovaly s různými obměnami konceptu domu v domě. Je logické, že úspěšné a fungující stavby se stávají zdrojem inspirace pro studenty účastníci se ročníků dalších. Mnohdy se také jedna univerzita účastní více ročníků a rozvíjí postupně do větší propracovanosti jeden koncept. V evropské soutěži byla takovým týmem barcelonská univerzita **ETSAV-UPC** (Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès, Universitat Politècnica de Catalunya), která se ročníku 2010 v Madridu zúčastnila s projektem nazvaným LOW3 House, o dva roky později na stejném místě na něj navázala s propracovanějším konceptem (e)co House. Druhému jmenovanému se budeme podrobněji věnovat v kapitole 6.

Obě tyto stavby pracují na principu domu ve skleníku a vytvoření kontrolovaného mikroklimatu, v němž jsou umístěny vlastní funkce domu jako samostatné objekty-buňky.

1. Projekt LOW3 House se sice neumístil v ročníku 2010 na předních místech (maxima možných bodů dosáhl jen v kategorii „Architektura“), přesto jej, zejména z hlediska této práce, lze považovat za přínosný. Základem strategie návrhu byla koncentrace na pasivní solární architekturu a bioklimatické řešení, které by vedlo k co největšímu omezení energetických potřeb stavby. Současně bylo cílem použít co nejjednodušší a recyklovatelné materiály, které by snížily environmentální dopad stavby, a celkově low-tech přístup, jenž by umožnil realizovat stavbu levně a efektivně.

Jednalo se o rozměrově minimální objekt (42m²), z venku krytý „mikroklimatickou kůží“ z polykarbonátu o tl. 12mm a hodnotě U 2,2 W/m²K. Kombinovány byly průsvitné a průhledné výplně. Celý vnější plášť byl založen na jednoduchém průmyslově vyráběném skleníku. Vnitřní obytná stavba je složená ze 4 modulů kvůli snazšímu transportu a montáži (obvyklá strategie většiny týmů v obou soutěžích, jimž se věnujeme) řešených jako izolovaná dřevostavba. Jižní fasáda obou kůží stavby byla řešena tak, aby byly maximalizovány zimní solární zisky, zatímco v létě je slunce stíněno jak samotnou geometrií vnějšího pláště, tak stínícími prvky. Severní strana střešní části skleníku je otvíravá a slouží k odvětrání ohřátého vzduchu z meziprostoru. Jižní fasádu lze též plně otevřít. Do jižní strany zastřešení skleníku pak byly integrovány fotovoltaické panely (24ks, 4,2kWp) a do části jižní fasády termické kolektory na ohřev vody.

[112] Více o soutěži Solar Decathlon viz kapitola 6.



Obr. 4.101: Team Rhône-Alpes, Canopea, soutěžní dům Solar Decathlon Europe, Madrid, 2012 – www.sdeurope.org, foto: Martin Čeněk 2012

Na domě nebylo instalováno žádné venkovní stínění, ač sám tým jeho význam v dokumentaci k projektu uváděl. [113]

V současné době slouží dům LOW3 House jako laboratoř pro testování technologií přímo v barcelonském univerzitním kampusu. [114]

2. Projekt (e)co House, s nímž se stejný barcelonský tým zúčastnil ročníku 2012, se v soutěži umístil na 8 místě (z 18 týmů, kterým se podařilo své domy v soutěži zprovoznit a dosáhnout tak bodového hodnocení). I jeho koncept je založen na principu domu v domě, resp. domu ve skleníku. Oproti předchozímu byl upraven, zvětšen, tvarově pozměněn a rovněž koncept pojetí interiéru stavby dostal výrazných koncepčních úprav, kdy jednotlivé funkce pro bydlení byly rozděleny do nezávislých buněk, což znamenalo větší využití meziprostoru. Více o tomto projektu viz část 6.3 kapitoly 6.

Ve stejném ročníku evropské soutěže, tedy v Madridu na podzim roku 2012, zvítězil francouzský **Team Rhône-Alpes** (studenti univerzity ENSAG z Grenoblu) se svým konceptem nazvaným Canopea. I v tomto případě se v zásadě jednalo o dům v domě, resp. dům ve skleníku. Oproti předešlým projektům byl ale koncipovaný jako určitá vize pro městské prostředí – jednalo se o dvoupodlažní soběstačný modul, který by dle úvah autorů měl tvořit vrchol věžových bytových domů, tzv. „nanotowers“, které by zahustily urbanistickou strukturu města Grenoble.

Celá věž, a tedy i její horní část, kterou experimentální dům představoval, by měla centrální jádro a nezávislou „exostrukturu“ vnějšího pláště. Poslední podlaží (tedy patro představeného soutěžního domu) by sloužilo jako společný prostor a krytá zahrada – skleník. Projekt měl odkazovat na horní patro lesů, v němž mají stromy 80% olistění a kam dopadá 95% sluneční energie.

Dům je řešen jako dům ve skleníku, horní volné podlaží umožňuje efektivní provětrání. Svislé fasády vnější kůže jsou složeny ze skleněných žaluzií, kterými je možné regulovat přirozené větrání. Střešní část pláště je osazena fotovoltaickými panely. Lze tedy říct, že základem energetického řešení domu je pasivní strategie doplněná o integrované aktivní prvky. Druhá kůže je také zamýšlena jako akustická ochrana stavby v městském prostředí. [115]

[113] Tým ETSAV-UPC Barcelona. *Dokumentace projektu LOW 3* [PDF]

Poskytnuto přímo týmem ETSAV-UPC ve formátu PDF, 2012-02-10

[114] *Living Lab Low3* [online]. [cit. 2014-09-01].

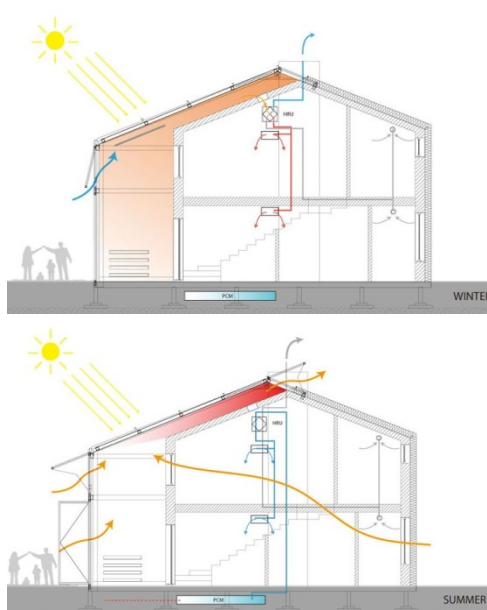
Dostupné z: <http://www.low3.upc.edu/>

[115] Team Rhône-Alpes, *Dokumentace projektu Canopea* [online]. [cit. 2012-02-11].

Dostupné z: <http://www.sdeurope.org/downloads/sde2012/>



Obr. 4.102: Tongji Team, Para Ecohouse, soutěžní dům Solar Decathlon Europe, Madrid, 2012, foto: Martin Čeněk 2012



Obr. 4.103: TU Delft, Prêt-à-loger, Home with a Skin, , soutěžní dům Solar Decathlon Europe, 2014, foto a schéma pro zimu (nahore) a léto - www.pretaloger.nl

Odlišný koncept, a to dům se stínící druhou kůží s integrovanou fotovoltaikou, v tomtéž ročníku evropské soutěže zvolil i čínský **Tongji Team** s návrhem Para Ecohouse. Skončil sice až na 11. místě, koncept byl přesto zajímavý použitím parametrického návrhu vnější stínící „kůže“ z 3d bambusových elementů, do nichž byla rovněž integrována zeleň.

V roce 2014, kdy se evropský Solar Decathlon přesunul do Versailles ve Francii, přišel s návrhem implementujícím koncept domu v domě tým Technické univerzity v Delftu (**TU Delft**) a nazvaným Prêt-à-loger – Home with a Skin.

Jednalo se o vizi, jak přistoupit k velmi rozšířeným a pro Nizozemsko typickým řadovým rodinným domům a zlepšit jejich vlastnosti, jak z hlediska energie, tak z hlediska uživatelského komfortu a plochy.

Principem je obalení existující stavby druhým pláštěm, skleníkem, do nějž mohou být integrovány též aktivní prvky. Tento skleník by zvětšoval užitnou plochu domu o jakousi zimní zahradu, současně by díky solárním ziskům snižoval náklady na vytápění. V letních měsících by se tato druhá kůže mohla plně otevřít, v hřebeni střechy by byl meziprostor komínovým efektem odvětráván. Současně by vyklopené panely fungovaly jako stínění. [116]

Z amerických soutěží se budeme podrobněji věnovat projektu AIR House, s nímž se úspěšně zúčastnil soutěže v roce 2013 Tým ČVUT pod vedením Fakulty architektury. Detailněji o něm pojednává část **6.2**. Jeho koncept byl založen právě na zde popsaných principech domu s druhou stínící kůží.

Města

I v současnosti vznikají více či méně utopické vize vytvoření umělého ochranného klimatu pro celá města, jak o tom v 60. a 70. letech uvažovali Richard Buckminster Fuller a Frei Otto.

Příkladem takového projektu je návrh na zastřešení části města Houston v Texasu v USA. Cílem návrhu „**DomeProject Houston**“ by mělo být ochránit město před extrémním počasím a jeho výkyvy, včetně silných bouří a hurikánů či extrémně vysokých teplot.

[116] Project. *Prêt-a-Loger*. [online]. [cit. 2014-09-24].
Dostupné z: <http://www.pretaloger.nl/project/>



Obr. 4.104: Discovery Channel, DomeProject Houston, 2010 – www.discovery.com



Obr. 4.105: Kupole nad Springfieldem, z filmu „The Simpsons Movie”, 2007 – simpsons.wikia.com

Úvaha o realizaci obří geodetické konstrukce s výplní z ETFE fólie se objevila v roce 2010 v pořadu „Mega Engineering“ na vlivném populárně vědeckém televizním kanále Discovery Channel [117]

Pro odlehčení ještě uvedeme, že zakrytí celého města obří bání – tentokráte skleněným poklopem – bylo i tématem kresleného filmu **The Simpsons Movie** z roku 2007 [118]. Důvodem mělo být, že město Springfield, v němž populární postavy rodiny Simpsonových žijí, je nejspínavějším městem a je třeba jej od okolí neprodyšně oddělit. Je radno poznamenat, že v kresleném filmu nakonec vše dopadne dobře, a město je zpod poklopu vysvobozeno.

Lze jen doufat, že tomu, aby nastaly takovéto důvody pro uzavření jakéhokoli sídla do „druhé kůže“, dokáže lidstvo zabránit.

Shrnutí

Příklady současných staveb pracujících s konceptem domu v domě ukazují, že ač se nejedná o princip rozšířený, rozhodně realizací přibývá a mnozí architekti se aktivně věnují jeho popularizaci prostřednictvím svých projektů.

Z popsaných příkladů plyne, že mezi drobnějšími stavbami je nejčastějším typem domu v domě varianta domu ve skleníku, který je často řešen jako jednoduchá průmyslová „prefabrikovaná“ (resp. přímo převzatá od výrobců zaměřených na zemědělské skleníky) a velmi ekonomická stavba. U větších staveb pak přibývá i odlišných, náročnějších řešení a příkladů použití principu s druhou stínící kůží.

Může to být náhoda, určitá subjektivní tendence autora k jistému typu estetiky, nicméně z předložených příkladů se zdá, že koncept je nejvíce rozšířený v evropských zemích s chladnějším podnebím, konkrétně v Dánsku, Holandsku a Švédsku, což jsou také země obecně s velmi kvalitní, ceněnou a široce publikovanou architekturou, ale také velmi významně ve Francii. Ostatně tyto země, spolu s architekty z Německa byly i historickými průkopníky konceptu od 70. let 20. století dále.

Příklady staveb se stínící kůží prokazují, že tento princip je pravděpodobně výhodnější pro teplejší klimatické podmínky, nebo prostě do situací, kdy solární energetické zisky nejsou žádoucí a pro stavbu a její uživatele je zásadní zamezit přehřívání objektu.

[117] Saving Houston with a Dome. Mega Engineering. TV. *Discovery Channel*. [online]. [cit. 2010-09-08]. Dostupné z: <http://www.discovery.com/tv-shows/other-shows/videos/mega-engineering-saving-houston-with-a-dome/>

[118] *The Simpsons Movie* [film], režie: Silverman D., USA, 2007

5. ANALÝZY MODELŮ

V předcházejících částech textu jsme se věnovali teoretickému pozadí konceptu domu v domě a popsali celou řadu příkladů staveb, které tento princip nějakým způsobem využívají.

Dvěma ze směrů, kterými se udržitelné stavby založené na této formě ubírají, jsou dům ve skleníku a dům se stínící druhou kůží. Jedná se o nejrozšířenější a z energetického hlediska nejvýznamnější přístupy k tomuto principu. Z příkladů, které byly popsány, by se mohlo zdát, že koncept bez větších problémů funguje téměř „vždy a všude“. Je tomu ale tak?

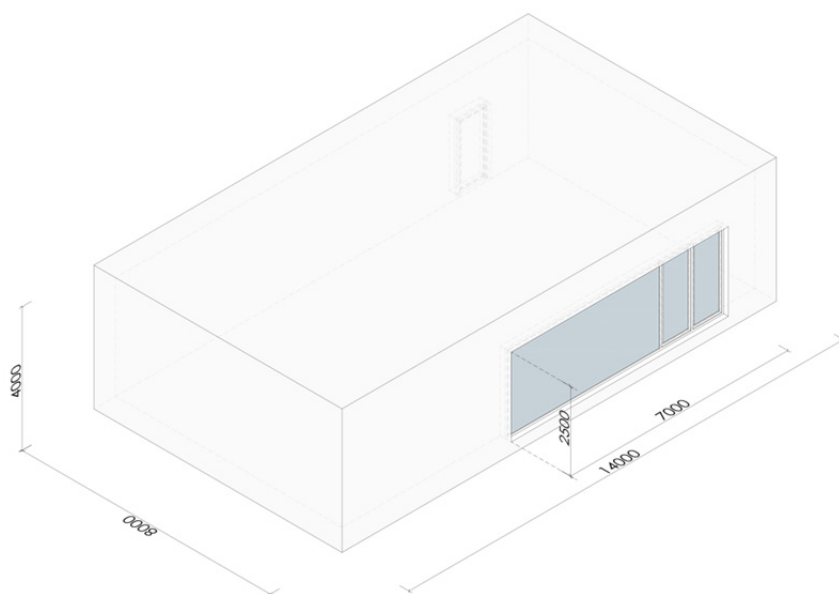
Jak prokázat, zda je koncept „domu v domě“ smysluplným a použitelným řešením?

Za tímto účelem byly zpracovány analýzy, které se pokouší vyhodnotit vliv a fungování vnější obálky („druhé kůže“) na vnitřní prostředí domu, a to ve dvou variantách: ve variantě domu se stínící druhou kůží a ve variantě domu se skleníkem, jehož posouzení je výrazně náročnější, zároveň ale také přináší zajímavější výsledky.

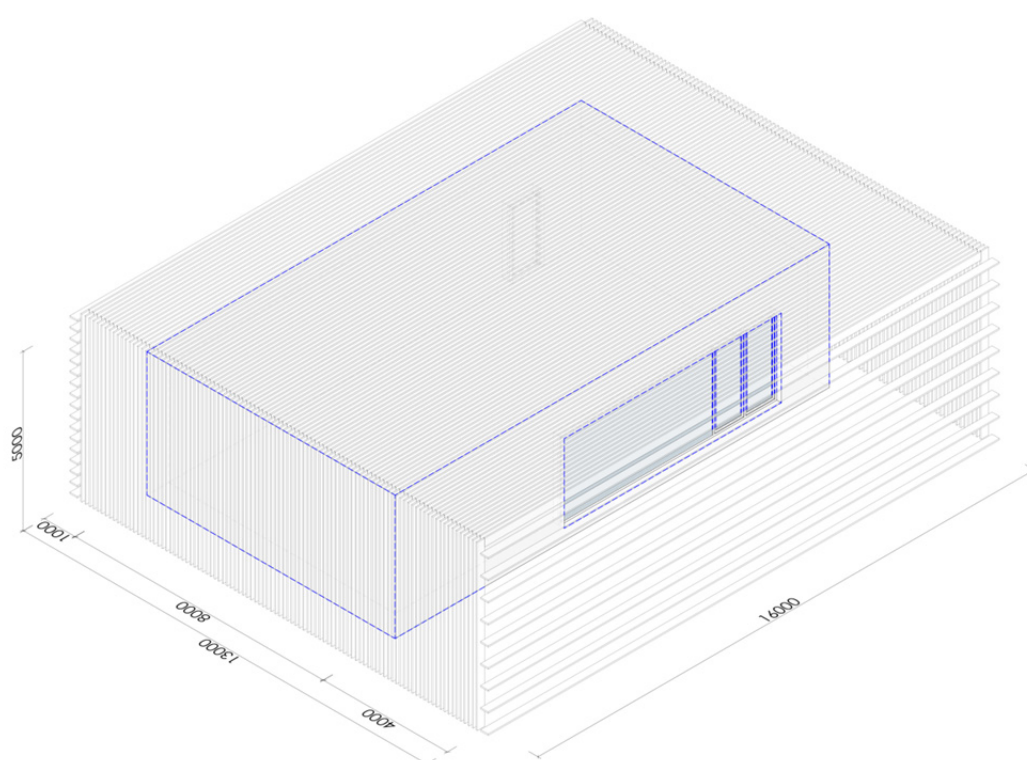
Proč se ale soustředit zejména na energetickou stránku věci? V úvodu bylo popsáno, že udržitelná architektura je velmi komplexní disciplína a energie či komfort vnitřního prostředí jsou jen některé z požadavků na ni. Přesto, jak dokazuje i řada příkladů realizovaných staveb a také případové studie soutěžních prototypů AIR House a (elco House ze soutěží Solar Decathlon, právě dobře vyřešená technická stránka stavby – v nejužším možném souladu se samotnou architekturou – je zcela zásadní pro dobrý výsledek. A jak bylo řečeno, integrální pojetí stavby a „dobrá“ architektura jsou základem pro udržitelné stavění.

Dosažení kvalitního vnitřního prostředí s vynaložením minima úsilí při provozu, s co nejmenší spotřebou energie a zdrojů, aniž by se toto řešení „oddělilo“ od architektonického návrhu (resp., velmi zjednodušeně řečeno – estetického pojetí formy stavby) je nezbytným předpokladem pro dobrý návrh udržitelné stavby. Z tohoto důvodu autor textu považuje za zásadní prověřit, zda koncept, kterým se rozhodl zabývat, může uživatelům nabídnout vhodné prostředí (tedy „vnitřní komfort“) s co nejmenšími nároky na energii a materiály.

Autor tohoto textu je architekt, nikoliv expert na vnitřní prostředí. Nebudeme se tedy v této části zabývat samotnými výpočty a grafy, které zobrazují jejich výsledky, ale spíše diskutujeme o jejich dopadech.



Obr. 5.1: Schematické vyobrazení výchozí modelované varianty (referenční, též „R“) – objekt bez druhé kůže (M.Č. 2014)



Obr. 5.2: Schematické vyobrazení modelované varianty pouze se stíněním lamelami (varianta „L“). Vnitřní objekt je shodný se srovnávací variantou, rozměry druhé kůže totožné se skleníkem (M.Č. 2014)

Analýzy byly zpracovány ve spolupráci s Kateřinou Sojkovou z Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze, která pro autora textu vypracovala výpočty a také příslušný poznámkový aparát [1], současně tyto výsledky použila také ve své disertační práci a příspěvcích na mezinárodních konferencích. [2]

Pro tyto analýzy byl vytvořen jednoduchý model hypotetického objektu pro bydlení ve 3 variantách

1. referenční, bez jakékoli druhé kůže, značena též „R“
2. dům s úplnou stínící druhou kůží z lamel, označen též „L“
3. dům ve skleníku, označen též „S“

a byly na základě diskuse architekta a technika určeny vstupní parametry a zjednodušení:

- analyzován bude jednoduchý objekt pro bydlení modelovaný jako prostá stavba ve formě kvádru, s plochou střechou, orientací delší stranou k jihu a s prosklením v této fasádě. Dále byly uvažovány vstupní dveře v severní fasádě;
- základní objekt má rozměry 14,0x8x4m, prosklení v jižní stěně má rozměry 7,0x2,5, dveře v severní stěně 1,0x2,1m. Okno i dveře mají shodné parametry;
- je uvažována jediná obytná místnost;
- jako výchozí klimatické podmínky byla zvolena klimatická data pro Prahu [3];
- vzdálenost druhé kůže byla u obou variant „domu v domě“ zvolena shodně, a to jižním směrem 4,0m od vlastního objektu, v ostatních směrech 1,0m od objektu;
- pro variantu s lamelovou stínící kůží byly navrženy lamely rozmístěné tak, aby zcela odclonily letní slunce;
- dále bylo uvažováno několik subvariant pro ověřování vlivu různých parametrů:
 - o těžká versus lehká konstrukce;
 - o užívání 3 osobami versus neobydlená stavba;
 - o nucené větrání versus přirozené větrání;

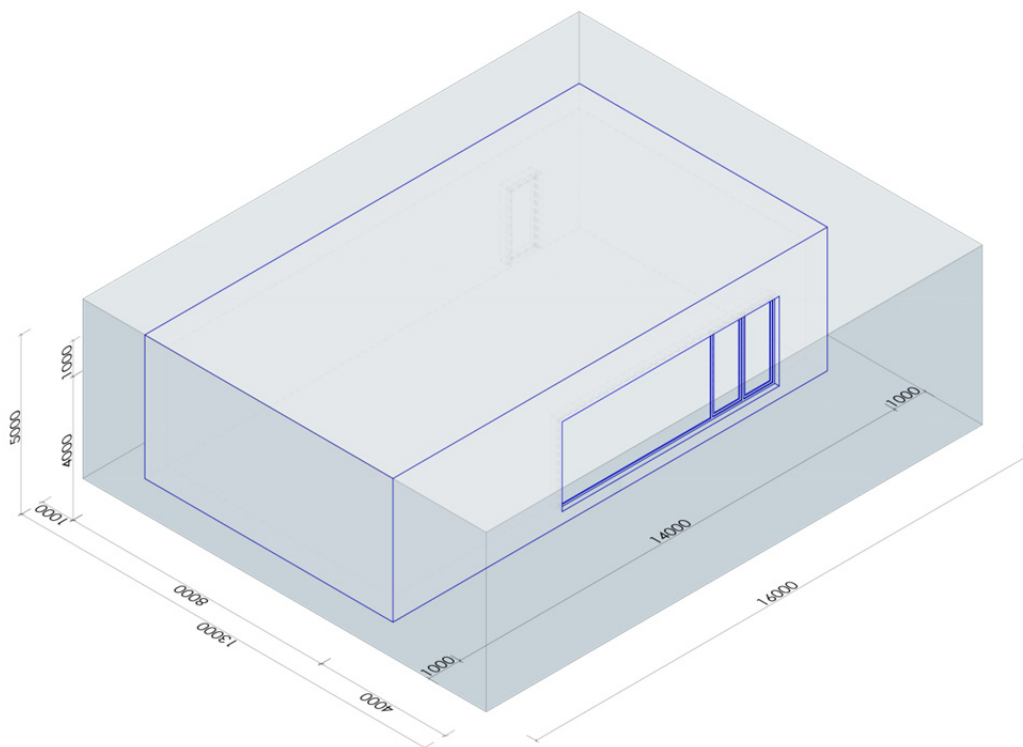
[1] Sojková, K., *Poznámky k analýzám projektu „Dům v domě – Martin Čeněk“*, 27/10/2014, nepublikovaná práce

[2] Sojková, K., *Variant Analyses of the Thermal Performance of Buildings and of the Influence of Individual Parameters: Research Focused on Energy Efficient Buildings = Hodnocení tepelného chování budov ve variantách a analýza vlivu jednotlivých parametrů: Se zaměřením na budovy s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění*, disertační práce, Praha: FSv ČVUT, 2015, str. 92–128

a
Sojková, K. House in a Glasshouse – Impact of the Glasshouse on Thermal Performance of the House Using a Lumped Parameter Model, In: *Proceedings of 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Building Physics of Sustainable Built Environment*, 14–17/06/2015, Turín, Itálie

[3] ČHMÚ, *Klimatická data Praha–Karlovy Vary 2010*

a
Meteonorm, *Průměrná klimatická data pro Prahu, průměrná teplota pro roky 1996–2005, sluneční záření pro roky 1981–2000*.



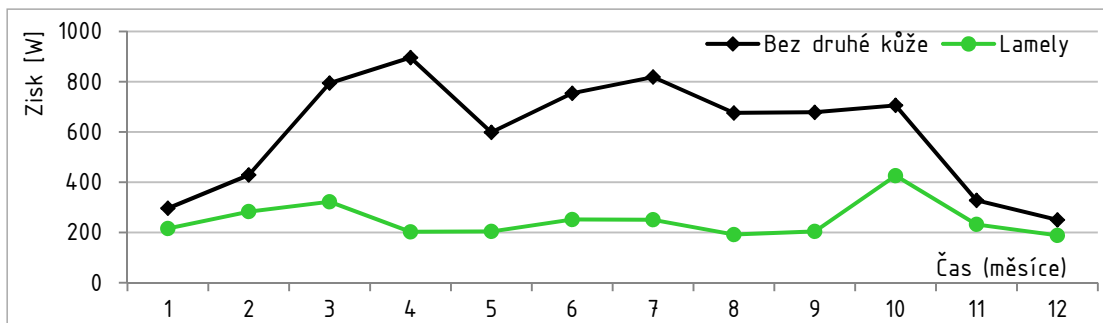
Obr. 5.3: Schematické vyobrazení modelované varianty se skleníkem (varianta „S“). Vnitřní objekt je shodný se srovnávací variantou (M.Č. 2014)

Parametr	Jednotka	Hodnota
Rozměry (vnější)	m	14,0x8,0x4,0
Objem vnitřního vzduchu	m ³	380,8
Podlahová plocha	m ²	97,09
Tepelná kapacita – lehká konstrukce	kJ/K	7,015
Tepelná kapacita – těžká konstrukce	kJ/K	24,083
Účinnost zpětného získávání tepla	%	70
Množství větraného vzduchu (na osobu / v době nepřítomnosti)	m ³ /(os.h ⁻¹)	25 / 0,1
Tepelný zisk na osobu (vzhůru / spící)	W	90 / 50
Součinitel prostupu tepla (neprůsvitné konstrukce / okna)	W/m ² K	
- standardní (výchozí)		0,2 / 0,9
- dobře zateplené		0,12 / 0,8
- málo zateplené (stěny/podlaha/střecha/okna)		0,3/0,24/0,45/1,5

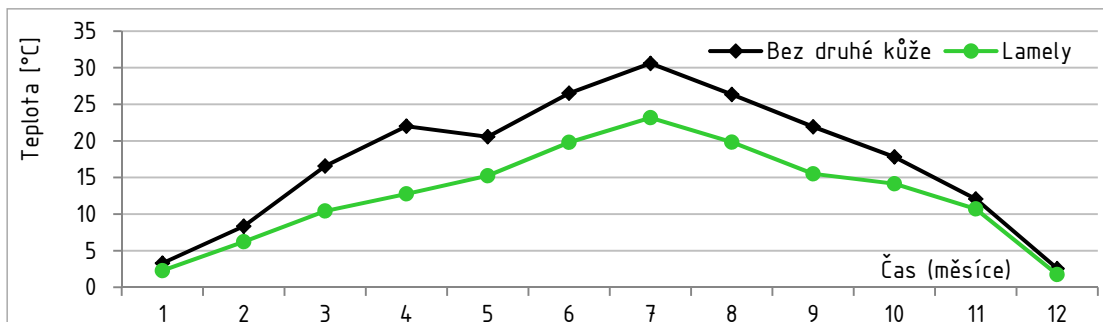
Tab. 5.1: Základní vstupní parametry pro analýzy – Martin Čeněk, Kateřina Sojková, 2014

- zateplení standardní (výchozí), dobře zateplená stavba (pasivní standard konstrukcí) a málo zateplená stavba (standard dle požadovaných hodnot ČSN);
- pro výpočty tepelné bilance byl zvolen zjednodušený model, varianta se stíněním byla podrobněji modelována [4];
- u varianty se skleníkem byly ověřovány subvarianty s různými parametry zasklení (hodnoty součinitele prostupu tepla, U, a hodnoty součinitele prostupu slunečního záření, g);
- byly zanedbány solární zisky neprůsvitnými konstrukcemi a sálání vůči obloze. V našich klimatických podmínkách se vliv těchto dvou jevů na stavby zhruba eliminuje, rozhodnutí neovlivňuje porovnatelnost výsledků.

