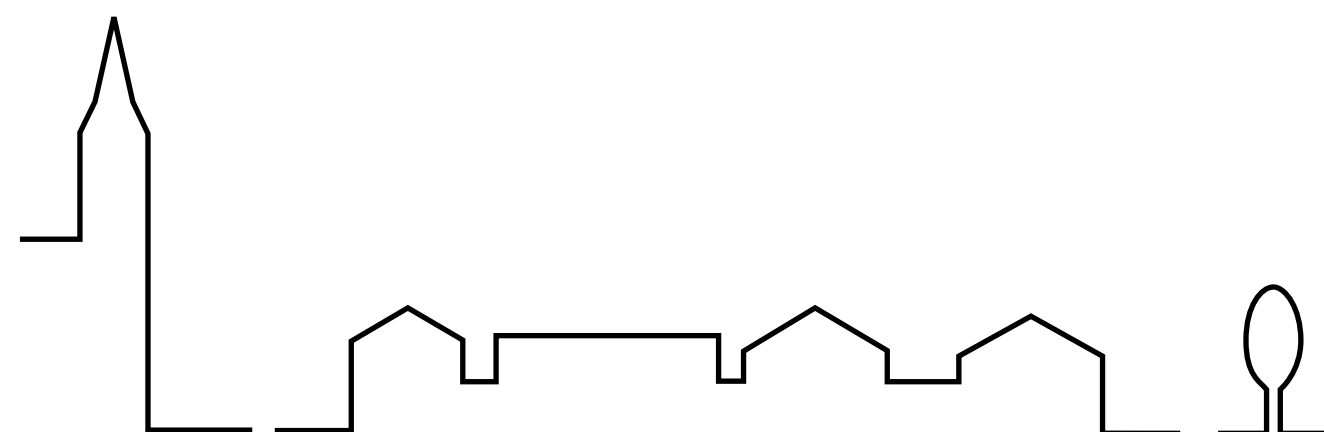




RETHINKING BAUDARTIUS COLLEGE:
EDUCATION FOR THE FUTURE GENERATION

Colophon

Malon Houben
4540468

TU Delft, Faculty of Architecture & the Built Environment

Heritage and Architecture
Studio Zutphen: sustainable city

Job Roos
Wido Quist
Sara Stroux

28 June 2018

Content

I	Introduction	5
II	New Architectural design	7
III	Construction	35
IV	Building physics	43
Appendix	Current situation	53

I - Introduction

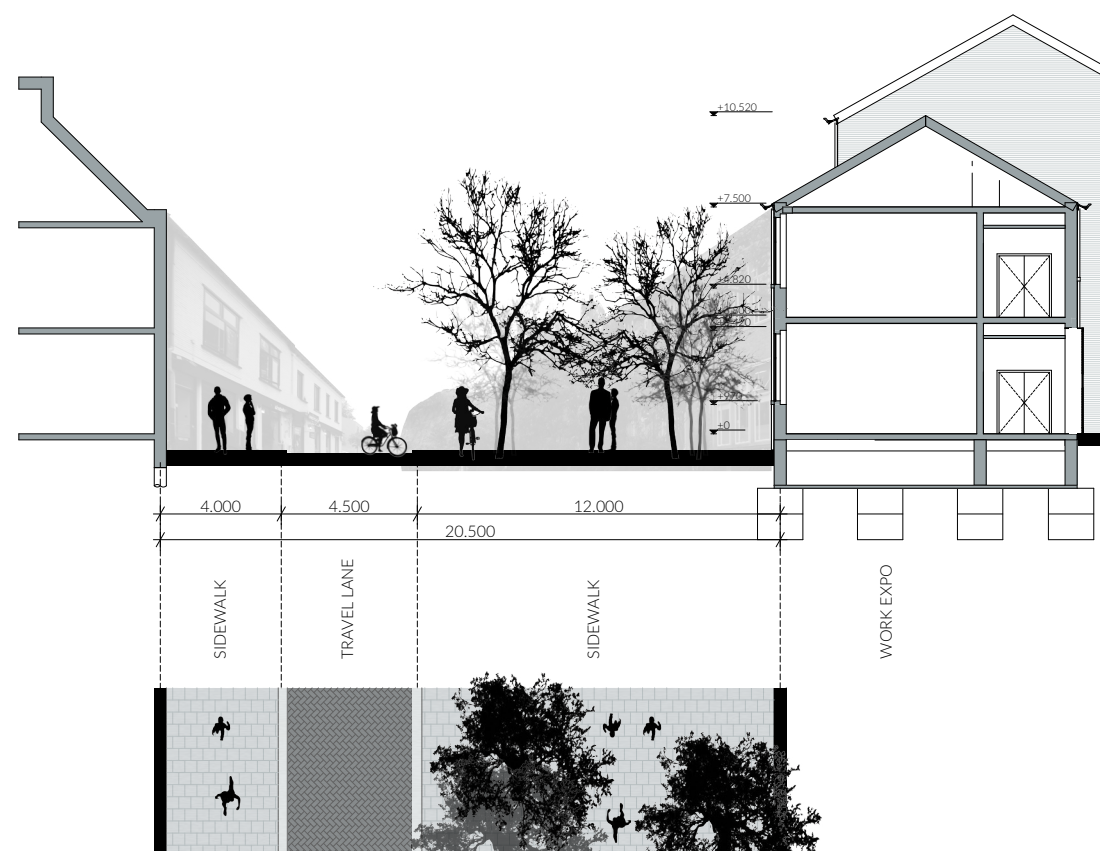
This master thesis is part of the graduation studio “Zutphen, sustainable city” of the chair Heritage & Architecture at the TU Delft. The graduation project is in collaboration with the municipality of Zutphen and kaDER Gelderland (Karakteristiek Duurzaam Erfgoed Gelderland). KaDER is not only about preserving heritage, but also about usability, sustainability etc.

The theme within the studio is the area Nieuwstad in the city Zutphen, a predetermined theme. Research will answer the questions: what are the problems in Nieuwstad and how can the area ensure a sustainable future for the city Zutphen? The term sustainability is not only about the technical aspects, but also about the social aspects. The graduation assignment per student will focus on one building or cluster of buildings within the area. A challenging task in which at different levels redevelopment will take place.

The project I have focused on is Baudartius College, a secondary school designed by Jan Rotshuizen in the 1950s. During WWII many buildings were damaged and destroyed. After WWII, in the reconstruction period, large buildings were built at these places, buildings without a connection to the city. Baudartius College is one of those buildings. But the school is not built in once; first a L-shape floor plan in 1950 and in 1955 a floor plan with a courtyard in the middle. A communal place, with its own atmosphere and characteristics. In the sixties it was necessary to expand the school further. Step by step the courtyard was completely filled in. Because of these many expansions, the buildings contains many different architectural languages.

Redeveloping Baudartius College will give the building and its environment its own character and will contribute to a sustainable city.

II - New Architectural Design



Street profile
Isendoornstraat
 1:250

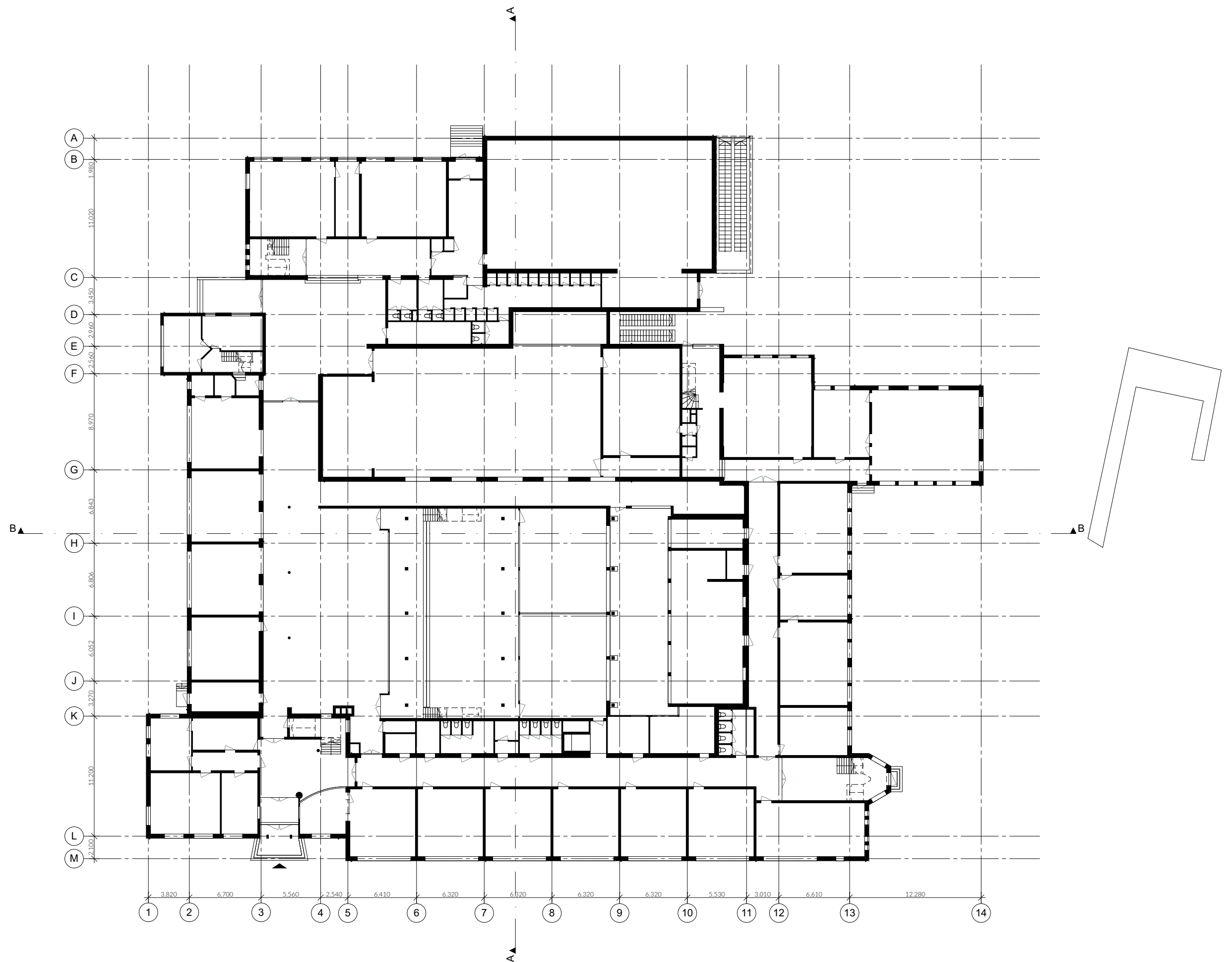


Street profile
Nieuwstad
 1:250



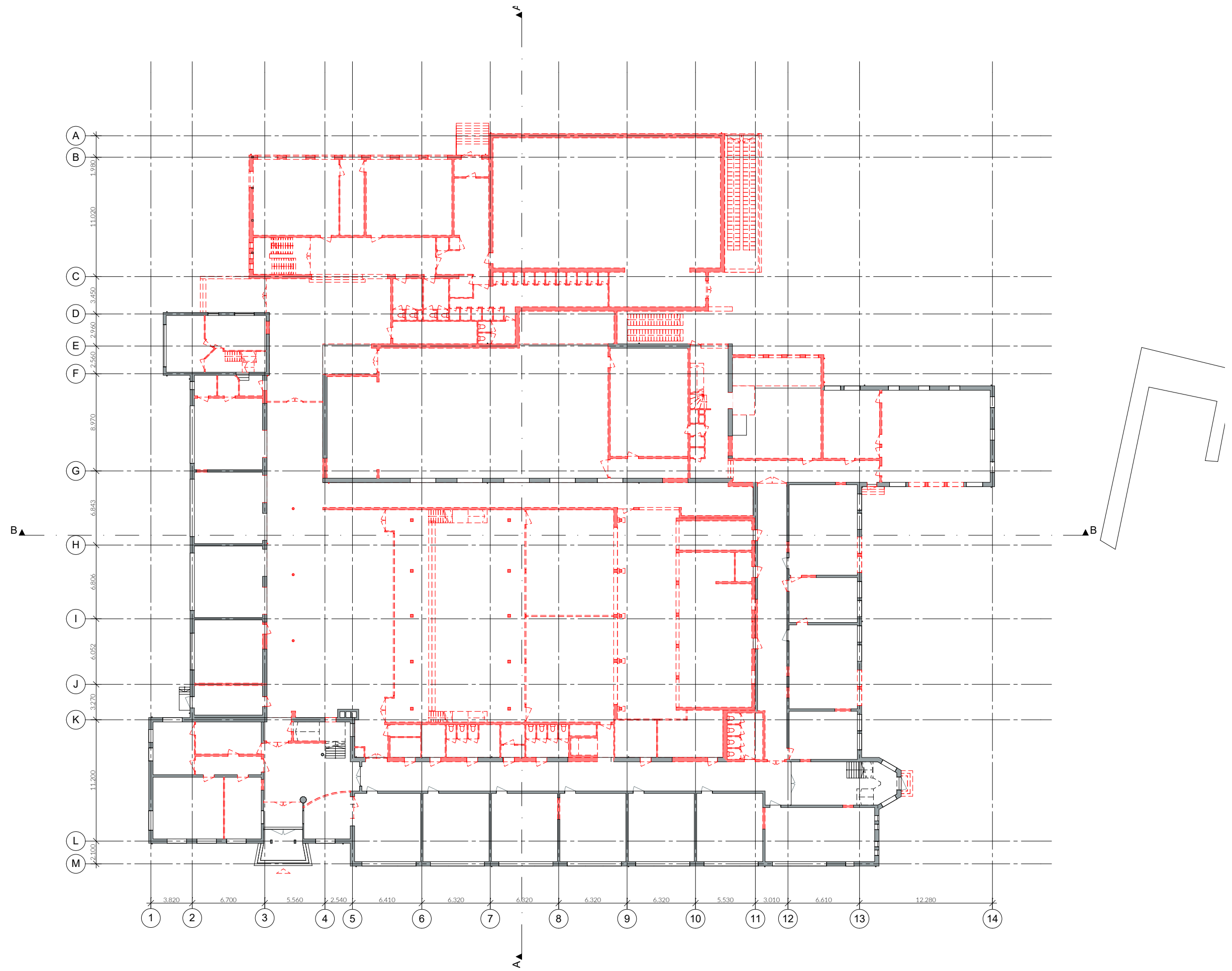
1. Work Expo
2. Student hotel
3. Klein Vaticaan
4. St. Janskerk
5. Park
6. Grote Gracht
7. Nieuwstad
8. Isendoornstraat
9. Spanish Gate

