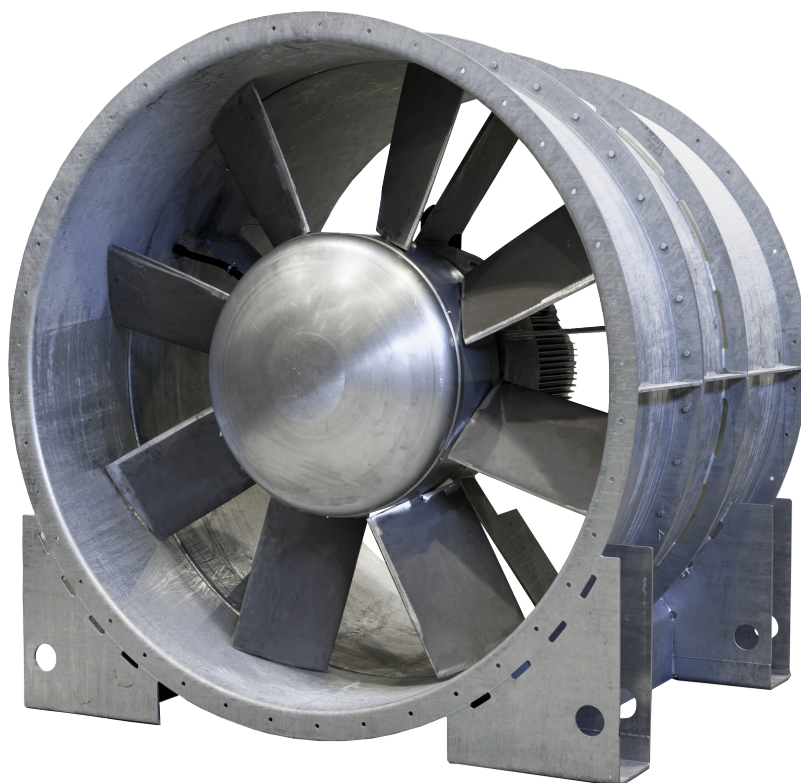


FA ČVUT v Praze
Zadávací dokumentace studentské práce - letní semestr 2021
Vedoucí projektu: Prof. Ing. arch. Mirko Baum
Odborný asistent: Ing. arch. Vojtěch Hybler

TURBINE TOWER

Koncept výškové budovy s termodynamicky efektivním
nosným systémem



Úvodem

Využívání obnovitelných zdrojů energie, především sluneční energie a větru, není ničím novým. Již po staletí pomáhaly skleníky rychlejšímu růstu a výrobě rostlinné potravy, tah komínu podporoval větrání a chlazení budov a větrný mlýn sloužil mletí obilí a čerpání vody. Teprve v 18. století, s nástupem průmyslové revoluce, přichází intenzivní využívání fosilních energetických zdrojů a s ním předpoklad prudkého růstu průmyslové produkce, jejíž dynamický rozvoj spolu s růstem populace a zvyšováním její životní úrovně dnes narostl do rozměrů, ohrožujících budoucnost života na naší planetě. Efektivní využívání obnovitelných zdrojů energie se neodvolatelně stalo životně nezbytnou nutností.

Současná energetická ekonomika je jakýmsi přechodným stavem, spojujícím „první solární období“ – tj. období před nástupem průmyslové revoluce – s „druhým solárním obdobím“ blízké budoucnosti. Samozřejmě, že tato renesance zaniklé „solární civilizace“ nebude již závislá na mlýnském kole a větrném mlýnu, ale bude znamenat prudký rozvoj nových technologií, které dají nejen ekonomice, ale v neposlední řadě i architektuře nový technický a estetický impuls.

Vlastním tématem ateliérové práce jsou studie nových architektonicko-typologických koncepcí, zakládajících svůj princip na racionálním využití termodynamických jevů a z nich plynoucího energetického zisku. Tyto koncepce se tak mohou stát zajímavou ekonomickou alternativou především pro státy, které čerpaly a doposud čerpají svoji ekonomickou sílu z časově omezené těžby ropy a jejího exportu. V ekonomické oblasti se tyto koncepce mohou stát lukrativním návazným programem, v oblasti architektury mohou znamenat inteligentní a výtvarně silný protiklad k dosavadnímu trendu energeticky nesmyslných megastaveb.