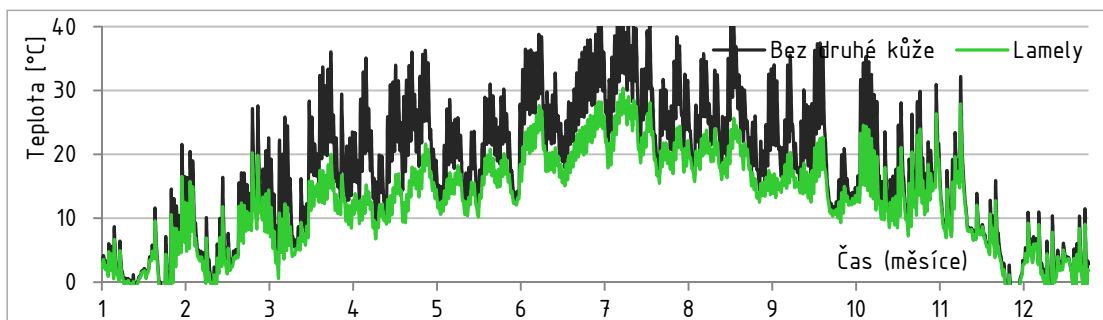
[4] Staněk, K., *3D model pro výpočet hodinových korekčních činitelů stínění vyvinutý v prostředí Matlab, využívající prostředí a moduly Google SketchUp*, verze únor 2013



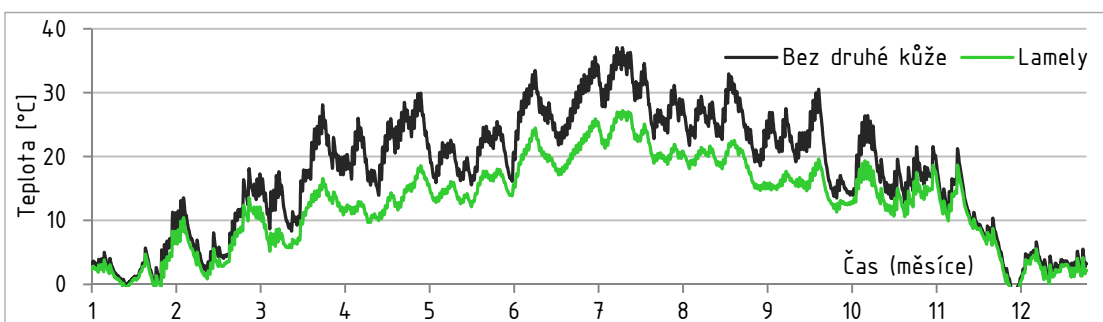
Graf. 5.1: Porovnání solárních zisků, referenční varianta versus stínění lamelami



Graf. 5.2: Porovnání vnitřních teplot, referenční varianta versus stínění lamelami (varianta lehká konstrukce, bez uživatelů, bez větrání – průběh je obdobný pro všechny varianty).



Graf. 5.3: Porovnání průběhu vnitřních teplot, referenční varianta versus stínění lamelami (varianta lehká konstrukce, bez uživatelů, bez větrání – průběh je obdobný pro všechny varianty lehké konstrukce).



Graf. 5.4: Porovnání průběhu vnitřních teplot, referenční varianta versus stínění lamelami (varianta těžká konstrukce, bez uživatelů, bez větrání – průběh je obdobný pro všechny varianty těžké konstrukce). Jasně patrné jsou menší denní výkyvy teplot.

5.1 Model domu se stínícími lamelami

Vliv stínění lamelami, které vnitřní dům obklopují ze všech stran, se v první řadě projevuje na velikosti solárních zisků – viz *Graf 5.1*. S těmi přímo souvisí vnitřní teplota a potřeba tepla. Průměrná měsíční vnitřní teplota je díky lamelám v letních měsících nižší o přibližně 5–7°C (platí u všech uvažovaných subvariant).

Výpočty ukázaly, že u lehké konstrukce vedou solární zisky k rychlému nárůstu vnitřní teploty, jelikož tento typ konstrukce nemá dostatečnou akumulaci schopnost. Lamely pak u lehké konstrukce snižují denní amplitudu teploty. Lamely tedy výrazně snižují potřebu energie na chlazení stavby. Bez použití stínění dochází u lehké konstrukce vlivem solárních zisků k rychlému a výraznému nárůstu vnitřní teploty, jelikož pro uložení nadměrných zisků není k dispozici akumulaci hmoty – viz *Graf 5.3*.

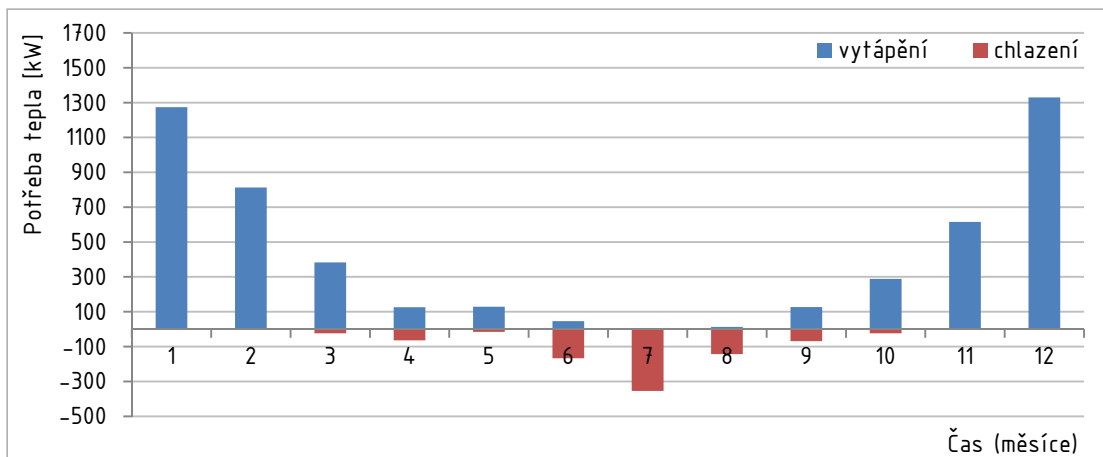
U těžké konstrukce jsou ale výkyvy teploty (amplituda) tlumeny již vlastní schopností akumulace těžké konstrukce, tudíž vliv druhé kůže na tlumení teplotních výkyvů je ve výsledku menší. Toto je patrné z *Grafu 5.4*.

Vzhledem k husté síti lamel ze všech stran objektu jsou však solární zisky nadměrně redukovány i v zimním období a v jarních a podzimních měsících, což vede ke zvýšení potřeby tepla na vytápění až o přibližně třetinu oproti nestíněné variantě (v závislosti na konkrétní variantě zateplení, způsobu užívání atd.). Druhá kůže tvořená lamelami ovlivňuje tepelnou bilanci na straně tepelných zisků (dochází k jejich výraznému snížení). Jejich redukce vede ke snížení vnitřní teploty v modelovaném objektu. Celkově, při započtení úspory energie na chlazení, vychází celkový nárůst potřeby tepla v rozmezí 4 – 17% v závislosti na uvažovaném provozu a dalších parametrech. Viz *Grafy 5.5 a 5.6*.

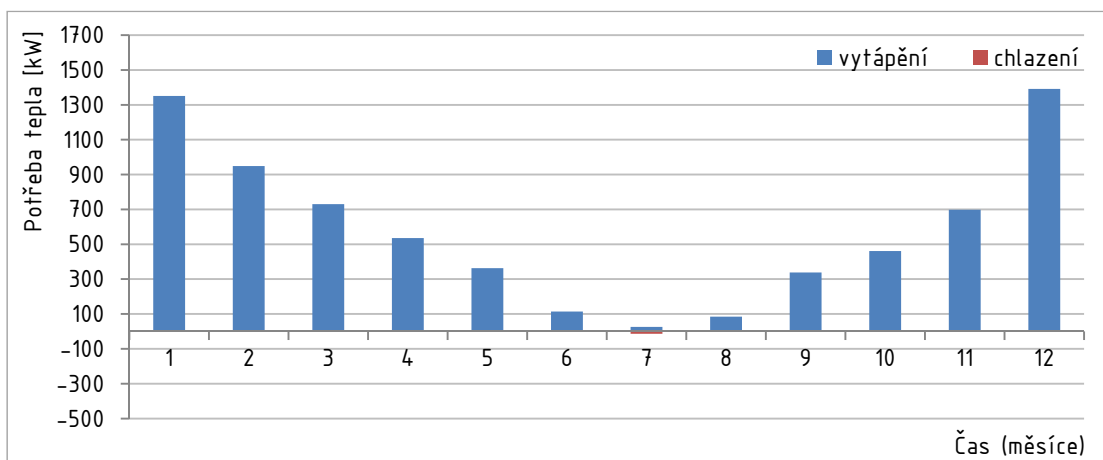
Tento problematický výsledek by bylo možné upravit optimalizací lamel a jejich rozložení na jednotlivých světových stranách, aby stavba nepřicházela o zimní tepelné zisky.

Výpočty byl ověřován také vliv míry zateplení vnitřního objektu na jeho chování s druhou stínící kůží. Ukázalo se, že přínos stínící druhé kůže pro tepelný komfort i potřebu tepla je významnější u lépe izolovaných modelových variant. Dle Kateřiny Sojkové [5] je to dáno zejména tím, že u málo izolovaných budov kompenzuje tepelná ztráta nadměrné solární zisky, zatímco u dobře zateplených budov je tato ztráta výrazně redukována a solární zisky jsou (při absenci stínění) udrženy v interiéru.

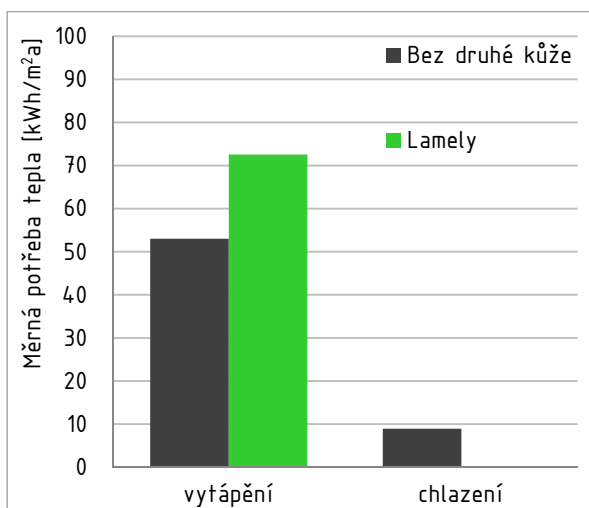
[5] (Sojková 2014)



Graf. 5.5: Vývoj potřeby tepla pro variantu bez druhé kůže.



Graf. 5.6: Vývoj potřeby tepla pro variantu s lamelami.



Graf. 5.7: Měrná potřeba tepla – porovnání referenční varianty a odpovídající varianty se stínící lamelovou kůží.

Stínění druhou kůží se tak zde projeví více, jelikož zabrání vstupu těchto zisků do interiéru, a tím i nežádoucímu nárůstu vnitřní teploty.

Lze konstatovat, že z pohledu celkové potřeby tepla je druhá stínící kůže výhodná výhradně u dobře izolovaných variant, zatímco u těch málo izolovaných je její použití velmi ztrátové kvůli výraznému negativnímu vlivu chybějících zisků v přechodných obdobích.

Vliv stínící druhé kůže narůstá s mírou zateplení vnitřního objektu.

Bez ohledu na míru tepelné izolace konstrukce by však již zmíněná optimalizace uspořádání lamel pomohla k tomu, aby nedocházelo k redukci žádoucích solárních zisků v zimě a v přechodných obdobích.

Jedním z faktorů, které výrazně ovlivňují energetickou bilanci, jsou klimatická data. U varianty s lamelovou druhou kůží poroste její význam se zvyšujícím se slunečním zářením. Lze tedy konstatovat, že toto řešení by mělo být výhodné do teplejšího klimatu s vyšší intenzitou slunečního záření, což odpovídá např. již uvedenému příkladu stavby knihovny ve Francouzské Guyaně od RH+ Architectes – viz *Obr.4.88* nebo zvolenému řešení projektu AIR House (pro podmínky jižní Kalifornie).

V podmínkách s dlouhotrvajícími vysokými teplotami by navíc již nebylo možné opomíjet solární zisk neprůsvitnými konstrukcemi, který by byl již významný a lamelami též výrazně ovlivněný.

Pro prostředí s ještě nižší intenzitou slunečního záření než je to uvažované (tj. Praha), bude toto řešení bez větších úprav rozvržení lamel ovšem ještě výrazněji nevýhodné.

5.2 Model domu ve skleníku

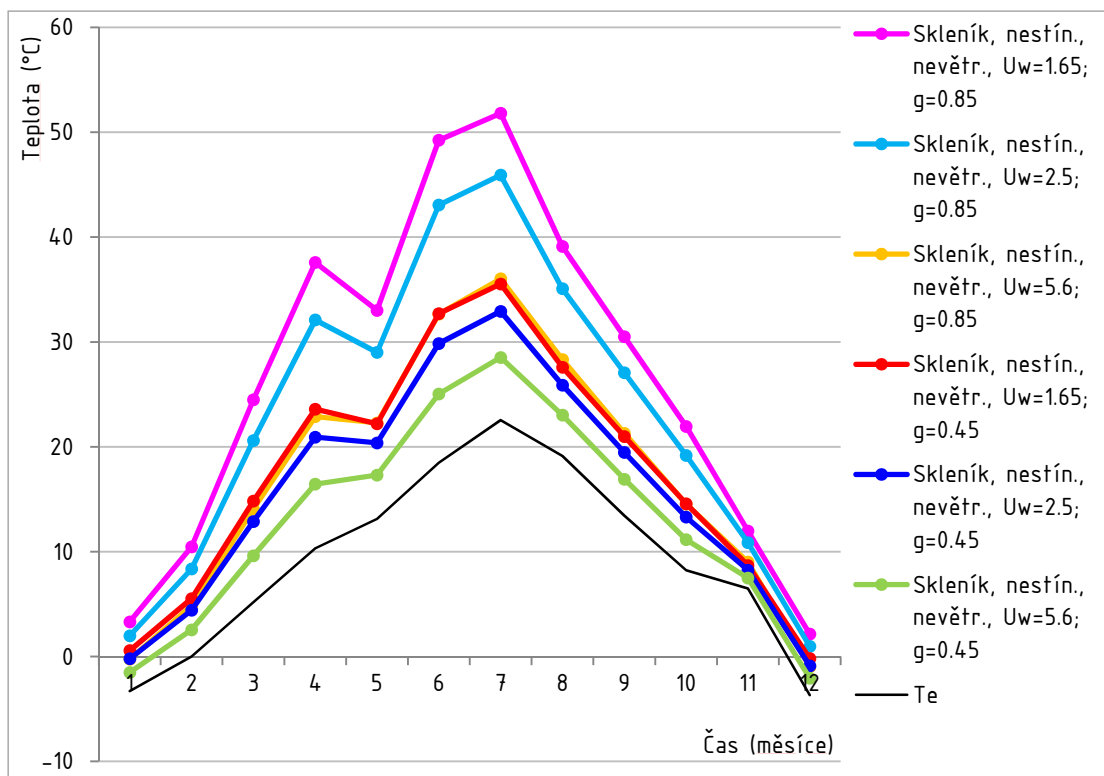
Dům ve skleníku je výrazně náročnější na posuzování. S použitým modelem byly simulace řešeny ve dvou krocích. Nejprve byl posuzován samotný skleník, tj. zkoumáno vnitřní prostředí v něm – budoucí meziprostor. Ve druhém kroku pak byl posuzován vnitřní objekt umístěný ve skleníku, kdy meziprostor nahrazoval exteriér. Byly použity korekce upravující přístup slunečního záření skleníkem. Pro větrání se uvažovalo jak s variantou větrání do skleníku, tak s variantou větrání do vnějšího prostředí.

Z uvedeného zjednodušení je zřejmé, že nebyl uvažován – mimo jiné – zpětný vliv vnitřní stavby na podmínky ve skleníku.

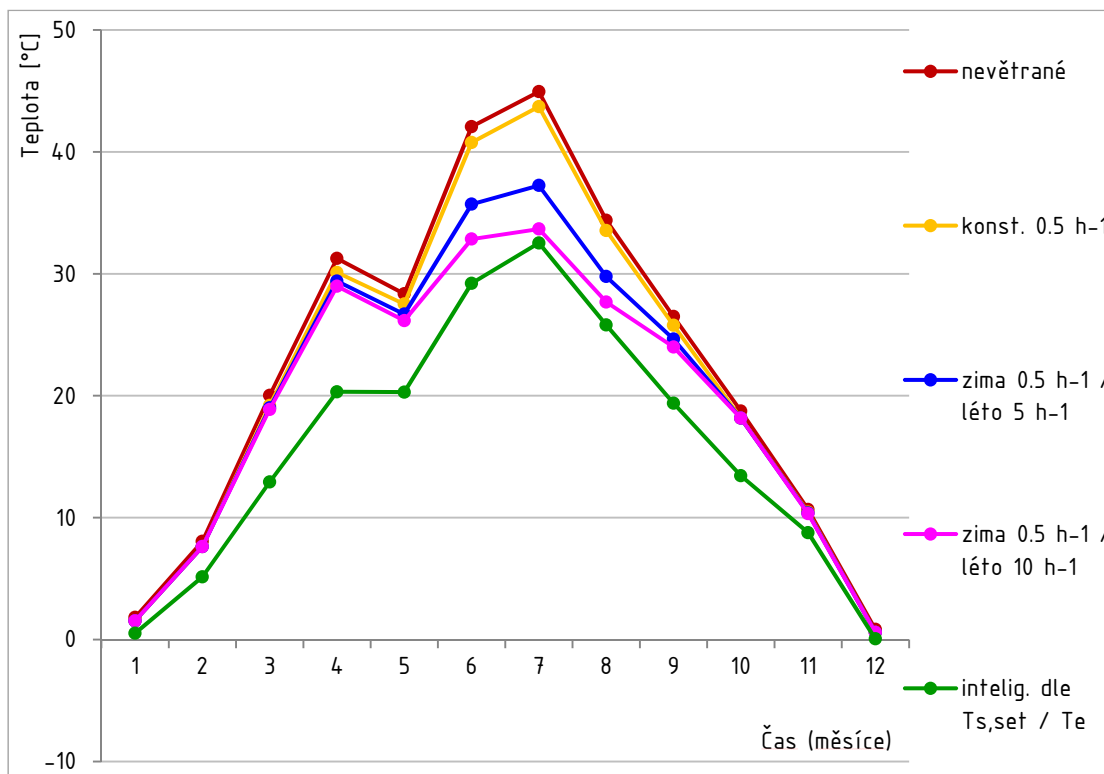
Skleník

Pro druhou kůži typu „skleník“ bylo uvažováno s různými režimy stínění a větrání. Byly modelovány následující subvarianty:

- stínění:
 - o nestíněno
 - o stíněno dle G_h (kde G_h je dopadající sluneční záření na rovinu s danou orientací a sklonem): je-li intenzita dopadajícího záření $>300\text{W/m}^2$, pak se prostupující záření redukuje na 10%
 - o stíněno dle G_h a T_s (kde T_s je teplota ve skleníku): je-li intenzita dopadajícího záření $>300\text{W/m}^2$, a zároveň venkovní teplota překročí hodnotu $T = 20^\circ\text{C}$, pak se prostupující záření redukuje na 10%
 - o stíněno dle $G_h^{300/150}$ a T_s : je-li intenzita dopadajícího záření $>150\text{W/m}^2$, a zároveň venkovní teplota překročí hodnotu $T = 17^\circ\text{C}$, redukuje se energie na 50%, je-li intenzita dopadajícího záření $>150\text{W/m}^2$ a venkovní teplota překročí 20°C , redukuje se energie na 10%, je-li intenzita dopadajícího záření $>300\text{W/m}^2$, redukuje se prostupující energie na 10%
- větrání:
 - o nevětráno, pouze infiltrace $n_{50} = 1,5\text{h}^{-1}$, $e=0,01$, $f=20$
 - o konstantní $0,5\text{h}^{-1}$
 - o zima $0,5\text{h}^{-1}$, léto 5h^{-1} , kde léto je venkovní teplota $>20^\circ\text{C}$
 - o zima $0,5\text{h}^{-1}$, léto 10h^{-1} , kde léto je venkovní teplota $>20^\circ\text{C}$
 - o inteligentní dle teploty, je-li teplota ve skleníku $T_s > 20^\circ\text{C}$ a zároveň je $T_e < T_s$, pak větrání 10h^{-1} , jinak $0,5\text{h}^{-1}$



Graf 5.8: Průměrná měsíční vnitřní teplota ve skleníku (v meziprostoru) v závislosti na použitém materiálu skleníku.



Graf 5.9: Vliv větrání na průběh teploty ve skleníku (v meziprostoru). Nestíněné varianty.

Pro modelování skleníku pak byla zásadní volba materiálu, z něž je vyroben. Aby mohly být porovnány vlivy různého zasklení, bylo modelováno několik variant s parametry jak reálného zasklení, tak se smyšlenými hodnotami, které se odlišovaly kombinací součinitele prostupu tepla (U) a prostupu slunečního záření (g). Obě tyto veličiny mají výrazný vliv na chování druhé kůže a následný průběh teplot v prostoru uvnitř skleníku.

Konkrétně byly voleny následující hodnoty:

- $U_w = 5,6\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,85$ (jednoduché zasklení);
- $U_w = 5,6\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,45$ (jednoduché zasklení s pokovením);
- $U_w = 2,5\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,85$ (např. jednocomůrkové čiré plexisklo);
- $U_w = 2,5\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,45$ (jednocomůrkové plexisklo s povrchovou úpravou, pokovením);
- $U_w = 1,65\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,85$ (dvoucomůrkový čirý polykarbonát - makrolon);
- $U_w = 1,65\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,45$ (dvoucomůrkový polykarbonát s povrchovou úpravou).

Porovnání vlivu použitého materiálu na teplotu je znázorněno v *Grafu 5.8*. Z grafu vyplývá několik zajímavých poznatků o zasklení skleníku. Především, že zasklení s velmi vysokým U (součinitelem prostupu tepla) a nízkým g (součinitelem prostupu slunečního záření) dosahuje velmi podobných výsledků jako zasklení s nízkým U a naopak vysokým g . Vysoké ztráty tak do jisté míry kompenzují vysoké zisky.

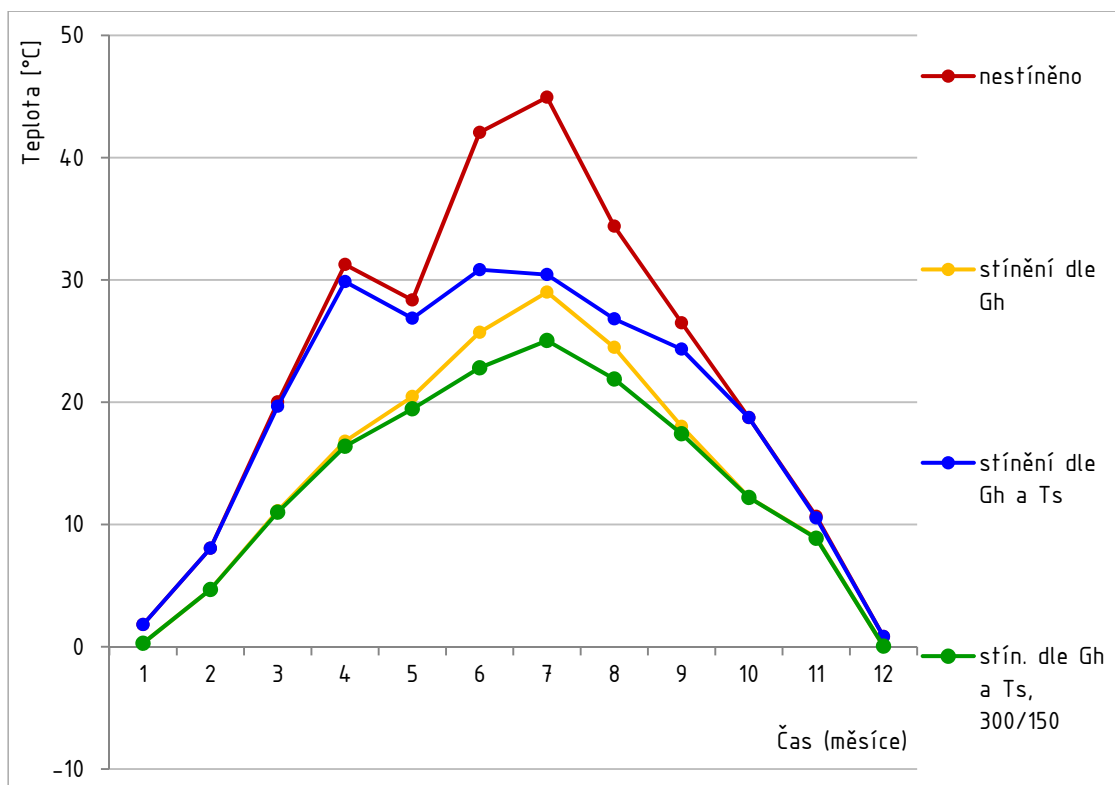
Současně je důležité si na výsledcích všimnout, že materiálové varianty, které jsou výhodné v zimě, se nejeví jako vhodné pro letní období a naopak. Jako nejvhodnější (za předpokladu, že shodný materiál tvoří skleník celoročně) se tak jeví zasklení se spíše průměrnými hodnotami. Veškeré další posuzování bylo již řešeno výhradně se dvěma variantami:

- $U_w = 5,6\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,45$ (jednoduché zasklení s pokovením);
- $U_w = 2,5\text{W/m}^2\text{K}$ / $g = 0,82$ (jednocomůrkové čiré plexisklo, konkrétní výrobek [6]);

Dalším významným krokem bylo posouzení vlivu různých způsobů větrání na teplotu ve skleníku – viz *Graf 5.9*. Empirická úvaha ohledně možného chování skleníku implikovala, že vhodnou strategií by mělo být dosažení co nejvyšších teplot ve skleníku v zimě (případné přehřívání lze vyřešit snadno přirozeným větráním), zatímco v létě snaha co nejvíce se přiblížit venkovní teplotě (neboť se nezdá pravděpodobné, že by bez dalších opatření bylo možné v letním období teplotu ve skleníku dostat pod úroveň venkovní teploty).