Site Plan New
Nieuwstad

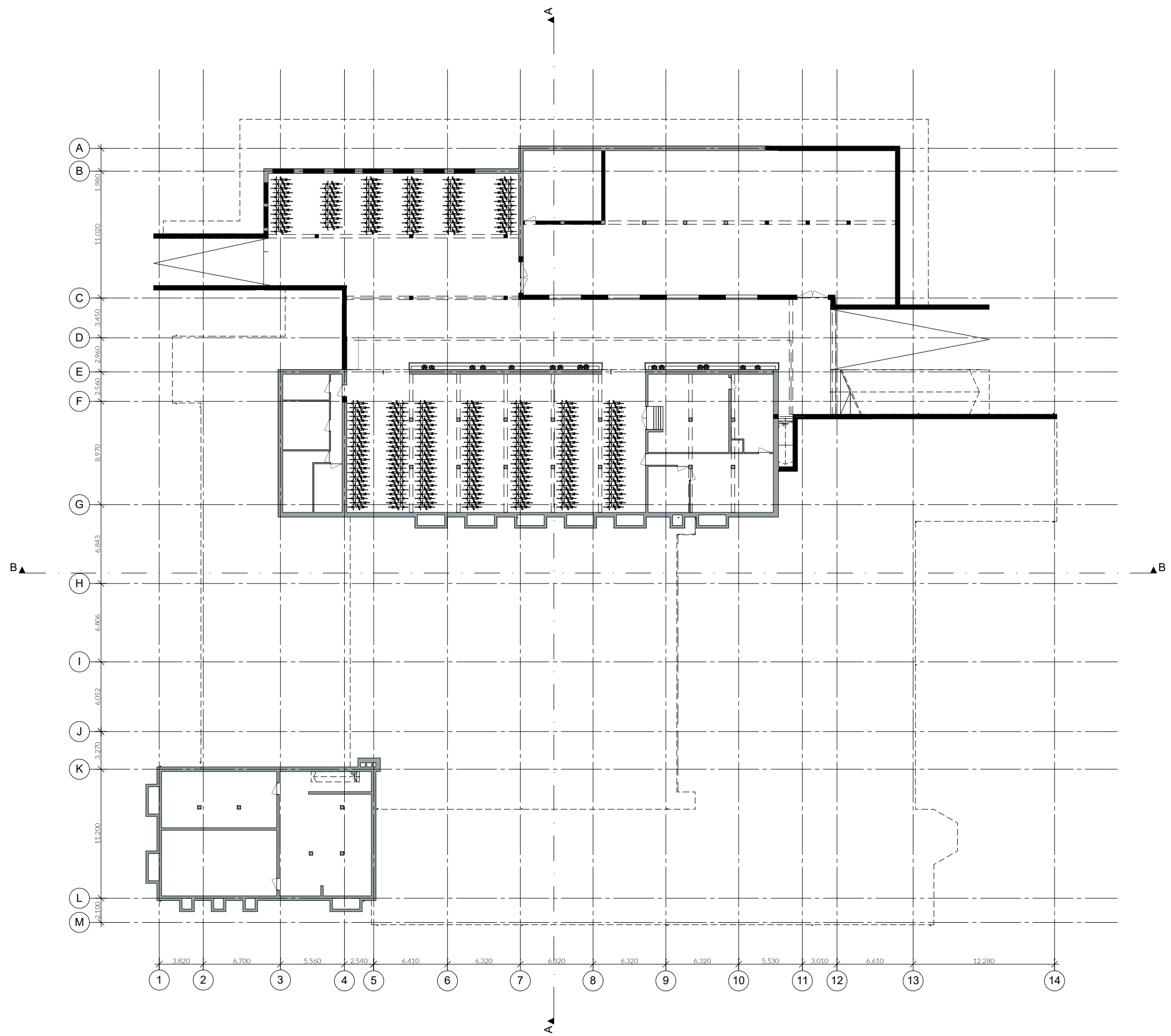


Floor Plan Current Situation

Ground Floor
1:350

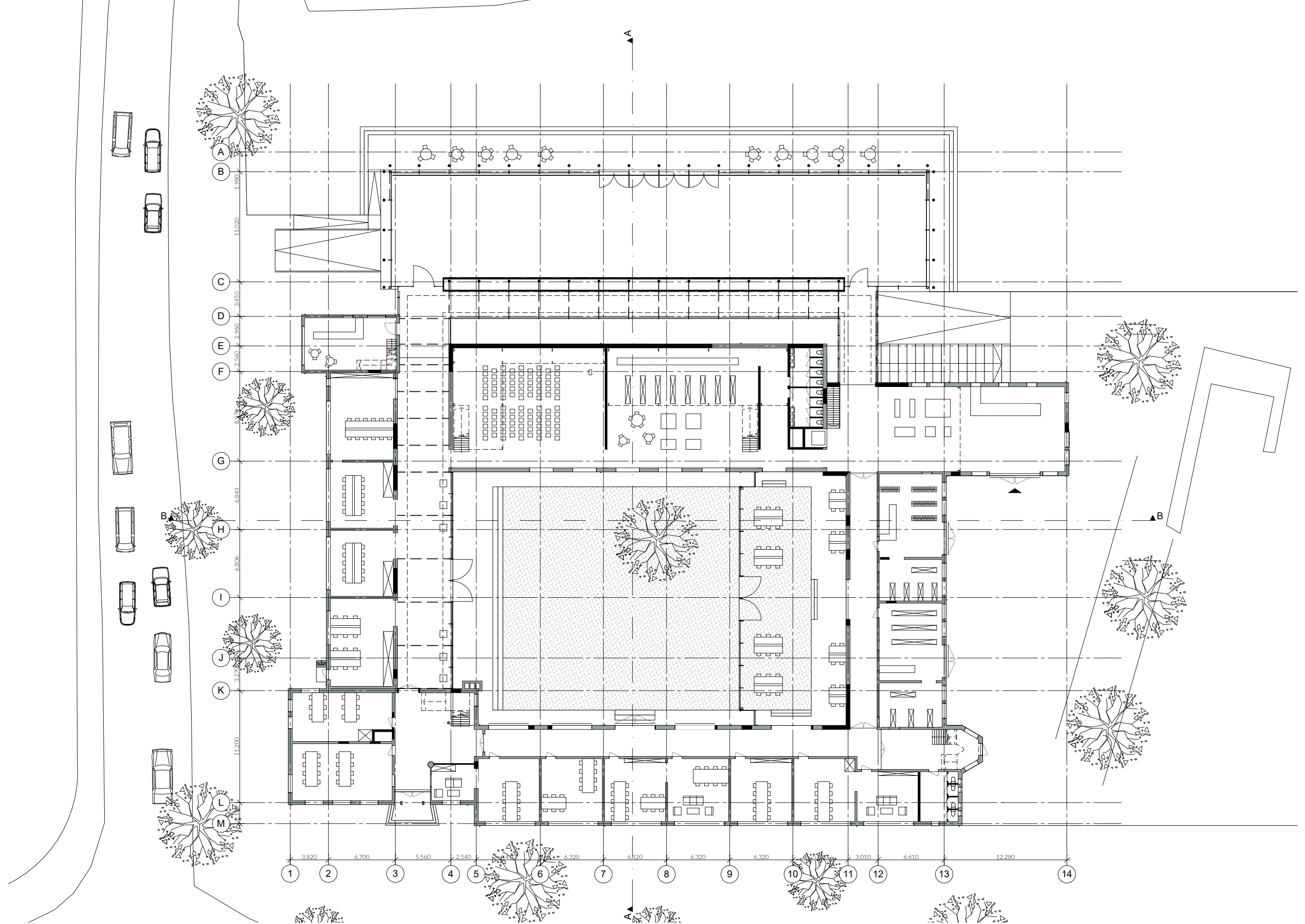


To Demolish
Ground Floor
 1:350



Floor Plan

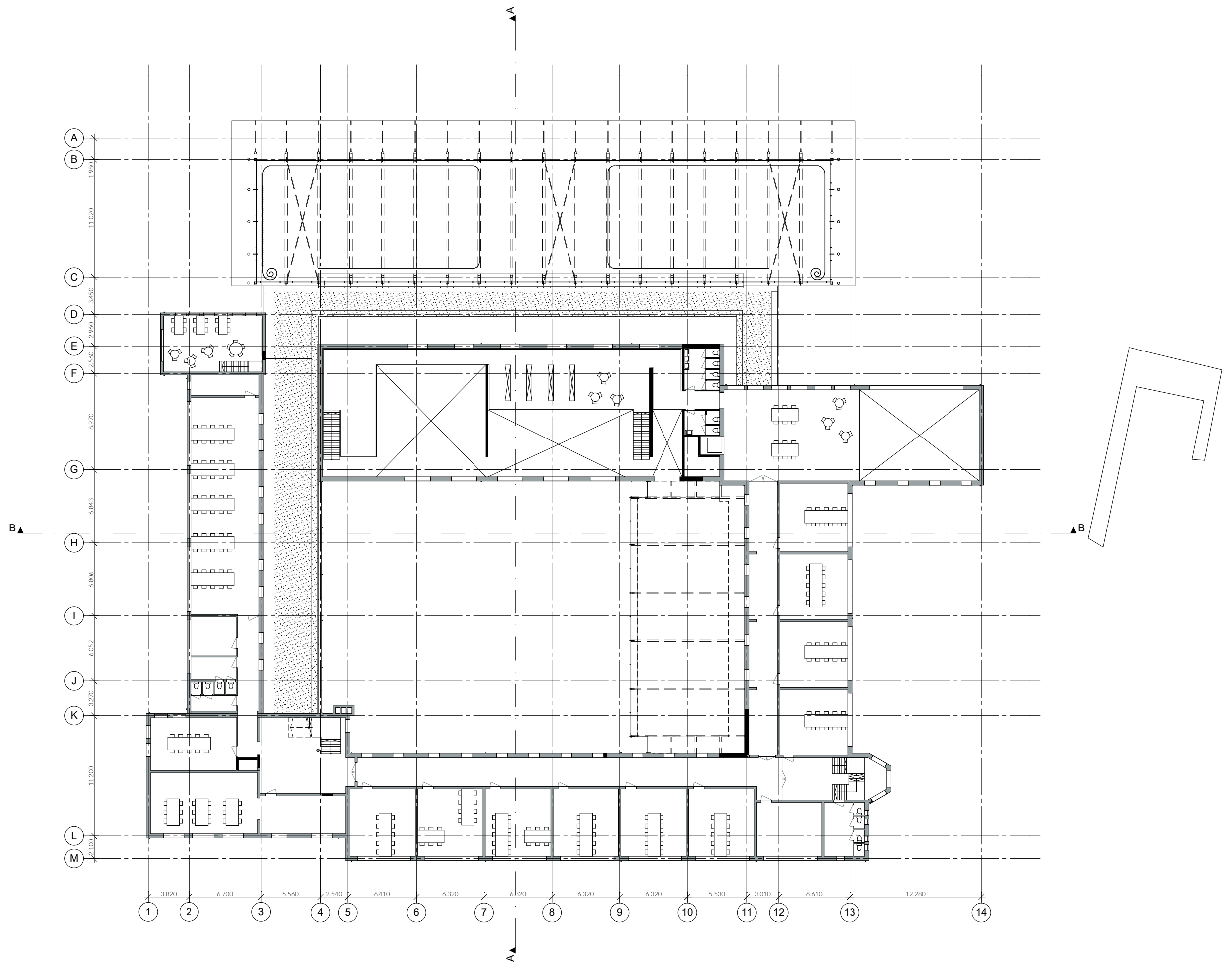
Basement
1:350



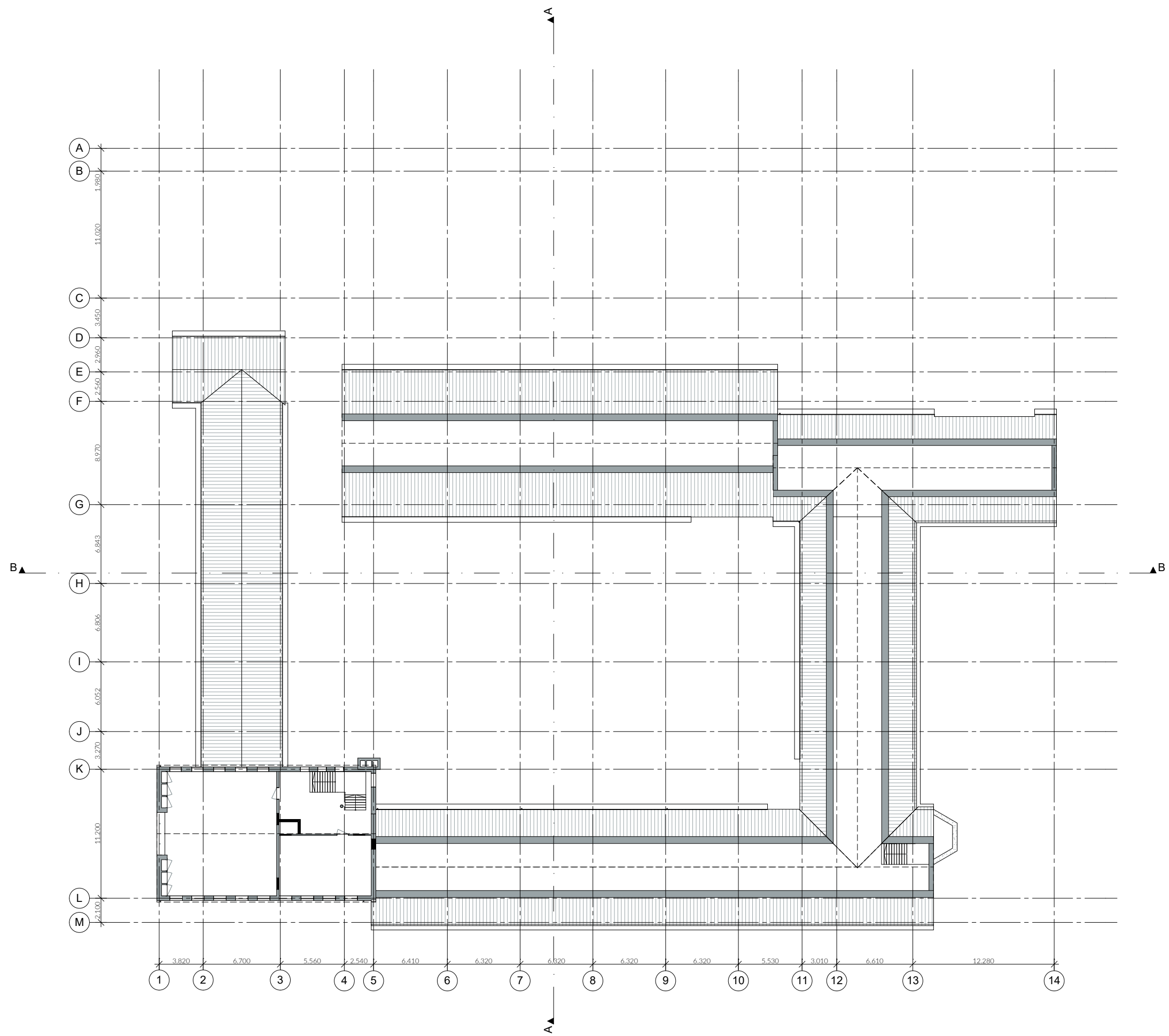
Floor Plan

Ground Floor

1:350



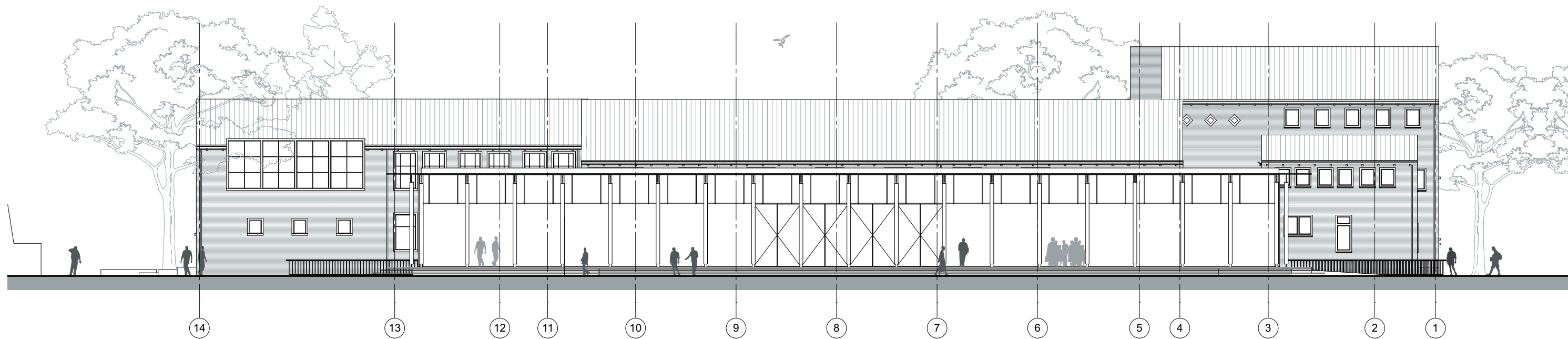
Floor Plan
First Floor
1:350



Floor Plan

Second Floor

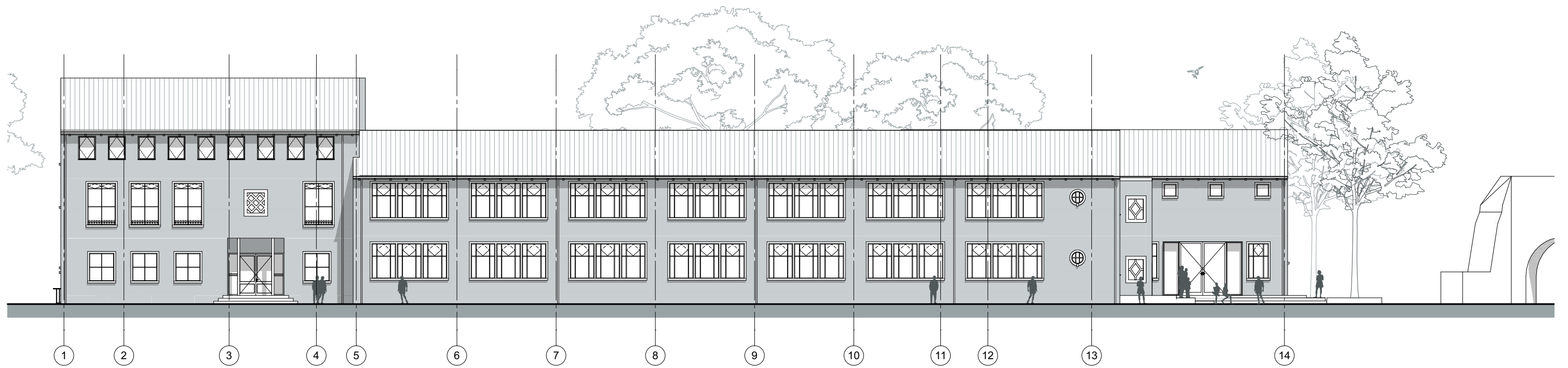
1:350



North Facade
1:250



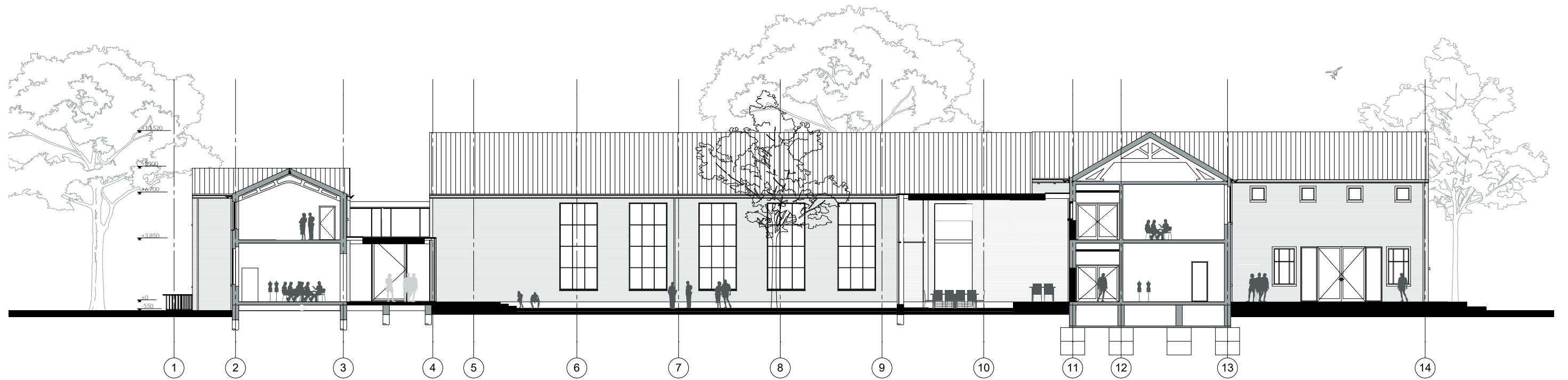
Elevation
East Facade
1:250



South Facade
1:250