Jednou z takových koncepcí spojujících perspektivní výrobu energie s energeticky soběstačnou architekturou, jsou stavby založené na principu solární komínové elektrárny. Konkrétně jde o výškové budovy o výšce řádově několika set metrů a kapacitou středně velkého města, jejichž dispoziční řešení a konstrukce jsou v těsné návaznosti na výšku, konstrukci a dominantní roli solárního komínu. Dosud nevídané rozměry těchto staveb a jejich lokalizace do prostředí převážně nehostinných, zato ale s vysokým stupněm slunečního záření, může přispět nejen k rekultivaci a osídlení neúrodných a dosud nevyužitých oblastí, ale i k novému propojení architektury a urbanismu v korelaci s růstem globální populace a jejich budoucích potřeb.

Solární komínová elektrárna

Výroba elektrické energie pomocí solárního komínu je relativně novou metodou, jak poměrně jednoduchou a přímou cestou transformovat sluneční energii v energii elektrickou. Jedná se o jednoduchý princip kombinace skleníkového efektu s tahem komínu a přeměny vzduchového proudu v kinetickou energii.

Tento princip, převeden do velkého měřítka, dokáže generovat energii cenově srovnatelnou s cenami energie získané z konvenčních zdrojů a představuje technologicky jednoduché zařízení, které se obejde bez dodatečných energetických zdrojů (fosilních paliv, vody aj.) a jehož provoz je zcela bezemisní. Technologická

dostupnost tohoto zařízení z něj činí atraktivní zdroj energie především pro málo vyspělé země, které nadto zpravidla oplývají přebytkem slunečního záření.

S nápadem elektrárny pracující na principu solárního komínu přišli poprvé němečtí inženýři Jörg Schlaich a Rudolf Bergemann v roce 1976. Tato elektrárna sestává ze tří komponentů: kolektoru, komínu a turbíny. V průsvitném uzavřeném kolektoru je ohříván vzduch, který pak proudí k jeho centru a uniká komínem, na jehož základně je umístěna turbína s generátorem.

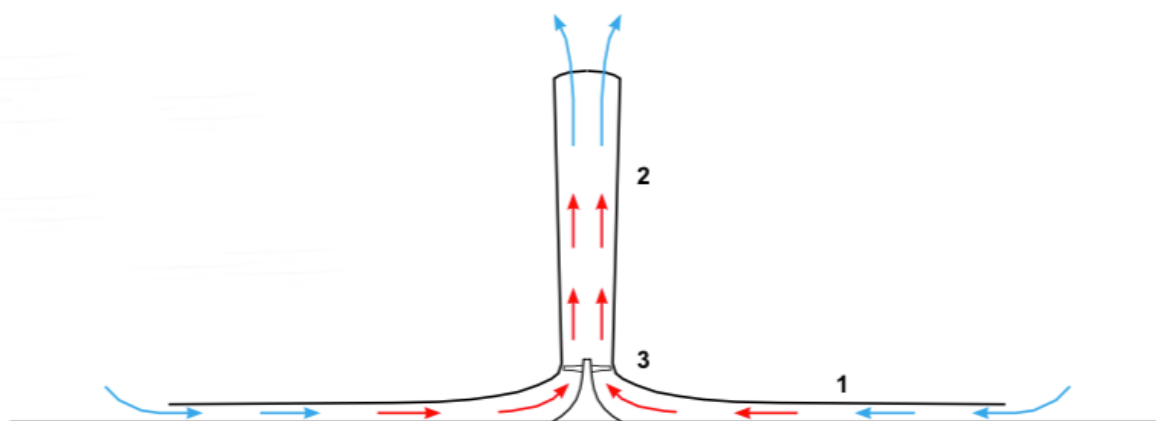


Schéma solární komínové elektrárny
1 – kolektor (skleníkový jev)
2 – komín (tah)
3 – turbína (transformace v kinetickou energii)



Seskupení solárních komínových elektráren

Solární komínová elektrárna pracuje na principu ohřevu vzduchu skleníkovým jevem v kruhovém, na svém obvodu otevřeném a shora průsvitném kolektoru, v jehož

centru je umístěn komín s turbínou. Vzduch v kolektoru má následkem ohřevu nižší hustotu než vzduch za jeho výstupem, a proto uvnitř kolektoru proudí směrem do jeho centra, načež komínem uniká. Na základně komínu je umístěna buď jedna nebo více turbín pohánějících jeden nebo více generátorů. Tah komínu je způsoben rozdílem teplot uvnitř kolektoru a na výstupu z komínu (přibližně 1°C na každých 100 výškových metrů), tj. efektivita elektrárny stoupá s jejími rozměry.



