

Název akce: **FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE MěU
SOKOLOV, ROKYCANOVA 1929, SOKOLOV**

Objednatel: Město Sokolov, Rokycanova 1929, 356 01 Sokolov

Místo stavby: objekt městského úřadu Sokolov, Rokycanova 1929, 356 01
Sokolov

D1.2 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ



OBSAH:

1	OBSAH POSUDKU	3
2	ZPRACOVATEL	3
3	PODKLADY, LITERATURA, ČSN.....	3
4	SITUACE	4
5	POPIS OBJEKTU	4
5.1	ROZMĚRY, KONSTRUKCE.....	4
5.2	STŘECHA A NOSNÝ SYSTÉM	5
6	POSOUZENÍ.....	6
6.1	ÚKOL	6
6.2	MONTÁŽNÍ SYSTÉM FVE	6
6.2.1	Popis	6
6.2.2	Rozmístění modulů	6
6.2.3	Uvažované zatížení větrem	7
6.2.4	Uvažované zatížení ostatní	8
6.2.5	Plán přetížení bloků modulů	9
6.3	HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE	12
6.3.1	Princip posouzení	12
6.3.1.1	Zatížení s fotovoltaikou	12
6.3.2	Ověření konstrukce	12
6.4	STŘEŠNÍ SKLADBA	13
6.4.1	Princip ověření	13
6.4.2	Ověření konstrukce	13
6.5	ZÁVĚR.....	14

1 OBSAH DOKUMENTACE

Jedná se o posouzení možnosti umístění fotovoltaické elektrárny o výkonu 50 kWp na střechu budovy Městského úřadu předkládané jako součást projektu pro stavební povolení.

2 ZPRACOVATEL

Ing. Jiří Ratzenbek
autorizovaný inženýr ČKAIT v oboru statika a dynamika staveb,
reg. číslo ČKAIT: 0401637
Masarykova 1165/148
400 01 Ústí nad Labem

3 PODKLADY, LITERATURA, ČSN

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1:2004 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4:2007 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení větrem
- ČSN EN 1992-1-1:2006 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-1:2006 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1996-1-1:2007 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- Projekt FVE, výpočet přetížení konstrukce fotovoltaických panelů – montážní systém K2-systems, software K2-Base, Ing. Vlastimil Křižan
- Wind loads on the “D-Dome V.3” solar ballasted roof mount system of K2 Systems GmbH, Design wind loads for uplift and sliding according to the European standard EN1991-1-4, Institut für Industrieaerodynamik GmbH, Welkenrather Straße 120, 52074 Aachen – Germany
- Zhodnocení střešní konstrukce, technická zpráva a statický výpočet, doc. Dr. Ing. Luboš Podolka, Stasapo s.r.o., Volšovská 929, 190 14 Praha 9, 12/2022

4 SITUACE



S



obr. 1 Ortofoto objektu Městského úřadu na katastrální mapě



obr. 2 Pohled od SV

5 POPIS OBJEKTU

5.1 Rozměry, konstrukce

Jedná se o administrativní budovu s 8.NP, která má obdélníkový půdorys o rozměrech 43,9 x 50,55 m. Celková výška osmipodlažní části objektu je 31,8 m. Výška dvoupodlažní části okolo atria je cca 15,0 m.

Jedná se o ŽB stavbu.

Akce:

**FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE MĚU SOKOLOV,
ROKYCANOVA 1929, SOKOLOV**

Objednatel:

Město Sokolov, Rokycanova 1929, 356 01 Sokolov

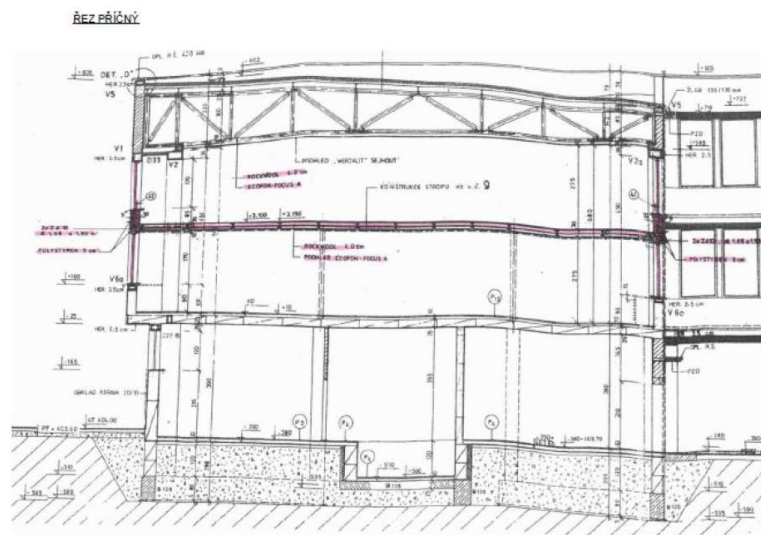
Složka:

Statické posouzení

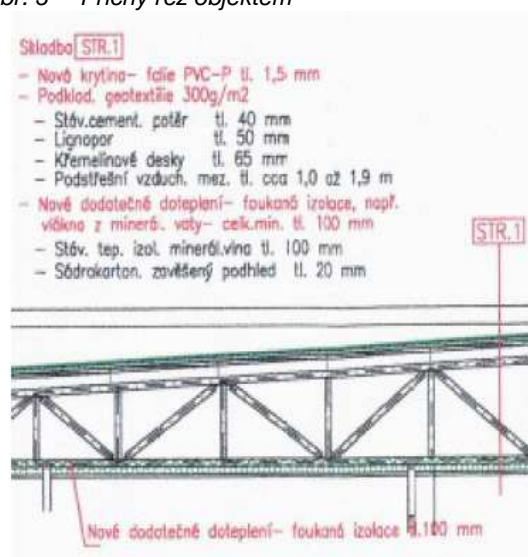
str. 5/14

5.2 Střecha a nosný systém

Dle podkladů je střecha nad 2.NP, kde je navržena FVE tvořená ocelovými vazníky, které jsou uloženy na ŽB věncích. Ve statickém zhodnocení střešní konstrukce je uvedena rezerva konstrukce pro přitížení FVE panely hodnotou **0,96 kN/m²**



obr. 3 Příčný řez objektem



obr. 4 Uvažovaná skladba střešního pláště v posudku doc. Podolky

Shrnutí výpočtu :

Střešní konstrukce v úrovni 2.NP s hlavním nosným prvkem ocelovým příhradovým vazníkem má rezervu pro přitížení FVE panely 0,96 kN/m², tj. 96 kg/m².

obr. 5 Výstřížek ze statického zhodnocení budovy od doc. Podolky

6 POSOUZENÍ

6.1 Úkol

Pro dodané rozmístění panelů určit účinky jejich zatížení na hlavní nosnou konstrukci a na vrstvy skladby střechy zadaného objektu. Účinky vyhodnotit z hlediska mezního stavu únosnosti, resp. použitelnosti. V případě negativního závěru navrhnout, pokud existuje, vhodnější řešení.