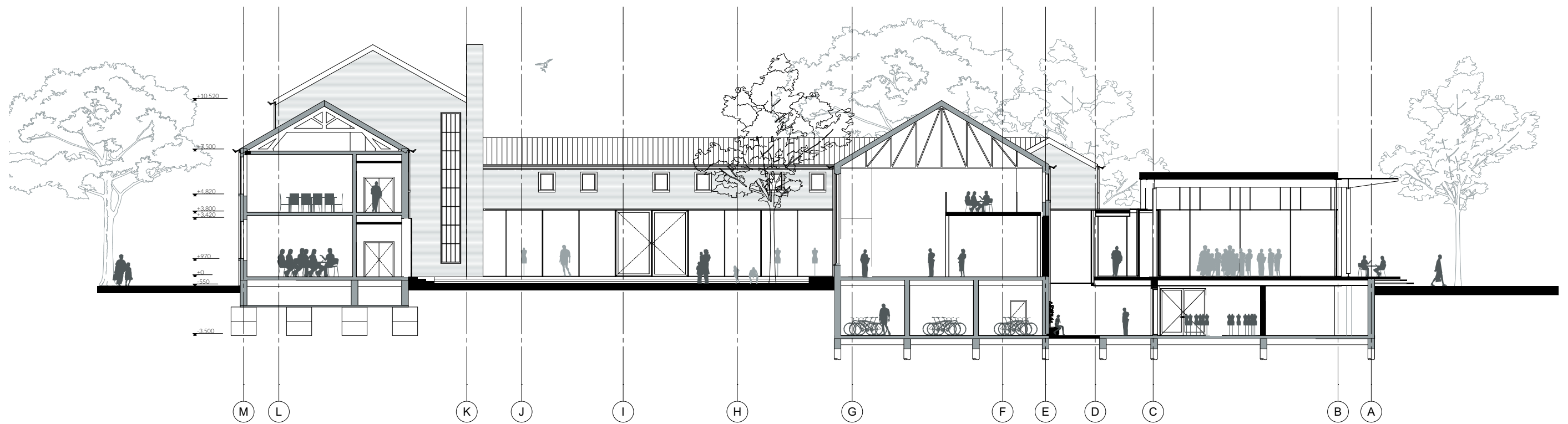


Elevation
West Facade
1:250



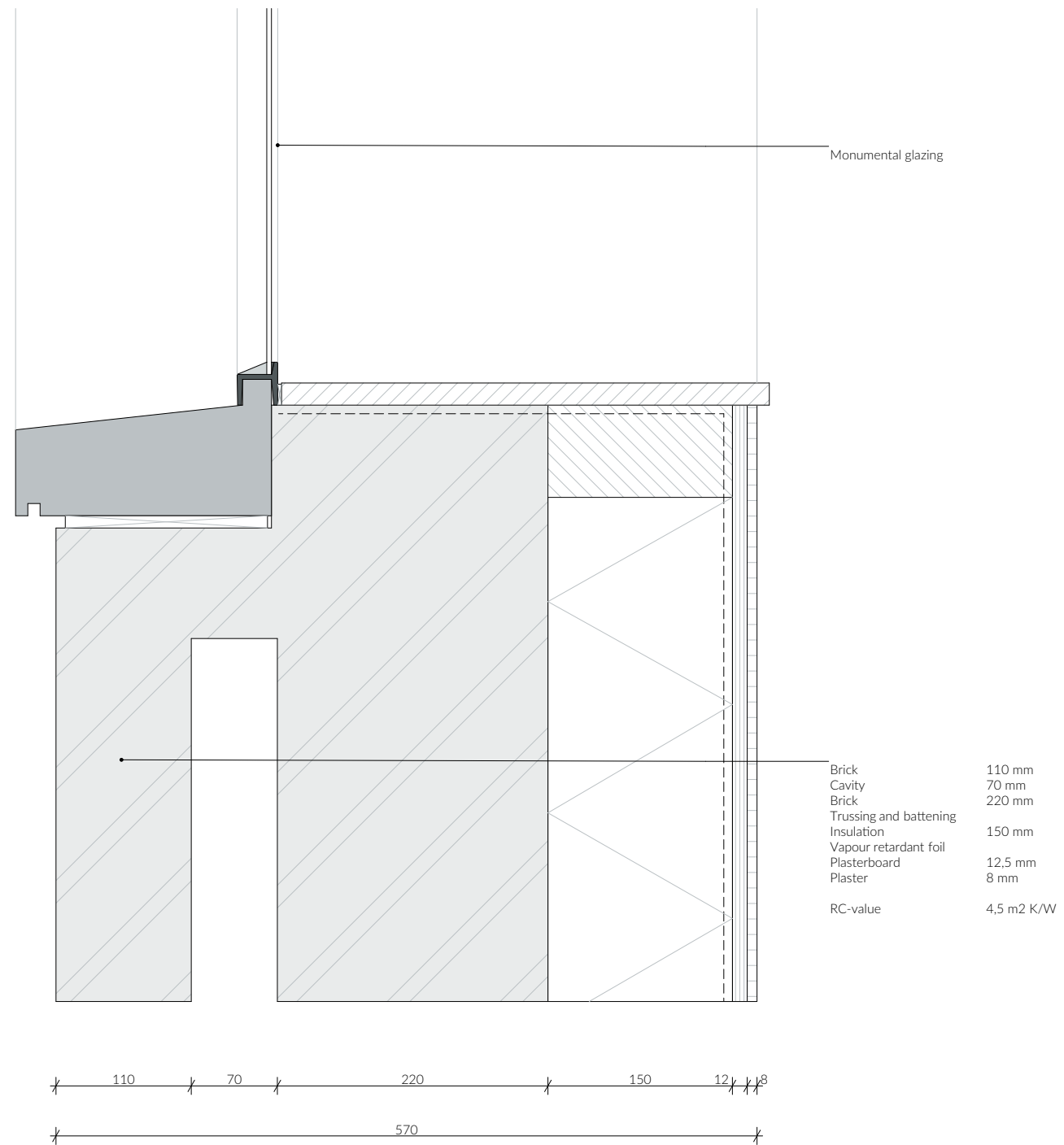
Section BB

1:250



Section AA

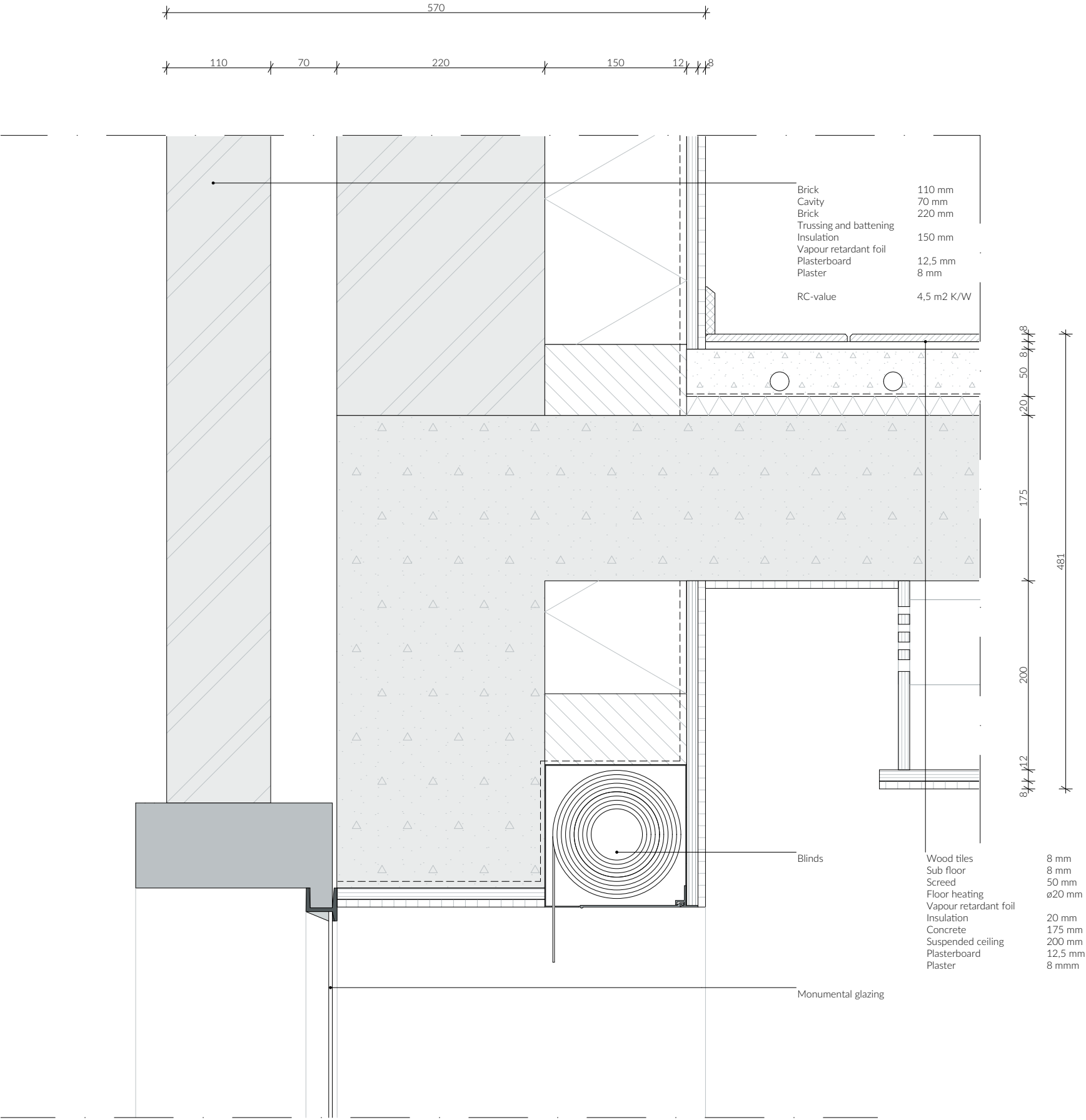
1:250



Vertical Detail

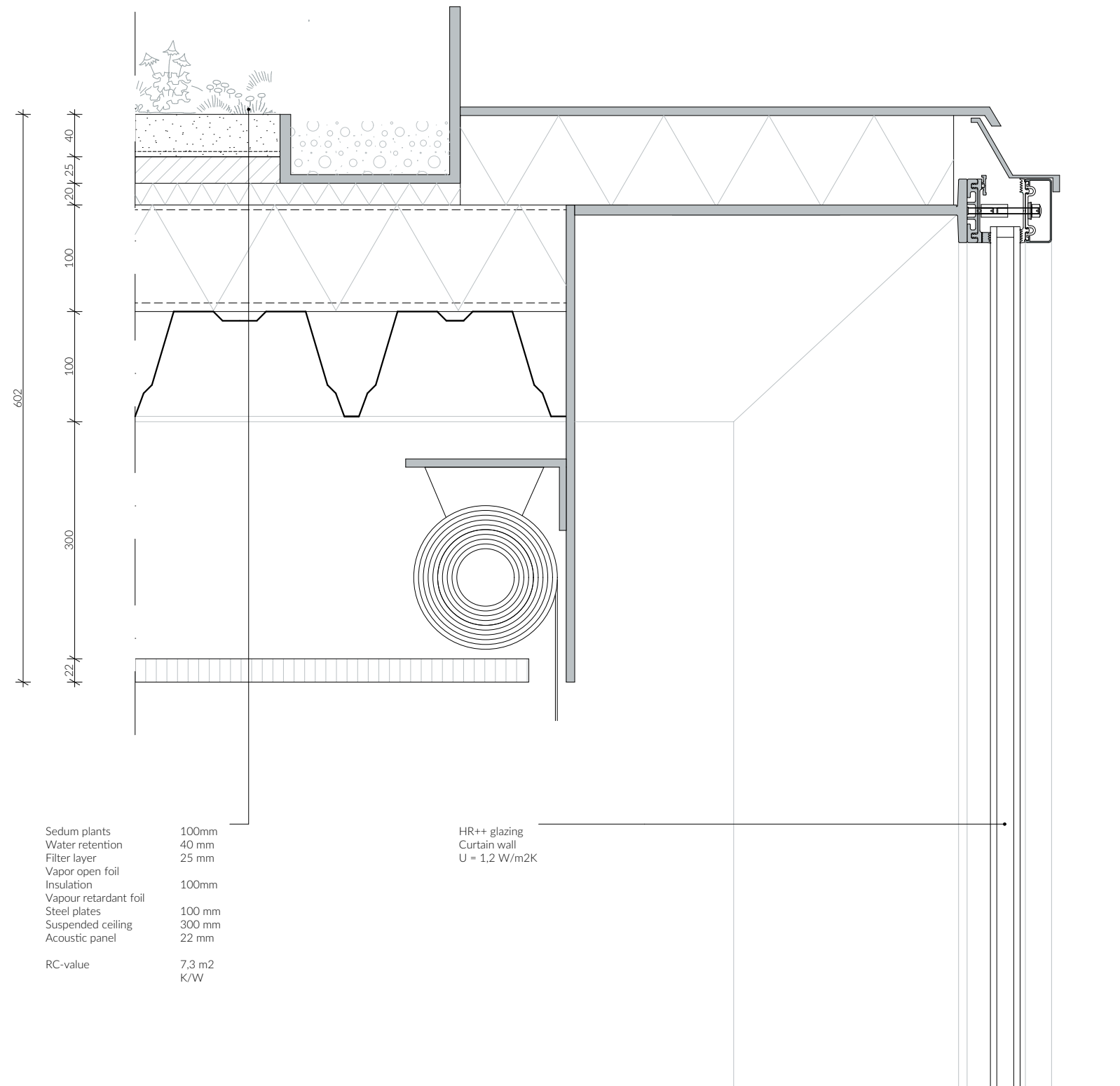
Window offices

1:5



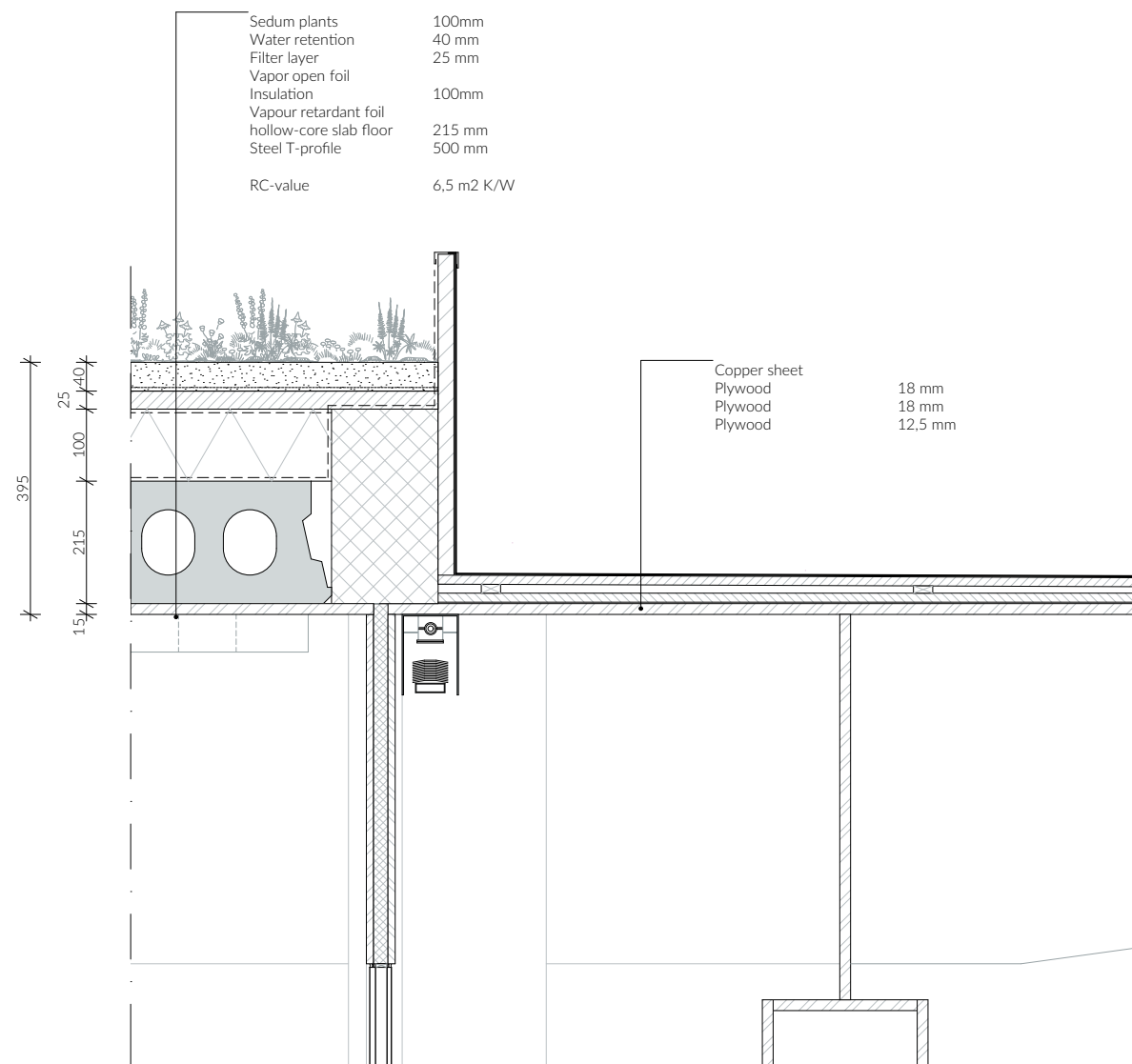
Vertical Detail

Window offices
1:10

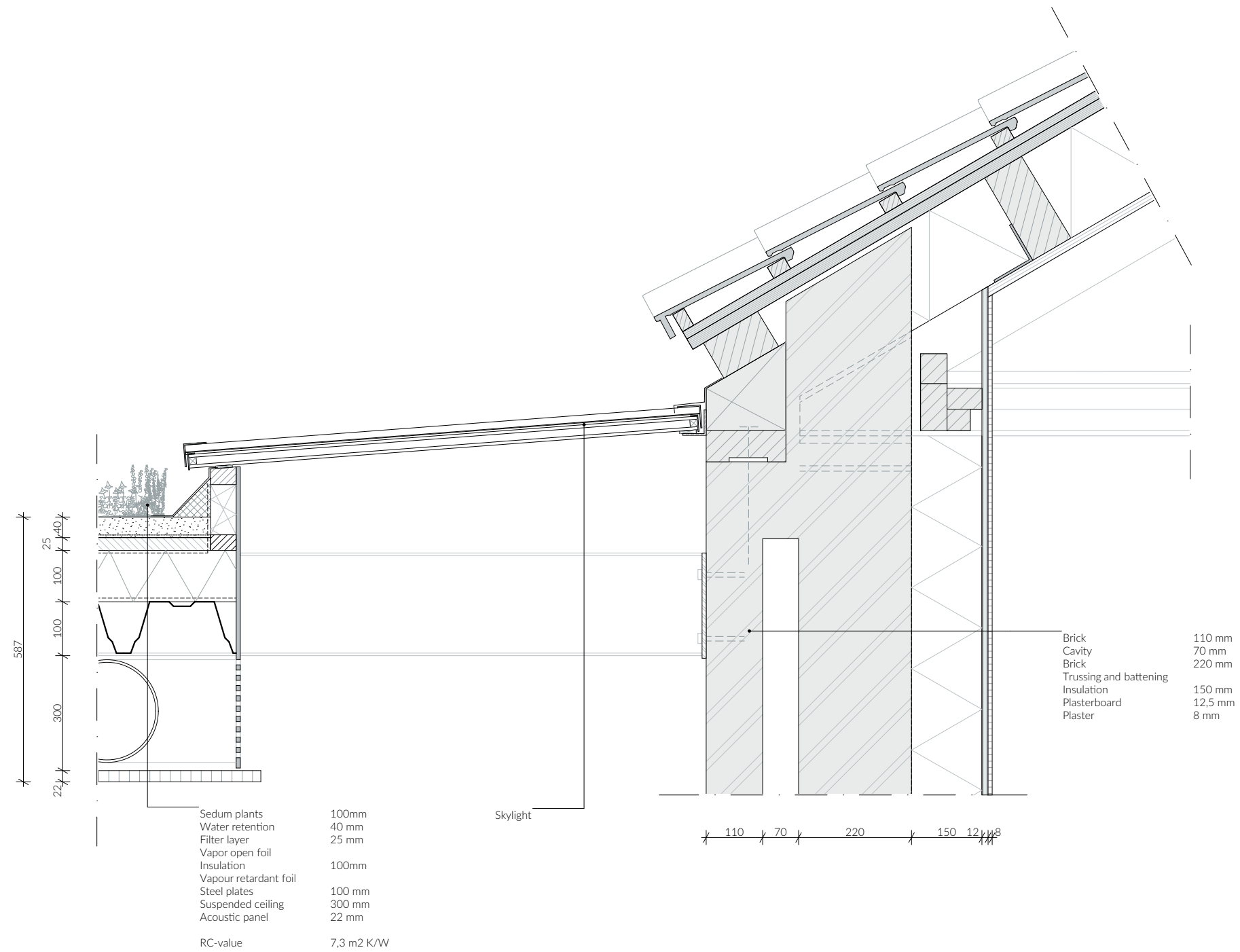


Vertical Detail

Roof Corridor
1:5



Vertical Detail
Roof Exhibiton Hall
 1:10



Vertical Detail

Roof Work Space

1:5

III - Construction

A) Expositiehal

Stalenkolom	breedte	= 1 / 20 à 1 / 25 = 290 mm à 230 mm	(5,8m)