Vystup solárního komínu je stabilizován táhlovým vyztužením na principu drátěného kola

Kolektor

Kolektorem je nazývána skleníková oblast kolem solárního komínu. Jedná se o několik metrů vysokou shora průsvitnou plochu zpravidla kruhového tvaru, která se z důvodu zmenšení tření vzduchu během přechodu z horizontální roviny do roviny vertikální směrem k centru mírně zvyšuje. Kolektor je pro vstup okolního vzduchu na svém obvodu otevřen. Optimální velikost otvoru je důležitá pro plynulost proudění vzduchu. Je-li příliš malý, proudění zpomaluje a snižuje efektivitu elektrárny, je-li příliš velký, dochází k unikání teplého vzduchu do okolí se stejným následkem.

Vnější plocha kolektoru (střecha) je zhotovena ze skla nebo z jiného průsvitného materiálu. Uvnitř kolektoru vzniká skleníkový jev, kdy světlo je propouštěno dovnitř a dopadem na zem se mění v teplo, jehož únik je možný pouze komínem v centru kolektoru. Účinnost tohoto jevu je závislá na materiálu kolektorového zastřešení a na tepelné absorpci podloží. Jeho absorpční účinnost je možno zvýšit černým nátěrem, nebo nádržemi s vodou. Tato opatření ale zpravidla v pouštních či polopouštních

oblastech nejsou nutná. Akumulace tepla během dne pak zaručuje účinnost kolektoru v nočních hodinách.

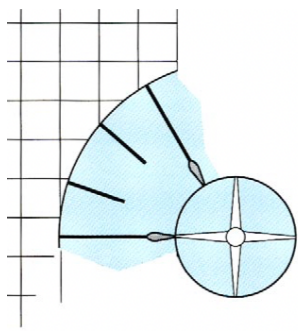
Vedlejším produktem výroby energie solární komínovou elektrárnou je využití periferní části plochy uvnitř kolektoru pro pěstování vhodných skleníkových plodin. Původní obavy z nepříznivých podmínek pro růst rostlin vlivem vysokých teplot a vyloučením srážek se nepotvrdily. Zkušenosti z první realizované experimentální solární komínové ve španělském Manzanares ukázaly, že noční kondenzace vlhkosti, srážející se na spodní ploše kolektorové střechy zaručuje plodinám dostatečnou vlhkost. Vzhledem k tomu, že předpokládanými lokalitami solárních komínových elektráren jsou pouštní a polopouštní oblasti, je i toto jejich využití nezanedbatelnou předností.



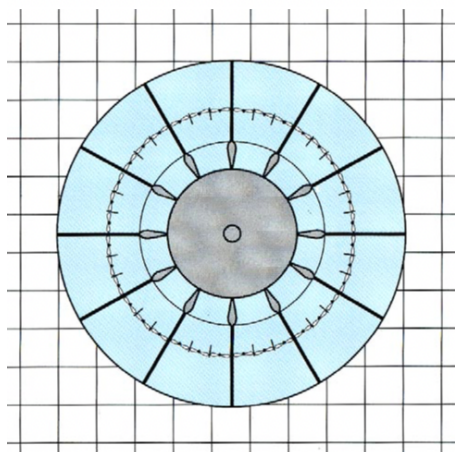
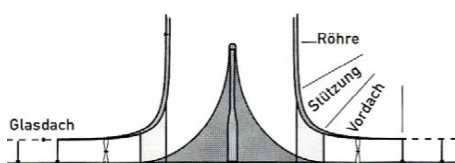
Vnitřní prostor kolektoru solární komínové elektrárny v Manzanares (jednoduché zasklení 4 mm)