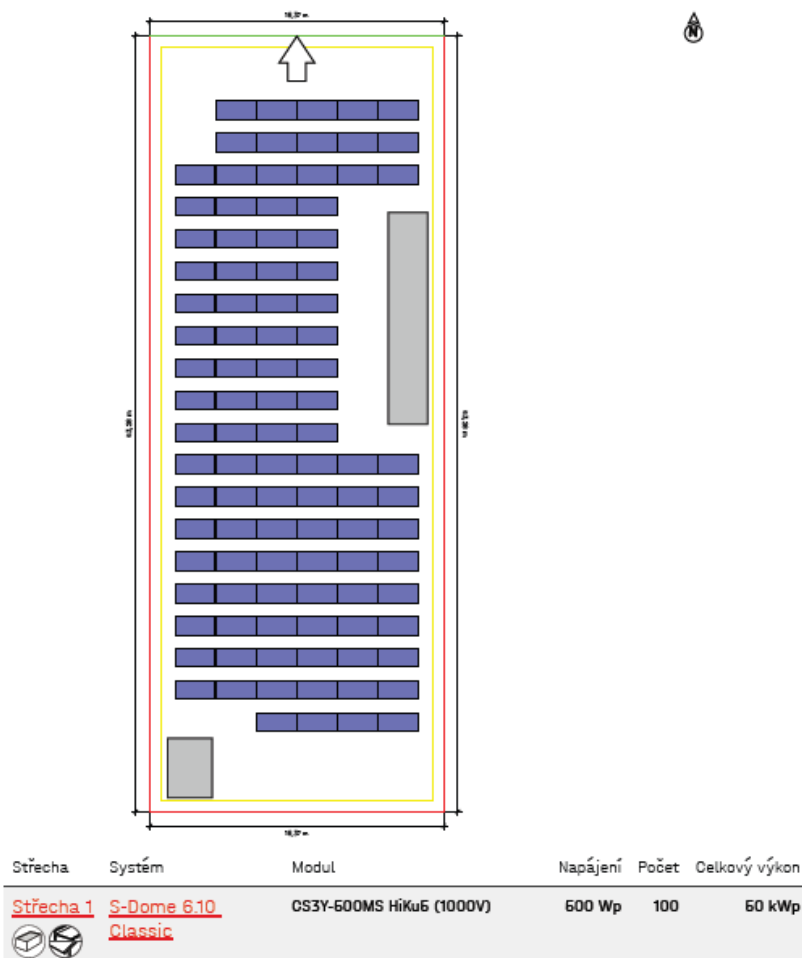
6.2 Montážní systém FVE

6.2.1 Popis

Jedná se o univerzální montážní systém pro fotovoltaické panely bez nutnosti kotvení do střešní konstrukce skrze střešní plášť. Proti působení sání větru je pomocí výpočtového softwaru dodavatele systému navržena nutná zátěž, která je na systém umístěna do přesně určených míst.

6.2.2 Rozmístění modulů

Na střechu budou umístěny následující moduly:



obr. 6 Rozmístění modulů na střeše

Akce:

**FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE MĚU SOKOLOV,
ROKYCANOVA 1929, SOKOLOV**

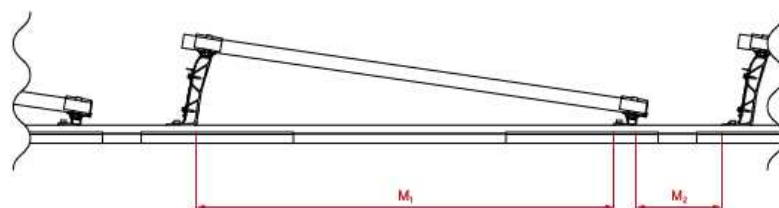
Objednatel:

Město Sokolov, Rokycanova 1929, 356 01 Sokolov

Složka:

Statické posouzení

str. 7/14

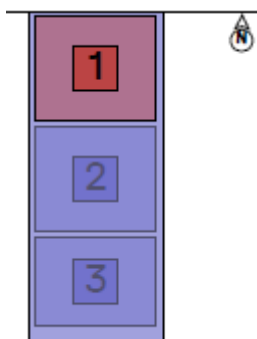


Modulární pole 1

M1 918,89 mm

M2 749,63 mm

Ve výpočtu K2-Base se jedná o modulární pole se třemi bloky s moduly – Blok 1, Blok 2, Blok 3:



obr. 7 Označení bloků s moduly

6.2.3 Uvažované zatížení větrem

Software K2-Base uvažuje se skutečným působením větru odvozeném z aerodynamických zkoušek ve větrném tunelu, přepočteným na konkrétní stavbu na konkrétním území. Pro objekt byly uvažovány následující parametry:

Informace o poloze

Adresa Rokycanova 1929, 356 01 Sokolov, Česko
Nadmořská výška 404,88 m

Informace o střeše

Výška budovy 4,67 m
Typ střechy Plochá střecha
Sklon střechy 3°
Metoda upevnění Zátěž
Krytina Fólie, šterk,...
Minimální vzdálenost od okraje 0,60 m
Výška atiky 0,30 m
Materiál Film
Koeficient tření 0.6
Koeficient tření je nutné na místě ověřit. Pokud bude zjištěna menší hodnota, je nezbytně nutné ji zadat sem pro výpočet zatížení!

Zatížení

Metoda návrhu	OZ EN
Třída následků	OC1
Návrhová životnost	25 let
Kategorie terénu	III - Stromy, vesnice, předměstí, lesy

Zatížení větrem

Oblast zatížení větrem	2
Rychlostní tlak	$q_{0,50} = 0,600 \text{ kN/m}^2$
Faktor upravující zatížení sněhem podle doby návratu	$f_w = 0,921$
Rychlostní tlak	$q_{0,25} = 0,461 \text{ kN/m}^2$

6.2.4 Uvažované zatížení ostatní

Zatížení sněhem

Prostředí	Otevřená krajina
Sněhová zábrana mřížová	Ne
Zatížení sněhem na zemi	$s_k = 1,600 \text{ kN/m}^2$
Tvarový součinitel zatížení sněhem	$\mu_i = 0,800$
Faktor sklonu střechy	$d_s = 0,999$
Zatížení sněhem na střeše	$s_{i,50} = 0,969 \text{ kN/m}^2$
Faktor upravující zatížení sněhem podle doby návratu	$f_s = 0,929$
Zatížení sněhem na střeše	$s_{i,25} = 0,891 \text{ kN/m}^2$