Schoorconstructie	breedte	= 1 / 5 à 1 / 7 van gebouwhoogte = 1160 à 830 mm	(6,0m)
Dakbalkhoogte staal	hoogte	= 1 / 30 x lengte = 400 mm	(12m)
Vloerdikte of -hoogte Kanaalplaatvloer		= 1 / 35 x lengte = 215 mm breedte = 1200 mm	(7,5m)

B) Werkruimte

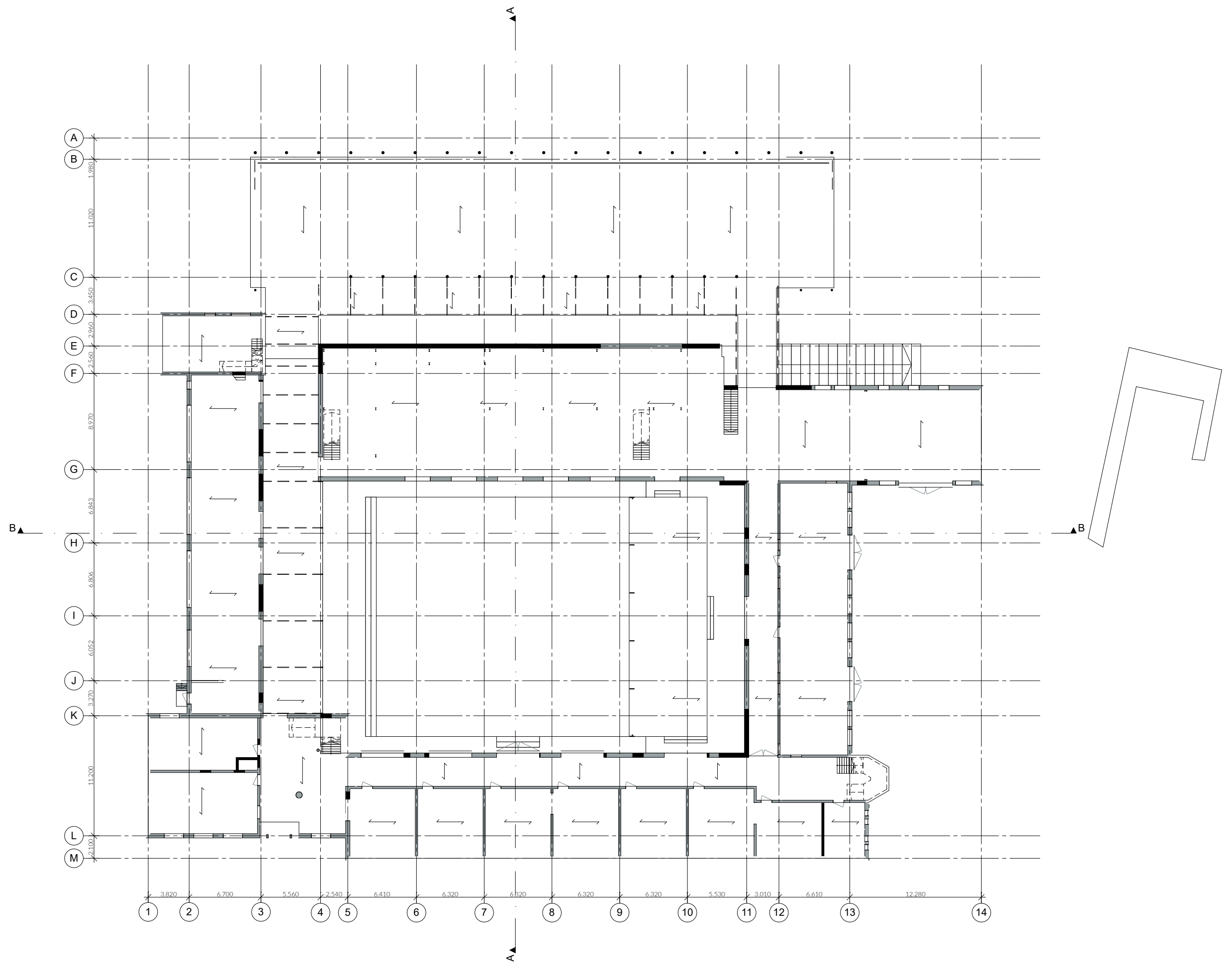
Stalenkolom	breedte	= 1 / 20 à 1 / 25 = 300 mm à 250 mm	(6,3m)
Dakbalkhoogte staal	hoogte	= 1 / 30 x lengte = 330 mm	(10m)
Vloerdikte of -hoogte Kanaalplaatvloer		= 1 / 35 x lengte = 280 mm breedte = 1200 mm	(10m)

C) Gang

Dakbalkhoogte staal	hoogte	= 1 / 30 x lengte = 175 mm	(5,3m)
---------------------	--------	-------------------------------	--------