Turbíny a generátor

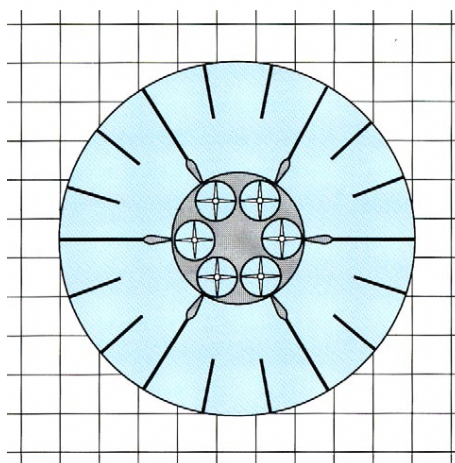
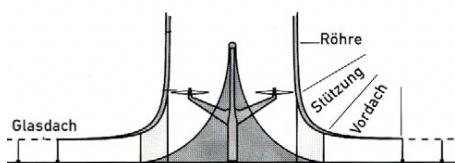
Turbína slouží k transformaci vertikálního proudění uvnitř solárního komínu v kinetickou energii. Umístěna bývá na úpatí komínu buď jako jedna turbína s vertikální osou, nebo jako několik dostředně uspořádaných turbín s osami horizontálními, jako je tomu kupř. u ventilátorů chladicích věží. Možné jsou i konstelace několika turbín s vertikálními osami uspořádanými hvězdicově kolem osy v úpatí komínu. V případě většího počtu turbín bývá voleno jejich umístění v několika vstupních kanálech. Ve všech případech se jedná o obvodově opláštěné turbíny s nastavitelnými listy, jejichž osy jsou zároveň osami generátorů. Nastavením listů je možné regulovat proporci mezi otáčkami turbíny (tj. efektivitou elektrárny) a stupněm tepelné akumulace kolektorového podloží, který je důležitý pro funkci elektrárny během nočních hodin, tj. snížením otáček turbíny se zvyšuje teplota uvnitř kolektoru a tím i jeho akumulace tepla a naopak.



Jedna vertikální turbína na úpatí komínu



36 horizontálních turbín umístěných po třech ve 12 vstupních kanálech



Šest vertikálních turbín na úpatí komínu

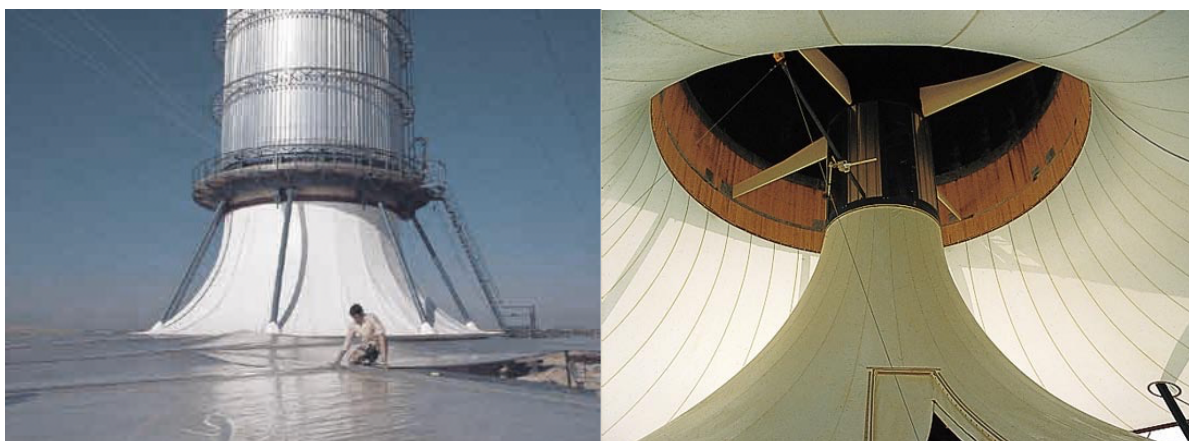
Solární komínová elektrárna v Manzanares



Solární komínová elektrárna v Manzanares, Schlaich & Bergemann 1982

První solární komínová elektrárna větších rozměrů byla postavena ve Španělsku u města Manzanares, ca. 150 km jižně od Madridu, v roce 1982. Jednalo se o výzkumný projekt financovaný německým ministerstvem pro technologický výzkum spolu se španělskou firmou UNION DELECTRA S. a. Přestože její životnost byla původně plánována na 3 roky, pracovala celkem 7 let až do jejího zničení větrnou smrští. Cílem projektu bylo dlouhodobé sledování parametrů, které nebylo možno ověřit teorií.

