advanced engineering S.r.l.

DIAGNOSI ENERGETICA
ISTITUTO TECNICO AGRARIO "G. BONFANTINI"
ROMAGNANO SESIA

Giugno 2018

**(Redatta da ing. Paolo Oliaro, Cert. EGE Civile Sacert n° 11
Iscritto presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano
con numero A 24252)**

SOMMARIO

SOMMARIO **1**
ELENCO DELLE TABELLE **3**
ELENCO DELLE FIGURE **3**
0 EXECUTIVE SUMMARY **5**
1 INQUADRAMENTO GENERALE **6**
1-1 Informazioni generali *6*
1-1-1 Dati dell'organizzazione 6
1-1-2 Dati dell'auditor 6
1-1-3 Metodologia di diagnosi 7
1-2 Inquadramento normativo della diagnosi energetica *8*
1-3 Fattori di conversione *9*
1-4 Riferimenti normativi *9*
2 ANALISI ENERGETICA **11**
2-1 Scopo della diagnosi energetica *11*
2-2 Aspetti metodologici *11*
2-2-1 Struttura energetica del sistema oggetto di diagnosi 11
3 REPORT ATTIVITÀ IN CAMPO **12**
3-1 Sottosistema edificio *12*
3-1-1 Inquadramento territoriale 12
3-1-2 Dati climatici della località sulla quale insiste il sito 13
3-1-3 Anno di costruzione 14
3-1-4 Ombreggiature e apporti solari 14
3-1-5 Destinazione d'uso 14
3-1-6 Tipologia e tecnologia costruttiva del complesso 14
3-1-7 Determinazione delle trasmittanze 15
3-1-8 Numero di piani, volumetrie e superfici 16
3-1-9 Piante dell'edificio con individuazione zone climatizzate e orientamento polare 16
3-1-10 Tipologia di copertura e individuazione delle aree disponibili per l'installazione di sistemi solari termici e/o fotovoltaici 16
3-2 Sottosistema impianti *16*
3-2-1 Anno di costruzione degli impianti di climatizzazione ed elettrici e dei loro componenti 16

3-2-2 Sistemi di generazione 17
3-2-3 Ventilazione meccanica ed estrazione 17
3-2-4 Sistemi di regolazione 17
3-2-5 Sistemi di contabilizzazione del calore 17
3-2-6 Prestazioni energetiche dei vari impianti con indicazione dei relativi consumi di combustibile e vettori energetici 17
3-2-7 Apparecchiature elettriche installate 18
3-2-8 Stato generale dell'isolamento termico della caldaia e dell'impianto di distribuzione 18
3-2-9 Tipologia e potenza dei corpi scaldanti 18
3-2-10 Anomalie installative che compromettono l'efficienza del sistema edificio – impianto 18
3-2-11 Orari di accensione dei diversi impianti di climatizzazione 18
3-2-12 Andamento dei consumi 19
3-3 Modalità di utilizzo 21
3-3-1 Studio delle relazioni fra gli occupanti ed il sistema energetico dell'edificio 21
4 REPORT ANALISI DEI DATI 22
4-1 Ricostruzione dei bilanci energetici 22
4-2 Struttura energetica 23
4-2-1 Modello elettrico 24
4-2-2 Modello termico per il vettore gas naturale 28
4-3 Indici di prestazione energetica (EnPI) e baseline 29
4-3-1 Fattori di aggiustamento 29
4-3-2 Definizione indici di prestazione energetica (EnPI) 30
4-3-3 Definizione della baseline 30
4-3-4 Analisi critica degli scostamenti 31
4-4 Analisi dell'involucro edilizio ed elaborazione delle informazioni 31
4-4-1 Trasmittanze termiche e confronto con i limiti 31
4-5 Analisi degli impianti termici ed elettrici ed elaborazione delle informazioni 32
4-5-1 Verifica di adeguatezza della potenza termica impegnata 32
4-5-2 Verifica di adeguatezza della potenza elettrica impegnata 32
5 ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO 33
5-1 Simulazione dinamica tramite software DesignBuilder 33
5-2 Proposte di intervento 34
5-2-1 Soluzione A: Realizzazione isolamento termico involucro opaco, sostituzione infissi, integrazione sistema di generazione con pompa di calore geotermica e ad aria, installazione di impianto fotovoltaico integrato, VMC, sostituzione corpi illuminanti con LED 35