Calculations

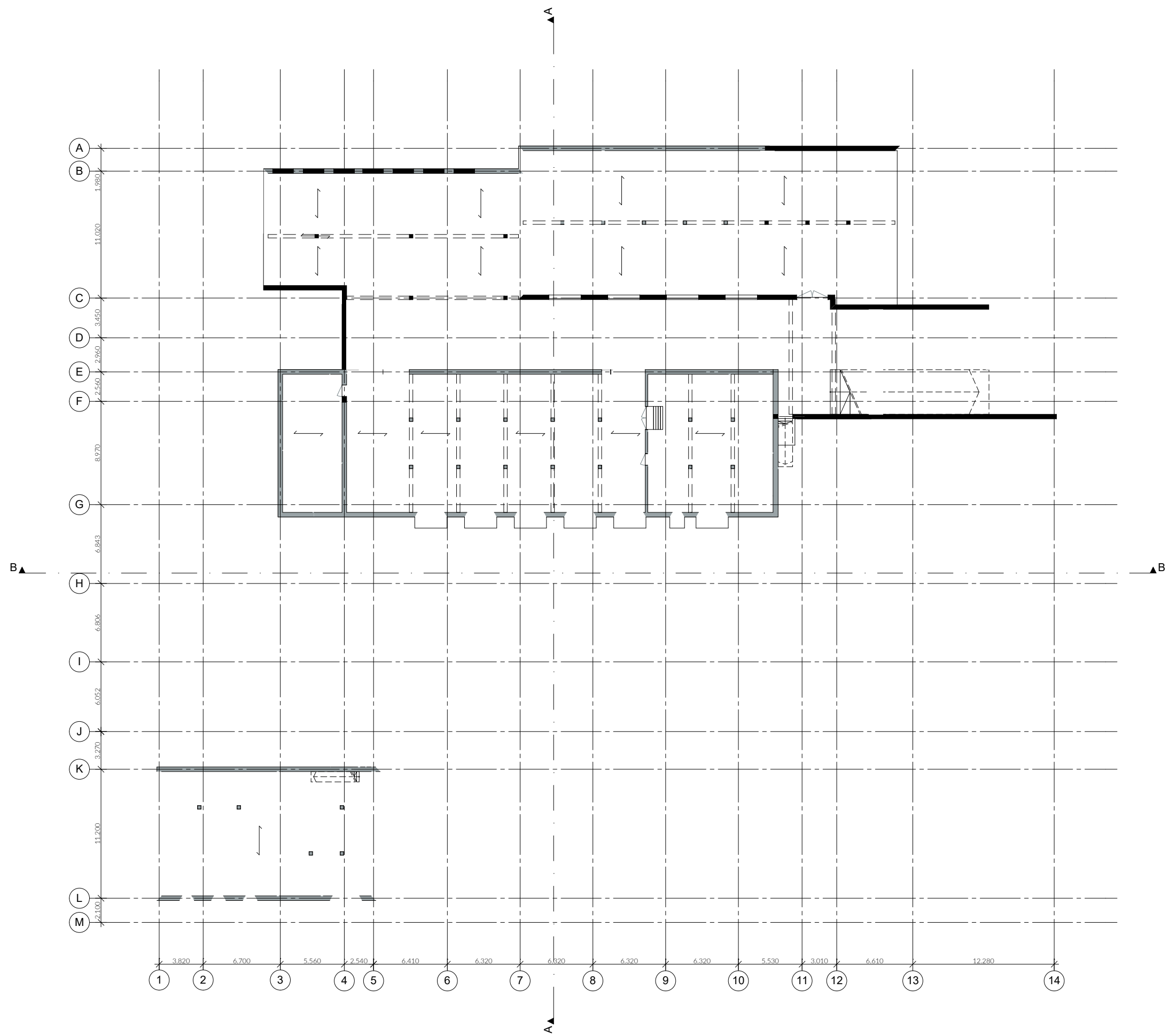
rules of thumb



Floor Plan

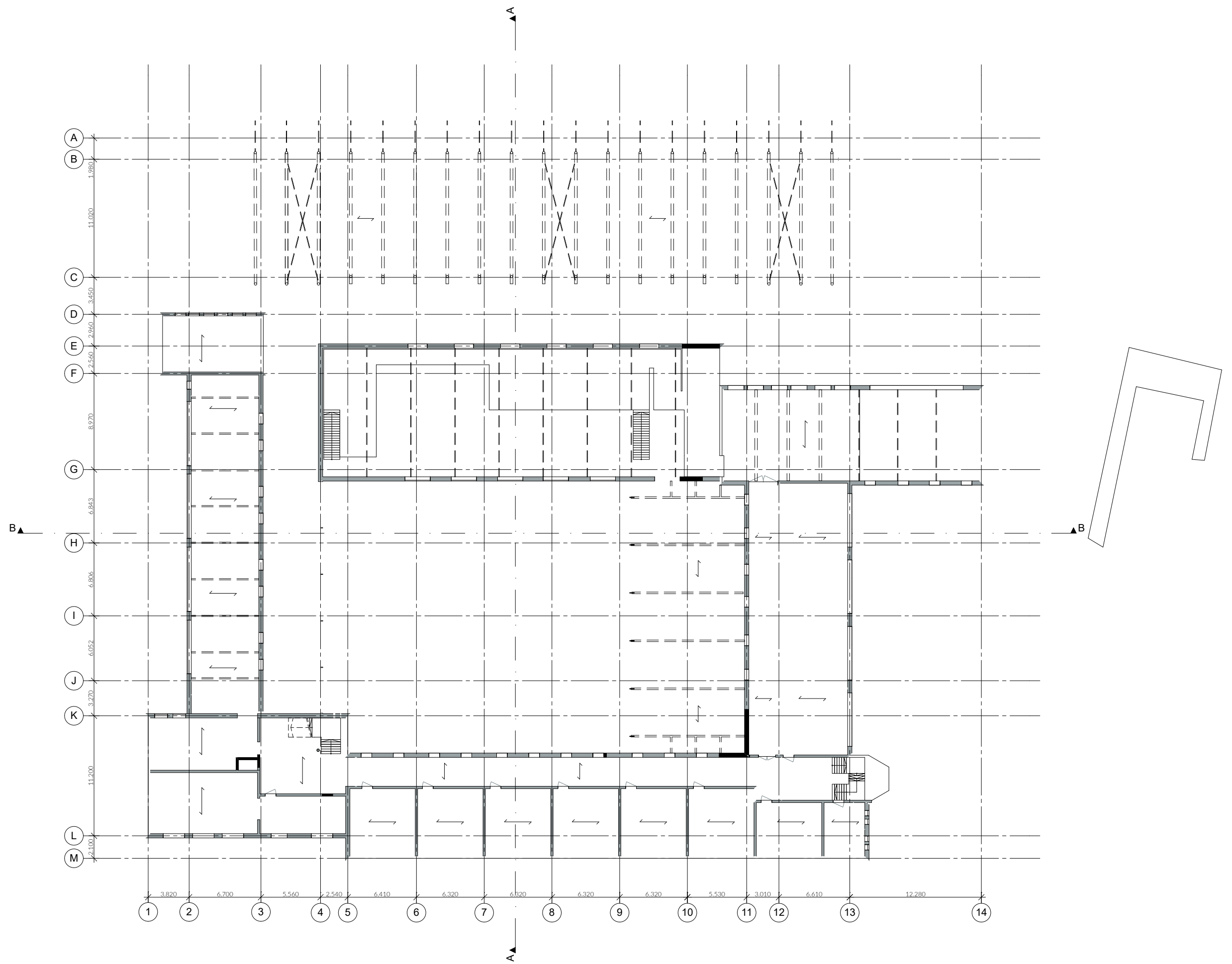
Ground Floor

1:350



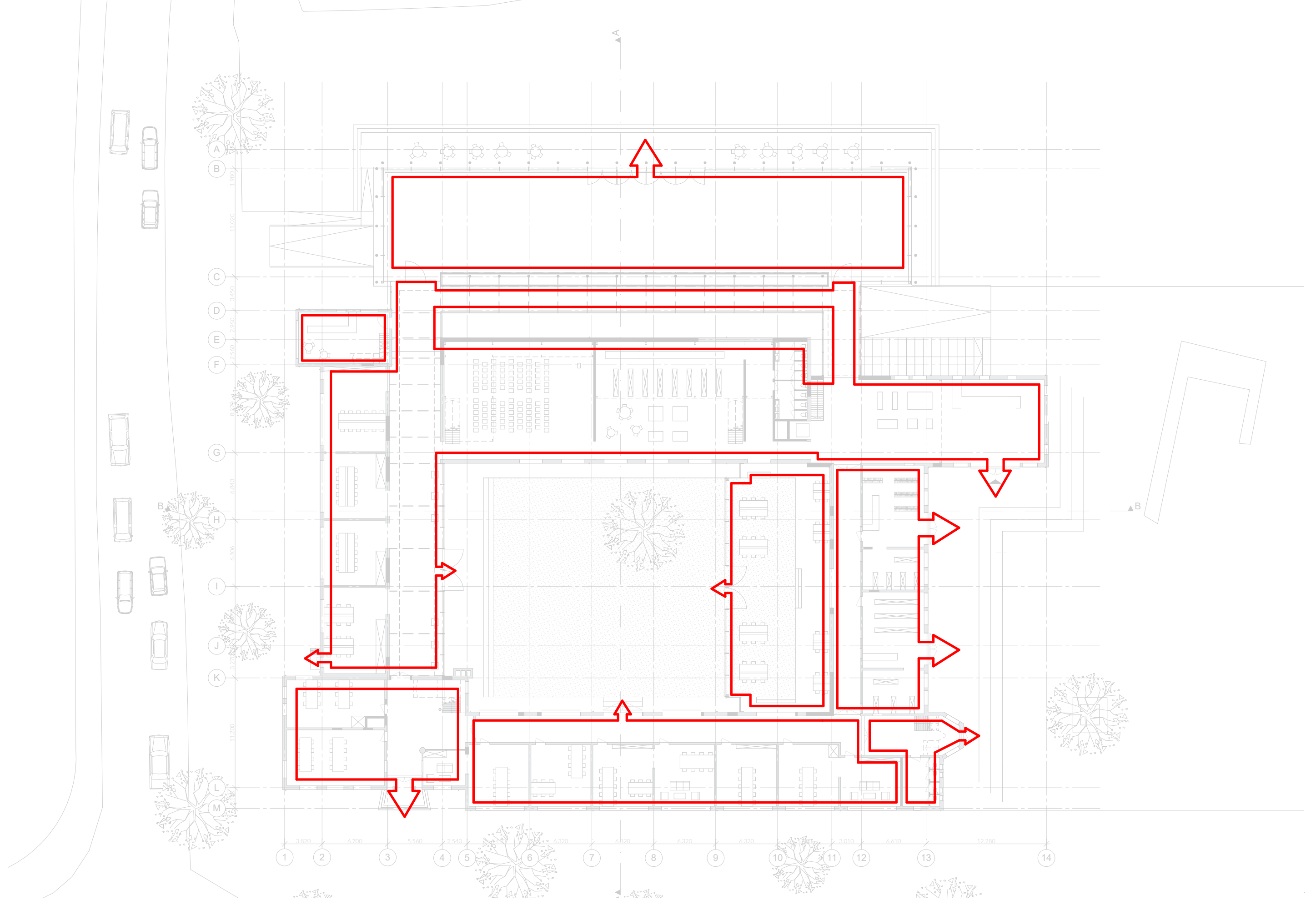
Floor Plan

Basement
1:350



Floor Plan

First Floor
1:350



Fire Compartments

Ground Floor

1:350

IV - Building Physics

$$Q_{in} = Q_{uit}$$
$$Q_{in} = Q_{zon} + Q_{interne\ warmte} + Q_{installatie}$$
$$Q_{uit} = Q_{transmissie} + Q_{ventilatie}$$
$$Q_{installatie} = \text{warmtebehoefte gebouw} = Q_{transmissie} + Q_{ventilatie} - Q_{zon} - Q_{iw} \text{ [kWh]}$$

A) Warmte door zontoetreding

$$Q_{zon} = A \times q_{ze} \times ZTA \times \text{tijd} / 1000 \text{ [kWh]}$$
$$A = \text{oppervlakte transparante vlakken [m}^2\text{]}$$
$$q_{ze} = \text{gemiddeld opvallende zonnestraling [W/m}^2\text{]}$$
$$ZTA = \text{zontoetredingsfactor}$$
$$\text{tijd} = \text{aantal uren in een stookseizoen [h]}$$

Tijd = 1700 uur; januari t/m april en oktober t/m december bevat totaal 212 stookdagen, waarop elke dag 8 uur wordt gestookt.

ZTA = 0,15; HR ++ glas met warmte werende coating

$$q_{ze\ \text{noord}} = 20 \text{ W/m}^2 \qquad q_{ze\ \text{zuid}} = 65 \text{ W/m}^2$$
$$q_{ze\ \text{oost}} = 35 \text{ W/m}^2 \qquad q_{ze\ \text{west}} = 35 \text{ W/m}^2$$

$$Q_{zon; \text{zuid}} = A = 5,0 \times 2,45 = 12,25 \text{ m}^2$$
$$q_{ze} = 65 \text{ W/m}^2$$
$$ZTA = 0,15$$
$$\text{Tijd} = 1700 \text{ h}$$

$$12,25 \times 65 \times 0,15 \times 1700 / 1000 = 203 \text{ kWh}$$

B) Interne warmtelast

$$Q_{interne\ warmte} = Q_{personen} + Q_{verlichting} + Q_{apparatuur}$$

$$Q_{interne\ warmte} = \text{totaal} \times \text{tijd} / 1000 \text{ [kWh]}$$

	aantal	vermogen	totaal
personen	10 personen	80 W	800 W
verlichting	20 lampen	8 W	160 W

(40m2 x 350lux=14 000 lumen)

Apparatuur	40 m²	10 W/m2	400 W
------------	-------	---------	-------

Tijd: 2080 uur; 260 werkdagen per jaar, 8 uur per dag

$$Q_{personen} = 800 \times 2080 / 1000 = 1664 \text{ kWh}$$
$$Q_{verlichting} = 160 \times 2080 / 1000 = 332 \text{ kWh}$$
$$Q_{apparatuur} = 400 \times 2080 / 1000 = 832 \text{ kWh}+$$
$$Q_{interne\ warmte} = 2828 \text{ kWh}$$

C) Transmissie

$$Q_{transmissie} = U \times A \times \Delta T_{i,o} \times \text{tijd} / 1000 \text{ [kWh]}$$

$$U = \text{warmte overgangs coëfficiënt (W/m}^2\text{K)}$$
$$A = \text{oppervlak waar transmissie plaatsvindt (m}^2\text{)}$$
$$\Delta T_{i,o} = \text{temperatuurverschil binnen – buiten (Ti – To) (K)}$$

Tijd = 8760 uur; 365 dagen per jaar, 24 uur per dag

$$Q_{transmissie} = U_{raam} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$
$$A_{raam} = 12,25 \text{ m}^2$$
$$\Delta T_{i,o} = 292 - 283 = 9 \text{ K}$$
$$\text{Tijd} = 8760 \text{ h}$$

$$1,1 \times 12,25 \times 9 \times 8760 / 1000 = 1060 \text{ kWh}$$

D) Ventilatie

$$Q_{ventilatie} = q_{v,inf} \times \rho \times c \times \Delta T_{i,o} \times \text{tijd} / 1000 \text{ [kWh]}$$
$$q_{v,inf} = \text{luchtstroom} = 0,3 \times (\text{volume (152) m}^3 / 3600) (\text{m}^3 / \text{s})$$
$$\rho = \text{luchtdichtheid} = 1,2 (\text{kg/m}^3)$$
$$c = \text{soortelijke warmte van lucht} = 1000 (\text{J/kg} \times \text{K})$$
$$\Delta T_{i,o} = \text{temperatuurverschil binnen – buiten (Ti – To) of Tvent – To (K)}$$

Tijd: 2080 uur; 260 werkdagen per jaar, 8 uur per dag

$$Q_{ventilatie} = 0,0127 \times 1,2 \times 1000 \times 9 \times 2080 / 1000 = 285 \text{ kWh}$$

E) Warmtebalans

$$Q_{in} = Q_{uit}$$
$$Q_{in} = Q_{zon} + Q_{interne\ warmte} + Q_{installatie}$$
$$Q_{uit} = Q_{transmissie} + Q_{ventilatie}$$
$$Q_{installatie} = \text{warmtebehoefte gebouw} = Q_{transmissie} + Q_{ventilatie} - Q_{zon} - Q_{iw} \text{ [kWh]}$$
$$Q_{installatie} = \text{warmtebehoefte gebouw} = 1060 + 285 - 203 - 2828 \text{ [kWh]}$$
$$Q_{installatie} = -1686 \text{ kWh}$$

Conclusie: koeling nodig in kantoorruimtes

			Frequentie (Hz)									
			125		250		500		1000		2000	
vlak	Materiaal	S (m2)	a	a*S	a	a*S	a	a*S	a	a*S	a	a*S
Vloer	grindbeton	262,0	0,01	2,62	0,01	2,62	0,02	5,24	0,02	5,24	0,03	7,86
Plafond	akoestische platenmateriaal	292,0	0,76	221,92	1,00	292,00	0,90	262,80	0,79	230,68	0,80	233,60
Wand	pleisterwerk	255,0	0,01	2,55	0,01	2,55	0,02	5,10	0,02	5,10	0,02	5,10
	glas	6,5	0,10	0,65	0,04	0,26	0,03	0,20	0,02	0,13	0,02	0,13
Meubels	beklede stoel (onbezet)	40,0	0,15	6,00	0,30	12,00	0,30	12,00	0,40	16,00	0,40	16,00
	zittend persoon	40,0	0,15	6,00	0,30	12,00	0,45	18,00	0,45	18,00	1,00	40,00
A (m2 o.r.)			239,7		321,4		303,3		275,2		302,7	
Nagalmtijd T=1/6 * V/A			1,0		0,8		0,8		0,9		0,8	
Eis 0,35 lg (1,25xV)			0,91		0,91		0,91		0,91		0,91	
Geoorloofde afwijking			1,40		1,15		1,00		0,90		0,90	
Eis			1,27		1,05		0,91		0,82		0,82	
			Voldoet		Voldoet		Voldoet		Voldoet		voldoet	

A. (minimaal) Benodigde hoeveelheid ventilatielucht in m3/h

Functie	aantal	ventilatie	
		personen	m3/h per persoon
Expositiehal	400 (max)		25

Totaal (maximaal) 10 000 m3/h

B. Dimensionering luchtbehandelingskast

Oppervlakte technische ruimte voor LBK met capaciteit van 10 000 m3/h = VKT0606 = 50/60m2

Capaciteit bouwbesluit 2015 nieuwbouw verblijfsruimte:

Functie	Eis capaciteit
Museum	7 dm3/s p.p
Voorstelling	4 dm3/s p.p
Horeca	4 dm3/s p.p

Functie	aantal	luchthoeveelheid	
		personen	q (m3/s)
Museum	30		x 7 = 210 dm3/s = 0,21 m3/s
Voorstelling	200		x 4= 800 dm3/s = 0,8 m3/s
Borrel	400		x 4 = 1600 dm3/s = 1,60 m3/s
Kantoor	8		x 6,5 = 52 dm3/s = 0,052 m3/s

LBK type VKT 0606:

Elementen LBK type VKT 0606:	Toevoer
	Afvoer
	Warmte terugwinning
	Verwarmen
	Ontvochtigen

Afmetingen LBK type VKT 0606 met vijf elementen: 1480 mm x 1480 mm x 7000 mm

Gewicht LBK type VKT 0606 met vijf elementen: 2233 kg

C. Verbruik museum

Oppervlakte expositie totaal:	600 m2
Verbruik expositie algemeen:	150 kWh/m2 x 3,6 = 540 mJ/m2

Verbruik expositie: 600 x 150 = 90 000 kWh
90 000 x 3,6 = 324 000 mJ

Verhouding elektra : warmtepomp 1:3 (1/3 elektra : 2/3 elektra warmtepomp)

Opbrengst

Zonnepanelen:	120 kWh/ m2 x 3,6 = 432 mJ/m2
	1/3 x 324 000 mJ = 108 000 mJ
	108 000 mJ/ 432 mJ/m2 = 250 m2

Warmtepomp ongeveer 4e deel rendement: (250 m2 / 4) x 3 = 188 m2

Capaciteit bouwbesluit 2015 nieuwbouw verblijfsruimte:

Functie	Eis capaciteit
Museum	7 dm3/s p.p
Horeca	4 dm3/s p.p.
Kantoor	6,5 dm3/s p.p.