Špičkový výkon elektrárny byl odhadnut na 50 kW a její konstrukce byla s ohledem na její krátkou plánovanou životnost levně vyrobeným provizoriem. Komín o výšce 195 m byl složen z 8,6 m dlouhých sekcí trapézového plechu o konstrukční výšce 150 mm a tloušťce stěny pouhých 1,25 mm. Sevřen byl po čtyřech metrech ztužujícími příhradovými prstenci a založen byl na 10 m vysoké konstrukci, sestávající z ocelové skruže, spočívající na osmi tenkých sloupech. Přechod mezi komínem a kolektorem tvořila předpjatá membrána.



Přechod kolektoru a komínu: Vlevo pohled vnější, vpravo pohled vnitřní s instalací čtyřlísté vertikální turbíny

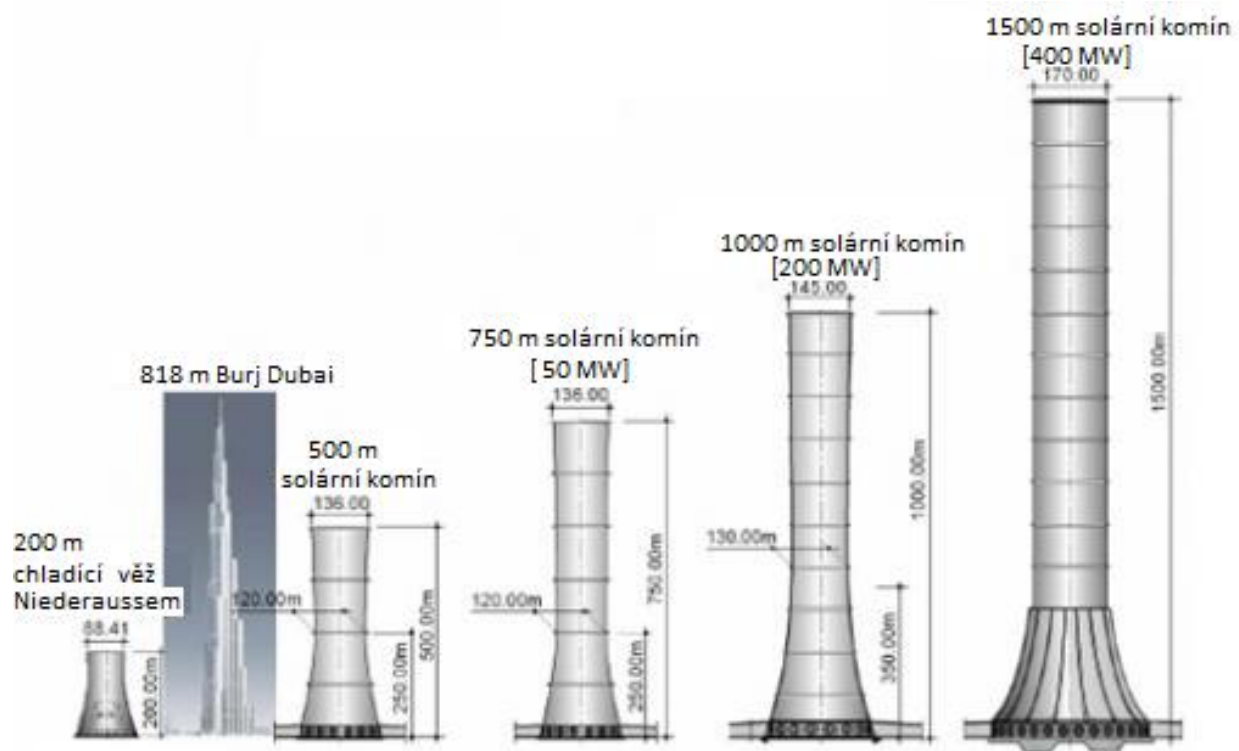
Komín byl vztyčen hydraulickými lisy speciálně vyvinutou metodou, a to po sekcích za současného postupného napínání drátěné stabilizace. Obvyklá stabilizace předpjatými ocelovými lany byla z cenových důvodů zavržena. Kolektor o ploše ca 45000 m² byl navržen na konstrukčním rastru 6 x 6 m a jeho výška obnášela 2 m. Za krycí materiál kolektoru bylo zvoleno více materiálů pro ověření vhodnosti jejich užití. Nejdražším ale ve výsledku nejvhodnějším materiálem se díky jeho odolnosti a malému znečišťování osvědčilo sklo, a to formou jednoduchého zasklení o tloušťce 4 mm. Dalším materiálem byly PVC fólie, u nichž každé 6 x 6 m měřící pole bylo ve svém středu biaxiálně stabilizováno zavěšeným závažím.