V zimě se jako nejvýhodnější tedy ve výsledku jeví varianty, kdy skleník není nijak větrán (tj. pouze infiltrace) a není nutné ani stínění. Případně rovněž za použití čirého zasklení funguje s nevětranou variantou stínění dle G_n a T_s .

[6] Technický list Plexiglass Alltop SDP 16, Zenit. *Polykarbonátové desky*. [online]. [cit.2014-09-05]. Dostupné z: http://www.polykarbonatove-desky.cz/public/media/komurkove_plexisklo/technicky-listplexiglas-sp-komurkove-plexisklo.pdf



Graf 5.10: Vliv stínění na průběh teploty ve skleníku (v meziprostoru). Nevětrané varianty.

Pro optimální letní fungování jsou vhodné varianty se sofistikovanějším a intenzivnějším větráním. Současně lepší režimy větrání snižují význam vlivu různého typu zasklení.

U varianty s nejsofistikovanějším stíněním i větráním je letní nežádoucí nárůst teploty značně omezen a teplota ve skleníku v letních měsících je velmi blízká venkovní teplotě. Režim regulace skleníku je tedy do jisté míry schopen kompenzovat nevhodně zvolené zasklení.

Při použití inteligentního režimu stínění či stínění dle G_h a T_s v zimním období prakticky k jeho aktivaci nedochází, jelikož pro něj nevznikají podmínky. V letním období je pak díky regulaci stínění možné snížit teplotu ve skleníku velmi výrazně, vliv zasklení hraje jen malou roli.

Nejvýhodnější kombinací pro letní období je tedy inteligentní větrání dle teploty doplněné o stínění dle $G_h^{300/150}$ a T_s .

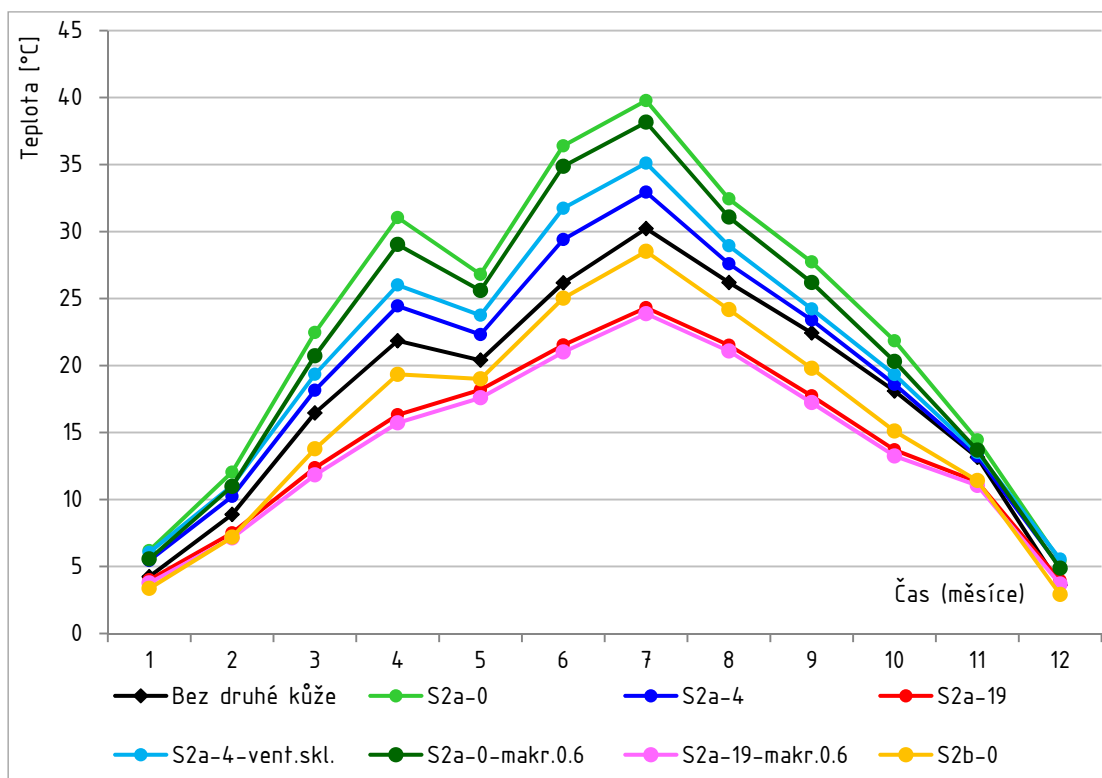
U nestíněného a nevětraného skleníku se vnitřní teplota během zimního slunečného dne poměrně výrazně zvyšuje, během zatažených dnů je však nárůst jen zcela minimální. Na průměrné měsíční teplotě v nejchladnějších zimních měsících se jedná o nárůst cca. 2 – 3°C. Otázka je, zda se tento nárůst může skutečně projevit na výsledné bilanci stavby jako celku, jelikož skleník (v závislosti na použitém materiálu) současně redukuje množství sluneční energie dopadající na samotný vnitřní dům.

Závěrem lze pro skleník konstatovat, že pro rozumné fungování je třeba v zimním a letním období volit odlišné režimy jak větrání, tak stínění.

Označení varianty	Řešení skleníku (S1)	Parametry zasklení	Redukce slunečního záření	Řešení vnitřní stavby (S2)
a-0	skleník nestíněn, nevětrán	$U_w = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g = 0,82$	0,9	větrání do exteriéru
a-4	skleník nestíněn, větrání inteligentní dle teploty			
a-19	stínění dle $G_h^{300/150}$ a T_s větrání inteligentní dle teploty			
a-4-vent.skl.	jako a-4		0,6	větrání do skleníku
a-0-makr. 0,6	jako a-0			
a-19-makr. 0,6	jako a-19			
b-0	jako a-0	$U_w = 5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g = 0,45$	0,9	větrání do exteriéru

Tab. 5.2: Vybrané varianty, pro které byl modelován vnitřní dům ve skleníku.

Pozn.: Číslování variant v označení vychází z předchozího posuzování variant skleníku, které byly značeny 1 – 19 podle kombinace větrání a stínění, přičemž „a“ značilo čiré zasklení, „b“ pokovené zasklení.



Graf 5.11: Průměrné vnitřní teploty v domě ve skleníku (S2) v závislosti na variantě skleníku, v porovnání s referenčním domem (var. lehká konstrukce, 3 uživatelé, přirozené větrání).

Vnitřní stavba ve skleníku

Samotný vnitřní dům (v grafech značen S2) umístěný ve skleníku byl posuzován již jen pro několik vybraných variant řešení skleníku. Hlavní důraz byl kladen na pochopení vlivu různých režimů větrání a stínění.

Jak bylo již konstatováno, regulace skleníku (tedy meziprostoru), která je pro stavbu ve skleníku výhodná v zimě, nemusí být výhodná i v létě. Obecně je tedy vhodné předpokládat, že režim stínění a větrání skleníku lze regulovat odlišně v průběhu roku, v závislosti na okrajových podmínkách. To je požadavek, který je z technického a architektonického hlediska bez problému splnitelný. Analýza proto byla rozdělena na posuzování v zimním období a v letním období zvlášť.

Vnitřní dům byl posuzován pro vybrané varianty větrání, stínění a materiálu skleníku, které se z předchozích simulací jeví jako potenciálně nejvýhodnější. Rovněž byly uvažovány různé možnosti větrání vnitřního domu (zda do exteriéru, či do meziprostoru). Jejich označení (použité v grafech) a základní charakteristiky jsou shrnuty v tabulce *Tab. 5.2*.

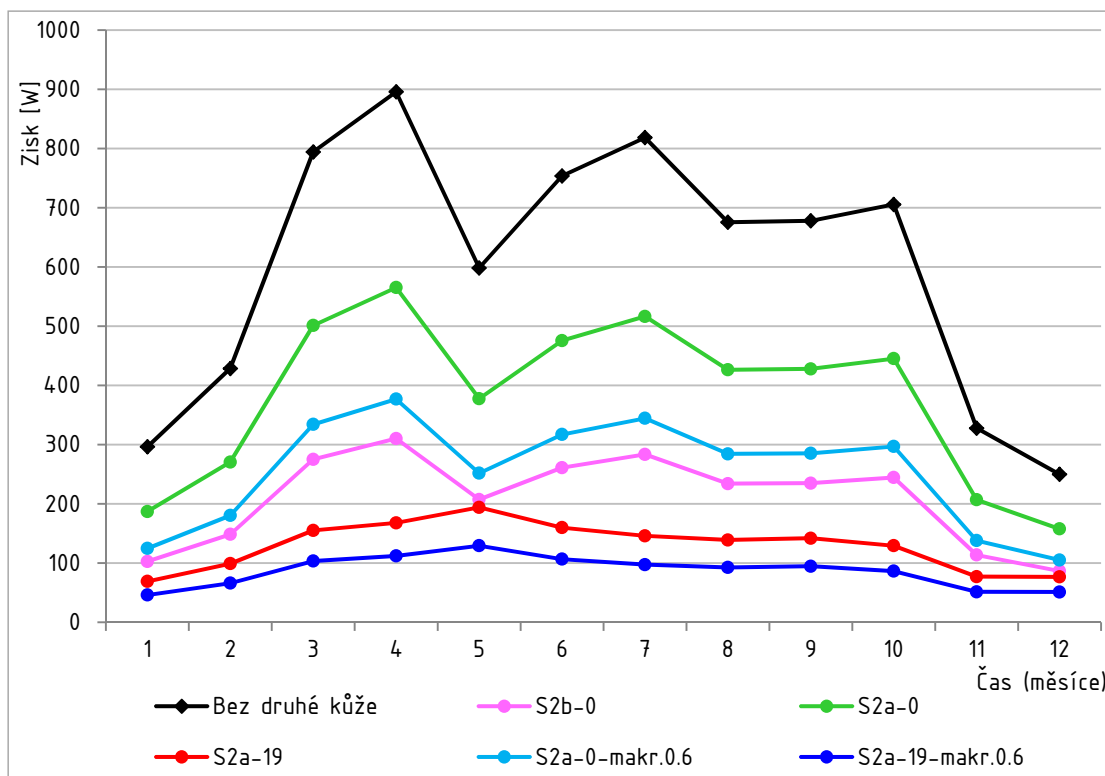
Skleník, resp. jeho materiálové provedení, ovlivňuje dva faktory, které mají následně dopad na výslednou energetickou bilanci vnitřního domu.

Prvním faktorem je teplota v meziprostoru, tj. v okolí vnitřní stavby, která vlivem skleníku obecně vzrůstá (*Graf 5.11*), což vede ke snížení tepelných ztrát budovy prostupem. Tento vliv je z pohledu zimního období pozitivní, v letním období je ale zvyšování teploty v okolí domu nežádoucí.

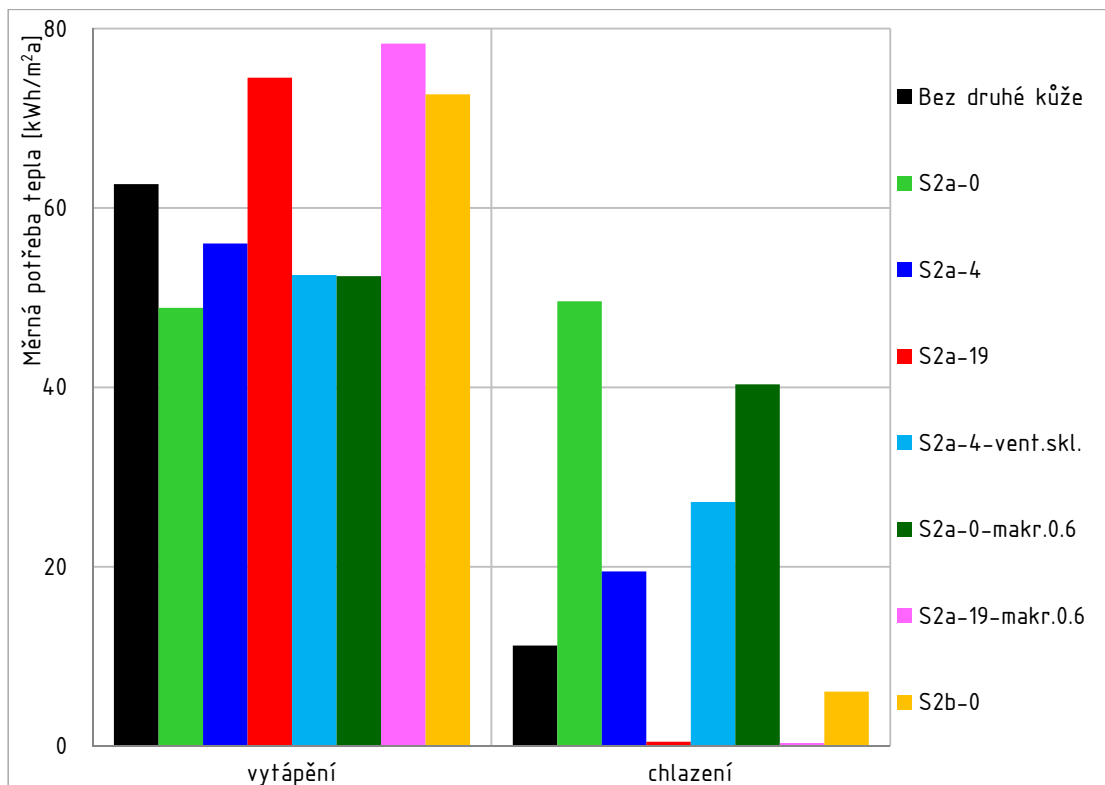
Druhým faktorem, který je ovlivněn skleníkem, je množství slunečního záření, které dopadá na vnitřní objekt. Toto záření je obálkou skleníku jednak redukováno, což je dáno solární energetickou propustností zasklení skleníku, stíněním skleníku a poměrem zasklení vůči celkové ploše obálky skleníku, navíc je ale i změněn poměr jednotlivých složek záření. Část přímé složky záření je rozptýlena na difuzní a část energie, která projde pláštěm skleníku, je potom ve formě vyzářeného tepla. Pro dům ve skleníku je tedy k dispozici menší množství energie ze slunce než pro dům bez druhé kůže (*Graf 5.12*)

Redukce slunečního záření byla zohledněna pomocí korekce. Tato korekce byla uvažována dvěma hodnotami: 0,9 (projde 90% slunečního záření) a 0,6 (projde jen 60% slunečního záření). Volba těchto hodnot vycházela z odborného názoru konzultantky, Kateřiny Sojkové [?].

[?] (Sojková 2014)



Graf 5.12: Celkové množství energie dostupné pro dům ve skleníku (S2) – referenční varianta (tj. situace bez skleníku) versus různá řešení domu ve skleníku.



Graf 5.13: Měrná potřeba tepla na vytápění a chlazení pro ověřované varianty vnitřního domu (S2) ve skleníku pro variantu s lehkou stavbou uvnitř (pro těžkou stavbu je struktura obdobná).

Zima

Výsledky simulací ukazují, že z hlediska výsledné potřeby energie na vytápění (*Graf 5.13*) je v zimním období nejvýhodnější varianta domu ve skleníku, kdy skleník není nijak stíněn, ani větrán (v grafech varianta „a-0“, resp. „S2-a0“). V takovéto konfiguraci dochází v zimě díky skleníku ke snížení potřeby tepla na vytápění o 22–25% oproti referenční variantě bez skleníku.

Pokud je použito inteligentní větrání (varianta značená „a-4“, resp. „S2-a4“), které má za cíl udržovat teplotu ve skleníku, aby nepřekročila 20°C (což byl údaj, který si autoři analýz stanovili zcela arbitrárně, reálně by jistě bylo možné uvažovat i s vyšší teplotou jako komfortní), pak je řešení domu ve skleníku úspornější oproti referenčnímu stavu o zhruba 11%. V případě, že je uvažováno větrání vnitřního objektu do skleníku a nikoliv do exteriéru, dochází k dalšímu snížení o cca. 5%. Otázkou ale je, zda by bylo možné při takovém řešení (tj. kdy vnitřní objekt je větrán pouze z meziprostoru skleníku, nikoli přímo z exteriéru) zajistit vždy takovou výměnu vzduchu ve skleníku, aby ve vnitřním objektu byl skutečně čerstvý vzduch.

Stínění skleníku v zimě je dle výsledků analýz jednoznačně nevýhodné (tj. zbytečné), potřeba tepla na vytápění, pokud by se v zimě skleník stínil, vzrůstá až o 26% oproti stavbě bez skleníku.

Léto a přechodná období

Jak již bylo uvedeno, pro letní (i přechodná) období je výhodné odlišné řešení domu ve skleníku.

Čistě z pohledu průměrné vnitřní teploty ve vnitřním domě se pro letní období jeví jako nejvhodnější ty varianty skleníku, které kombinují stínění v režimu $G^{300/150}$ dle G_h a T_s (tj. stínění schopné redukovat vstupující sluneční energii na 50% nebo 10% podle toho, jaká je intenzita záření a současně v závislosti na teplotě) a inteligentní režim větrání (varianty značené jako „a-19“, resp. „S2-a19“, případně též „a-19-makr. 0,6“). Rovněž u varianty s pokoveným zasklením jsou výsledné teploty nižší než v případě domu bez skleníku. Varianta skleníku s pokovením nicméně není výhodná, jelikož je nefunkční v zimním období a lze předpokládat, že materiál zasklení by nebylo mezi zimou a létem možné měnit. Vhodnější je proto orientovat se na řešení problematiky pomocí režimů stínění a větrání.

Pro uvedené inteligentní režimy stínění a větrání se teploty ve vnitřním objektu drží i v létě v průměru pod 30°C a měrná potřeba tepla na chlazení je nižší, než u referenční varianty, tedy domu bez druhé kůže – viz pravá polovina *Grafu 5.13*.

Závěr

Je třeba si především uvědomit, že dva typy „domu v domě“, které jsme posuzovali, fungují každý na odlišném principu.

Stínící (lamelová) druhá kůže „pouze“ stíní, tj. redukuje energetické zisky. Aby takové řešení skutečně fungovalo celoročně v našich podmínkách, je nutné věnovat pozornost návrhu vhodné geometrie stínících prvků tvořících druhou kůži, aby stínily skutečně jen tehdy, kdy jsou solární zisky nežádoucí. Pokud je uspořádání navrženo nevhodně (tedy např. tak, jak to bylo záměrně provedeno u zde analyzovaného modelu), dochází v našich podmínkách ke zvýšení potřeby energie na vytápění. Pro zeměpisné oblasti s větším množstvím slunečního záření a teplotami bude pozitivní efekt stínící druhé kůže významnější.

V podmínkách s extrémními a dlouhotrvajícími vysokými teplotami by bylo vhodné zahrnout do bilance i solární zisk neprůsvitnými konstrukcemi, neboť v takovém případě by již mohl být významný.

Provedené analýzy prokázaly, že efekt stínící druhé kůže tvořené lamelami se v našem prostředí zvyšuje pro lépe izolované vnitřní objekty. U velmi dobře izolované stavby se tak stínící druhá kůže stává výhodnou (resp. přestává být nevýhodnou) i z pohledu celkové potřeby tepla, jelikož při nižších tepelných ztrátách postačuje menší množství solárních zisků i v zimním období, tyto zisky jsou lépe stavbou „zadrženy“.

Fungování domu ve skleníku je komplikovanější. Skleník zvyšuje teplotu v okolí vnitřního objektu, tedy v meziprostoru, a tím snižuje jeho tepelné ztráty. Současně ale ovlivňuje množství slunečního záření, které na vnitřní stavbu dopadá, čímž redukuje solární zisky (a tedy množství energie) pro tento vnitřní dům.

V letním a přechodném období skleník jednoznačně způsobuje přehřívání, které by zapříčiňovalo značný diskomfort uživatelů, pokud není účinně redukováno za pomoci větrání a stínění.

Analýzy prokázaly, že pro dům ve skleníku je nezbytné uvažovat odlišný režim provozu objektu v zimním a letním (a přechodném) období. Při zohlednění popsaných požadavků na tyto režimy lze v zimním období díky skleníku dosáhnout – v našich klimatických podmínkách – snížení potřeby energie na vytápění až o 25%.

V letním období pak funkčnost řešení závisí na regulaci větrání a stínění meziprostoru, přičemž je samozřejmě otázkou, zda teoretické předpoklady, s nimiž jsme zde kalkulovali, jsou realizovatelné. Za předpokladu, že ano, pak je dům ve skleníku použitelným řešením.

Zůstává otázkou, zda náročnost řešení stínění a větrání pro letní období není příliš vysoká a zbytečně by stavbu nekomplikovala a neprodražovala. Na základě příkladů staveb, jimiž jsme se zabývali, se ale jeví jako celkem opodstatněné konstatování, že tomu tak není a stavbu je možno vyřešit tak, aby byla funkční i ekonomicky zajímavá. Cena technických opatření může být navíc vyvážena ziskem přechodového prostoru ve skleníku.

Na základě výsledků provedených analýz lze ještě, ve vztahu k návrhu domu ve skleníku, konstatovat, že použití takového druhé kůže bude pravděpodobně nejvýhodnější v oblastech s nižšími teplotami, ale dostatečným slunečním zářením během chladnějších období. Tomuto odpovídají zejm. podmínky severovýchodních zemí, v nichž je také tento typ staveb zřejmě nejrozšířenější. Prostor skleníku i vnitřní prostředí samotného domu by v takovém klimatu byly ohroženy letním přehříváním v daleko menší míře. Vyšší by byl také komfort i celoroční využitelnost prostoru skleníku, coby rozšíření obytného prostoru.



Obr. 6.1 (vlevo): Tým ČVUT (Team CTU), AIR House, Solar Decathlon 2013, Orange County Great Park, Irvine, Kalifornie – foto: Martin Čeněk, 2013

Obr. 6.2 (vpravo): Tým ETSAV-UPC, (e)co House, Solar Decathlon Europe 2012, Madrid – foto: Martin Čeněk, 2012

6. PŘÍPADOVÉ STUDIE

Tato kapitola se bude věnovat podrobnější analýze a vyhodnocení dvou experimentálních staveb. Pro tyto stavby je k dispozici větší množství dat, a to jak ze simulací a výpočtů z návrhové fáze, tak i empirických poznatků z jejich skutečného provozu, a autorova vlastní osobní zkušenost s nimi. Cílem této části je demonstrovat, jak se dvě hlavní varianty „domu v domě“ skutečně chovají v různých podmínkách.

Na příkladu již zmiňovaného soutěžního prototypu „AIR House“, s nímž se studenti ČVUT pod vedením Fakulty architektury úspěšně zúčastnili mezinárodní soutěže U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013, která se konala v říjnu 2013 v jihokaliifornském Irvine, bude demonstrováno řešení, jež bylo zvoleno do podmínek s poměrně vysokými venkovními teplotami a velkou intenzitou slunečního záření. Jedná se o řešení, u něž vnější (druhá) kůže má především funkci stínící (též stavbu chrání před větrem), nenabízí ale žádné pasivní solární zisky. I u této varianty však je možné do druhé kůže integrovat nejrůznější technologie – v případě domu AIR House to byly fotovoltaické panely i fototermitické kolektory.

Jelikož AIR House byl ale současně uvažován i do mírných klimatických podmínek České republiky, jsou k dispozici i výpočty pro toto umístění. Porovnáním obou variant umístění lze dobře sledovat, jak zásadní je vliv venkovní teploty a hlavně slunečního záření na fungování tohoto konceptu.

Naopak na příkladu soutěžního domu „(e)co House“ studentů z univerzity ETSAV-UPC v Barceloně, který se zúčastnil soutěže Solar Decathlon Europe 2012 v Madridu, můžeme sledovat očekávané chování stavby, jejíž druhou kůži tvoří transparentní obálka, a to v klimatických podmínkách jižní Evropy, resp. centrálního Španělska. (e)co House byl koncipován jako velmi jednoduchý dům komponovaný z jednotlivých funkčních buněk umístěných v prefabrikovaném skleníku, podobný návrhům kanceláří Lacaton & Vassal či IP Architectes, nebo projektům Pera Monsena z 80. let.

V první řadě je ale nezbytné stručně popsat princip soutěží Solar Decathlon, aby bylo zřejmější, z jakých podmínek a předpokladů návrhy obou domů vycházejí.



Obr. 6.3: Solar Village, tedy všech 19 soutěžních domů Solar Decathlon 2013 v Orange County Great Park, Irvine, Kalifornie, říjen 2013 – foto Martin Čeněk

6.1 Solar Decathlon

Co je to Solar Decathlon?

Solar Decathlon je mezinárodní studentská soutěž ve stavbě ekologických solárních domů. Jejím cílem je podpora rozvoje udržitelné architektury a přiblížení tohoto konceptu široké veřejnosti.

Pro účastníky se jedná o ojedinělou příležitost aplikovat probíhající výzkum nebo vyzkoušet nové řešení – zcela v duchu „Research by Design“ či „Learning by Doing“, což jsou výzkumné resp. vyučovací metody využívané na řadě progresivních škol architektury, na jejichž implementaci se soustředí rovněž pozornost řady pedagogů Fakulty architektury ČVUT [1].

Solar Decathlon pořádá Ministerstvo energetiky Spojených států (U.S. Department of Energy – DOE) a Národní laboratoř obnovitelných energií (National Renewable Energy Laboratory – NREL). Soutěž demonstruje, že inteligentní řešení stavby je schopné zajistit příjemné vnitřní prostředí a zároveň generovat dostatek tepelné a elektrické energie pro potřeby domácnosti.

První soutěž se konala v roce 2002 ve Washingtonu D.C., následovaly další ročníky v letech 2005, 2007, 2009 a 2011 vždy v centrální části Washingtonu D.C. (tzv. National Mall). Solar Decathlon 2013 se pak poprvé v historii soutěže konal jinde než ve Washingtonu D.C. 6.ročník soutěže hostil Orange County Great Park v Irvine v Kalifornii, cca. 60km jihovýchodně od Los Angeles. Tamtéž se následně konala soutěž i v roce 2015. Pro rok 2017 je plánován přesun do Denveru v Coloradu a rozsáhlejší změny pravidel soutěže.