Luchtsnelheid bouwbesluit 2015 nieuwbouw verblijfsruimte:

Verticaal: 8 m/s

Horizontaal: 4 m/s

Functie	aantal personen	luchthoeveelheid q (m3/s)
Museum	30	x 7 = 210 dm3/s = 0,21 m3/s
Voorstelling	200	x 4= 800 dm3/s = 0,8 m3/s
Kantoor	8	x 6,5 = 52 dm3/s = 0,052 m3/s
Borrel	400	x 4 = 1600 dm3/s = 1,60 m3/s
Winkel	8	x 4 = 32 dm3/s = 0,032 m3/s

Oppervlakte kanaal = q / v

q = luchthoeveelheid (m3/s)
v = luchtsnelheid (m/s)

Expositiehal

Oppervlakte verticale kanalen	= 0,8/ 8	= 0,1 m2
Oppervlakte horizontale kanalen	= 0,8 / 4	= 0,2 m2

Diameter Ø kanaal = $\sqrt{(A / (\pi / 4))}$
A = oppervlakte kanaal (m2)

Diameter verticaal kanaal = $\sqrt{(0,1/ (\pi / 4))}$ = 0,35 m = 350 mm
Standaard maat kanaal = 350 Ø mm

Diameter horizontaal kanaal = $\sqrt{(0,2 / (\pi / 4))}$ = 0,5 m = 500 mm
Standaard maat kanaal = 2x 250 Ø mm

Borrel

Oppervlakte verticale kanalen	= 1,60/ 8	= 0,2 m2
Oppervlakte horizontale kanalen	= 1,60 / 4	= 0,4 m2

Diameter Ø kanaal = $\sqrt{(A / (\pi / 4))}$
A = oppervlakte kanaal (m2)

Diameter verticaal kanaal = $\sqrt{(0,2/ (\pi / 4))}$ = 0,5 m = 500 mm
Standaard maat kanaal = 2x 250 Ø mm

Diameter horizontaal kanaal = $\sqrt{(0,4 / (\pi / 4))}$ = 0,7 m = 700 mm
Standaard maat kanaal = 2x 350 Ø mm

Kantoor:

Oppervlakte verticale kanalen	= 0,052 / 8	= 0,0156 m2
Oppervlakte horizontale kanalen	= 0,052 / 4	= 0,013 m2

Diameter Ø kanaal = $\sqrt{(A / (\pi / 4))}$
A = oppervlakte kanaal (m2)

Diameter verticaal kanaal = $\sqrt{(0,0156/ (\pi / 4))}$ = 0,08 m = 80 mm
Standaard maat kanaal = 80 Ø mm

Diameter horizontaal kanaal = $\sqrt{(0,13 / (\pi / 4))}$ = 0,088 m = 88 mm
Standaard maat kanaal = 100 Ø mm

Gang

Kantoor	8x 6,5 = 52 dm3/s = 0,052 m3/s	x 8	= 0,416
Winkel	8x 4 = 32 dm3/s = 0,032 m3/s	x4	= 0,128
Oppervlakte verticale kanalen	= 0,544/ 8		= 0,068 m2
Oppervlakte horizontale kanalen	= 0,544 / 4		= 0,136 m2

Diameter Ø kanaal = $\sqrt{(A / (\pi / 4))}$
A = oppervlakte kanaal (m2)

Diameter verticaal kanaal = $\sqrt{(0,068/ (\pi / 4))}$ = 0,294 m = 294mm
Standaard maat kanaal = 300Ø mm

Diameter horizontaal kanaal = $\sqrt{(0,136 / (\pi / 4))}$ = 0,416 m = 420 mm
Standaard maat kanaal = 2x220 Ø mm

Ventilation Ducts

dimensions

Voor de RC-waarde geldt:
Vloer: 3,5 m²K/W Gevel: 4,5 m²K/W Dak: 6,0 m²K/W

Voor de U-waarde geldt: Niet hoger dan 2,2, W/m²K

Rc-waarde = (Rd + Rsi + Rse)/ (1 + 0,05) – Rsi - Rse

U-waarde = 1 / R-waarde

Gevel expositiehal / gang / werkruimte paviljoen
HR++ glas U=minder dan 1,2 W/m²K

Dakpakket expositiehal

Materiaal	dikte	λ
mm	W/m k	
Sedum	165	0,06
isolatie	100,0	0,022
dampremmende laag	0,2	0,170
onderconstructie	215,0	1,6
onderconstructie	500,0	58
Afwerklaag	18,0	0,35

Rd-waarde = (0,165/0,06) + (0,100/0,022) + (0,0002/0,170) + (0,215/1,6) + (0,500/58) +(0,018/0,35)
= 7,491 m² K/W
Rsi = 0,13 m² K/W
Rse = 0,04 m² K/W
Rc-waarde = 7,097 m² K/W
U-waarde = 1 / 6,212
= 0,141W/m²K

Dakpakket gang

Materiaal	dikte	λ
mm	W/m k	
Sedum	165	0,06
isolatie	100,0	0,022
dampremmende laag	0,2	0,170
onderconstructie	100,0	58
Afwerklaag	18,0	0,35

Rd-waarde = (0,165/0,06) + (0,100/0,022) + (0,0002/0,170) + (0,100/58) +(0,018/0,35)
= 7,880 m² K/W
Rsi = 0,13 m² K/W
Rse = 0,04 m² K/W
Rc-waarde = 7,331 m² K/W
U-waarde = 1 / 6,212
= 0,136 W/m²K

Dakpakket kantoor, studieplek, auditorium, bibliotheek, foyer

Hellend dak		
Materiaal	dikte	λ
mm	W/m k	
afwerking	53,0	0,883
waterkerende laag	0,15	0,170
isolatie	150,0	0,020
dampremmende laag	0,2	0,170
dakbeschot	18	0,160
plaatmateriaal	10	0,180
afwerking	10	0,350

Rd-waarde =(0,053/0,883) + (0,00015/0,170) + (0,150/0,020) + (0,0002/0,170) + (0,18/0,160) + (0,010/0,180) + (0,018/0,350)
= 8,794 m² K/W
Rsi = 0,10 m² K/W
Rse = 0,18 m² K/W
Rc-waarde = 8,362m² K/W
U-waarde = 1 / 6,932
= 0,120 W/m²K

Vloerpakket expositiehal

Materiaal	dikte	λ
mm	W/m k	
dekvloer	50,0	0,600
isolatie	20	0,035
Onderconstructie	215	0,11
isolatie	100	0,035
dampremmende laag	0,2	0,170
afwerking	18	0,350

Rd-waarde =(0,050/0,600) + (0,215/0,11) + (0,12/0,035) + (0,0002/0,170) + (0,018/0,350)
= 5,519m² K/W
Rsi = 0,13 m² K/W
Rse = 0,13 m² K/W
Rc-waarde = 5,244 m² K/W
U-waarde = 1 / 0,705
= 0,191W/m²K

Vloerpakket gang

Materiaal	dikte	λ
mm	W/m k	
durabella	16	0,700
dekvloer	50,0	0,600
isolatie	20,0	0,035
onderconstructie	215,0	0,11
isolatie	100,0	0,035
afwerking	18	0,350

Rd-waarde =(0,016/0,7) + (0,05/0,600) + (0,120/0,035) +

(0,215/0,11) + (0,018/0,350)
= 5,541m² K/W
Rsi = 0,13 m² K/W
Rse = 0,13 m² K/W
Rc-waarde = 5,265m² K/W
U-waarde = 1 / 0,705
= 0,190W/m²K

Vloerpakket kantoor, studieplek, auditorium, bibliotheek, foyer

Materiaal	dikte	λ
mm	W/m k	
houten vloer	8	0,20
dekvloer	50,0	0,600
isolatie	100,0	0,035
onderconstructie	250,0	0,11

Rd-waarde =(0,008/0,2) + (0,05/0,600) + (0,100/0,035) + (0,250/0,11)
= 5,253 m² K/W
Rsi = 0,13 m² K/W
Rse = 0,13 m² K/W
Rc-waarde = 4,991m² K/W
U-waarde = 1 / 0,705
= 0,200W/m²K

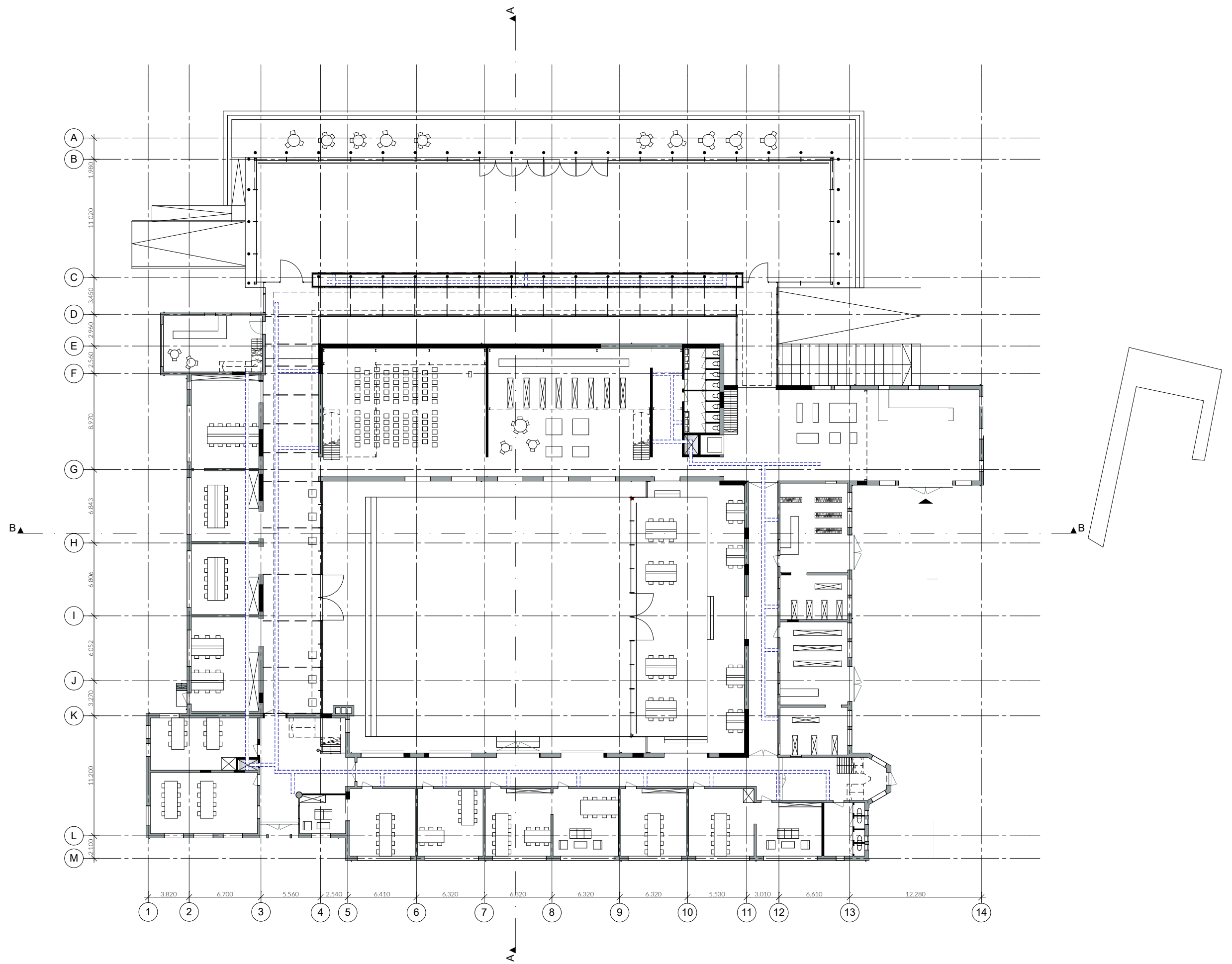
Wandpakket kantoor, studieplek, auditorium, bibliotheek, foyer

Materiaal	dikte	λ
mm	W/m k	
baksteen	330,0	0,41
isolatie	150,0	0,035
dampremmende laag	0,2	0,170
gipsplaat	12,5	0,16
stucwerk	8	1,2

Rd-waarde =(0,330/1,16) + (0,150/0,035) + (0,0002/0,170) + (0,0125/0,16) + (0,008/1,2)
= 4,656 m² K/W
Rsi = 0,13 m² K/W
Rse = 0,04 m² K/W
Rc-waarde = 4,426m² K/W
U-waarde = 1 / 0,705
= 0,226 W/m²K