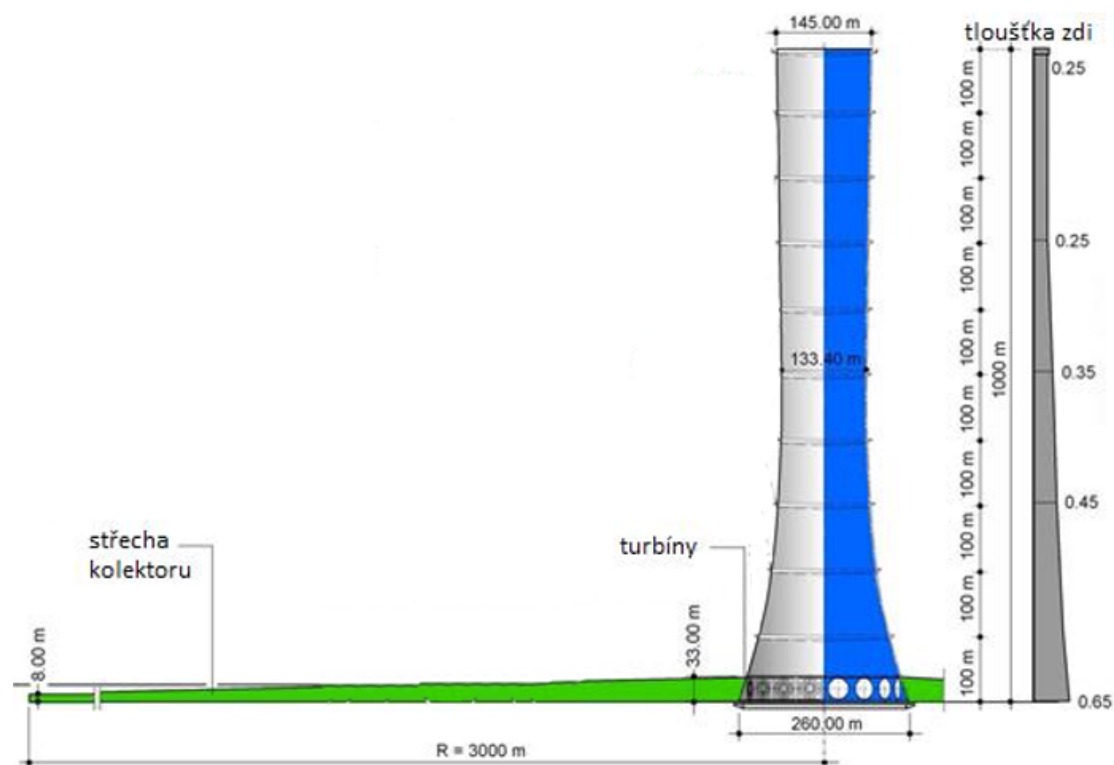
Kolektor: Vlevo montáž kolektoru (PVC fólie), vpravo vnitřní prostor kolektoru s vegetací