Je třeba kriticky konstatovat, že postupem doby původní inovativnost některých principů soutěže – např. cíl přiblížit veřejnosti možnosti využití solární energie a univerzitám umožnit uplatnění svého výzkumu na tomto poli – již ztrácel na svém významu, jelikož využití solární energie se stalo daleko běžnější součástí stavebního průmyslu i architektury, než tomu bylo v roce 2002, a dosažení energetické soběstačnosti při dostatečně promyšleném návrhu přestávalo být pro jednotlivé účastníky výzvou (viz např. výsledky právě ročníku 2013, kdy plného bodového hodnocení za energetickou bilanci, tj. vyrovnanou nebo plusovou bilanci vyrobené a spotřebované elektrické energie za období soutěže, dosáhly všechny zúčastněné týmy – což bylo o to snazší, že se soutěž konala v Jižní Kalifornii). Na druhou stranu zásadní přínos soutěže, tedy možnost aplikovat výzkum v praxi a věnovat se osvětě na poli udržitelné architektury svůj význam neztrácí.

[1] 15128 Ústav navrhování II, ČVUT v Praze, Fakulta architektury [online]. [cit. 2014-09-08]. Dostupné z: <http://fa.cvut.cz/Cz/Ustavy/15128>

Do současné doby se všech ročníků soutěže dle údajů pořadatelů zúčastnilo již přes 130 univerzitních týmů (některé opakovaně). Soutěžní přehlídka je pochopitelně otevřena veřejnosti – např. v roce 2011 navštívilo domy během 10 dní přes 357.000 návštěvníků a souběžně se konalo přes 30 workshopů za účasti laické i odborné veřejnosti. [2]

V soutěži Solar Decathlon má 20 vybraných univerzitních týmů z celého světa za úkol navrhnout, postavit a provozovat energeticky soběstačný solární dům. Stavby vznikají jako prototypy na půdě univerzit, následně je týmy musí převézt na místo konání soutěže a tam v časovém limitu sestavit a zprovoznit. Hotové domy se následně představují veřejnosti během dvoutýdenní přehlídky, při níž rovněž probíhá samotná soutěž, ve které jsou stavby hodnoceny v 10 disciplínách.

Soutěž se tradičně koná na podzim (přelom září a října).

Finále 6. ročníku, jehož se zúčastnil právě i Tým ČVUT se svým experimentálním projektem nazvaným AIR House, se konalo 3. – 13. října 2013 v Orange County Great Park v Irvine.

Orange County Great Park se nachází nedaleko Los Angeles, na místě bývalé základny americké námořní pěchoty El Toro. Letecká základna, jejíž logo s letícím býkem navrhl Walt Disney, byla vybudována v roce 1942 na největších fazolových plantážích v Severní Americe. Místní samospráva plánuje sanaci celého území a jeho rekreační využití. Solar Decathlon byl první mezinárodní událostí v nově vznikajícím ekologickém parku.

Díky velkému ohlasu americké soutěže se od roku 2010 koná také evropská verze soutěže Solar Decathlon Europe. Její první dva ročníky (2010 a 2012) se konaly vždy na podzim v centru španělského hlavního města Madridu. 3. ročník, Solar Decathlon 2014, proběhl v červenci 2014 ve francouzském Versailles. Na asijském kontinentě měl na podzim 2013 premiéru Solar Decathlon China, od 2015 existuje též verze soutěže v Latinské Americe a pro rok 2018 je plánována též odnož v Dubaji.

Pravidla těchto variant soutěže jsou vždy mírně uzpůsobena lokálním podmínkám, ale princip komplexního hodnocení v deseti disciplínách s důrazem na soběstačnost domů je vždy zachován.

[2] About Solar Decathlon. *U.S. Department of Energy Solar Decathlon*. [online]. [cit.2011-10-16].

Dostupné z: <http://www.solardecathlon.gov/about.html>

a

Solar Decathlon. *AIR House*. [online]. [cit.2016-08-20].

Dostupné online: <http://www.airhouse.cz/solar-decathlon/>

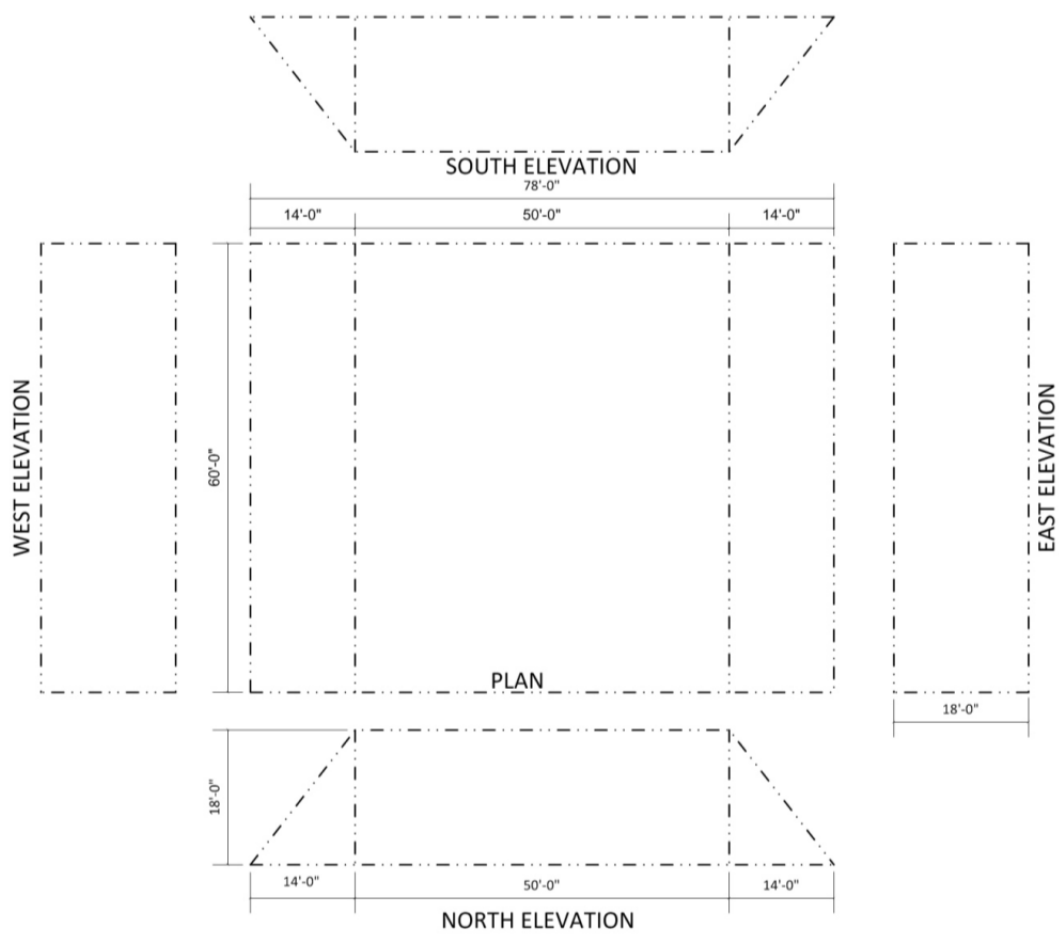
Jak implikuje samotný název soutěže, stavby dvaceti studentských týmů jsou v soutěži hodnoceny v 10 disciplínách, každá je v americké variantě soutěže oceněna maximálně 100 body, tj. disciplíny mají shodnou váhu. Zvítězí tým, který dosáhne nejvyššího bodového součtu (po odečtení případné penalizace). Disciplíny jsou v rámci soutěže rozděleny do tří skupin:

- A. disciplíny hodnocené porotou;
- B. disciplíny měřené;
- C. disciplíny, u nichž se hodnotí plnění daných úkolů.

Cílem soutěžních disciplín je zhodnotit celkovou kvalitu a provozuschopnost a ve výsledku udržitelnost jednotlivých prototypů a zároveň simulovat jejich skutečné užívání.

Disciplíny v ročníku 2013, kterému se budeme věnovat blíže i dále, byly tyto (pravidla i disciplíny se mezi jednotlivými ročníky drobně mění, aby zohlednily vývoj i místo konání soutěže):

1. Architektura
2. Atraktivita pro trh
3. Technika
4. Komunikace
5. Cenová dostupnost
6. Vnitřní komfort
7. Ohřev vody
8. Spotřebiče
9. Domácí zábava
10. Energetická bilance



Obr. 6.2: „Solar Envelope“, solární obálka – limitní rozměry pro soutěžní domy dle pravidel soutěže Solar Decathlon 2013 – www.solardecathlon.gov

Návrh soutěžních domů ^[3]

Následující detailnější popis pravidel a hodnocení se týká výhradně americké soutěže Solar Decathlon a vzhledem k tomu, že mezi ročníky se pravidla mírně upravují (k výraznějším změnám došlo zejména pro ročník 2017, který se bude konat v Denveru ve státě Colorado), dále uvedená pravidla shrnují stav ročníku 2013, jehož se zúčastnil český tým.

Rozdíly pravidel evropské varianty (v ročníku 2012) soutěže stručně shrneme dále.

Studentské týmy musely nejprve uspět se svými přihláškami při výběru kandidátů na účast v soutěži. Finalistů, kteří pak zpracovali své projekty a v Kalifornii je realizovali, bylo 20. Samotného finále se v tomto ročníku ale zúčastnilo jen 19 týmů, neboť tým Tidewater Virginia z Hampton University a Old Dominion University musel těsně před startem přehlídky vzdát – nedostatek financí znemožnil soutěžní prototyp dokončit a převézt na místo ^[4]. I to ukazuje celkovou náročnost soutěže.

Co ale ovlivňovalo návrh domů a co je tedy třeba brát v potaz, když studujeme architektonická a technická řešení těchto prototypů? Co jsou limity, které tyto domy odlišují od „běžných“ domů?

A. Pravidla soutěže

Rozměry domu:

- Soutěžní pravidla jasně stanovují minimální i maximální užitnou (resp. vytápěnou) plochu domů (55,7 – 92,9m² vč. stěn – dle U.S. norem);
- Soutěžní pravidla stanovují přesnou velikost pozemku (23,8x18,3m). Žádná součást domu jej nesmí přesahovat;
- Pravidla stanovují tzv. „solární obálku“ (Solar Envelope), tedy objem (resp. výšku), kterou domy nesmí přesáhnout. Maximální povolená výška stavby je 5,486m od nejvyššího bodu pozemku. Na východní a západní straně se pak výška snižuje k nule pod úhlem 52°.

[3] Pro tuto část práce byly využity části textu dokumentu:

Čeněk M., Kasalová H., *Nejnovější trendy udržitelného bydlení: U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013 – 20 případových studií prototypů malých domů pro individuální bydlení*, Studijní materiál pro předmět Ateliér I – Bytové stavby, 2014, FA ČVUT

Materiál vznikl za podpory Fondu rozvoje vysokých škol 2013, č. 1151/2013/G1

Dostupné online:

<http://fa.cvut.cz/Cz/Ustavy/15128/Blog/NejnovejsiTrendyUdrzitelnehoBydleniSolarDecathlon2013>

[4] Tidewater Virginia: Hampton University and Old Dominion University. *U.S. Department of Energy Solar Decathlon*. [online]. [cit. 2014-01-17].

Dostupné z: http://www.solardecathlon.gov/past/2013/team_tidewater_virginia.html

Provoz domu a energie:

- Jediným zdrojem energie smí být slunce (tj. jako zdroj energie mohou sloužit fotovoltaické panely, fototermitické panely a jakýkoliv zdroj, který funguje na elektřinu, jejíž výroba je plně – v bilanci soutěžního období – pokryta fotovoltaickými panely, které jsou součástí návrhu);
- Domy musí být schopny plnit soutěžní úkoly (praní, sušení prádla, mytí nádobí, chlazení ledničky a mrazáku, provoz TV a hifi soustavy, vaření, ohřev teplé vody, odpouštění vody atd.) v daném rozsahu a daném období;
- Domy musí být energeticky zcela soběstačné, počítá se bilance během celého soutěžního období (3. října – 11. října 2013). Nejsou ale nijak omezeny tepelně technické vlastnosti konstrukcí apod.;
- Vnitřní komfort v domech musí být v daných měřených obdobích udržován na přesných hodnotách teploty (21,7 – 24,4°C) a vlhkosti (<60%);
- Musí být dosaženo určené teploty v lednici a mrazáku (mezi 1,1 – 4,4°C, resp. -29 – -15°C stále), při praní musí být dosažena přesná hmotnost praného prádla po vyprání a usušení, ohřívána voda musí mít přesnou teplotu atd.

Všechny tyto podmínky mají vliv na energetický koncept domu i na mnohá další technická i estetická řešení.

Atraktivita pro trh a cena:

- Domy jsou vždy určeny pro předem definovanou cílovou skupinu a odborná porota hodnotí, zda jsou pro tyto uživatele vhodné a dostupné, ale též se hodnotí, zda domy fungují i v podmínkách stanovené cílové skupiny místa (tedy většinou domovské země/státu a jejich klimatických podmínek – nelze tedy domy koncipovat výhradně na soutěžní období bez ohledu na případnou odlišnost klimatických podmínek) – to se prokazuje výpočty a energetickou analýzou (viz dále);
- Cena domů je omezena 250.000,- USD (snížený počet bodů je udělován až do ceny 600 tisíc USD). Cena je stanovována americkými rozpočtáři podle U.S. standardizovaných cen.

Soutěž a prohlídky veřejnosti:

Domy musí být navrženy a postaveny tak, aby mohly být bezpečně provozovány a aby do nich bylo možné vpustit veřejnost. Musí být stanovena prohlídková trasa, která je plně bezbariérová.

B. Lokalita a místní legislativa

- Domy musí být navrženy tak, aby obstály v podmínkách Kalifornie. Musí tedy respektovat místní legislativu (normy, zákony, tzv. „Building Code“), musí být staticky navrženy dle místních podmínek (zemětřesení, prudký vítr) a pro provoz s vysokou návštěvností veřejnosti;
- Domy musí zároveň obstát v legislativním rámci zemí, do nichž jsou určeny, a/nebo v nichž byl prototyp před převozem do USA poprvé realizován;
- Domy nesmí být založeny na klasických základech, mohou být pouze kotveny do ranveje ve výstavním parku s minimálním poškozením povrchu (bylo přesně předepsáno, v zásadě se omezovalo na tyče či šrouby). To významně ovlivňuje technické i architektonické řešení.

C. Transport a stavba

- Domy musí být navrženy tak, aby je bylo možné dopravit na místo určení, tedy do Kalifornie. Způsob dopravy a jeho zajištění je na každém týmu. V případě týmu ČVUT to znamenalo dům rozložit do sedmi lodních kontejnerů a dopravit jej přes Atlantický oceán a dále Panamským průplavem. Cesta domu českého týmu trvala cca. 40 dní;
- Na realizaci domu v Kalifornii před začátkem soutěže mají týmy 8,5 dne (pracovat lze 19 hodin denně);
- Na demontáž domu po skončení soutěže mají týmy 5 dní

Všechny tyto podmínky kladou vysoké nároky na stupeň prefabrikace domů a tedy rychlost jejich montáže. Některé domy byly převáženy prakticky v celku na kamionech či byly koncipovány jako mobilní (to se z pochopitelných důvodů týká v podstatě výlučně týmů z USA, které mohou své soutěžní prototypy převážet po zemi), týmy z větší vzdálenosti musely řešit efektivní rozložení domu na dílce, jež je možné umístit v lodních kontejnerech (to představuje značné omezení rozměrů prefabrikovaných dílců a v důsledku výrazně ovlivňuje celý návrh nejen po technické stránce a také představuje zvýšené požadavky na řešení konstrukcí a v důsledku též na cenu prototypu).

Mimo tato pravidla, která určují rámec pro samotný návrh domu, pravidla soutěže také určují organizační strukturu týmů, resp. kontaktní osoby za jednotlivé obory, věnují se požadavkům na prezentaci domů a týmů, marketing, týmové oblečení, bezpečnost práce atd.



Obr. 6.4: Několik ze soutěžních domů Solar Decathlon 2013, Orange County Great Park, Irvine, Kalifornie, říjen 2013 – foto Martin Čeněk

D. Týmy v soutěži Solar Decathlon 2013

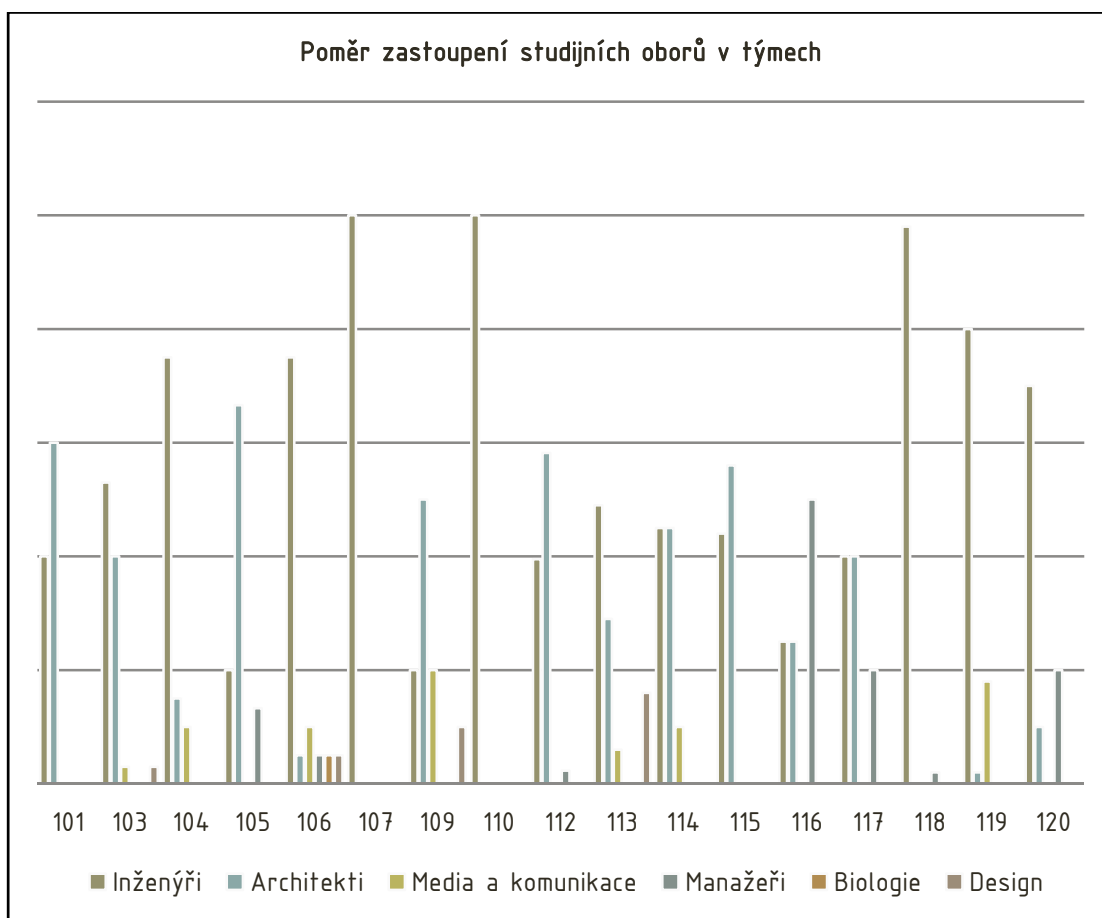
Soutěže U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013 se na podzim 2013 zúčastnilo těchto 20 týmů (v abecedním pořadí, název týmu / název domu / číslo v soutěži):

- Arizona State University and The University of New Mexico / „SHADE“ / 117
- Czech Republic: Czech Technical University / „AIR House“ / 103
- Kentucky/Indiana: University of Louisville, Ball State University and University of Kentucky / „Phoenix House“ / 113
- Middlebury College / „InSite“ / 110
- Missouri University of Science and Technology / „Chameleon House“ / 107
- Norwich University / „Delta T-90“ / 105
- Santa Clara University / „Radiant House“ / 118
- Southern California Institute of Architecture and California Institute of Technology / „DALE“ / 101
- Stanford University / „Start.Home“ / 104
- Stevens Institute of Technology / „Ecohabit“ / 102
- Team Alberta: University of Calgary / „Borealis“ / 116
- Team Austria: Vienna University of Technology / „LISI“ / 109
- Team Capitol DC: The Catholic University of America, George Washington University, and American University / „HARVEST HOME“ / 115
- Team Ontario: Queen's University, Carleton University, and Algonquin College / „ECHO“ / 120
- Team Texas: The University of Texas at El Paso and El Paso Community College / „ADAPT“ / 106
- Tidewater Virginia: Hampton University and Old Dominion University / „Canopy House“ *)
- University of Nevada Las Vegas / „DesertSol“ / 114
- The University of North Carolina at Charlotte / „UrbanEden“ / 112
- University of Southern California / „fluxHome“ / 111
- West Virginia University / „PEAK“ / 119

*) Tidewater Virginia ze soutěže odstoupil

Jednotlivé domy jsou unikátní různými přístupy jak k estetickému pojetí staveb (některé týmy nicméně deklarovaly cílený „nezájem“ o estetickou stránku návrhu), tak k technickému řešení.

Je třeba si uvědomit, že v některých týmech nebyli žádní studenti architektury (např. Santa Clara University), či byl jejich počet a vliv na návrh z různých důvodů nízký. Domy tedy neukazují jen možná řešení udržitelné individuální výstavby, ale též různé filozofie a postupy navrhování, vedení týmů apod. Studentské týmy musí nejen domy navrhnout, ale musí zajistit též finance na celý projekt, dopravu domu, veškerou propagaci i administrativu.



Graf 6.1 Poměr zastoupení studijních oborů v týmech, Solar Decathlon 2013

Zdroj: Kasalová Hana, dotazníkový průzkum mezi zástupci týmů, říjen 2013 – z materiálu (Čeněk, Kasalová 2014)

E. Soutěžní disciplíny a jejich hodnocení

Soutěžní domy byly navrženy a následně ve finále soutěže hodnoceny podle deseti kritérií – tedy deseti disciplín „slunečního desetiboje“.

Z těchto disciplín bylo 5 hodnocených odbornými porotami, které posuzovaly předloženou dokumentaci a samotný dům na základě jeho prohlídky, prezentace týmu a položených otázek. Každý tým měl na prezentaci domu porotě během soutěže 30 minut. Porota disciplíny Architektura dům procházela dvakrát, aby mohla posoudit i kvalitu umělého osvětlení. Za prestižní jsou v soutěži Solar Decathlon obecně považovány disciplíny Architektura a Technika, neboť mají největší vliv na celkové řešení domu a mnohdy na úspěch v celé soutěži.

1. Architektura
2. Atraktivita pro trh
3. Technika
4. Komunikace
5. Cenová dostupnost

Dvě disciplíny byly hodnoceny podle toho, jak týmy plnily určené úkoly simulující běžný život v domě.

8. Spotřebiče
9. Domácí zábava

Zbývající tři disciplíny byly měřené pomocí senzorů a naměřené hodnoty se musely v daných časech pohybovat ve stanovených mezích (viz předchozí kapitola).

6. Vnitřní komfort
7. Ohřev vody
10. Energetická bilance

Za každou z disciplín bylo možno získat 100 bodů, celkem tedy 1000 bodů.

Kromě těchto bodů dostávaly ale týmy také trestné body, a to zejména za různá provinění proti soutěžním pravidlům během celé soutěže, tedy i před samotným finále v Kalifornii (např. za pozdní odevzdání dokumentace, která se zasílala organizátorům soutěže k pravidelným revizím, nebo za porušení pravidel bezpečnosti práce apod.).

Celkové umístění v soutěži odráží právě i tyto trestné body.

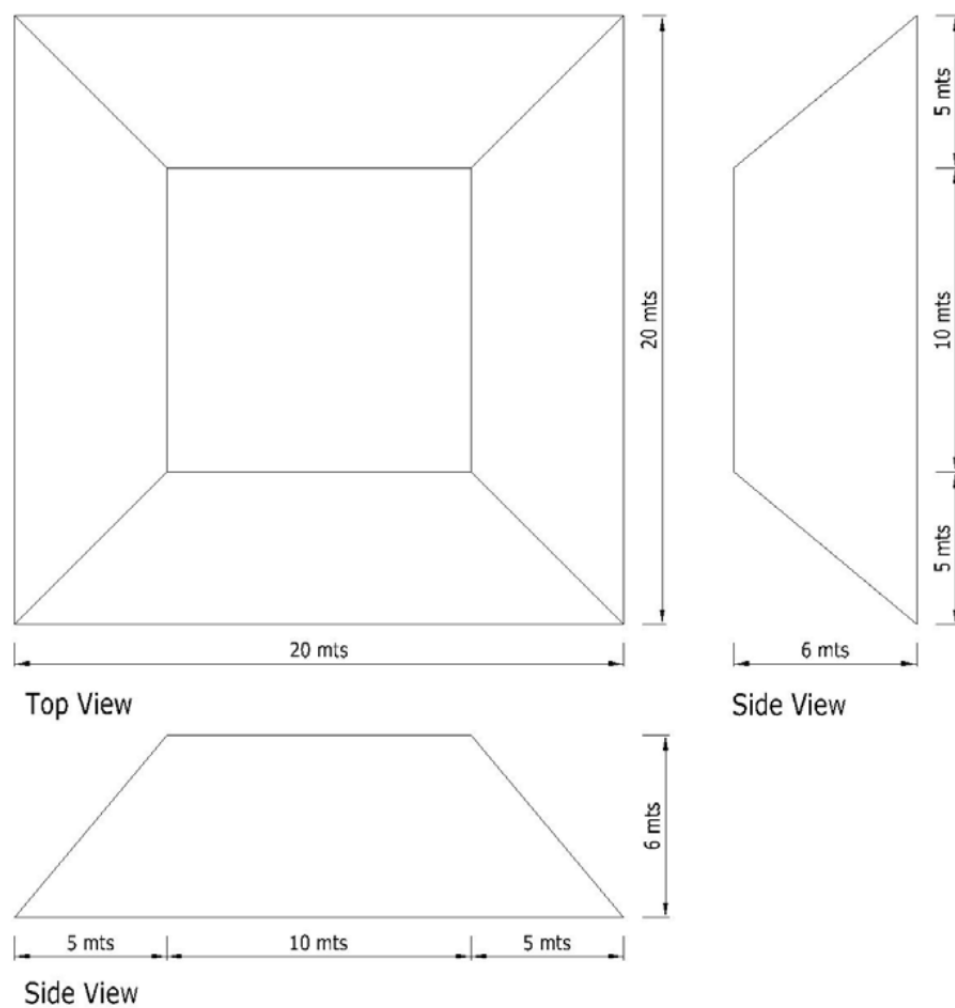
	Architektura	Atraktivita pro trh	Technika	Komunikace	Cenová dostupnost	Vnitřní komfort	Ohřev vody	Spotřebiče	Domácí zábava	Energetická bilance	Skóre celkem
Czech Republic	98,000	92,000	94,000	85,000	92,677	98,691	98,938	98,903	97,433	100,000	955,642
Team Austria	91,000	93,000	93,000	94,000	93,007	93,172	100,000	98,971	98,272	100,000	954,422
Las Vegas	85,000	94,000	93,000	90,000	95,137	98,059	100,000	98,441	97,935	100,000	951,572
Stevens	96,000	91,000	86,000	81,000	95,931	93,940	100,000	99,294	96,510	100,000	939,676
Stanford	75,000	92,000	91,000	86,000	100,000	94,133	99,063	99,431	96,749	100,000	933,375
Team Ontario	70,000	91,000	95,000	84,000	99,242	97,642	100,000	95,020	98,075	100,000	929,978
Middlebury College	75,000	90,000	79,000	89,000	98,692	97,218	100,000	98,037	98,316	100,000	925,262
Team Capitol DC	80,000	87,000	79,000	87,000	96,905	98,822	93,750	99,448	98,592	100,000	920,517
Team Alberta	75,000	91,000	86,000	76,000	97,955	97,780	100,000	98,756	97,833	100,000	920,324
U of So Cal	93,000	84,000	80,000	78,000	96,341	85,379	93,250	99,665	96,568	100,000	906,203
Santa Clara	70,000	82,000	89,000	71,000	83,685	99,485	99,063	99,403	98,794	100,000	892,429
North Carolina	70,000	82,000	93,000	75,000	78,949	95,396	93,750	93,520	98,095	100,000	879,710
Norwich	75,000	86,000	81,000	72,000	100,000	87,449	93,750	85,822	96,407	100,000	877,428
SCI-Arc/Caltech	80,000	83,000	70,000	88,000	97,574	91,925	92,750	82,041	91,376	100,000	876,666
Kentucky/Indiana	65,000	82,000	75,000	75,000	100,000	96,425	79,812	87,700	95,642	100,000	856,579
Missouri S&T	65,000	73,000	85,000	76,000	97,464	90,754	72,500	92,362	96,626	100,000	848,705
AZ State/New Mex.	85,000	83,000	86,000	77,000	95,456	73,523	66,563	85,126	83,748	100,000	835,415
West Virginia	60,000	75,000	58,000	78,000	97,059	84,371	74,437	84,142	82,732	100,000	793,742
Team Texas	60,000	77,000	50,000	56,000	96,585	77,468	87,500	97,564	90,587	100,000	792,704

Tab. 6.1 Výsledné bodové hodnocení všech soutěžních disciplín, Solar Decathlon 2013. Pořadí je bez započtení penalizací [5]

[5] Solar Decathlon 2013 Final Results. U.S. Department of Energy Solar Decathlon. [online]. [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: http://www.solardecathlon.gov/past/2013/final_results.html

Disciplíny se snaží hodnotit domy nejen obecně po technické a estetické stránce, ale vyhodnocují i jejich energetickou efektivitu i kvalitu a ekonomičnost provozu i možný úspěch na trhu. Jedná se tedy vlastně o poměrně propracovaný multikriteriální hodnotící systém udržitelných staveb. Úspěch tedy není daný jen jednou disciplínou, ale kombinací dobrého hodnocení pokud možno ve všech z nich.