Insulation

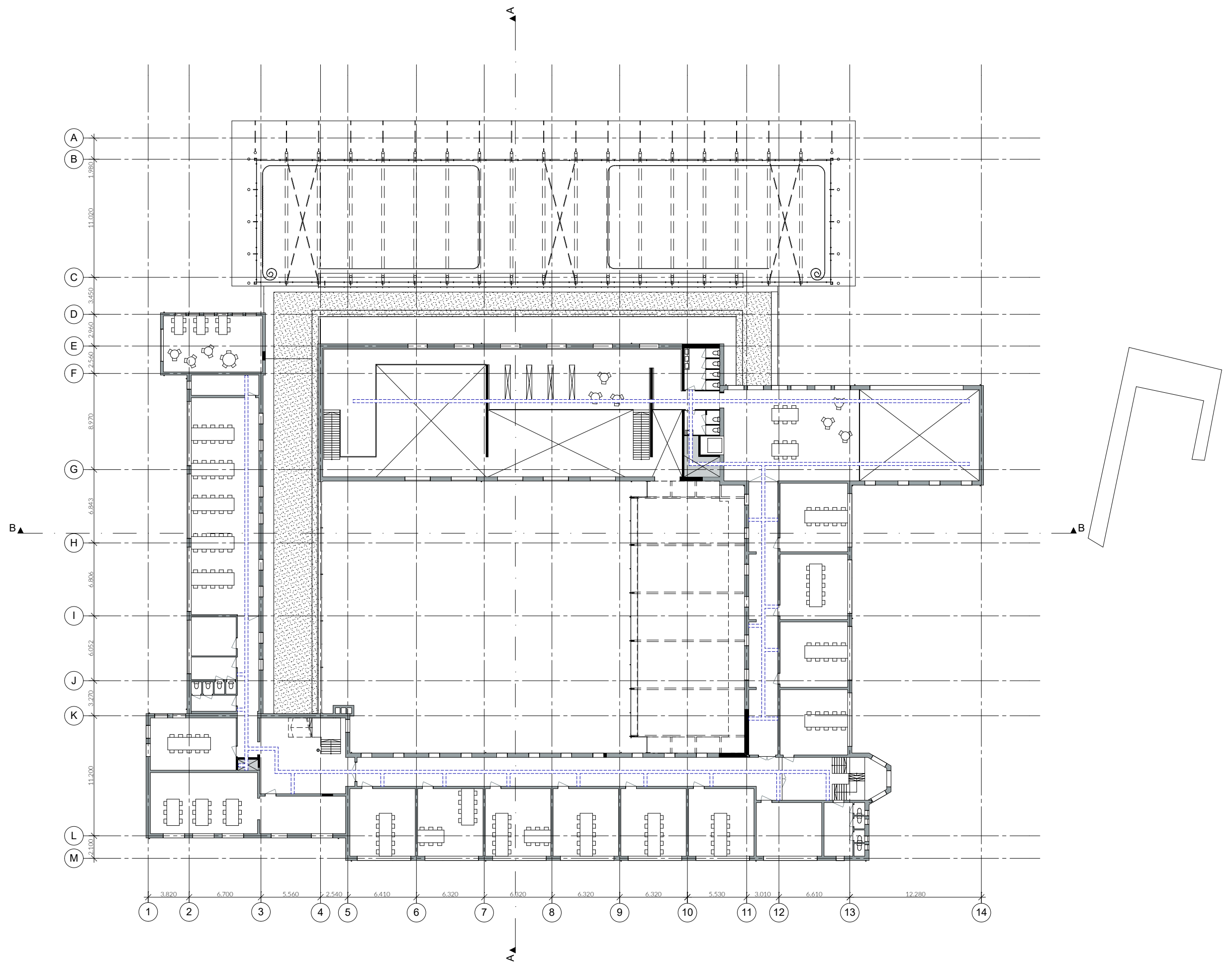
RC-value



Floor Plan

- Ground Floor
 - Ventilation Duct
 - ⊗ Ventilation Shaft
- 1:350

Basement
 Technical spaces
 1:350



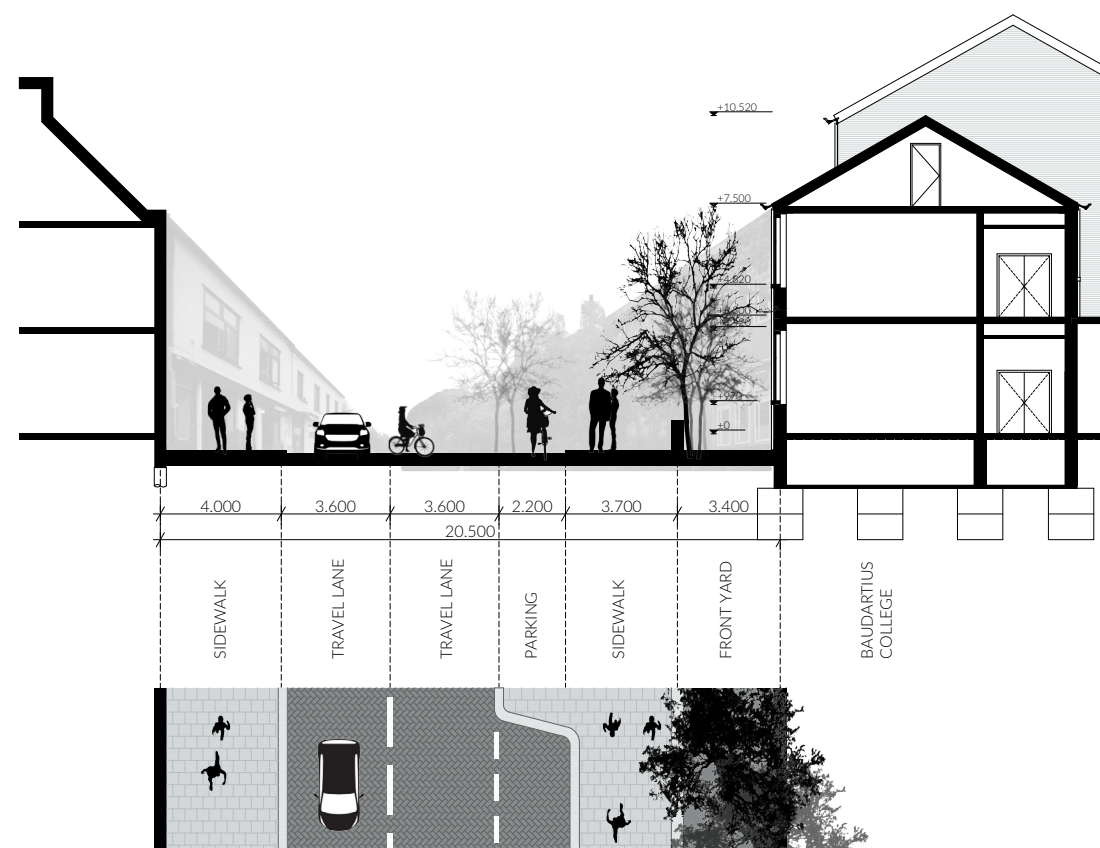
Floor Plan

- First Floor*
- Ventilation Duct
 - ⊗ Ventilation Shaft
- 1:350

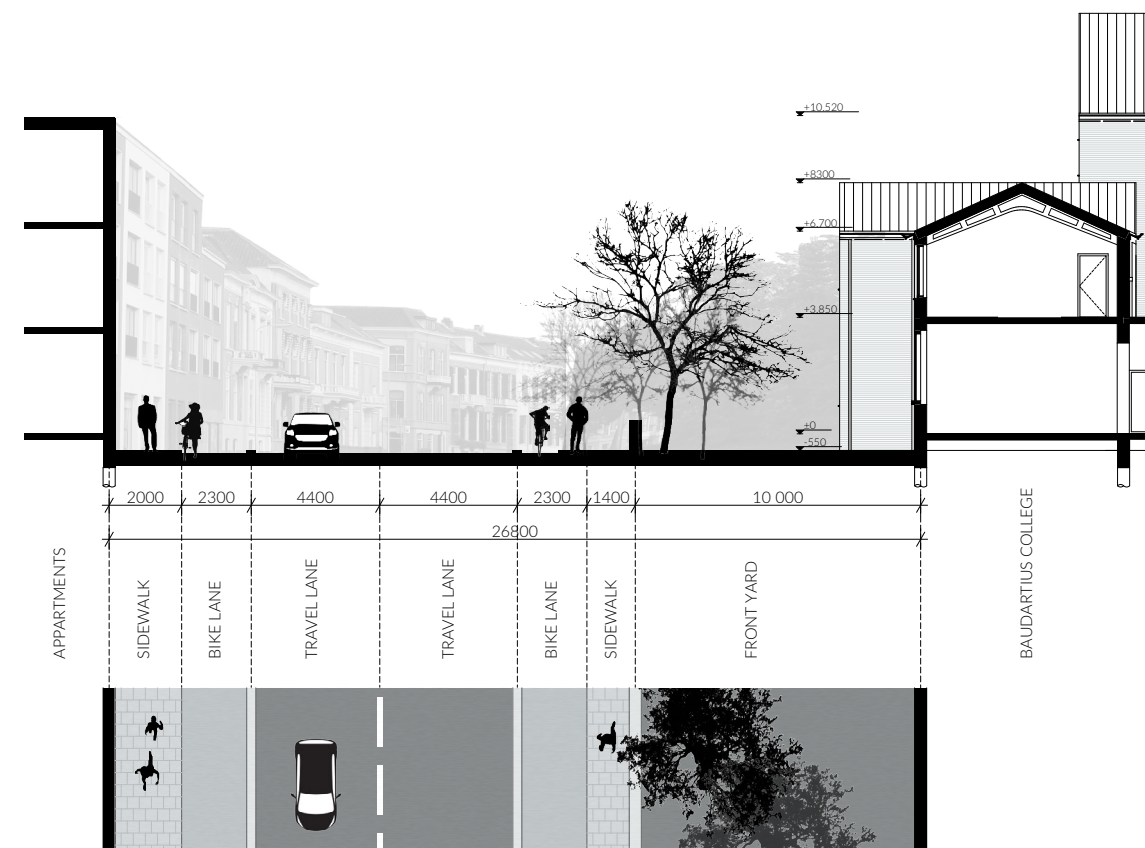


Image areal photo Baudartius College 2018

Appendix - Current Situation



Street profile
Isendoornstraat
 1:250

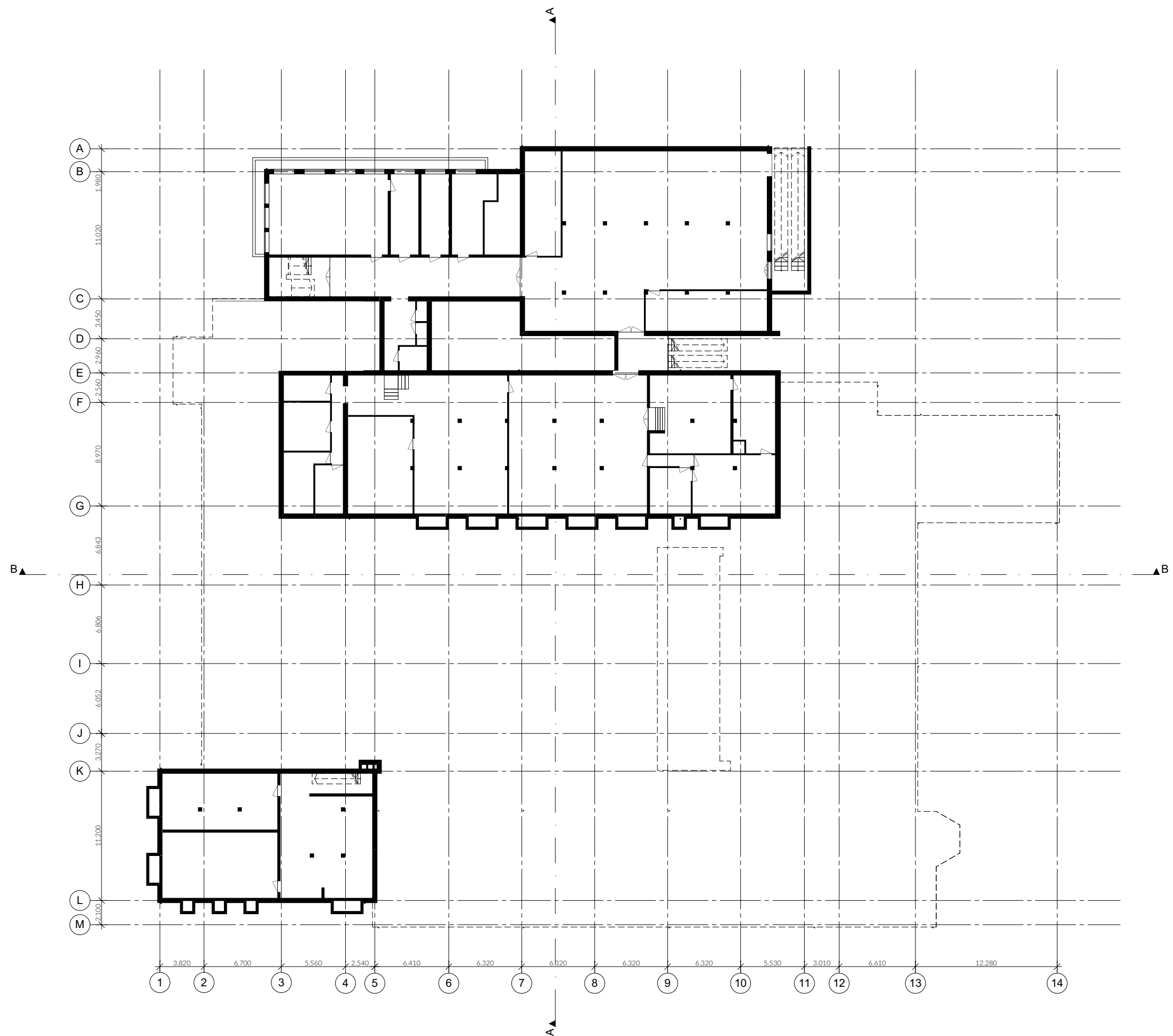


Street profile
Nieuwstad
 1:250



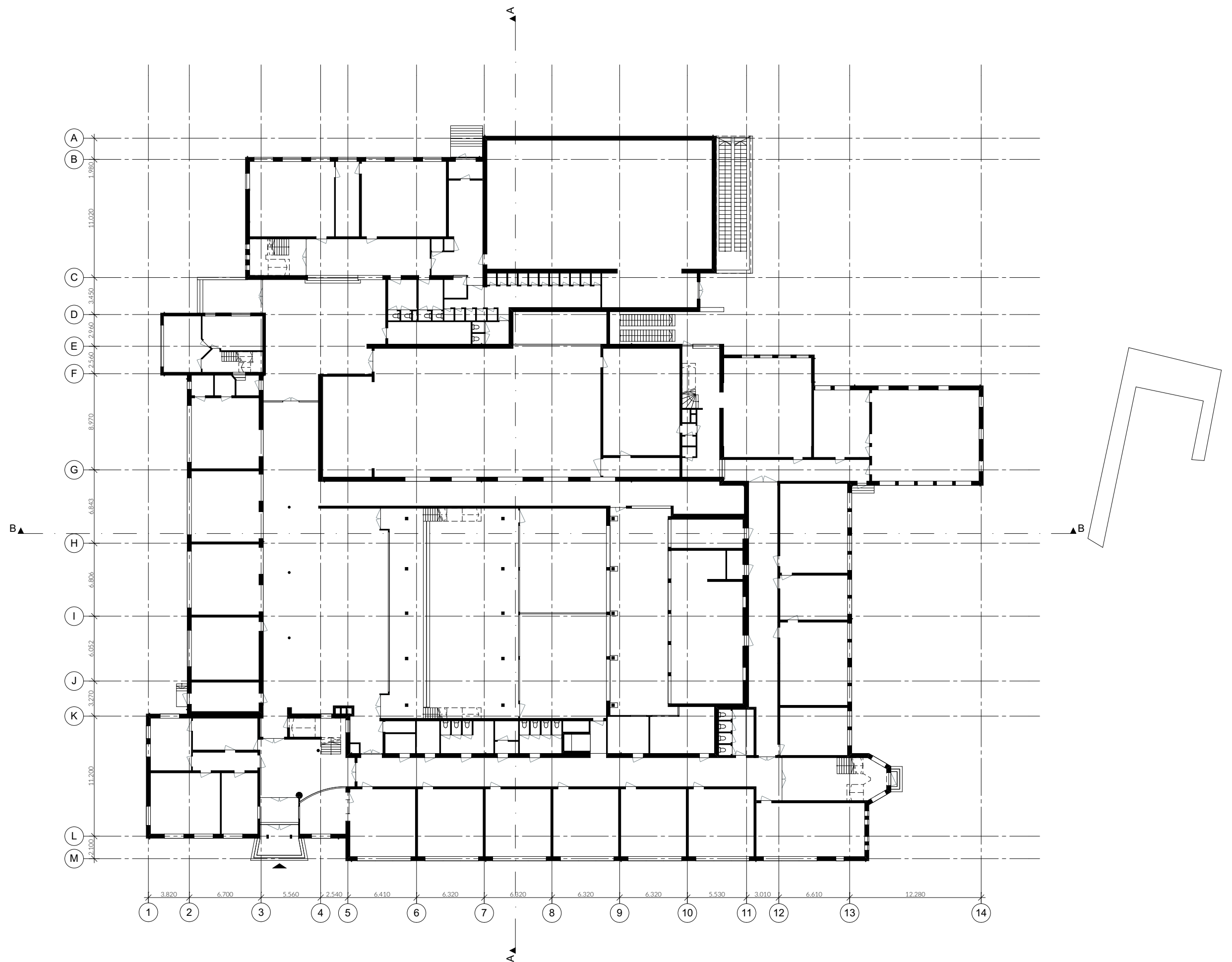
1. Baudartius College
2. Het Stedelijk
3. Klein Vaticaan
4. St. Janskerk
5. Park
6. Grote Gracht
7. Nieuwstad
8. Isendoornstraat
9. Spanish Gate