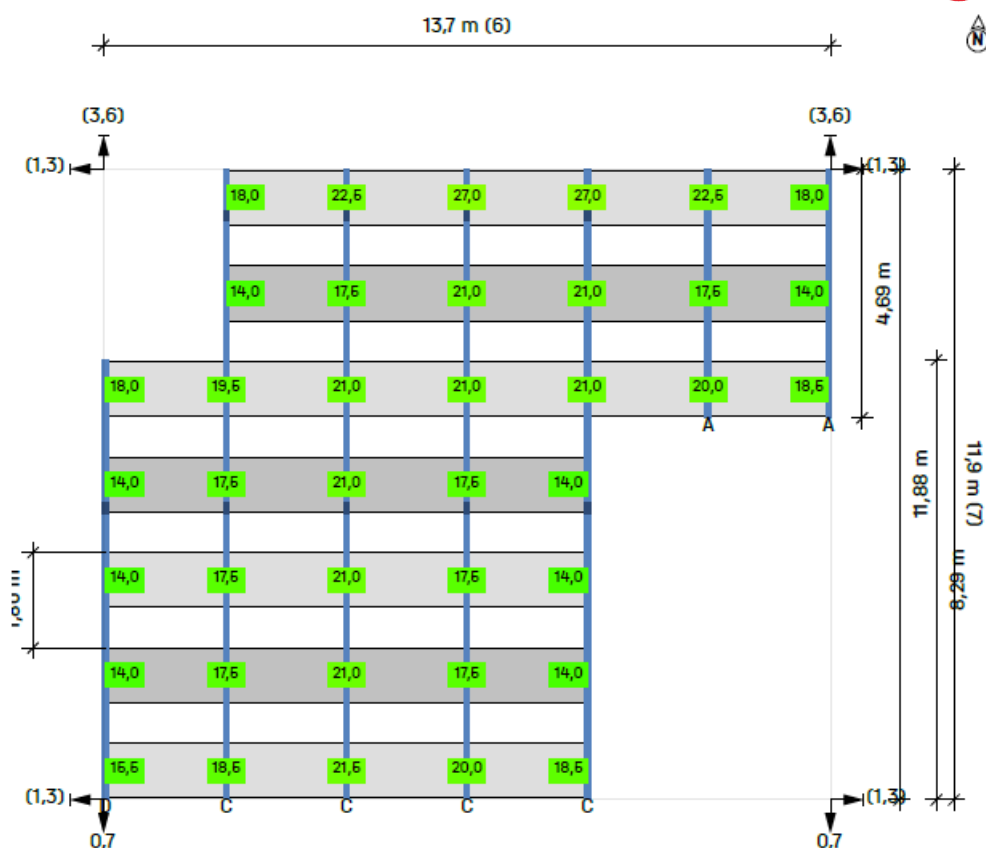
Stálé zatížení

Hmotnost modulu	$G_M = 25,7 \text{ kg}$
Hmotnost montážního systému na modul	$= 4,1 \text{ kg}$
Plocha modulů	$A_M = 2,36 \text{ m}^2$
Mrtvá hmotnost modulu na m^2	$= 10,89 \text{ kg/m}^2$
Mrtvá hmotnost montážního systému na m^2	$= 1,74 \text{ kg/m}^2$
celkové zatížení (kromě předřadníku) na m^2	$= 0,12 \text{ kN/m}^2$

6.2.5 Plán přetížení bloků modulů

Jedná se o výstup ze softwaru K-systém Base

Montážní systémy pro solární techniku



Střecha ① Modulární pole ① Blok s moduly ①

Moduly (6 × 7) - 10 = 32

Legenda

◀ Indikátor dalšího bloku

— Montážní lišta

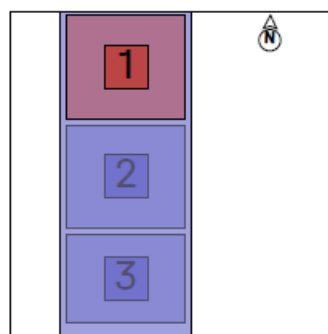
⌈ Rozestup řad [m]

→ Vzdálenost od okraje střechy [m]

→ Dist. na sousední modulový blok/pole [m]

25 Zátěž v kilogramech (kg)

Porterova zátěž



Akce:

**FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE MěU SOKOLOV,
ROKYCANOVA 1929, SOKOLOV**

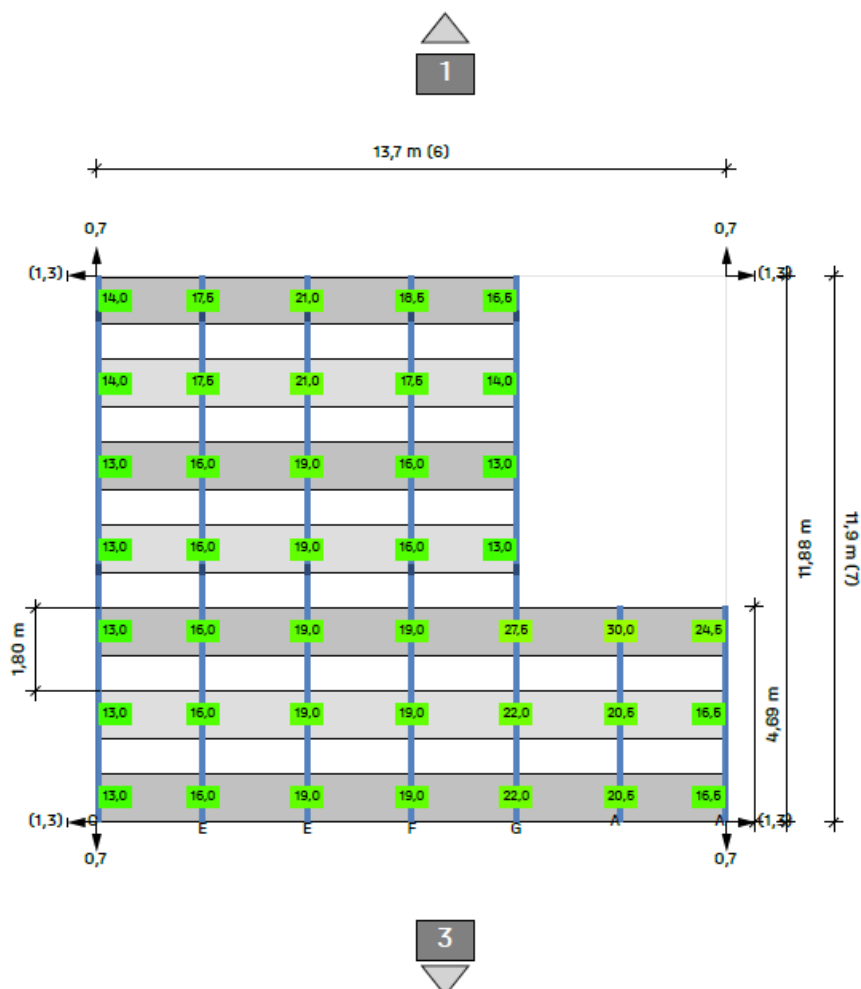
Objednatel:

Město Sokolov, Rokycanova 1929, 356 01 Sokolov

Složka:

Statické posouzení

str. 10/14



Střecha ① Modulární
pole

① Blok
s moduly

2

Moduly (6 × 7) - 8 = 34

Legenda

◀ Indikátor dalšího bloku

— Montážní lišta

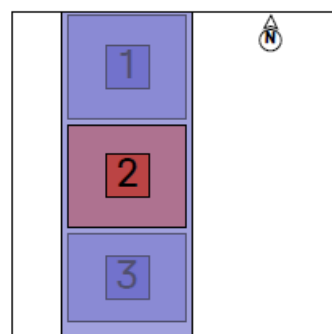
□ Rozestup řad [m]

→ Vzdálenost od okraje střechy [m]

→ Dist. na sousední modulový blok/pole [m]

25 Zátěž v kilogramech (kg)

Porterova zátěž



Akce:

FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE MěU SOKOLOV, ROKYCANOVA 1929, SOKOLOV

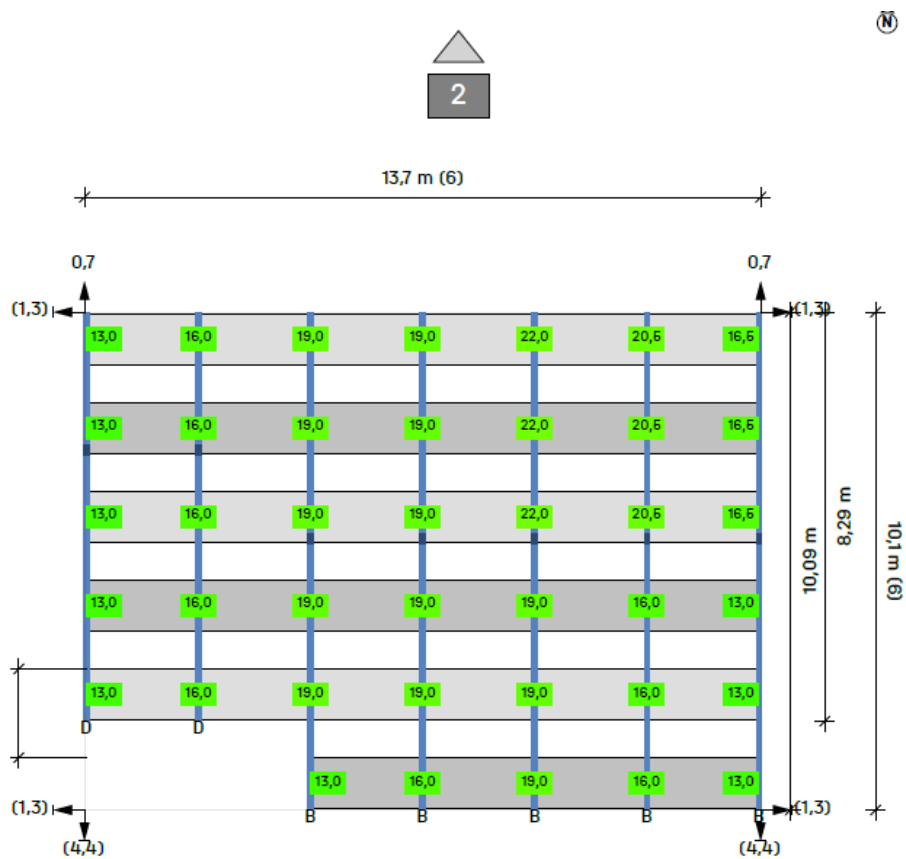
Objednatel:

Město Sokolov, Rokycanova 1929, 356 01 Sokolov

Složka:

Statické posouzení

str. 11/14

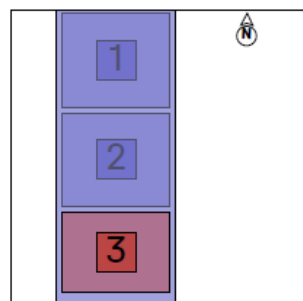


Střecha ① Modulární pole ① Blok s moduly ③

Moduly (6 × 6) - 2 = 34

Legenda

- ◀ Indikátor dalšího bloku
- Montážní lišta
- Rozstup řad [m]
- Vzdálenost od okraje střechy [m]
- Dist. na sousední modulový blok/pole [m]
- 25 Zátěž v kilogramech (kg)
- Porterova zátěž



6.3 Hlavní nosná konstrukce

6.3.1 Princip posouzení

Pro základní posouzení bude porovnáno plošné přetížení od FVE se současným maximálně možným plošným zatížením střešního pláště dle statického zhodnocení doc. Podolky. Pro zatížení s FVE je uvažováno s návrhovou životností 25 let a jsou tedy v souladu s ČSN EN 1990 užity zmenšovací koeficienty pro zatížení větrem (ČSN EN 1991-1-4, výraz 4.2) a sněhem (ČSN EN 1991-1-3, Příloha D).

6.3.1.1 Zatížení s fotovoltaikou

Blok s moduly	Počet modulů	Zátěž [kg]	Vlastní hmotnost [kg]	Oblast modulového bloku [m²] (vč. obslužný koridor)
Blok 1	32	725,0	1 678,60	121,94
Blok 2	34	726,5	1 739,70	130,10
Blok 3	34	685,0	1 698,20	129,97

0,197 kN/m²
0,185 kN/m²
0,183 kN/m²

Rozhodující je Blok 1 => průměrné plošné přetížení střechy:
 $q = 0,20 \text{ kN/m}^2$

6.3.2 Ověření konstrukce

Plošná hmotnost od přetížení navrženou FVE je menší než rezerva střechy a lze ji i navazující vodorovné a svislé nosné konstrukce pro uvažované rozmístění modulů FVE považovat za **VYHOVUJÍCÍ**.

6.4 Střešní skladba

6.4.1 Princip ověření

Výstupem ze softwaru K2-Base je i maximální tlak na povrch střechy, který bude porovnán se zatížitelností povrchové roznášecí vrstvy.