Přínos tohoto způsobu hodnocení pro studenty je, že si mohou uvědomit, že architektura (estetická stránka) je jen jednou z mnoha disciplín, přesto – jak bylo možné vidět i v této soutěži – má velký vliv na mnoho dalších oborů. Nejlépe si vedly prototypy, u nichž byla kvalita architektury a technického řešení pojednána zároveň, komplexně a holisticky, a jejichž autorské týmy se viditelně pokoušely o integrální způsob navrhování.



Obr. 6.5: Solární obálka - limitní rozměry pro soutěžní domy dle pravidel soutěže Solar Decathlon Europe 2012 - www.sdeurope.org

Solar Decathlon Europe

Jak již bylo zmíněno, od roku 2010 se koná rovněž soutěž Solar Decathlon Europe. Její první dva ročníky (2010 a 2012) se konaly ve španělském Madridu, v centru města, v tzv. „Villa Solar“.

V této kapitole se budeme podrobněji věnovat soutěžnímu prototypu (e)co House, s nímž se ročníku 2012 zúčastnila barcelonská univerzita **ETSAV-UPC** (Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès, Universitat Politècnica de Catalunya). Již o dva roky dříve byla v soutěži přítomna s projektem nazvaným LOW3 House, jemuž jsme se již věnovali v závěru kapitoly 4. Projekt pro rok 2012 na svého předchůdce navazoval.

Pravidla evropské soutěže se od původní americké mírně odlišují. Pokud pomineme obecně odlišné stavebně právní prostředí, tedy odlišnosti stavebních předpisů a norem, které musí stavby splnit, aby je mohla navštívit veřejnost, soutěž má i některé principiální odlišnosti co se týče pravidel, disciplín a jejich hodnocení.

A. Pravidla soutěže [6]

Rozměry domu:

- Užitná plocha domů se musí pohybovat v rozmezí (45,0 – 75,0m² beze stěn);
- Maximální zastavěná plocha domu vč. všech jeho součástí nesmí přesáhnout 150m²;
- Soutěžní pravidla stanovují tzv. „solární obálku“, kterou domy nesmí přesáhnout. Jedná se o komolý jehlan se základnou čtverce o straně 20m, o výšce 6m a se čtvercovou horní podstavou o straně 10m. Žádná, ani pohyblivá část stavby nesmí tento objem přesáhnout;
- Domy mohou mít 2 podlaží, do užitné plochy se započítává jen větší z nich

Provoz domu a energie:

Zdroj energie (slunce), potřeba udržet během soutěžního období nulovou nebo plusovou energetickou bilanci a další související podmínky jsou obdobné jako u americké varianty soutěže.

- Vnitřní komfort v domech musí být v daných měřených obdobích udržován na přesných hodnotách teploty (23,0–25,0°C) a vlhkosti (40–55%);

[6] Rules. *SD Europe*. [online]. [cit. 2014-01-15].

Dostupné z: <http://www.sdeurope.org/competicion/normas-y-reglamentacion/?lang=en>

- Je hodnocena rovněž kvalita vzduchu, obsah CO₂ musí být udržován pod 800ppm;
- Osvětlení pracovního místa v domě musí mít hodnotu 500lx nebo více;
- Domy musí splňovat rovněž akustické požadavky – v určeném místě musí být naměřená hodnota neprůzvučnosti minimálně 45dB.
- Musí být dosaženo určené teploty v lednici (1,0 – 4,5°C) a mrazáku (-29 – -15°C) během předepsaných období, při praní musí být dosažena přesná hmotnost praného prádla, ohřívání voda musí mít přesnou teplotu a vlhkost atd., obdobně při mytí nádobí Tyto podmínky jsou opět podobné jako u americké verze soutěže a snaží se co nejkomplexněji posoudit celkové chování, provozuschopnost a úspornost navržených domů.

Inovace:

Na rozdíl od americké soutěže je jednou z disciplín v soutěži hodnocení toho, jak inovativní projekt je. Porota hodnotí inovace, a to z pohledu udržitelnosti, jak v architektonickém řešení, tak také v technickém a stavebním přístupu a rovněž celkovém životním cyklu („life cycle“) stavby, energetických vlastnostech i dalších kategoriích jako komunikace a uplatnění na trhu.

B. Transport a stavba

- Obdobně jako u americké varianty soutěže musí stavby být vyřešeny tak, aby bylo možné je (včas) dopravit na místo soutěže. Způsob dopravy a jeho zajištění je na každém týmu. Ukázalo se, že pro některé týmy byla doprava zásadním problémem;
- Na realizaci domu před začátkem soutěže mají týmy 10 dní;
- Na demontáž domu po skončení soutěže mají týmy 5 dní.

Samotná soutěž a prohlídky veřejnosti v Madridu trvaly celkem 17 dní, tedy výrazně déle (o týden) než u soutěže Solar Decathlon 2013 v Kalifornii.

Celkově je možné konstatovat, že podmínky evropské soutěže se snaží být podrobnější a komplexnější, kladou větší důraz na udržitelnost a kvalitu staveb, nejen na energetickou stránku. To se odráží i na soutěžních disciplínách, kde některé mají přiřazenu nižší či vyšší váhu. Více body je hodnocena zejména architektonická kvalita návrhů.

C. Soutěžní disciplíny

Solar Decathlon Europe 2012 měl tyto soutěžní disciplíny:

1. Architektura, 120 bodů, hodnoceno porotou
2. Technika a konstrukce, 80 bodů, hodnoceno porotou
3. Energetická účinnost, 100 bodů, hodnoceno porotou
4. Komunikace a sociální přesah, 80 bodů, hodnoceno porotou
5. Uplatnění na trhu, 80 bodů, hodnoceno porotou
6. Inovace, 80 bodů, hodnoceno porotou
7. Udržitelnost, 100 bodů, hodnoceno porotou
8. Energetická bilance, 120 bodů, měřená disciplína
9. Vnitřní komfort, 120 bodů, měřená disciplína
10. Fungování domu, 120 bodů, měřená disciplína

Celkové maximální skóre bylo, stejně jako u americké soutěže, 1000 bodů.

V evropské soutěži tedy nebyly žádné disciplíny, které by se hodnotily jinak, než prostřednictvím odborné poroty nebo přesného měření. Z distribuce bodového ohodnocení je vidět snaha o zvýšení důrazu na některé disciplíny, resp. možná o větší vyváženost mezi měkkými a tvrdými kritérii posuzování udržitelnosti.

Důsledkem, dle názoru autora této práce, je, že návrhy v evropské soutěži jsou architektonicky zajímavější a odvážnější a kladou větší důraz na celkovou udržitelnost a inovativní architektonická i technická řešení. Absence samostatného hodnocení kritéria ceny (je pouze jednou ze součástí disciplíny „Uplatnění na trhu“) může sice zvýhodňovat týmy z finančně dobře zabezpečených univerzit nebo ty, které získaly lepší sponzory, současně ale umožňuje použití zajímavějších a méně obvyklých prvků.

	Architektura	Technika a konstrukce	Energetická účinnost	Komunikace	Uplatnění na trhu	Inovace	Udržitelnost	Energetická bilance	Vnitřní komfort	Fungování domu	Skóre celkem
Canopea	120,00	71,00	87,00	77,30	72,90	75,00	86,70	87,11	114,86	116,85	908,72
Patio 2.12	95,00	73,00	100,00	80,00	64,90	68,90	95,90	106,51	92,86	110,32	897,39
Med in Italy	100,00	72,00	87,00	66,70	64,00	57,60	100,00	93,87	96,46	115,85	863,49
Ecolar Home	95,00	80,00	93,00	56,00	80,00	54,70	86,70	72,79	95,37	113,93	835,00
Counter Entropy House	110,00	59,00	87,00	66,70	71,1	55,60	91,80	72,60	82,50	113,00	819,31
Odoo	70,00	77,00	93,00	54,80	54,20	42,10	86,70	70,96	109,05	106,17	766,98
SMLsystem	95,00	66,00	80,00	60,70	48,90	44,20	81,60	95,44	85,47	100,67	765,98
(e)co House	95,00	67,00	53,00	44,40	71,10	35,00	66,30	87,15	102,93	104,69	731,57
Prispa	50,00	68,00	97,00	60,70	55,10	13,30	71,40	90,61	97,06	108,00	719,16
Fold	60,00	65,00	75,00	51,80	64,90	32,90	71,40	83,93	96,80	106,36	715,59
Para Eco-House	70,00	46,00	63,00	59,30	48,00	32,40	66,30	79,73	105,24	114,91	686,88
Ekihouse	70,00	58,00	57,00	44,40	63,10	31,00	76,50	73,50	91,61	111,10	684,20
Sumbiosi	70,00	60,00	57,00	48,90	55,10	28,90	76,50	57,00	94,25	92,35	674,80
Ekó House	60,00	54,00	68,00	62,20	49,80	27,10	91,80	70,91	99,32	85,86	670,99
Omotenashi House	50,00	71,00	68,00	59,20	33,80	37,70	61,20	63,77	96,56	111,68	641,91
Cem' casas em movimento	40,00	49,00	45,00	38,50	49,80	30,20	51,00	84,33	66,85	102,11	538,29
Astonyshine	40,00	32,00	45,00	32,50	17,80	19,10	56,10	31,78	64,33	77,88	416,49
Casa Pi Unizar	30,00	34,00	45,00	37,00	13,30	23,40	56,10	12,82	62,78	67,08	371,48

Tab. 6.2 Výsledné bodové hodnocení, Solar Decathlon Europe 2012. V celkovém skóre je započtena i případná penalizace. [7]

[7] Final Ranking. *SD Europe*. [online]. [cit. 2014-01-15].
Dostupné z: <http://monitoring.sdeurope.org/>

D. Soutěžní týmy

Finále soutěže Solar Decathlon Europe 2012 se zúčastnilo 18 týmů, ostatní účastníci se z různých důvodů (finanční, dopravní apod.) do Madridu se svými prototypy nedostavili (v abecedním pořadí, název týmu / univerzita / název prototypu):

- Aquitaine Bordeaux Campus / Arts et Metiers Paristech Bordeaux / Sumbiosi
- Andalucía Team / Universidades de Sevilla, Granada, Málaga y Jaén / Patio 2.12
- Odooproject / Budapesti Mdszaki ée Gazdaságtudományi Egyetem / Odoo
- Team Brasil / Universidade Federal de Santa Catarina / Universidade de Sao Paulo / Ekó House
- Prispa / Universitatea de Arhitectura si Urbanism „Ion Mincu“, Universitatea Tehnica de Construcii Bucuresti, Universitatea Politehnica Buduresti / Prispa
- CEU valencia Team / CEU Cardenal Herrera / SML Systém
- Chiba University / Chiba University / Omotenashi House
- Team DTU / Danmarks Tekniske Universitet / Fold
- EHU Team / Euskal Herriko Unibertsitatea / Ekihouse
- CEM+NEM- / Universidade do Porto / Cem´Casas em Movimento
- Ecolar / HTWG Konstanz / Ecolar
- Team Rome / Università degli studi di Roma Tre, Sapienza Università di Roma / Med in Italy
- RWTH Aachen University / RWTH Aachen / Counter Entropy House
- Tongji Team / Tongji / Para Eco-House
- Rhône-Alpes / Ecole nationale supérieure d´architecture de Grenoble / Canopea
- (E)co Team / Universitat Politècnica de Catalunya / (e)co House
- Astonyshine / ENPS, Politecnico di Bari, Università degli studi di Ferrara / Astonyshine
- Universidad de Zaragoza / Universidad de Zaragoza / Casa Pi Unizar



Obr. 6.6: Tým ČVUT na soutěži Solar Decathlon 2013 – foto Tým ČVUT, 2013



Obr. 6.7: Tým ČVUT po zisku 3. místa na soutěži Solar Decathlon 2013 – foto Martin Čeněk, 2013

6.2 AIR House

Příprava projektu experimentálního domu AIR House měla od okamžiku, kdy se na začátku roku 2012 základní tým studentů doktorského studia Ústavu navrhování II. Fakulty architektury spolu s několika kolegy z Fakulty stavební, dozvěděl, že jejich přihláška a předběžný návrh byly vybrány mezi 20 týmů, které se v roce 2013 zúčastní mezinárodní soutěže U.S. Department of Energy Solar Decathlon ve Spojených státech, řadu zvrátů, změn a vývojových variant. Pro tento text je ale podstatná především poslední varianta projektu, která byla dovedena do fáze realizace a s níž se tým úspěšně soutěže zúčastnil. Nebudeme se tedy věnovat podrobněji vývoji konceptu a přípravným fázím projektu, ale pouze výslednému domu a jeho předpokládaným a skutečným vlastnostem.

Následující text je sestaven s využitím průvodních textů z prezentace projektu AIR House na webových stránkách projektu a projektové dokumentace stavby, které zpracoval Tým ČVUT [8].

Multidisciplinární tým složený ze studentů převážně doktorského, ale také magisterského a bakalářského studia z 5 fakult Českého vysokého učení technického, byl prvním týmem z České republiky, který se kdy zúčastnil soutěže Solar Decathlon. Tým se musel naučit fungovat jako středně velká firma s jasnou organizací (podřízenou též pravidlům soutěže), v níž spolupracují architekti, stavební inženýři, specialisté na TZB, elektro a fotovoltaiku, logistiku, o propagaci se stará PR mediální část týmu. Kromě samotných studentů byli do týmu zapojeni specialisté, odborníci, pedagogové fakulty a rovněž také sponzoři, kteří umožnili vznik prototypu. V závěrečné fázi projektu měl tým 26 studentských členů.

V náročné konkurenci ostatních účastníků soutěže nakonec Tým ČVUT se svým návrhem obstál. Po započtení penalizací získal v soutěži (i přes jinak nejvyšší bodový zisk v jednotlivých soutěžních disciplínách) třetí místo. Není bez zajímavosti, že první příčku obsadil jediný další evropský zástupce v soutěžním ročníku 2013, navíc zástupce našemu prostředí a architektonickému myšlení svým konceptem velmi blízký – rakouský tým z Vídeňské technické univerzity (TU Wien) s návrhem nazvaným LISI.

[8] Tým ČVUT, *AIR House* [online], [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://www.airhouse.cz/>

a

Team Czech Republic: Czech Technical University. Project Manual As Built Documentation. AIR House. U.S. Department of Energy Solar Decathlon. [online]. [cit. 2013-08-22].

Dostupné z: http://www.solardecathlon.gov/past/2013/pdfs/ctu_manual.pdf

Pozn.: Autor textu je spoluautorem návrhu AIR House a spoluautorem oficiální dokumentace a prezentací týkajících se projektu.



*Obr. 6.8: AIR House v Orange County Great Park, celkový pohled od severu a severozápadu
Foto Martin Čeněk, 2013*



*Obr. 6.9: AIR House v Orange County Great Park, celkový pohled od jihozápadu a detail vnitřního
objemu technického boxu – foto Martin Čeněk, 2013*

Kromě celkového třetího místa získal AIR House řadu dílčích cen v jednotlivých disciplínách. Vybojoval především 1. cenu v kategorii Architektura, 2. místo v Technice (tedy hodnocení celkového technického řešení stavby, od statiky přes chlazení až po vodovod), 3. místo v Atraktivitě pro trh hodnotící, jak moc by koncept byl životaschopný na skutečném realitním trhu a jak moc odpovídá potřebám deklarované cílové skupiny. Třetí místo získal rovněž v měřené disciplíně Ohřev vody a dělenou první příčku obsadil i v hodnocení Energetické bilance, tj. domu se skutečně podařilo během soutěžního období generovat více elektrické energie, než spotřeboval na svůj provoz (je třeba poznamenat, že se to v ročníku 2013 podařilo všem zúčastněným týmům). Dosažené výsledky tým – snad právem – utvrdili v tom, že jejich cesta integrálního navrhování, kdy zejména architektura a technika jsou řešeny jako provázaný a jednotný celek, je tou správnou cestou, jíž se má ubírat architektonické navrhování (nejen) udržitelných staveb.

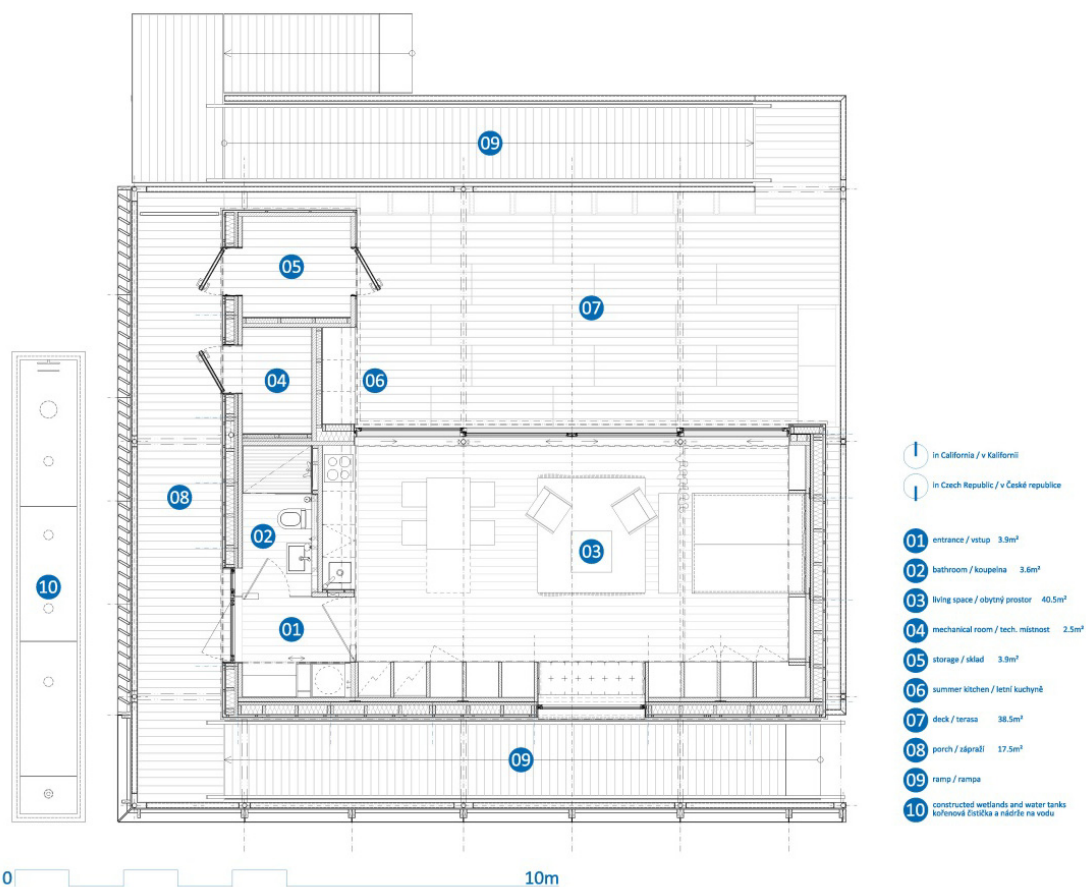
Základní údaje o stavbě:

Autoři	Tým ČVUT
vedení týmu	Dalibor Hlaváček
hlavní architekt	Martin Čeněk
statika dřevěných konstrukcí	Pavel Nechanický
požární bezpečnost	Hana Najmanová
energetické analýzy	Kateřina Sojková, Martin Volf
vytápění, chlazení, TZB	Ondřej Surý
MaR, elektro	Michal Marek, Jiří Šedivý
Dodavatel	studenti ČVUT ve spolupráci s partnery
Investor	FA ČVUT
Zastavěná plocha	186m ²
Užitná plocha	56m ²
Vytápěná plocha	47,4m ²
Vytápěný objem	123m ³
Obestavěný prostor (bez druhé kůže)	210m ³
Fotovoltaika	33 panelů, 6.105kWp

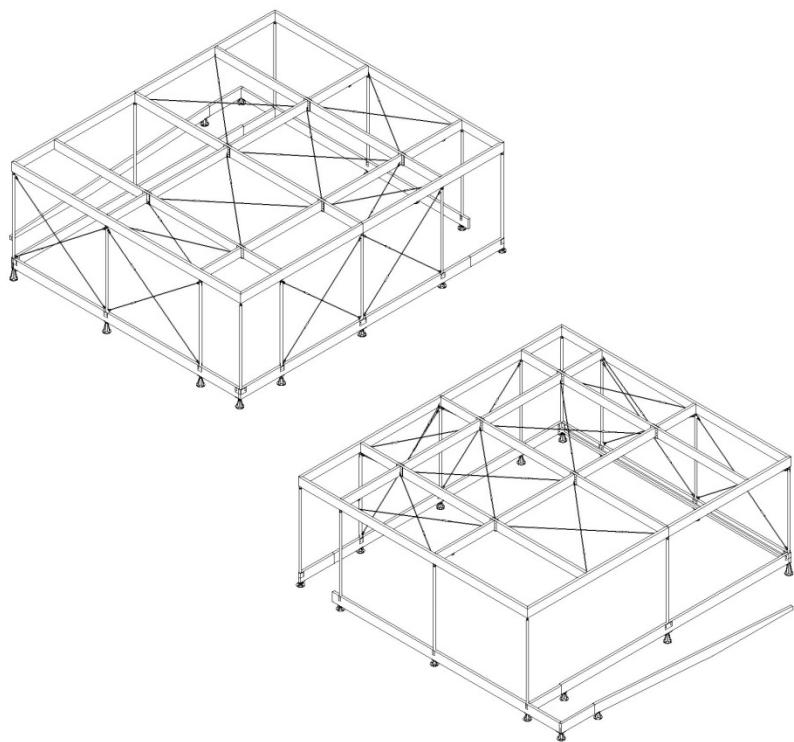
Co je AIR House?

AIR House byl navržen jako dům určený pro generaci rodičů členů týmu (50+), tzv. „empty nesters“ (syndrom prázdného hnízda). Návrh kombinuje minimální vnitřní obytný prostor s velkorysým venkovním prostorem. Inspirací mu je tradiční venkovská architektura, chatařství a minimální bydlení české architektonické avantgardy 30. let 20. století.

Je navržen jako chata pro ekologicky smýšlející uživatele na vrcholu produktivního věku, která může v důchodu sloužit pro plnohodnotné trvalé bydlení. Díky malým rozměrům a jednoduchému tvaru by bylo možné dům také postavit na běžně velké zahradě jako výminek.



Obr. 6.9: AIR House, půdorys stavby v konfiguraci pro soutěž Solar Decathlon – Tým ČVUT, 2013



Obr. 6.10: AIR House, axonometrie konstrukce „canopy“ – Tým ČVUT, 2013

Návrh tedy základní filozofií reaguje na současný demografický vývoj v České republice, kde v souvislosti se změnami ve věkové struktuře populace bude bydlení seniorů (momentálně 20% z celkového počtu domácností) čím dál závažnějším tématem.

Koncept AIR House se inspihuje typologií venkovské architektury. Přejímá dispozici "L" tradičního venkovského stavení, rozděleného na hospodářskou a obytnou část chránící dvůr uprostřed.

Název AIR House představuje zkratku Affordable (dostupný), Innovative (inovativní) a Recyclable (recyklovatelný), což má vystihovat základní představy tvůrců o jeho vlastnostech a přínosu. Na jeho stavbu bylo použito maximum přírodních materiálů, s výjimkou ocelové základové konstrukce a sloupků vynášejících druhou kůži (tzv. „canopy“), je veškerá konstrukce dřevěná. Konstrukci vnitřní stavby tvoří nosné CLT panely opláštěné sendvičovými panely s dřevovláknitou tepelnou izolací. Fasády byly provedeny z březové překližky. Samotná canopy je z lepených dřevěných prvků a je montovaná z předem připravených podsestav. Na terasu bylo použito modřínové dřevo.