Site Plan
Nieuwstad



Floor Plan

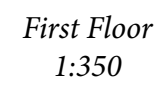
Basement
1:350

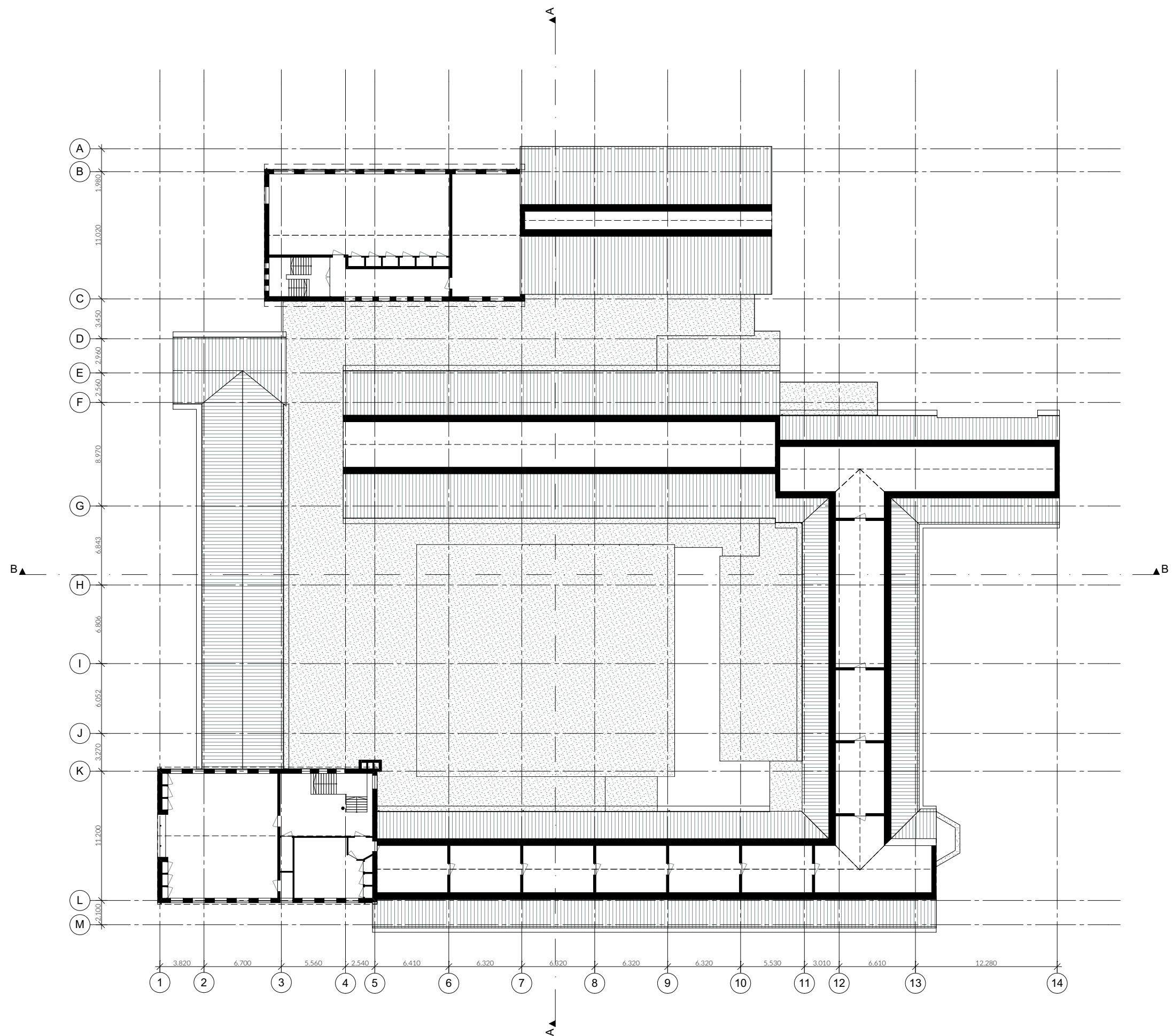


Floor Plan

Ground Floor

1:350

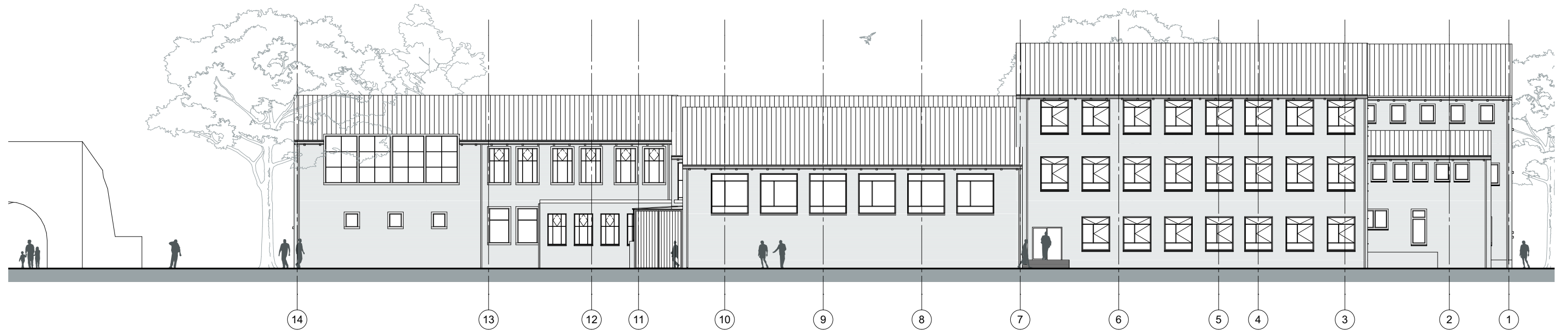




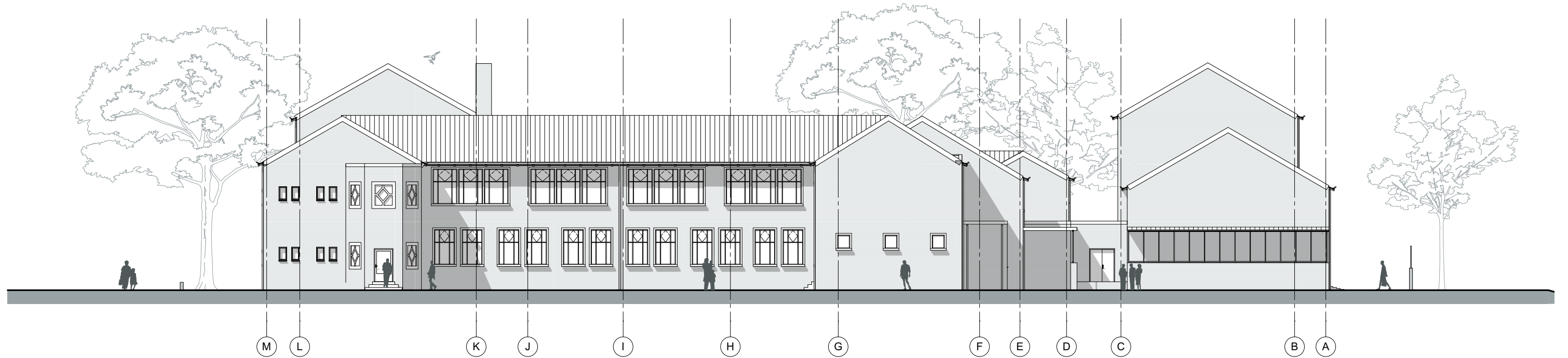
Floor Plan

Second Floor

1:350



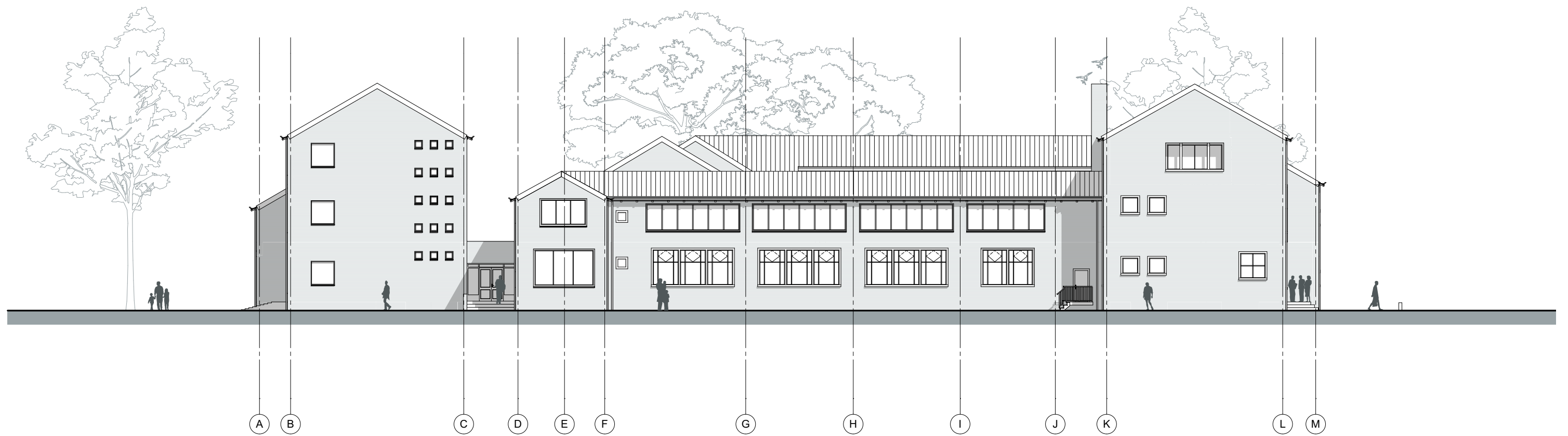
North Facade
1:250



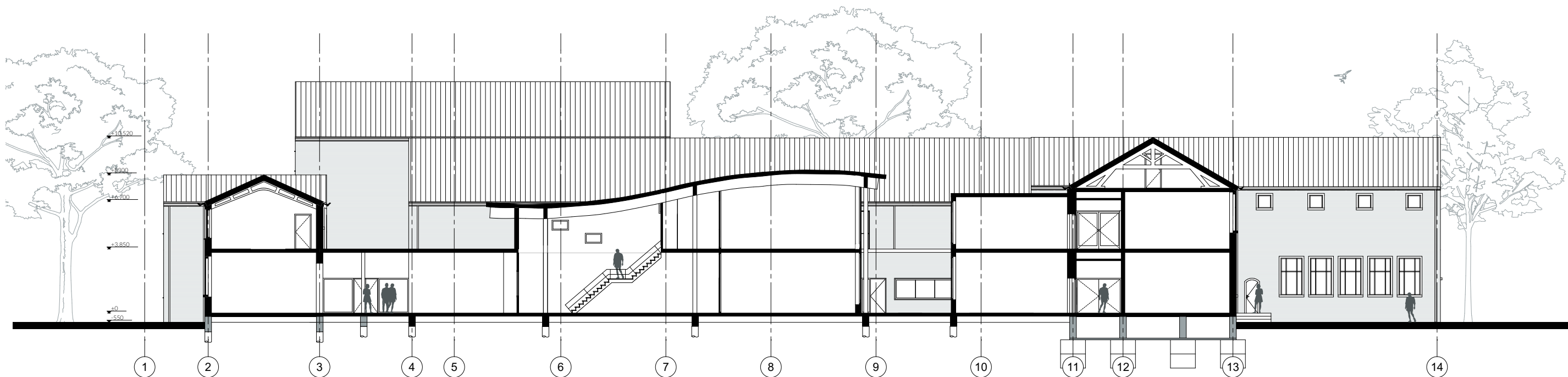
Elevation
East Facade
1:250



South Facade
1:250

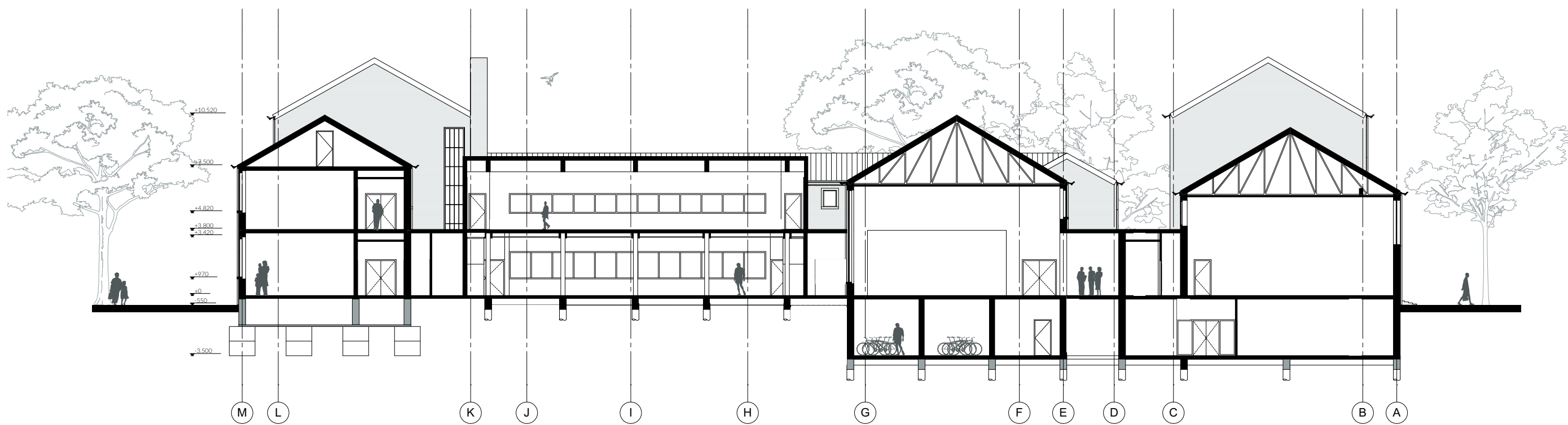


Elevation
West Facade
1:250



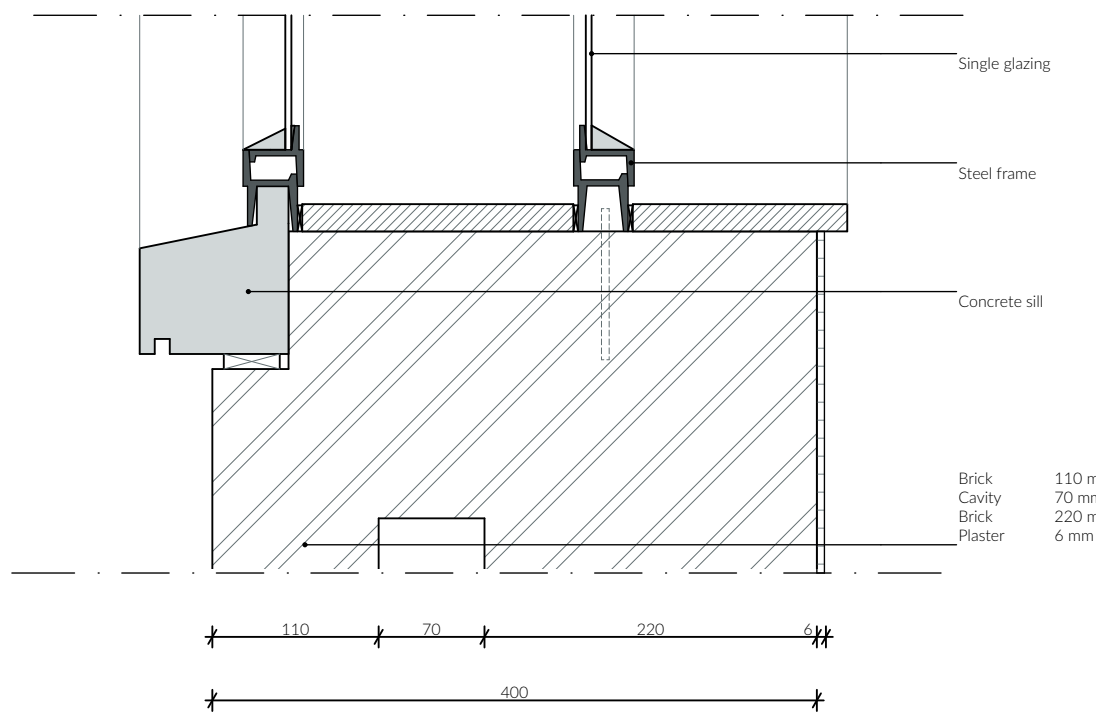
Section BB

1:250

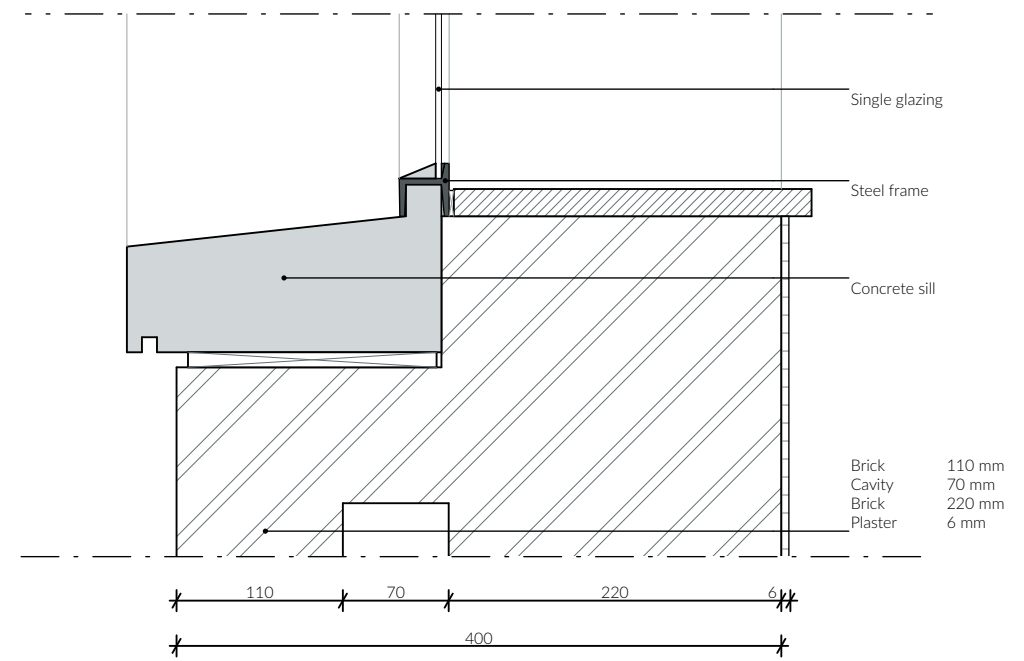


Section AA

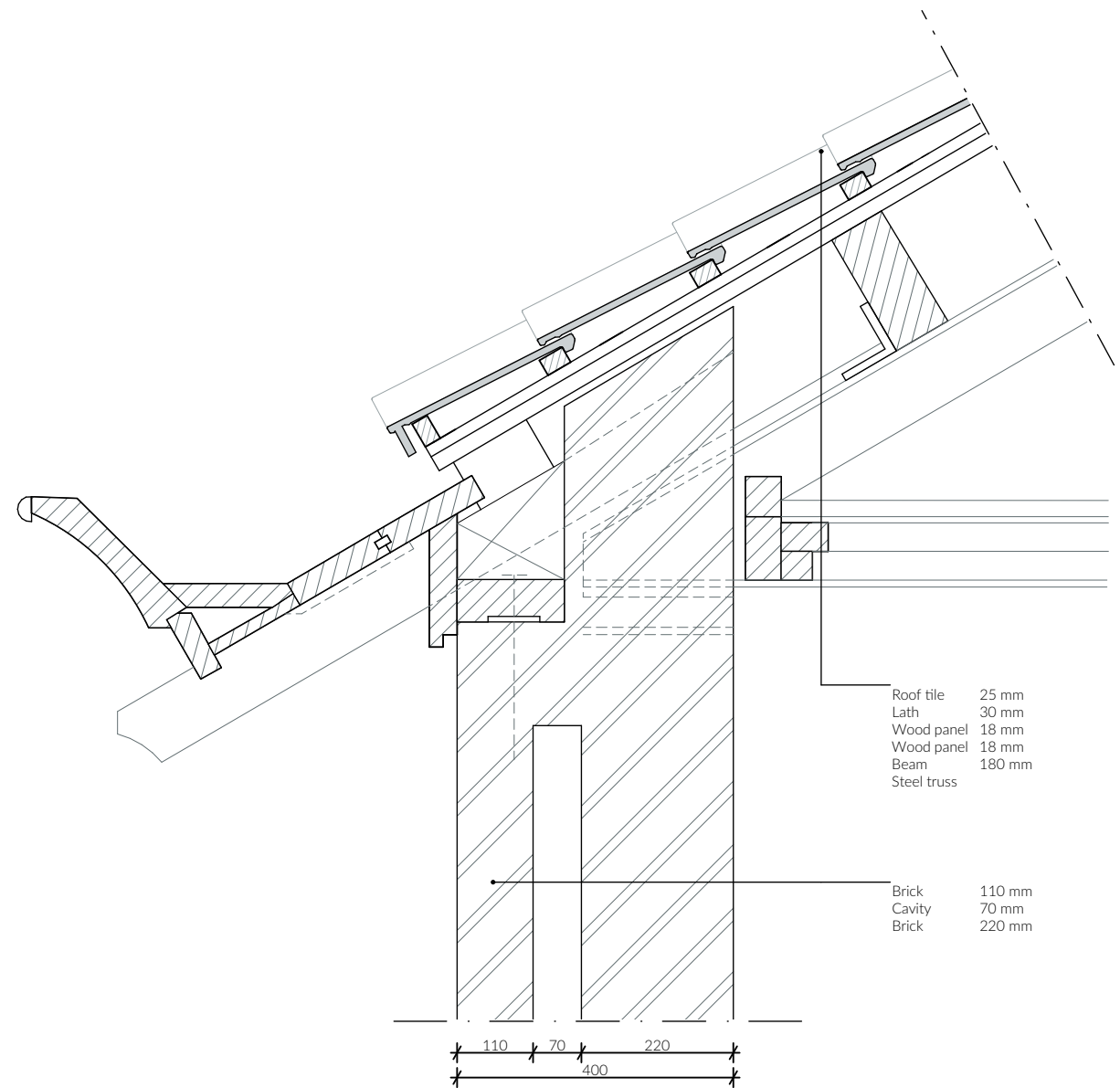
1:250



Vertical Detail
Window West Facade
 1:5



Vertical Detail
Window South Facade
 1:5



Vertical Detail

Roof Gym
 1:10