6.4.2 Ověření konstrukce

Výstup z návrhového softwaru K2-Base montážního systému:

Kombinační součinitel zatížení pro Zatížení větrem $\psi_{0,w} = 0,60$
 Kombinační součinitel zatížení pro Zatížení sněhem $\psi_{0,s} = 0,50$

Kombinace zatěžovacích stavů 01 $E_d = G_k + S_{k,n}$
 Kombinace zatěžovacích stavů 02 $E_d = G_k + W_{k,pressure}$
 Kombinace zatěžovacích stavů 03 $E_d = G_k + W_{k,pressure} + \psi_{0,s} * S_{k,n}$
 Kombinace zatěžovacích stavů 04 $E_d = G_k + S_{k,n} + \psi_{0,w} * W_{k,pressure}$
 Kombinace zatěžovacích stavů 06 $E_d = G_k + W_{k,uplift}$

Kombinace zatížení

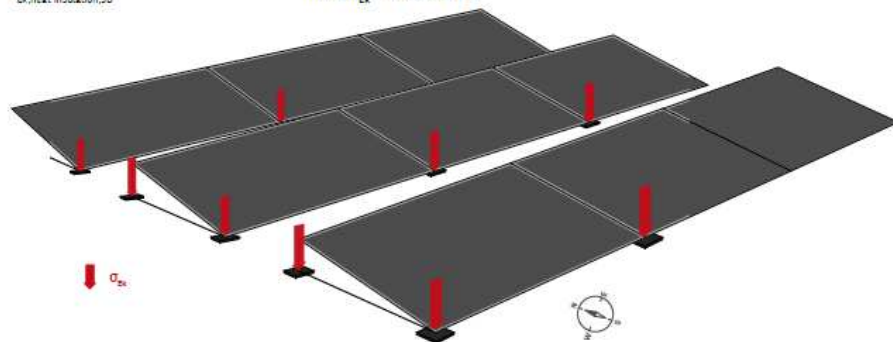
	$\sigma_{Ek,heat insulation,SE,10000}$ [Pa]	$\sigma_{Ek,heat insulation,SD}$ [Pa]
Kombinace zatěžovacích stavů 00	11 892	8 602
Kombinace zatěžovacích stavů 01	57 251	53 961
Kombinace zatěžovacích stavů 02	15 693	12 403
Kombinace zatěžovacích stavů 03	38 372	35 082
Kombinace zatěžovacích stavů 04	59 531	56 241

Účinky mrtvých zátěží (FV systém + předřadník)

$\sigma_{Ek,heat insulation,SE,10000} = 11 892 \text{ Pa}$
 $\sigma_{Ek,heat insulation,SD} = 8 602 \text{ Pa}$

Maximální zatížení (součet mrtvých zatížení a maximální proměnné zatížení větrem a sněhem)

$\sigma_{Ek,heat insulation,SE,10000} \quad \max \sigma_{Ek} = 59 531 \text{ Pa}$
 $\sigma_{Ek,heat insulation,SD} \quad \max \sigma_{Ek} = 56 241 \text{ Pa}$



Tepelná izolace se nachází na spodních pásech příhradových vazníků plocha střechy je vytvořena tuhými křemelinovými stropními deskami, které jsou dostatečně tuhé pro umístění konstrukce FVE.

Akce:

**FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE MěU SOKOLOV,
ROKYCANOVA 1929, SOKOLOV**

Objednatel:

Město Sokolov, Rokycanova 1929, 356 01 Sokolov

Složka:

Statické posouzení

str. 14/14

6.5 Závěr

Přetížení od FVE závisí na sklonu FV panelů a na použitém systému nosičů FV panelů, proto posudek platí pouze pro uvedený K2 systém a pro maximální sklon panelů 15°.

Pokud bude dodrženo:

1. veškeré podmínky uvedené v tomto posudku (hmotnosti a zatížení)
2. rozsah FVE a vypočtené přetížení
3. montážní systém provedený dle technologického postupu výrobce

pak je nosná konstrukce střechy pro umístění navržené fotovoltaické elektrárny **VYHOVUJÍCÍ.**

Jiné přetížení střechy je nutné znovu staticky ověřit.

V Ústí nad Labem, 21.6. 2023

Ing. Jiří Ratzenbek