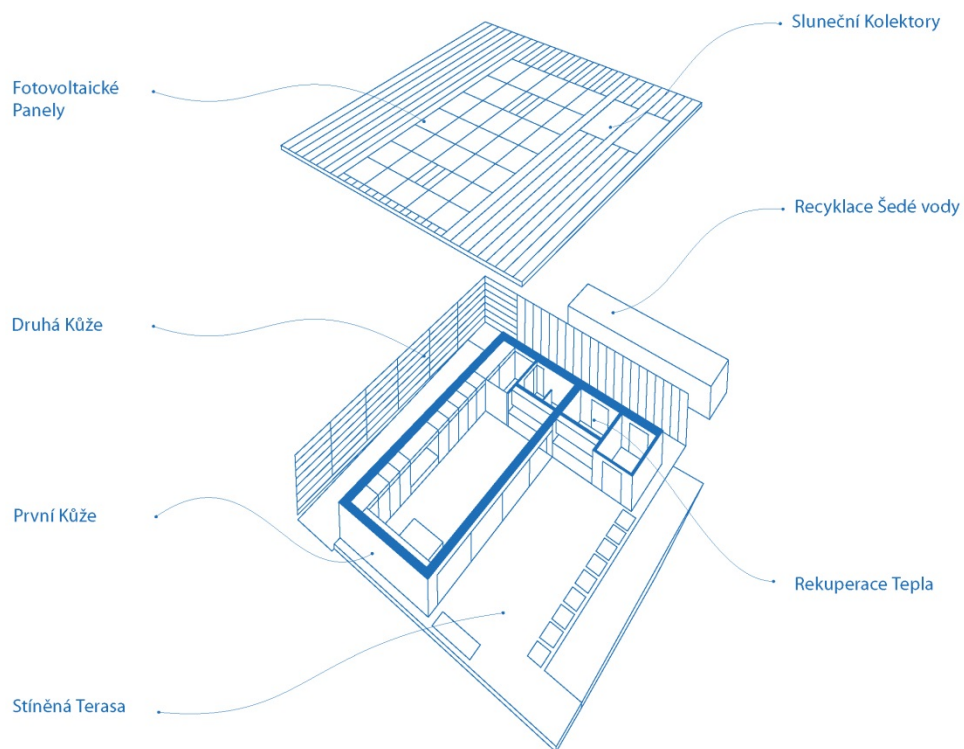
Vnitřní dispozice kombinuje jeden obytný prostor a prefabrikovaný technologický modul s koupelnou, technickou místností, venkovní kuchyní a skladem. Tento modul byl převážen do USA sestavený v jednom přepravním kontejneru. Cílem byla jednoduchost dopravy a co největší zjednodušení a urychlení kompletace domu na místě stavby.

Hlavní aktivity obyvatel domu jako společenské vyžití, odpočívání, vaření, stolování, práce a spaní jsou koncentrovány v jednom obytném prostoru, jak to známe z tradičních venkovských chalup. Tento prostor je rozšířen o velkorysou stíněnou venkovní terasu, která je opticky i funkčně jeho nedílnou součástí.

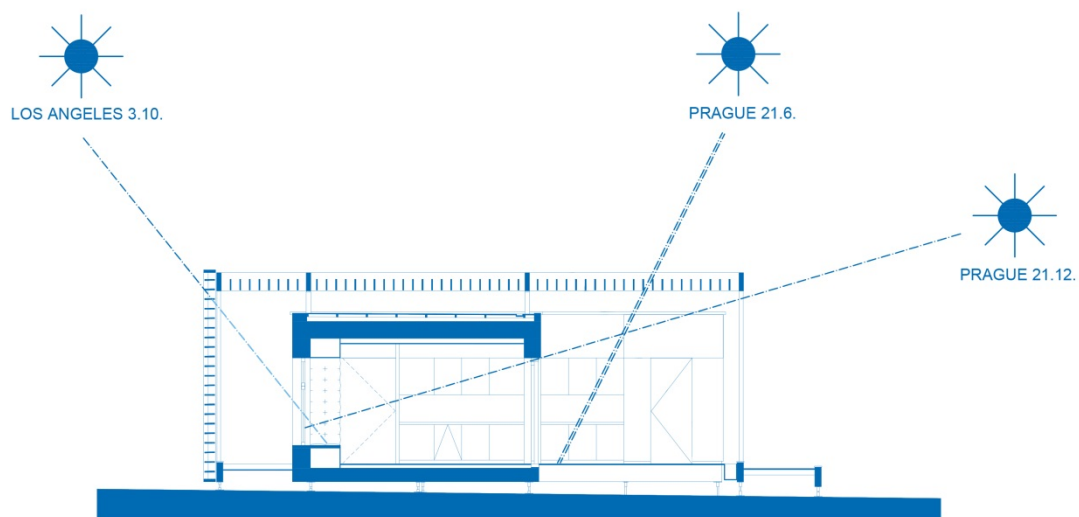
V případě potřeby je možné dům využívat jako kancelář nebo prodejní prostor. Tím je podpořena udržitelnost celého projektu. Tohoto využití se AIR House dočkal v kampusu ČVUT v Praze Dejvicích po návratu ze soutěže Solar Decathlon. Od začátku roku 2015 slouží jako Informační centrum ČVUT, na místě před budovou Fakulty stavební by měl být minimálně do roku 2020. Bude jistě zajímavé sledovat jeho fungování a stav, a to i přes to, že jeho umístění a orientace neodpovídají původnímu záměru – viz dále.

AIR House byl koncipován jako energeticky nulový dům. Veškerou energii získává ze slunečního záření. Koncepce reaguje na odlišné klimatické podmínky západního pobřeží USA a České republiky. Při výběru technologií bylo hlavním hlediskem jednoduché a přirozené fungování domu, které by vyhovovalo potřebám a možnostem zvolené cílové skupiny.

Použito je nucené větrání s rekuperací a možností chlazení či dohřevu vzduchu. Zdrojem tepla i chladu je tepelné čerpadlo vzduch-voda. Vytápění a chlazení je řešeno primárně za pomoci sálavých stropních panelů.



Obr. 6.11: AIR House, schéma konceptu „domu v domě“ – Tým ČVUT, 2013



Obr. 6.12: AIR House, schématický řez objasňující koncept fungování domu v Kalifornii v říjnu a v České republice celoročně za předpokladu otočení domu o 180° – Tým ČVUT, 2013

Dům v domě

Koncept „domu v domě“ u projektu AIR House pracuje s principem dvou „kůží“. První kůži tvoří tepelně izolovaná obálka obytného prostoru. Druhá kůže (dřevěná pergola, horizontální a vertikální stínící lamely) funguje jako „nárazníková“ zóna a zmírňuje tepelnou zátěž. Vodorovná orientace lamel směrem na jih stíní fasádu proti vysoko položenému polednímu slunci, svisle orientované lamely na západní straně proti nízkému západnímu slunci. Prostor mezi oběma kůžemi funguje jako prostředník mezi interiérem a exteriérem. Hra světla a stínu vytváří jedinečnou atmosféru v průběhu dne i celého roku.

Principem fungování konceptu domu v domě v rozdílných klimatických podmínkách Kalifornie a České republiky je úprava orientace domu. Pro soutěž v říjnu v Kalifornii bylo naprosto zásadní eliminovat veškeré nežádoucí tepelné zisky, a tak redukovat na minimum energeticky náročnou potřebu chlazení. Dům tedy byl orientován stínící druhou kůží k jihu, zatímco odkrytá část terasy byla orientována na sever a na východ, tedy světové strany s minimem solárních zisků.

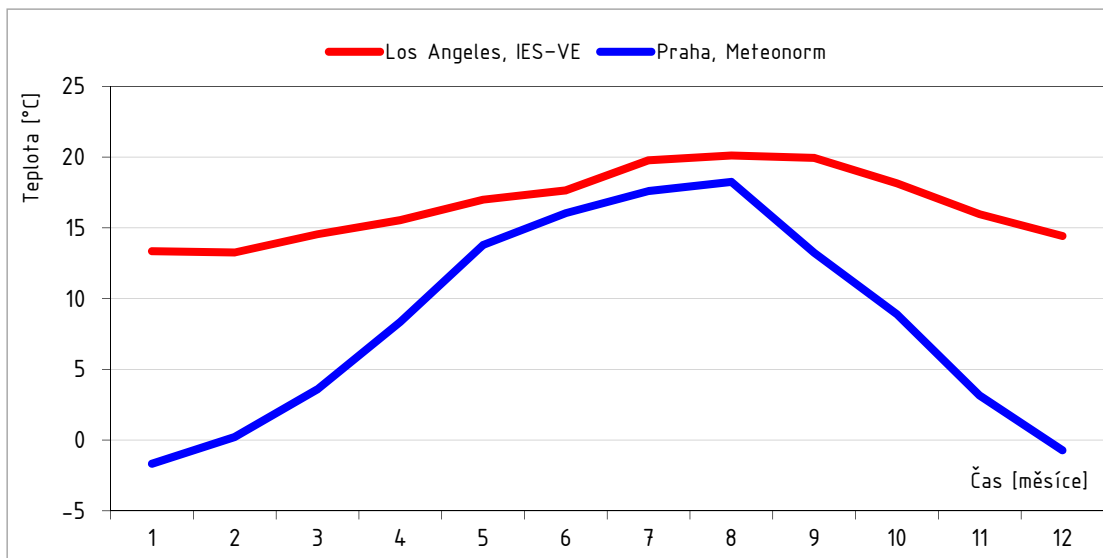
Pro podmínky ČR bylo uvažováno otočení domu tak, aby terasa byla orientována na jih. Lamely na horizontální části druhé kůže (pergole) byly optimalizovány tak, aby zcela bránily proniknutí vysokého letního slunce pod stínící druhou kůži, naopak celkový rozměr „canopy“ byl navržen s ohledem na potřebu solárních zisků v zimním období při malé výšce slunce nad horizontem – viz *Obr. 6.12*.

Posuzování návrhu

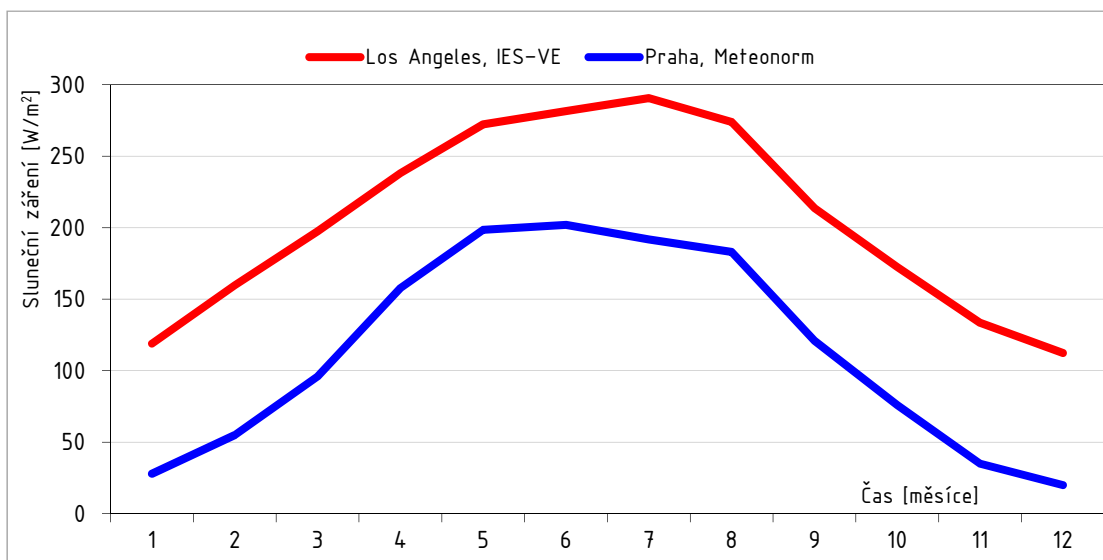
Uvedené koncepční úvahy byly týmem ve fázi příprav projektu prověřovány za pomoci analýz a simulací.

Posuzování mělo několik základních bodů, které pomohly určit provedení některých částí stavby. V první řadě se za pomoci analýz rozhodovalo o nutné míře zateplení stavby. Dále se například řešilo, zda je nutné použít zasklení výplní otvorů trojskly, nebo zda postačují dvojskla (což se ukázalo jako dostatečné a bylo využito, neboť to znamenalo výraznou úsporu hmotnosti prvků, a tudíž i usnadnění jejich dopravy a montáže), či jaký režim větrání je nejúčinnější. Posuzování větrání bylo pro výsledné fungování stavby velmi důležité.

Rovněž byly posuzovány rozdíly mezi použitím lehké konstrukce vnitřního objektu a konstrukce těžké, s vysokou akumulační schopností. Pro podmínky soutěže byla důležitým faktorem i schopnost stavby rychle reagovat – bodované měření teploty v objektu se zahajovalo velmi krátce (1h) po skončení veřejných prohlídek, při nichž byl dům otevřený a větraný pouze přirozeně.



Graf. 6.2: Porovnání průběhu měsíčních průměrných venkovních teplot v Los Angeles a v Praze – Tým ČVUT, 2013



Graf. 6.3: Porovnání celoročního dopadu slunečního záření na horizontální rovinu v Los Angeles a v Praze – Tým ČVUT, 2013

Pro podmínky České republiky by těžká konstrukce byla, dle výsledků simulací, výhodnější, neboť by umožnila svými akumulacími schopnostmi snížit teplotní výkyvy.

Nejzásadnější však bylo posuzování parametrů pasivního solárního konceptu, tedy návrhu řešení stavby jako domu v domě. Posuzováno bylo jeho očekávané chování jak v podmínkách podzimní Kalifornie během soutěže (aby byl zajištěn maximální úspěch v ní), tak především v celoročním provozu v České republice.

Výchozí klimatická data pro obě tato umístění jsou výrazně odlišná.

Kalifornie, resp. její jižní část, se vyznačuje výrazně teplejším a teplotně vyrovnanějším klimatem (v zimě činí rozdíl průměrných teplot oproti Praze kolem 15°C, v létě jsou rozdíly menší, jsou zde však poměrně velké rozdíly mezi denní a noční teplotou. Rovněž je zpětně možné konstatovat, že vlhkost vzduchu v oblasti Irvine, ač obecně spíše vyšší (blízkost oceánu), může vlivem velké blízkosti pouště při změně větru velmi rychle výrazně klesnout.

Porovnání teplot mezi LA [9] a Prahou [10] je zobrazeno v *Grafu 6.2*.

Co se týče množství slunečního záření, i to je v Kalifornii celoročně výrazně intenzivnější, viz *Graf 6.3*.

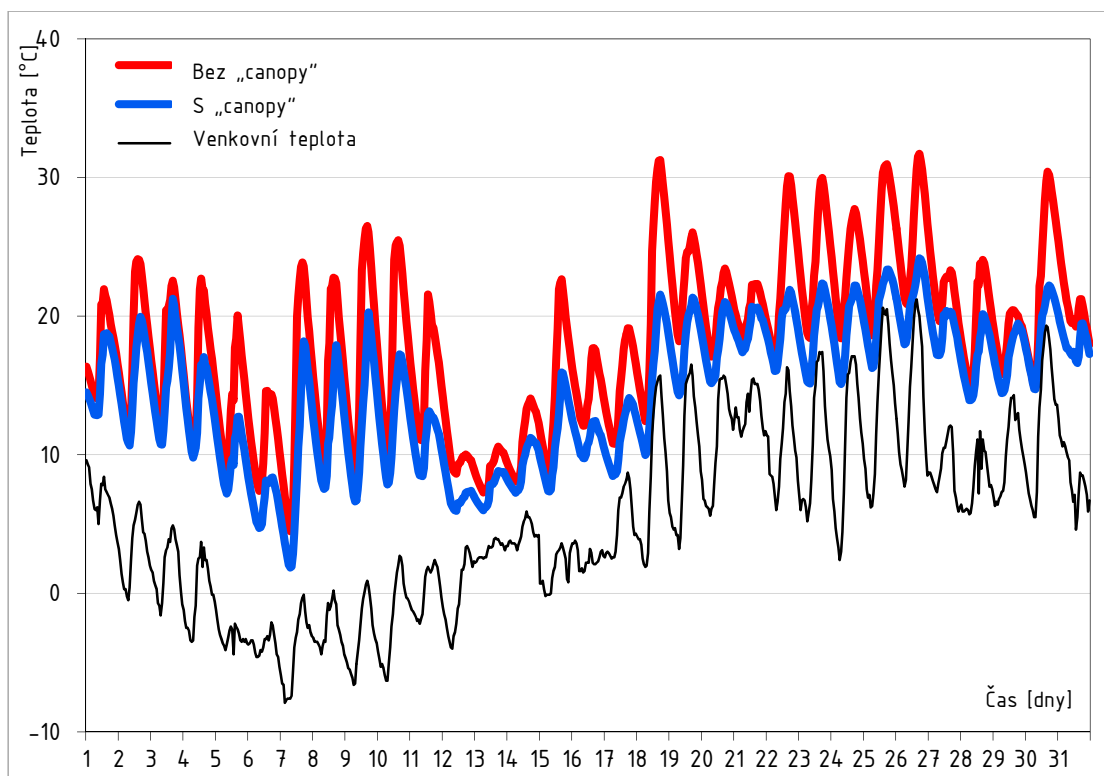
Účinnost stínění pomocí druhé kůže, „canopy“ byla posuzována pouze pro Českou republiku, jelikož zásadní bylo celoroční chování stavby. Pro podmínky LA nebylo podrobné posouzení zcela nezbytné, jelikož řešení sluneční zisky vnitřní stavby v podstatě úplně eliminovalo (s výjimkou zisků z východního slunce v ranních hodinách, zde však převážilo architektonické hledisko a cíl ponechat tuto stranu stavby otevřenou, aby byl jasně viditelný vnitřní objem).

[9] Klimatická data pro Los Angeles, IES-VE.

Převzato z projektové dokumentace: Tým ČVUT, *AIR House*, 2013

[10] Klimatická data pro Prahu-Karlov, ČHMÚ 2006 a 2010.

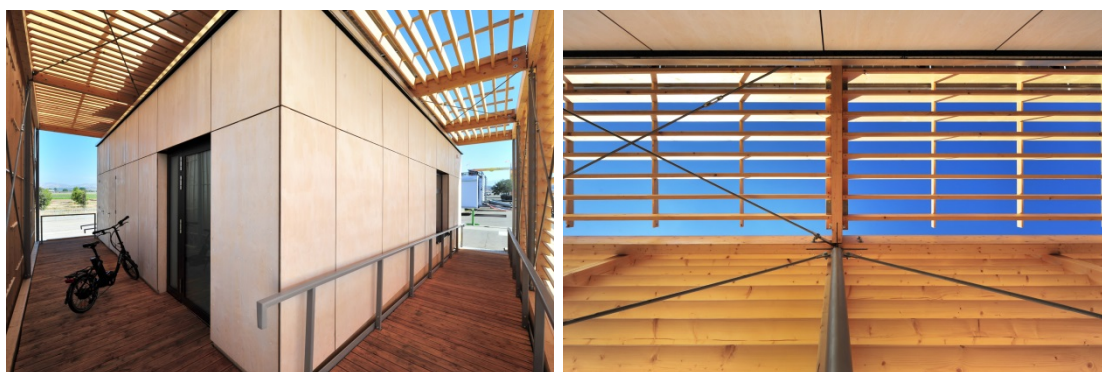
Převzato z projektové dokumentace: Tým ČVUT, *AIR House*, 2013



Graf. 6.4: Průběh vnitřních teplot pro variantu bez a s „canopy“ (1. – 31. březen, Praha) – Sojková Kateřina, Tým ČVUT

Potřeba energie [kWh/m ² a]	S „canopy“	Bez „canopy“	Rozdíl [%]
Na vytápění	76,2	63,4	-15
Na chlazení	10,7	36,7	+240

Tab. 6.3: Rozdíly v potřebách energie mezi variantou bez stínící druhé kůže a realizovanou variantou, podmínky ČR – Sojková Kateřina, Tým ČVUT



Obr. 6.13: AIR House v Orange County Great Park, pohled na obě „kůže“ domu a detail řešení pergoly – foto Martin Čeněk, 2013

Na základě provedených výpočtů a simulací (viz disertační práce členky týmu Kateřiny Sojkové z Fakulty stavební ČVUT v Praze [1]) je možné konstatovat, že vliv stínící druhé kůže je zcela zásadní. Pro zobrazení efektu je názorný již *Graf 6.4* pro období 1. – 31. března. Již v tomto přechodném období je totiž patrné, že bez stínící „canopy“ dochází k přehřívání stavby. V zimním období rozdíl je prakticky nezaznamatelný. V letním období pak rozdíly vnitřních teplot mezi variantami dosahují až 10°C [2].

V tabulce *Tab. 6.3* jsou uvedeny výsledné hodnoty. Efekt použití druhé stínící kůže v podmínkách České republiky představuje snížení potřeby energie na chlazení o 240%. Rovněž si můžeme povšimnout mírného nárůstu (o 15%) potřeby energie na vytápění. Tento nárůst by mohl být odstraněn další optimalizací tvaru a rozměru „canopy“, aby v průběhu celého zimního období byly maximalizovány solární zisky. Díky použití druhé stínící kůže tedy lze i v podmínkách České republiky dosáhnout optimální vnitřní teploty.

Výsledek se může pro mnohé zdát překvapivý, jelikož laický názor by se zřejmě klonil spíše k tvrzení, že přehřívání staveb není v našich podmínkách zásadní problém.

Dle výpočtů dochází k mírnému diskomfortu u domu AIR House pouze ve velmi krátkých obdobích na vrcholu léta, tyto extrémy by nejspíš bylo možné odstranit pomocí pasivních opatření, tedy zejm. nočním větráním. Aktivní chlazení by v Českých podmínkách pro takto řešenou stavbu na základě provedených výpočtů nemělo být vůbec nutné.

Stínící druhá kůže na druhé straně nemůže nijak pozitivně ovlivnit potřebu energie na vytápění stavby. Při optimálním návrhu ji ale, jak ukazuje příklad prototypu AIR House, nezvyšuje.

Druhá kůže může ale mít kromě pasivní (a tedy nejvýhodnější) funkce i funkci nosiče aktivních opatření, stejně, jako tomu bylo u stavby AIR House, kde druhá kůže současně sloužila k efektivnímu situování fotovoltaických panelů i solárních kolektorů.

V kombinaci s akumulací hmotou vnitřní stavby, dostatečným zateplením a podporou dalších opatření (ať už pasivních, jako například těch, které byly použity k dotápění a dochlazování u domu (e)co House – viz následující část práce – nebo aktivních) může i v našich podmínkách být druhá stínící kůže přínosem.

[1] (Sojková 2015, str. 92-107)

[2] (Sojková 2015, str. 100-101)



Obr. 6.14: AIR House jako Informační centrum ČVUT - foto IPR, 2016



Obr. 6.15: AIR House jako Informační centrum ČVUT - foto Martin Čeněk 2014 a 2015

AIR House v Praze

Po skončení soutěže byl AIR House rozebrán a převezen zpět do České republiky. Po necelém roce byl projekt s drobnými úpravami interiéru a především s úpravami založení stavby realizován v dejvickém kampusu pražského Českého vysokého učení technického, na volném prostranství před Fakultou stavební.

S ohledem na urbanismus kampusu vysokých škol a možnosti přístupu byl nakonec AIR House umístěn s orientací terasy k severovýchodu. Znamená to bohužel, že není možné v praxi ověřit výsledky simulací fungování stínící druhé kůže, které byly provedeny ve fázi návrhu.

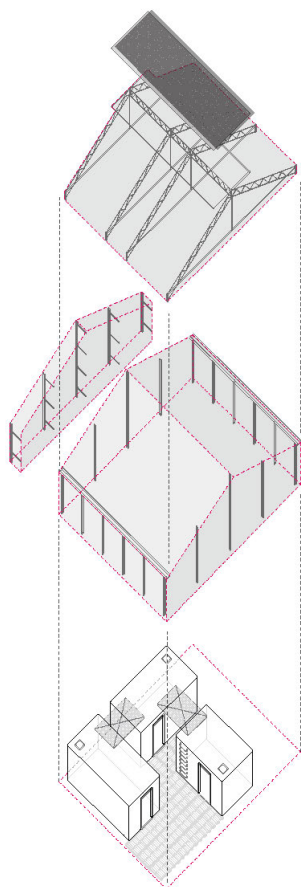
Pozitivem však je, že tento prototyp našel uplatnění. Jako Informační centrum ČVUT je navštěvován studenty i zájemci o studium a názorně demonstruje výsledky výzkumu členů týmu ČVUT – a to včetně všech chyb, kterých se nikdy není možné zcela vyvarovat, tím spíše, jedná-li se o experimentální stavbu.

Objekt je plně funkční, a to včetně fotovoltaického systému, který byl upraven na ostrovní (přičemž dům je současně napojen na zdroj elektřiny z budovy FSv ČVUT), je možné sledovat jeho chování, byť v současné době není vzdálený přístup aktivován.

Pokud bychom měli subjektivně zhodnotit, zda koncept domu v domě funguje dnes u této stavby plně i z architektonického a uživatelského pohledu, je nutno přiznat, že pro české podmínky není zcela naplnitelná představa, že pouze stíněná terasa se stane po větší část roku rozšířením obytného prostoru. Nikoliv však kvůli nízkým teplotám, ale spíše kvůli chybějící ochraně před deštěm. Návrh by bylo ideální doplnit ještě o „třetí kůži“, která by tuto roli mohla plnit. Na druhou stranu systém lamel, pod nimiž nedochází k ohřívání vzduchu díky účinnému přirozenému provětrávání, považujeme nadále za vhodné řešení.



Obr. 6.16: (e)co House týmu ETSAV-UPC, pohled z ptačí perspektivy. Dobře viditelné jsou hřebenové větrací klapky s integrovanými fotovoltaickými panely, Madrid, 2012 – foto: (e)co Team, ETSAV-UPC, 2012



Obr. 6.17: (e)co House, axonometrické schéma – (e)co Team, ETSAV-UPC, 2012

6.3 (e)co House

Objekt (e)co House je, podobně jako AIR House, soutěžní prototyp, s nímž se studenti barcelonské ETSAV-UPC (Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès, Universitat Politècnica de Catalunya) zúčastnili soutěže Solar Decathlon Europe 2012, která je evropskou obdobou původní americké soutěže U.S. Department of Energy Solar Decathlon, vč. v zásadě obdobných pravidel a podmínek pro stavbu soutěžních domů. Tato soutěž se v roce 2012 konala v Madridu.

Pro tyto podmínky, tj. klima Barcelony (celoročně) a Madridu (září) byl navrhován soutěžní prototyp (e)co House [9].

V soutěži Solar Decathlon Europe 2012 se tým se domem umístil na 8. místě z 18 účastníků, jejichž domy byly ve finále bodovány. Podrobné bodování v jednotlivých disciplínách viz Tab. 6.2.

Následující údaje byly čerpány z projektové dokumentace, která byla autorovi poskytnuta vedením týmu (e)co. [4]

Základní údaje o stavbě:

Zastavěná plocha	150m ²
Vytápěný objem	104,5m ³
Obestavěný prostor (celkový)	557,32m ³
Užitná plocha (vytápěná)	45m ²
Užitná plocha celkem (obě podlaží)	163m ²
Vypočtená produkce energie	5.900kWh/rok
Vypočtená potřeba energie	4.222kWh/rok
Instalovaný výkon fotovoltaika	4,6kW
Odhad ceny prototypu	150.000€ (cca. 4,1 mil. Kč k roku 2015)

Cílem návrhu bylo vytvořit prototyp stavby pro individuální rodinné bydlení, která bude mít zcela minimální dopad na životní prostředí, nejen z hlediska bilance energie, ale také použitím recyklovatelných materiálů atd.. Podle představ týmu by v závěru životního cyklu neměl z domu zůstat žádný (nevyužitelný) odpad.