Celý projekt se nacházel ve velmi větrné a prašné oblasti, což do značné míry ovlivňovalo intenzitu dopadajícího záření. V průběhu projektu byla zvýšena absorpce kolektoru aplikací vrstvy bitumenu, jinak do kolektoru nebyl vložen žádný přídatný absorbér. Teplota půdy pod kolektorem dosahovala až 70 °C, proto byl největším překvapením hojný výskyt rostlin pod kolektorem, což dalo vzniknout nápadu s využitím této plochy pro pěstování plodin v pouštních podmínkách. Slibné výsledky projektu ukázaly vedle nízké poruchovosti shodu s teoretickými výpočty, které slibují umožnit stavby mnohem větších rozměrů. Provozní náklady byly prakticky nulové, též provozní dozor nebyl díky plné automatizaci provozu nutný. Zřícení komínu je nutno přičítat jeho levné provizorní technologii, zvolené z důvodu nízké životnosti demonstračního objektu. I když pořizovací náklady elektrárny byly v porovnání s jejím výkonem nerentabilní, slibují rostoucí výšky budoucích solárních komínů

vysoce efektivní stavby, které budou nejen svým energetickým ziskem, ale i svým politicko-ekonomickým vlivem přesvědčivou perspektivou.



Budoucí stavby a jejich výkony



Železobetonová konstrukce solárního komínu o výšce 1000 m

K tématu ateliérové práce – konstrukce a funkce

Konceptem výškové budovy s termodynamicky efektivním konstrukčním systémem je myšlena budova o výšce 500 až 1000 metrů, jejíž nosný systém je založen na principu solárního komínu, který kromě své nosné funkce pokrývá i energetickou spotřebu budovy. Zatímco projekty vysokovýkonných komínových elektráren jsou převážně založeny na myšlence jediného železobetonového komínu, předpokládáme u projektované budovy jak konstrukci ocelovou, tak i její případné rozčlenění do několika komínů, které se tak mimo své energetické funkce stanou částí nosného systému.

Kolektor o výšce 6 až 30 metrů bude ve své periferní části sloužit agrárnímu využití, ve svém celku pak získávání kondenzační vody získané z vysokého rozdílu denních a nočních teplot.

Jelikož předpokládanými lokalitami jsou oblasti s převážně nízkou průmyslovou a dopravní infrastrukturou, bude se jednat o stavbu složenou z prefabrikovaných dílů dopravených na místo. Jejich váhu a velikost je nutno přizpůsobit možnostem lodní, letecké a pozemní dopravy. Vzhledem k dopravním možnostem blízké budoucnosti jsou úvahy o dopravě nákladními aerostatickými prostředky (CargoLifter) možné.

Zpracování projektu je určeno výhradně návrhu konstrukční a funkční adaptace principu solární komínové elektrárny na nový typ pobytu a práce v prostředí, kde to doposud nebylo možné (nový typ pouštní oázy). Energetická bilance budovy a její krytí, či agrární využití periferní části kolektoru nejsou součástí návrhu.

Funkce budovy a jejich rozčlenění jsou volně volitelné a mohou zhruba odpovídat funkčním rozvrhům běžných mrakodrapů („vertikálního urbanismu“) – tj. od parkovišť, přes společenské a komerční funkce až po využití obytné.

Rozsah požadovaných prací

Abstrakt v rozsahu max. 1000 znaků (vytištěn na plánu č. 1)

Půdorys celku	1: 2000
Půdorys (půdorysy) centrální části objektu	1: 500
Řezy a pohledy nutné k pochopení zvoleného konceptu	1:1000
Detailní zobrazení charakteristických částí konstrukce v lib. měřítku	min.1:20
3D-Model celku a jeho částí (fyzický model odpadá)	
Plány na čtyřech formátech velikosti A0 (na výšku)	
Zmenšeniny výkresu na čtyřech formátech A3 + CD	

Reprezentativní výběr z literatury a dalších dostupných informací

SCHLAICH, J. (1995): The Solar Chimney. Electricity from the Sun, Edition Axel Menges, Stuttgart.

SCHLAICH, J. / SCHIEL, W (2001): "Solar Chimneys", Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd Edition, Academic Press, London.

<https://www.youtube.com/watch?v=XCGVTYtJEFk>

https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2002/th2002_05_03.pdf

<http://www.enviromission.com.au/IRM/content/default.aspx>

<https://www.youtube.com/watch?v=XKNq8BD6xS>

<https://www.youtube.com/watch?v=cLliGTZxH5s>

Kontakt

mirko.baum@web.de

vojtech.hybler@archport.cz