[9] Dokumentace soutěžních domů. *Solar Decathlon Europe*. [online]. 2012. [cit.2014-01-15]. Dostupné z: <http://www.sdeurope.org/downloads/sde2012/>

[4] E-mailová konverzace s Tonim Quirante Garridem. [online]. [cit.2014-02-10].



Obr. 6.18: (e)co House, vnější plášť – foto: Martin Čeněk, 2012



Obr. 6.19: (e)co House, vnitřní obytné moduly, zatážené stínění – foto: Martin Čeněk, 2012

Návrh vychází z konceptu domu ve skleníku. Jednotlivé hlavní funkce jsou umístěny v samostatných „buňkách“ z masivních lepených dřevěných panelů s tepelnou izolací a vnějším překližkovým pláštěm (tepelně technické vlastnosti konstrukcí těchto buněk vykazují hodnoty součinitele prostupu tepla, U, okolo 0,2W/m²K), které samy o sobě mají minimální rozměry; prostor mezi nimi ale slouží rovněž jako obytný (či, lépe řečeno, obyvatelný), nicméně klima v tomto meziprostoru není uměle upravováno.

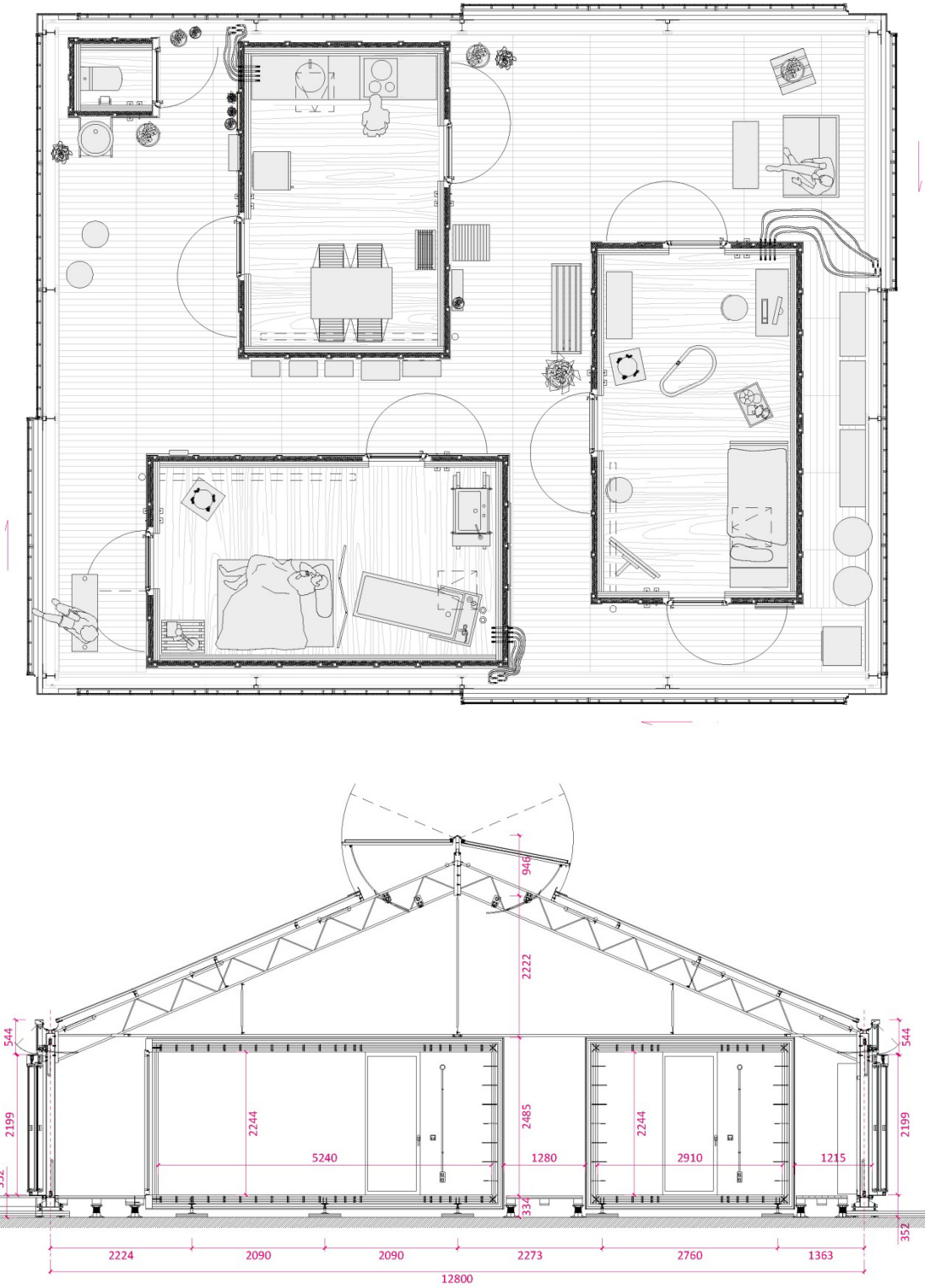
Tato sestava jednotlivých objektů-místností je kryta jednoduchým stanovým skleníkem z polykarbonátu s průběžnými větracími klapkami z obou stran hřebene, na nichž jsou integrovány fotovoltaické články. Tento skleník je vynesena na pozinkované ocelové příhradové konstrukci složené ze sloupků a příhradových nosníků-krokví. Svislé části skleníku lze prakticky úplně otevřít pomocí posuvných panelů. Rovněž jsou do stěn skleníku integrovány solární kolektory sloužící k ohřevu vody. Na vnitřní straně konstrukce skleníku jsou umístěny stínící prvky – rolety.

Skleník je pro autory filtrem, pasivním i aktivním solárním prvkem.

Z architektonického hlediska se autoři pokusili vytvořit kontrast „přírodního“ a „průmyslového“, plného a průsvitného, vzdušného a pevného. Je pochopitelně na subjektivním posouzení, do jaké míry se jim toto podařilo. Provedení samotného skleníku by jistě z hlediska architektury mohlo být rafinovanější, citlivější, na druhé straně – záměr ukázat jednoduchý industriální a dostupný plášť se autorům beze sporu podařilo. Vnitřní boxy pak mají, díky použití surového dřeva (CLT panely a překližka) velmi příjemný charakter, který doplňuje i použitý minimální nábytek odkazující na snahu vytvořit jednoduchou stavbu pro mladé rodiny, stavbu s vysokou mírou flexibility a dostatkem prostoru pro individuální úpravy. Strop každého obytného boxu poskytuje, díky výšce skleníku, další užitnou plochu, ať už pro aktivity obyvatel, nebo pro skladování, či třeba pěstování domácí zeleniny (vzhledem k tomu, že jsme ve skleníku).

Podíváme-li se na dům z hlediska dispozičního, lze říci, že soukromé funkce (ložnice, koupelna) jsou maximálně uzavřeny, společný (společenský) prostor je pak tvořen vlastně veškerým volným prostorem ve skleníku. Snad jediná pochyba by mohla být – z hlediska architekta zvyklého na určité (středoevropské) uvažování o prostoru domu či bytu – o umístění kuchyně vč. stolování v jedné z buněk. Je to ale dáno především požadavky na dopravu a realizaci stavby – veškeré mokré provozy a technologie bylo beze sporu optimální soustředit do některého z hotových boxů, aby byla snížena náročnost montáže na místě soutěže. To samozřejmě může představovat i velkou výhodu v případě reálného použití domu jako jednoduché prefabrikované stavby – ostatně – s podobnými problémy se pochopitelně potýkal i Tým ČVUT s domem AIR House.

Otázka samozřejmě je, zda zamýšlený společenský prostor v „bioklimatickém“ skleníku může opravdu celoročně fungovat, a to i když (či právě proto) je zamýšlen do podmínek jižní Evropy.



Obr. 6.20: (e)co House týmu ETSAV-UPC, půdorys a řez - (e)co Team, ETSAV-UPC, 2012

Autoři argumentují, že neposkytují uživatelům domu jen 45m² obytné plochy, ale 128m² plochy, resp. dokonce 163m² po započtení „půdy“, tj. plochy pochozího zastropení jednotlivých boxů. Co se týče ceny, použitím průmyslového skleníku se pokouší o maximalizaci objemu stavby za co nejnižší částku.

Prostor mezi dvěma světy, organickým (vnitřní boxy) a průmyslovým (vnější skleník) je dle autorů tím skutečně revolučním přínosem jejich projektu. [15]

Po technické stránce se autoři pokusili v zásadě o low-tech přístup, resp. se soustředili na to, aby systémy, které navrhují, byly pokud možno nekomplikované a snadno ovladatelné, s maximálním důrazem na systémy pasivní (tj. na pasivní využití sluneční energie). S ohledem na výsledky soutěže je otázkou, zda se jim to skutečně efektivně podařilo.

Je ale třeba uvést, že co se týče vnitřního komfortu stavby, dosáhli velmi dobrého výsledku (3. místo v dané disciplíně, přes 102 bodů ze 120).

Autoři ve své zprávě ke konstrukčnímu řešení stavby uvádějí poznámku, která by mohla do určité míry být charakteristická pro celou řadu projektů domu v domě, jež jsou uvedeny v této práci: „*náš projekt je založen na nerozhodnosti mez systémy*“ [16]. V této „nerozhodnosti“ ale spatřují výhodu – dávají tak uživateli volnost adaptovat si prostor podle svého. Proto jsou konstrukční systémy maximálně oddělené, aby vznikala co nejmenší jejich vzájemná závislost, která by omezovala možnosti jejich úprav a zdokonalování.

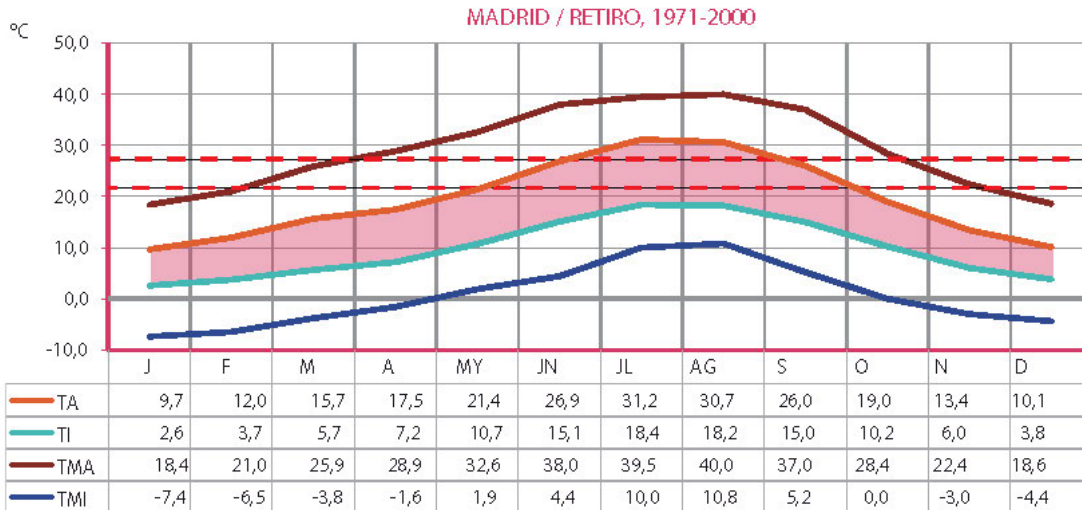
Co se týče energetického řešení stavby, které je v soutěži Solar Decathlon velmi významné, a které, dle názoru autora tohoto textu, je zásadní pro použitelnost konceptu domu v domě jako možné formy udržitelných staveb (ale i obecně jako jedna z důležitých podmínek udržitelné, resp. prostě kvalitní současné architektury), návrh se taktéž snaží o low-tech přístup využívající v maximální možné míře vlastnosti materiálů a jejich kombinací, spíše než komplikované hi-tech řešení s velkým dopadem na životní prostředí (náročností výroby, zastaráváním, cenou, spotřebou cenných neobnovitelných zdrojů atd.).

Meziprostory ve skleníku autoři chápou jako proměnlivé prostory, jejichž využití se bude v průběhu roku měnit s ohledem na vnější podmínky. Vyžaduje to tedy do značné míry chápavé a progresivní uživatele ochotné svůj dům tímto způsobem – flexibilně – používat.

[15] (e)co team UPC SDE 2012. Jury Brief Reports. *Solar Decathlon Europe*. [online]. 2012. [cit.2014-01-20]. Dostupné z: http://www.sdeurope.org/wp-content/pdf/UPC_Jury%20Brief%20Reports.pdf

[16] (e)co team UPC SDE 2012. Jury Brief Reports. *Solar Decathlon Europe*, [online]. 2012 [cit.2014-01-15]. Dostupné z: http://www.sdeurope.org/wp-content/pdf/UPC_Jury%20Brief%20Reports.pdf, str. 12

„*Our project is based on the indecisiveness between systems*“



Graf 6.5: Teploty během roku v Madridu, Španělsko – AEMET „Iberian Atlas Climate“, převzato z: (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012

TA: Průměrná maximální teplota

TI: Průměrná minimální teplota

TMA: Absolutní maximální teplota

TMI: Absolutní minimální teplota



Obr. 6.21: (e)co House, detail větrací klapky v hřebeni a zatažených stínících rolet – foto: Martin Čeněk, 2012

Klimatické podmínky

Soutěžní dům byl primárně koncipován pro úspěch v soutěži, tedy pro klimatické podmínky Madridu, zejména pak v období závěru září. Současně byly tyto podmínky porovnávány se situací v Barceloně, která je značně odlišná. Madrid má středomořské kontinentální klima což je krom geografické pozice dáno i poměrně velkou nadmořskou výškou (667m n.m.). To znamená, že jsou zde velké rozdíly mezi teplotami v noci a ve dne a v letním a zimním období – viz údaje v kapitole 4.1 a dále *Graf 6.5*.

Pasivní solární řešení

Hlavním principem je využití skleníkového efektu. Vnější kůže je primární ochranou před větrem a deštěm a na principu skleníkového efektu jímá sluneční záření. Propouští sluneční záření, které ohřívá povrchy uvnitř umístěných objektů, které následně toto teplo uchovávají. Hlavním mechanismem ohřívání skleníku je konvekce, ochlazení lze tedy dosáhnout účinným přirozeným provětráním.

Větrání

Skleník je využíván k přirozenému provětrání domu, a to jak díky využití větru, tak především pomocí komínového efektu, kdy stoupání teplého vzduchu nasává studený vzduch při zemi, teplý vzduch je odváděn v hřebeni skleníku. Přirozené větrání zajišťuje, aby se meziprostor stavby nepřehříval.

Systém vytápění a nuceného větrání

Pro vytápění objektu byl zvolen systém s využitím předehřívání vzduchu v akumulacním výměníku tvořeném šterkem na jižní straně objektu. Přes den je zásobník šterku otevřený, aby umožnil co nejúčinnější nahřátí obsahu, v noci je pak izolovaná nádoba uzavřena a vzduch z exteriéru je skrz šterkové lože veden do jednotlivých vnitřních obytných buněk domu.

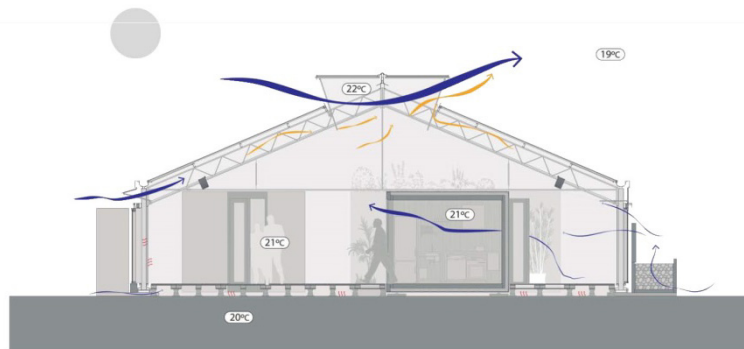
Větrání jednotlivých modulů domu je řešeno do meziprostoru (do skleníku), který je odvětráván přirozeně i řízeně.

Systém chlazení a nuceného větrání

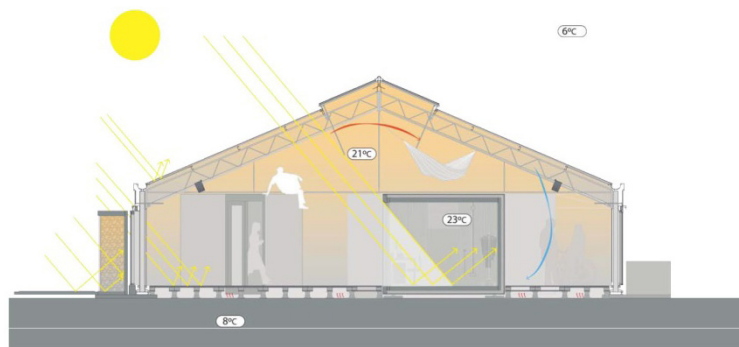
Obdobně k systému vytápění je řešeno i chlazení. Hmotu šterku sloužící k předchlazování vzduchu je umístěna na severní straně domu a izolovaný tank, který ji obsahuje, je otevřen v noci, přes den je naopak uzavřen, aby chlad uchoval co nejdéle.



Obr. 6.22: Letní den - (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 109



Obr. 6.23: Letní noc - (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 109



Obr. 6.24: Zimní den - (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 110



Obr. 6.25: Zimní noc - (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 110

Hlavní režimy chování domu

A. Letní den

Skleník je plně stíněn vnitřními reflexními roletami, aby se co nejvíce snížilo sluneční záření dopadající na vnitřní objekty. Zatažené rolety vytváří provětrávaný prostor, v němž se uplatňuje komínový efekt. Současně je do domu přísáván venkovní vzduch o větší rychlosti a jsou zapojeny zvlhčovací prvky (rostliny), které vzduch ochlazují pomocí odpařování. Současně je zapojeno nucené větrání přes akumulční šterkové výměníky na severní straně domu. Dobře izolované vnitřní moduly jsou vůči skleníku pokud možno uzavřeny a větrány nezávisle tímto chladnějším vzduchem.

B. Letní noc

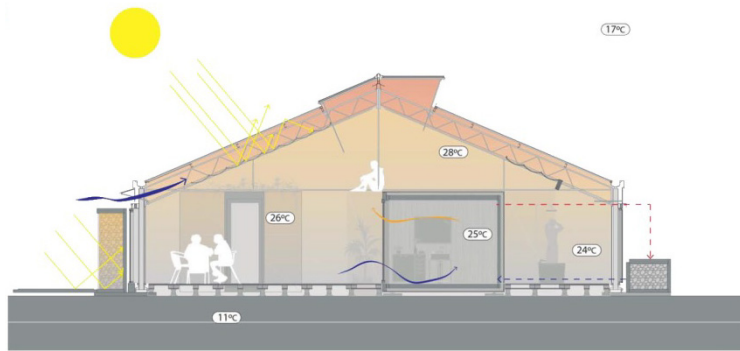
V noci vnější kůže domu funguje jako ochrana před větrem, chladný vzduch je vpouštěn do skleníku klapkami a pomáhá jej ochladit. Rovněž jsou odstraněny rolety, aby výměna vzduchu v celém prostoru mohla být účinnější. Jednotlivé vnitřní moduly jsou otevřeny do skleníku a skleník je dle potřeby otevřen do vnějšího prostředí. Aktivní mechanismy nejsou nutné. Akumulační zásobník je otevřený, aby se přebytečné teplo naakumulované během dne mohlo rozptýlit do vnějšího prostředí.

C. Zimní den

Během zimního dne není skleník stíněn a je uzavřen, aby byl maximálně využit skleníkový efekt. Vzniká tak vnitřní mikroklima. Tepelná energie je absorbována vnitřními částmi stavby. Současně šterkové akumulční lože na jižní straně domu přijímá sluneční energii.

D. Zimní noc

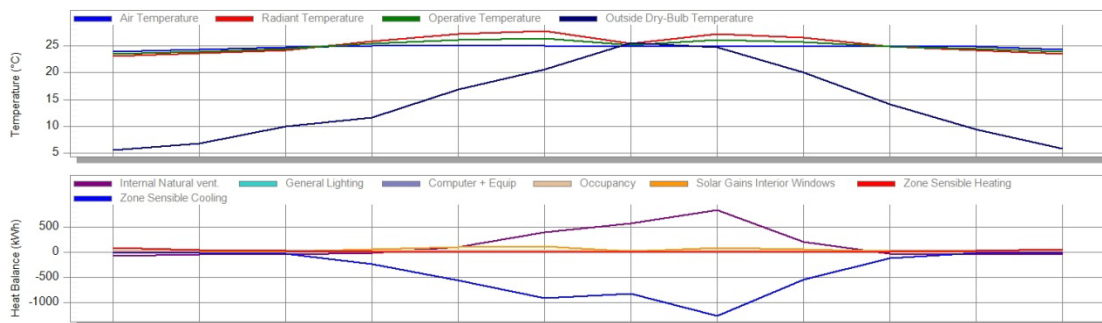
Během chladné zimní noci je vnější kůže maximálně uzavřena vč. hřebenových větracích klapek. Díky poměrně obstojným vlastnostem použitého polykarbonátu by naakumulované teplo tímto způsobem mělo ve skleníku vydržet déle. Vnitřní buňky jsou zavřené a vytápěné a větrané vzduchem z akumulčního výměníku na jižní straně domu. Nemělo by být nutné používat tepelné čerpadlo nebo jiný způsob vytápění vnitřních prostor.



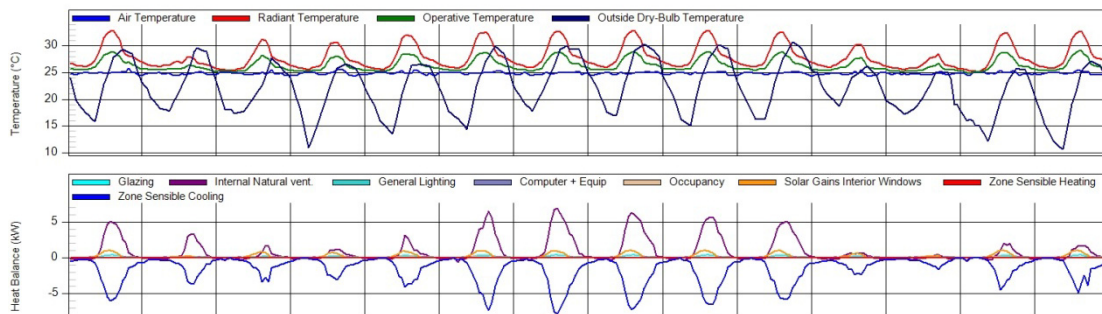
Obr. 6.26: Přechodné období, den – (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 111



Obr. 6.27: Přechodné období, noc – (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 111



Graf. 6.6: Simulace měsíčního průběhu teplot a potřeby energie v průběhu roku (1. leden – 31. prosinec) – (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 115



Graf. 6.7: Simulace denního průběhu teplot a potřeby energie v průběhu soutěžních dvou týdnů (3. – 17. září) – (e)co team UPC SDE 2012, Project Manual, 12/2012, str. 116

E. Přechodné období, den

V přechodném období kontroluje vnější kůže ochranu před přehříváním pomocí inteligentního systému, který reguluje zatažení stínících rolet a otvírání klapek, podle aktuální situace a potřeby prostor provětrávat a zvlhčit. Komfort vnitřních modulů je upravován pomocí vzduchu z jednoho či druhého šterkového výměníku.

F. Přechodné období, noc

Cílem v noci v přechodném období je, aby prostor ve skleníku maximálně snížil rozdíl teplot mezi vnějším prostředím a komfortní zónou v modulech, funguje tedy jako přechodový, snižuje potřebu energie nutnou k udržení podmínek v interiéru obytných buněk. Současně mohou být moduly dotápěny teplým vzduchem ze šterkových výměníků.

Průběhy vnitřních teplot

Chování domu (vnitřních modulů) bylo simulováno v závislosti na venkovní teplotě. Výsledky jsou patrné z *Grafů 6.6 a 6.7*.

Výsledky simulací ukázaly, že stavba může fungovat za použití navržených pasivních systémů. Podmínkou je, že komfort přechodové zóny není regulován zdaleka tak pevně, jako podmínky v uzavřených vnitřních modulech. Nicméně pouze pasivní systémy nebyly dostatečně efektivní, aby umožňovaly bez dalších opatření udržet zejména teplotu v úzkém rozpětí daném podmínkami soutěže (2°C).

Jako největší problém pro klimatické fungování domu by se, dle jeho autorů, ukázaly být velké teplotní rozdíly mezi nocí a dnem, resp. létem a zimou při dlouhodobém umístění v madridských podmínkách. Klimatické podmínky Barcelony jsou oproti tomu výrazně stabilnější. Na druhou stranu velké rozdíly teplot zejména mezi dnem a nocí umožnily – za použití popsaného systému akumulace – chlazení domu přes den.

Shrnutí

Oba popsané experimentální domy se ukázaly být životaschopnými prototypy, které by, ideálně za předpokladu dalšího výzkumu a optimalizace, mohly v daných podmínkách skutečně fungovat.

Tento závěr je zajímavý zejména z toho hlediska, že z části vyvrací premisu, že dům v domě se stínící kůží je vhodný výhradně do teplých klimatických podmínek, zatímco dům ve skleníku je v teplém klimatu prakticky nefunkční kvůli nadměrnému přehřívání.

Bylo by jistě zajímavé sledovat další výzkum prototypu (e)co House, který by ukázal jeho fungování ve stabilnějších podmínkách Barcelony, v nichž je teplotní rozdíl mezi dnem a nocí méně nakloněn využití nočního chladu k následnému celodennímu chlazení a mírnění rizika přehřívání stavby.

Tým barcelonské univerzity se zúčastnil rovněž soutěže Solar Decathlon Europe 2014 ve Versailles, ovšem s novým konceptem, který se již potřetí nevracel k principu domu v domě.

U prototypu AIR House by obecně bylo zajímavé sledovat jeho skutečné chování v podmínkách České republiky, jak bylo řešeno v původním návrhu. Ač je dnes dům v kampusu ČVUT postaven a jeho parametry je možné měřit a zkoumat, jak bylo popsáno, jeho umístění a orientace neodpovídají navrženému konceptu (terasa není orientována k jihu) a nelze tedy přesně ověřit, do jaké míry by skutečně veškeré principy obstály v praxi, či zda by byla nezbytná další optimalizace k dosažení předpokládaných výsledků.

7. ZÁVĚR

Záměrem této práce bylo zabývat se formami udržitelné architektury a především představit a zhodnotit jeden z méně rozšířených přístupů ke konceptu udržitelné architektury, který byl nazván „dům v domě“.

Teoretický úvod odhalil rozsáhlé možnosti, které má dnešní architektura v pojetí plášťů staveb a integraci nejrůznějších technologií do nich. V důsledku těchto příležitostí lze nejen v teoretické, ale především v praktické rovině uvažovat o rozdělení různých funkcí stavby do více nezávislých vrstev, či kůží, což je podstatou právě konceptu „domu v domě“.

Tento koncept může mít vícero různých podob, které mají rozdílné estetické pojetí a nabízejí nový přístup nejen k architektonické formě, ale také k využití prostoru stavby a jejího celkového fungování – provozního i energetického.

Byly detailněji popsány především dva typy domů v domě, tedy dům s druhou stínící kůží a dům ve skleníku. Každý nabízí odlišný přístup a ve výsledku také odlišný prožitek. Dům se stínící kůží se ukazuje jako velmi vhodný do teplých klimatických podmínek, v nichž může poskytnout komfortní vnitřní prostředí při vynaložení malého úsilí zejména během provozu stavby. Dům ve skleníku naopak z provedených analýz i rešerší vychází jako řešení vhodné především do podmínek, kde jsou nižší teploty a současně relativně velké množství slunečního záření. Podobně jako dům se stínící kůží pak i dům ve skleníku v těchto podmínkách představuje provozně velmi úsporné řešení, plně založené na jednoduchém pasivním nakládání se sluneční energií, navíc s benefitem velké flexibility jak pláště, tak vlastní (vnitřní) stavby.

Jedna z hlavních otázek, zda koncept „domu v domě“ může fungovat v podmínkách České republiky, byla zodpovězena zejména pomocí provedených simulací a výpočtů. Z nich vyplynulo, že obě varianty mohou být v našich podmínkách funkční i z hlediska vytvoření komfortního vnitřního prostředí, ale oproti uvažovaným modelům by, zejména u varianty domu se stínící druhou kůží, byla nezbytná optimalizace návrhu pro jejich reálné použití.

Rovněž byla popsána varianta, kdy je koncept „domu v domě“ využit pro rekonstrukce starších objektů, či naopak hodnotné historické objekty poslouží jako „druhá kůže“ pro novou a plně nezávislou náplň.

V průběhu výzkumu se mnohokrát zdálo, že hypotéza, která byla na samém počátku stanovena, tedy že „dům v domě“ může představovat plně funkční řešení a náhradu za dnes běžně užívané stavby, které se zaměřují především na úsporu energie a používání aktivních prvků k dosažení co nejnižších energetických bilancí, a současně že koncept „domu v domě“

může nabídnout též zajímavou a v řadě ohledů neotřelou formu udržitelné architektury, se ukáže jako chybná. Je příjemným překvapením, že z technického hlediska výsledky nasvědčují tomu, že koncept je při správném pochopení klimatických podmínek a jejich vlivu funkční. Estetické hledisko je pochopitelně vysoce subjektivní záležitostí, nicméně díla, která autor uvádí mezi příklady aplikace konceptu „domu v domě“, patří mezi širší odbornou a často též laickou veřejností oceňované stavby, stejně tak i vlastní autorova praktická aplikace principu domu v domě na návrhu a realizaci experimentálního domu AIR House pro soutěž U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013 ukazují, že také estetická – či, chceme-li – architektonická stránka konceptu je zajímavá.

Lze tedy konstatovat, že koncept „domu v domě“ je možné používat v architektonické praxi a pracovat s ním při výuce studentů architektury. Poznatky vyplývající z této práce jim mohou pomoci konceptu lépe porozumět a aplikovat jeho principy, jak se již děje v ateliérové výuce na FA ČVUT.

Kromě samotného popsání konceptu „domu v domě“ jako formy udržitelné architektury, které umožňuje architektům a studentům architektury se s tímto přístupem seznámit, ukazuje tato práce také na možné obecnější postupy a způsoby uvažování při navrhování udržitelné architektury. Je naprosto zásadní k návrhu vždy přistupovat se znalostí lokálních podmínek, díky níž je pak snazší efektivně pracovat na holistickém – integrálním – návrhu stavby, který bude architekturu a techniku nikoli „pouze“ propojovat, ale který bude ke všem stránkám návrhu přistupovat jako k jedinému celku. I zde, na závěr, je třeba zopakovat, že toto by neměl být přístup nějak výlučný pro „udržitelnou“ architekturu, ale mělo by se jednat o postup, který má být volen pro každý kvalitní návrh. Neboť aby architektura mohla být udržitelná, musí být především dobrá a kvalitní.

„Udržitelnost je příležitost klást si staré otázky novým způsobem.“ [1]

Stavba soutěžního prototypu AIR House, která je v zásadě průběžným praktickým výstupem autorova výzkumu, ukázala, že integrální navrhování je možné a že vede k úspěšným výsledkům. Současně také právě tento projekt dokládá zcela zásadní význam přístupu „Research by Design“ pro studenty architektury.

[1] Villemard, J., *Headquarters of the CFE/Rubelles-what makes it sustainable*, konference IDEA („Interior Design and Eco Architecture“), Praha, 10-11/6/2013
„Sustainability is an opportunity to ask old questions in a new way“

8. SUMMARY

Sustainable architecture should represent a holistic approach, both ecological and economical, but also sustainable in the social and cultural fields, and, most importantly, able to fulfil the aesthetic expectations of the society. It should be concerned with far more than just technical and technological aspects of the construction.

Assuming that form is the outer expression of a building's aesthetics and form, in turn, is represented by the building skin, or envelope, we can argue that such "envelope" does not only have to define the appearance of the building we perceive, it can, in the way it is designed, shaped and related to the many functions a building has, also have the potential to solve its future technical needs.

Can sustainable architecture have its own form and aesthetics; is any particular formal expression advantageous for sustainable architecture? Is there anything like "intelligent skin"? Can the envelope of a building carry more functions and become separated from the building itself? Is the concept of a "house within a house" the solution to future building needs of all scales and typologies?

The dissertation thesis aims to explore the „house within a house concept“, analyse its theoretical background as a form of sustainable architecture, its history and current applications in modern architecture worldwide and define and prove its characteristics. The goal is to provide a practical approach by analysing the energy strategies behind the concept, their implications and relationship with climate and other outside conditions. Using the method of research by design with the Solar Decathlon 2013 competition prototype of the team from Czech Technical University in Prague, the AIR House as one of the examples, the thesis looks at the design process and hands-on experience with the concept.

The thesis introduces the main themes of sustainability and sustainable architecture and discusses the importance of both "hard" (data based) and "soft" (based on aesthetics etc.) approach to good quality (sustainable) architecture. Sustainability in the construction process is due to today's environmental challenges an important topic which cannot be overlooked. However, architecture has always been defined by the three Vitruvian canons: durability, utility and beauty. Architecture, or rather, good architecture, is simply something that cannot just be measured and calculated.

Form is an crucial representation of an architecture's aesthetics, as many theoreticians argue. But can – or should – sustainable architecture have its own form? The answer is that probably it does not have to, but there exist forms which are more suitable to perform well and at the same offer a new and original approach to architecture, space and

technology. The house within a house concept is such a new form. By dividing a building into more functional sub-sets and by separating an independent skin, a building gains flexibility. New intermediate buffer space is created. Such a building is oriented on the elaborate passive use of solar energy, which is a far more effective approach than simply trying to add as much insulation and technology as possible.

The thesis shows the different possible approaches to the house within a house concept by introducing three main techniques: the house with a second shading skin, the house within a greenhouse and the inverted house within a house, which is suitable for renovation projects of valuable (mainly industrial) buildings.

The house with a second shading skin and house within a greenhouse were proven functional, if attention and respect are paid to the climate conditions and the passive solar design strategies are carefully studied. The examples of AIR House and (e)co House prototype demonstrate successful practical applications of these two design approaches.

The dissertation thesis will hopefully offer architects and above all, architecture students the possibility to learn about a less common form of sustainable architecture and help them understand the design processes behind such a design and behind sustainable architecture in general.

9. POUŽITÁ LITERATURA

-

Architectural theory: from the renaissance to the present : 89 essays on 117 treatises. Köln: Taschen, c2003. ISBN 3-8228-1699-X.

A

Alberti, L. B. *Deset knih o stavitelství.* Praha: Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1956

Allain Y., *Une Histoire des Serres: De l'orangerie au palais de cristal,* Versailles: Éditions Quae, 2010, ISBN 978-2-7592-0617-9

Báčková, M. a kol. *Manuál energeticky úsporné architektury: novostavby, panelové domy, změny staveb, historické objekty.* Praha: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-904577-1-3

B

Banham, R. *Los Angeles: the architecture of four ecologies.* London: Allen Lane, 1971

Barros, V. *Globální změna klimatu.* Praha: Mladá fronta, 2006. Kolimbus. ISBN 80-204-1356-1

McDonough, W. a Braungart, M. *Cradle to cradle: remaking the way we make things.* New York: North Point Press, 2002. ISBN 0-86547-587-3

Broto C. *Eco-Friendly Architecture,* Barcelona: LinksBooks , 2012. ISBN 84-92796-15-4

Brundtlandová G. H., *Naše společná budoucnost: výtah: zpráva mezinárodní komise OSN pro životní prostředí.* 3. upr. vyd. Brno: EkoCentrum, 1991

Butti K., Perlin J., *A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology,* New York: Van Nostrand Reinhold, 1980, ISBN 0-442-24005-8

C

Čílek, V. *Dýchat s ptáky: obyčejné texty o světle paměti, pravdě oblaků a útěše míst.* Praha: Dokořán, 2008. ISBN 978-80-7363-202-1.

Čílek, V. *Krajiny vnitřní a vnější: texty o paměti krajiny, smysluplném bobrovi, areálu jablkového štrúdlu a také o tom, proč lezeme na rozhlednu. 2., dopl. vyd. Ilustroval Miloš ŠEJN.* Praha: Dokořán, 2005. ISBN 80-7363-042-7.

Carson, R.. *Silent spring.* Boston: Houghton Mifflin company, 1994. ISBN 0-395-68329-7.

Compagno, A. *Intelligente Glasfassaden: Material, Anwendung, Gestaltung = Intelligent glass facades : material, practice, design.* 4th, rev. and enlarged ed. Boston: Birkhäuser-Verlag, 1999. ISBN 081765996X.

Čeněk M., Kasalová H., *Nejnovější trendy udržitelného bydlení: U.S. Department of Energy Solar Decathlon 2013 – 20 případových studií prototypů malých domů pro individuální bydlení,* Studijní materiál pro předmět Ateliér I – Bytové stavby, 2014, FA ČVUT
Materiál vznikl za podpory Fondu rozvoje vysokých škol 2013, č. 1151/2013/G1

Dostupné online:

<http://fa.cvut.cz/Cz/Ustavy/15128/Blog/NejnovejsiTrendyUdrzitelnehoBydleniSolarDecathlon2013>

D

Dahl, T.. *Climate and architecture*. New York, N.Y.: Routledge, 2010. ISBN 0415563097.

Daria, S. *Le Corbusier: sociolog urbanismu*. 1. vydání. Praha: Odeon, 1967. ISBN 01-524-67-09

Darmon O. ed.. *Archi pas chere – 20 maisons bois*. Editions Ouest France, 2009. ISBN 978-2737348310

Day, Ch. *Duch & místo: uzdravování našeho prostředí: uzdravující prostředí*. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-95-0

De Botton A. *The Architecture of Happiness: The Secret Art of Furnishing Your Life*.

Londýn: Penguin, 2007. ISBN 9780241970058

De Botton, A. *Architektura štěstí: tajné umění zařídit si život*. Zlín: Kniha Zlín, 2010. Tema (Kniha Zlín). ISBN 978-80-87162-64-4.

Drexler, H, a Bruce, L., Sebastian El. KHOULLI, Raymond D. PEAT a Elizabeth. SCHWAIGER.

Holistic housing: concepts, design strategies and processes. Munich, Germany: Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 2012. ISBN 9783955531461.

F

Fialová, I. a Tichá, J. (eds.). *Martin Rajniš*. Praha: Zlatý řez, c2008. ISBN 978-80-87068-02-1

Filipová, M. a Rampley, M. eds. 2007. *Možnosti vizuálních studií. Obrazy – texty – interpretace*. Brno: Společnost pro odbornou literaturu – Barrister & Principal: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Seminář dějin umění. ISBN 978-80-87029-26-8.

Florián, M. *Inteligentní skleněné fasády: vysokoškolská učebnice*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03195-0.

Fuller, R. *Operating manual for spaceship earth*. New York: Dutton, 1978. ISBN 0525474331

Fuller, B., *The Case for a Domed City*, St. Louis Post-Dispatch, 1965-09-26,

H

Hájek, P. (ed.). *CESB 13 Prague: Central Europe towards sustainable building 2013 : sustainable building and refurbishment for next generations : [26th-28th June 2013, Prague, Czech Republic*. Prague: Grada for Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, 2013. ISBN 978-80-247-5015-6

Hausladen G., de Saldanha M., Liedl P. *ClimateSkin: Building-skin Concepts that Can Do More with Less Energy*. Mnichov: Birkhauser, 2008. ISBN 978-3034607285

Hausladen G., Liedl P., de Saldanha, M., *Building to Suite the Climate: A Handbook*, Basilej: Birkhäuser, 2012, ISBN 978-3-0346-0878-7

Hegger, M., Söffker, G. H., Thrift, P. a Seidel, P.. *Energy manual: sustainable architecture*. Munich: Edition Detail, 2008. ISBN 9783034614542.

Hendriks, Ch.F. *Sustainable Construction*. Boxtel: Aeneas Technical Publishers 2001. ISBN 90-75365-43-8

Herzog, T. [et al.]. *Habiller de verre et de bois: agrandir des maisons familiales sans augmenter la consommation d'énergie = Gebäudehüllen aus Glas und Holz, Massnahmen zur energiebewussten Erweiterung von Wohnhäusern*. 2e éd. Lausanne, Suisse: Presse Polytechniques Romandes, 1985. ISBN 9782880740399.

Herzog, T. (ed.). *Solar Energy in Architecture and Urban Planning: Europäische Charta für Solarenergie in Architektur und Stadtplanung*. München: Prestel, 1995. ISBN 3-7913-1652-4

Hlaváček, D. (ed.). *Architektura a ekologie*. V Praze: ČVUT, Fakulta architektury, 2013. ISBN 978-80-01-05255-6.

Holl, S. *Paralaxa*. Přeložil Všeťečková, A. Brno: ERA Group, 2003. ISBN 80-86517-68-3

CH

Chueca P. *Sustainable Homes*. Barcelona: Links. 2009. ISBN 9788496424302

J

Jencks Ch., *The Iconic Building – The Power of Enigma*. Frances Lincoln Publishers Ltd., 2005. ISBN 978-0711224261

Jodidio, P. *Green architecture now: Grüne Architektur heute! = L'architecture verte d'aujourd'hui!*. Los Angeles: Taschen, c2009. ISBN 978-3-8365-0372-3

Jodidio, P. *Green architecture now: Grüne Architektur heute! = L'architecture verte d'aujourd'hui!*. Los Angeles: Taschen, c2009. ISBN 978-3-8365-0372-3.

K

Kahn L. I. *Conversations with Students*. 2. vydání. Houston: Princeton Architectural Press. 1998. ISBN 978-1568981499

Klaus, V. *Modrá, nikoli zelená planeta: co je ohroženo: klima, nebo svoboda?*. 2., rozš. vyd. Praha: Dokořán, 2009. ISBN 978-80-7363-243-4

Kolb, J. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

Krauel, J.. *New houses: compact & prefab*. Barcelona: Links, 2010. ISBN 978-84-96969-78-0

Krauel J. *Wood Houses and Cabins*. Barcelona: Links, 2010. ISBN 9788492796458

L

Le Corbusier, *La Charte d'Athenes*, Paříž: Editions du minuit, 1957

Le Corbusier, *Vers une architecture*, Paříž: Flammarion, 1995,.

Liddell H. *Eco-minimalism: The Antidote to Eco-bling*. Londýn: RIBA Publishing, 2008. ISBN: 9781859464953

M

Marras A. ed.. *ECO-TEC: Architecture of the In-Between*. New York: Princeton Architectural Press, 1999. ISBN 9781568981598

McCarter R. *Louis I. Kahn*. Londýn: Phaidon, 2009. ISBN 9780714849713

McQuaid M. *Shigeru Ban*. Londýn: Phaidon, 2003. ISBN-13: 9780714841946

Meadows, D. H. *The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. 8th print. New York: Universe books, 1972. ISBN 0-87663-165-0
Münster, R., Weiler, E. a Falkenberg, H.. *Urban style: Maisons de ville = Städtische Häuser* ; [French translation Marcel Saché, English translation Suzanne Kirkbright & Conan Kirkpatrick]. Köln: Evergreen, c2008. Eco architecture. ISBN 978-3-8365-0820-9.

P

Palladio, A. *Čtyři knihy o architektuře, v nichž se po krátkém pojednání o pěti řádech a o těch pokynech, které jsou při stavění nejnütnější, pojednává o soukromých domech, o cestách, o mostech, o náměstích, o xystech a o chrámech*. Praha: Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1958. Architektura.

Pallasmaa J. *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*. Chichester: Wiley, 2005. ISBN 978-0470015797

Pallasmaa J. *The Thinking Hand: Existential and Embodied Wisdom in Architecture*. Chichester: Wiley, 2009. ISBN 978-0470779293

Pallasmaa J. *The Embodied Image: Imagination and Imagery in Architecture*. Chichester: Wiley, 2011. ISBN 978-0470711903

Poirazis H. *Double Skin Facades for Office Buildings: Literature Review. Report EBD-R--04/3*. Lund: Lund Institute of Technology, Lund University, 2004

R

Ragon, M. *Kde budeme žít zítra*. Přeložil Věra SMETANOVÁ. Praha: Mladá fronta, 1967.

Rasmussen, S. E. *Experiencing architecture*. 2d United States ed.]. Cambridge [Mass.]: M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology, 1962.

Rich, S. *Ecological houses*. 2nd ed. Editor Viviana GUASTALLA. Kempen: teNeues, c2008. ISBN 978-3-8327-9227-5

Roberts, S. a Guariento, N.. *Building integrated photovoltaics: a handbook*. Boston: Birkhäuser, 2009. ISBN 3764399481.

S

Schittich, Ch. a Heidenreich, S.. *Building simply two: sustainable, cost-efficient, local*. Munich: Edition Detail, 2012. In detail. ISBN 978-3-95553-173-7.

Schittich, Ch.. *Solar architecture: strategies, visions, concepts*. Boston: Birkhäuser, 2003. In detail. ISBN 978-3-0346-1519-8.

Schittich, Ch., Lang, W., Krippner, R., Green, P. a Taylor, I. *Building skins*. New enlarged edition. München: Edition Detail, 2006. In detail. ISBN 978-3-0346-1508-2.

Schittich, Ch. *Cost-effective building: economic concepts and constructions*. Boston: Birkhäuser, 2007. In detail. ISBN 978-3-0346-1510-5.

Schittich, Ch, Krisch, R. a Kähler, G.. *Single family houses*. New enlarged edition. München: Edition Detail, 2005. In detail. ISBN 978-3-0346-1517-4

Schleger E., Liesler L., Hlaváček D., Rottová K., *Zdraví a krása: přírodní materiály a zdravé stavby*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04012-6.

Schleifer, S (eds.), *Small Eco Houses (Evergreen Series)*. Cologne, Germany: Benedikt Taschen, 2007. ISBN 9783822840498.

Syrový, B. *Architektura, svědectví dob: přehled vývoje stavitelství a architektury*. Vyd. 3., doplněné. Praha: SNTL, 1977.

Š

Šmelhaus, P. *Nízkoenergetický dům*. Praha: ABF–nakladatelství ARCH, 2004. ISBN 80–86165–94–9.

T

Tanizaki J. *In Praise of Shadows*. Londýn: Vintage, 2001. ISBN 978–0099283577

The Why Factory, Maas W. et al. ed.. *Green Dream: How Future Cities Can Outsmart Nature*. Rotterdam: nai010 Publishers, 2014. ISBN 978–90–5662–862–8

Tichá, J. (ed.). *Architektura na prahu informačního věku: texty o moderní a současné architektuře*. Praha: Zlatý řez, 2001. ISBN 80–902810–1–X.

Tichá, J. (ed.). *Architektura v informačním věku: texty o moderní a současné architektuře II*. Praha: Zlatý řez, 2006. ISBN 80–902810–8–7.

Tichá, J. a Pawson, J.. *Architektura: tělo nebo obraz?: texty o moderní a současné architektuře III*. Praha: Zlatý řez, 2009. ISBN 978–80–903826–1–9.

Tichá J., Kaplický J., Margolius I. (eds.), *Future Systems*, Praha: Zlatý řez, 2002, ISBN 80–901562–6–6

Tywniak, J. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80–247–1101–X

Tywniak, J. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978–80–247–2061–6.

V

Vitruvius M. P. *On Architecture*. Londýn: Penguin Classics, 2009. ISBN 978–0141441689

W

Wines J. *Green Architecture: The Art of Architecture in the Age of Ecology*. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2000. ISBN 978–3822863039

Warne, B. Fredriksson M. *På akaciens villkor: att bygga och bo i samklang med naturen*, Partille: Warne Förlag, ISBN 91–86424–09–2

Weiler, E. (eds.), *Natural flair: masions de campagne=ländliche häuser*. Köln: Evergreen, 2008. ISBN 978–3–8365–0822–3

Wigginton, M. a Harris, J.. *Intelligent skins*. Oxford: Butterworth–Heinemann, 2002. ISBN 0750648473.

Wright, D. a Cook, J., Andrejko, A. D. a Wolters, G. J. *The passive solar primer: sustainable architecture*. Atglen, Penn.: Schiffer Pub., c2008. ISBN 0764330705.

Wright F. L. *An Autobiography*. Petaluma: Pommegranate Communications, 2005. ISBN 978–0764932434

Z

Zahradníček, V. a Horák, P.. *Moderní dřevostavby*. Vyd. 2., aktualiz. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3568-6.

Wurm, J. *Glass structures: design and construction of self-supporting skins*. Basel: Birkhäuser, c2007. ISBN 978-3-7643-7608-6.

Zelená architektura.cz: architektura, krajina, udržitelný rozvoj, inspirce přírodou. V Praze: GJF, 2008. ISBN 978-80-254-3160-3.

Zumthor, P. *Atmospheres: architectural environments : surrounding objects*. Basel: Birkhäuser, 2006. ISBN 3-7643-7495-0.

Zumthor, P. *Thinking architecture*. 3rd, expanded ed. Basel: Birkhäuser, c2010. ISBN 978-3-0346-0585-4

Zumthor, P. *Promýšlet architekturu*. 2., dopl. vyd. Přeložil Štulcová, M. Zlín: Archa, 2013. aArchitektura. ISBN 978-80-87545-24-9.

Normy, zákony:

ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie an vytápění a chlazení, 2009

ČSN 730540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ, 2011

ČR, *Zákon č. 17/1992 o životním prostředí* [online]

Konference, přednášky:

Konference CESB 2010, Praha, 30/6 – 2/7/2010

Konference CESB 2013, Praha, 26–28/6/2013

Konference IDEA (Interior Design and Eco Architecture), Praha, 10–11/6/2013

Studentská vědecká konference ČVUT, *Udržitelné zdroje energie jako integrální součást návrhu domu – týmová spolupráce na projektu pod vedením architekta: 1 dům – 1 tým*, Praha 03/12/2013

Monsen, P., *Architecture and the environment*, nepublikovaná přednáška z cyklu „Ekologie versus architektura“, FA ČVUT, Praha, 06/12/2010

Villemard, J. *Headquarters of the CFE/Rubelles–what makes it sustainable*. konference IDEA („Interior Design and Eco Architecture“), Praha, 10–11/6/2013

Souto de Moura, E., *Přednáška na Holcim Foru 2011* [online]. 2011. [cit. 2011-10-16].

Dostupný z: <http://www.dezeen.com/2011/03/29/key-projects-by-eduardo-souto-de-moura/>

Hlavní internetové zdroje:

academics.triton.edu

www.archiweb.cz

www.archdaily.com

bengtwarne.malwa.nu

www.cc-studio.nl

divisare.com

www.divoee.com.tw

www.dentoncorkermarshall.co.uk
www.oeffekt.dk
www.emrak.cz
www.fosterandpartners.com
www.grimshaw-architects.com
www.herzog-und-partner.de
www.hhs-architekten.de
www.ip-architectes.fr
www.jourda-architectes.com
www.kiessler.de
www.lacatonvassal.com
www.low3.upc.edu
www.mvrdv.nl
portal.gov.cz
www.perraudinarchitectes.com
www.rozhlas.cz
rudyricciotti.com
www.sdeurope.org
www.usgbc.org
cs.wikipedia.org
en.wikipedia.org
www.sdeurope.org
2010.sdeurope.org
solardecathlon.gov
newalchemists.net
(a další)

Závěrečné práce apod.:

Doule, O. *Architektura v extrémním prostředí*. disertační práce, Praha: FA ČVUT, 2010
Kocourková, G. *Dvojité transparentní fasády*. Praha: FSv ČVUT, 2012
Wallin L., *House Inside a Glass House - The Greenhouse Effect*, Göteborg: Chalmers University of Technology, 2010
Berg J., *Sprout Living: Greenhouse Co-living for Start-up Entrepreneurs*, Master thesis, Göteborg: Chalmers Architecture, 2016,
Gulázsiová S., *Škola v Africe*, diplomní práce, Praha: FA ČVUT, Ateliér Hlaváček-Čeněk, 2016
Kuldkepp T., *The Effect of a Microclimate on the Energy Usage of a Building* (Ett mikroklimats påverkan på en byggnads energianvändning), Master of Science Thesis EGI2012-046MSC, Stockholm: KTH Industrial Engineering and Mechanics, 2012
Persson, O., Wennerstål P., *Energimodellering av naturhus - en studie av Sundby naturhus*, Lund: LTH School of Engineering, Lund University, 2015
Sojková K., *Poznámky k analýzám projektu „Dům v domě - Martin Čeněk“*, 27/10/2014, nepublikovaná práce

Sojková, K. House in a Glasshouse – Impact of the Glasshouse on Thermal Performance of the House Using a Lumped Parameter Model, In: *Proceedings of 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Building Physics of Sustainable Built Environment*, 14-17/06/2015, Turín, Itálie

Sojková, K., *Variant Analyses of the Thermal Performance of Buildings and of the Influence of Individual Parameters: Research Focused on Energy Efficient Buildings = Hodnocení tepelného chování budov ve variantách a analýza vlivu jednotlivých parametrů: Se zaměřením na budovy s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění*, disertační práce, Praha: FSv ČVUT, 2015

Časopisy:

Dassler, F., H., Herzog, T. Aller Lasten Anfang, rozhovor s Thomasem Herzogem, In: *Xia intelligente architektur* 07-09/2012, ISSN: 0949-2356

Schittich Ch., Gabriel A., Kaltenbach F., *DETAIL Green*, Mníchov: Institut für Internationale Architektur Dokumentation GmbH & Co, 2009-2016

Schoenefeldt H., The Crystal Palace, environmentally considered, in: *Arq* vol. 12, č. 3/4, 2008, str. 283-294, ISSN 1359-1355

Schoof J. Dialogue with the Sun: Thomas Herzog – researcher and architect, *Dailight&Architecture Velux* č.20, 2013, ISSN 1901-0982

Jiné:

Staněk, K., *3D model pro výpočet hodinových korekčních činitelů stínění vyvinutý v prostředí Matlab, využívající prostředí a moduly Google SketchUp*, verze únor 2013

© Ing. arch. Martin Čeněk

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta architektury

15128 Ústav navrhování II.

Thákurova 9

166 34 Praha 6 – Dejvice

mail@martincenek.com

září 2016