6 CONCLUSIONI 43

ELENCO DELLE TABELLE

tabella 1 - Dati generali dell'organizzazione 6
tabella 2 - Dati generali del team di diagnosi 6
tabella 3 - Fasi principali del processo di diagnosi energetica 7
tabella 4- Riferimenti normativi e linea guida ENEA per la redazione delle diagnosi energetiche 8
tabella 5 - Vettori, unità di misura, fattori di conversione 9
tabella 6 - Norme tecniche e legislazione di riferimento per la diagnosi energetica 10
tabella 7 - Orari di apertura della scuola 12
tabella 8 - Dati descrittivi 12
tabella 9- Dati geografici e climatici del complesso oggetto di analisi 13
tabella 10 – Dati caratteristici edificio 16
tabella 13 – Profili d'uso impianto di climatizzazione 18
tabella 14 - Valori mensili dei consumi di energia elettrica per gli anni 2015-2016-2017 19
tabella 15 - Valori mensili di consumo di metano per gli anni 2015-2016-2017 20
tabella 16 – Spesa energetica per gli anni di riferimento 20
tabella 17 – Tipologia e numero utenza dell'edificio 21
tabella 18 - Ripartizione consumi elettrici ed energia primaria 22
tabella 19 - Ripartizione consumi termici ed energia primaria 22
tabella 20 - Consumi EE per macro aree 26
Tabella 21 - Consumi dell'attività principale 26
Tabella 24 - Consumi metano per macro aree 28
tabella 25- Fattori di aggiustamento per la normalizzazione dei consumi 29
tabella 26- Valori dei fattori di aggiustamento per la normalizzazione dei consumi 30
tabella 27 – Definizione degli indici di prestazione energetica 30
tabella 28 – Definizione delle baseline 30
tabella 29 – Valori degli indici di prestazione energetica 31
tabella 30 - Riepilogo trasmittanze termiche involucro edilizio e valori limite 32
tabella 29 - Riepilogo trasmittanze termiche involucro edilizio e valori limite 37
Tabella 30 - COP pompa di calore prevista da progetto e limite per la tipologia scelta 37
Tabella 31 - Verifiche per il raggiungimento di un edificio NZEB 42

ELENCO DELLE FIGURE

figura 1 - Struttura energetica aziendale (da Documento ENEA) 11
figura 2 - Localizzazione edificio oggetto di diagnosi 13
figura 3 - Gradi Giorno (GG) convenzionali ed effettivi (riferiti alla stazione climatica di Borgomanero) degli ultimi 3 anni Fonte dati: ARPA Piemonte - Servizio Meteorologico Regionale 14
Figura 4 – Facciata principale 15
Figura 5 – Facciata laterale 15

Figura 6 – Facciata laterale 15
figura 7 – Cortile 15
figura 10 - Rappresentazione comparata delle stime delle spese (€) per l'approvvigionamento energetico negli ultimi tre anni 21
figura 11 - Struttura energetica aziendale per il vettore elettricità (EE) 24
figura 12 - Ripartizione elettrica tra gli usi finali 25
figura 13 - Ripartizione elettrica tra macro aree 25
figura 14 - Struttura energetica aziendale per il vettore metano 28
figura 15 - Modello geometrico post operam realizzato su DesignBuilder 33
Figura 16 - Andamento dei consumi dei dispositivi elettrici 34
Figura 17 - Andamento della temperatura interna dell'aria, temperatura media operativa, temperatura media radiante e temperatura esterna 34
Figura 18 - Andamento degli apporti interni 34
Figura 19 - Andamento della ventilazione naturale, meccanica e delle infiltrazioni 34

0 EXECUTIVE SUMMARY

Il presente documento rappresenta la **diagnosi energetica di secondo livello dell'istituto tecnico agrario *"G. Bonfantini"* di proprietà comunale di Romagnano Sesia** in provincia di Novara. Il documento è stato sviluppato in conformità a quanto previsto dall'art. 8 del D.Lgs 102 del 2014.

La diagnosi energetica ha previsto come fase di partenza la modellazione dello stato di fatto effettuata sulla base dei dati di consumo storici dell'energia elettrica e del gas e dei relativi profili di utilizzo forniti dal Comune di Romagnano. Per quanto riguarda le caratteristiche dell'involucro opaco, la trasmittanza è stata valutata mediante **l'utilizzo di strumentazione professionale termoflussimetrica,** mentre per l'involucro trasparente è stata verificata la tipologia di vetro (spessore e qualità), la tipologia di gas in intercapedine (aria), il tipo di distanziale tra le lastre e la tipologia del telaio (materiale, spessore, tipologia taglio termico).

Avendo raccolto i dati caratteristici del sistema edificio-impianto è stato possibile lo sviluppo di una **simulazione avanzata basata sulla definizione di un modello energetico dinamico**. Più nel dettaglio, è stato tarato un modello di calcolo tramite il **software DesignBuilder che utilizza il codice di calcolo EnergyPlus** in grado di restituire i dati orari di consumo, simulando i profili d'uso, le condizioni climatiche interne ed esterne, e tutti i parametri relativi su base oraria. EnergyPlus è un software sviluppato dalla U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO) e consente una modellazione energetica avanzata (oltre dell'involucro anche dell'impiantistica e delle logiche di gestione correlate) e più accurata rispetto i modelli di calcolo alla base delle certificazioni energetiche basati su modellazioni stazionarie.

Grazie al modello dinamico tarato sulle reali condizioni di utilizzo/consumo degli anni precedenti, è stato possibile simulare l'attuale profilo di utilizzo dell'edificio, e definire quindi **l'attuale baseline di riferimento** per i consumi, base di partenza per la valutazione dei risparmi energetici ed economici ottenibili dall'intervento proposto.

Anche l'**intervento ipotizzato è stato simulato tramite lo stesso codice di calcolo dinamico** e dalle simulazioni è stato possibile trarre il bilancio energetico finale con i relativi risparmi sul caso base analizzato.

In particolare, sono stati previsti i seguenti interventi:

- **isolamento esterno dell'involucro opaco di tutte le facciate;**
- **isolamento del solaio di copertura della parte centrale dell'edificio;**
- **isolamento del solaio di copertura del blocco aule al piano terra;**
- **sostituzione degli infissi;**
- **integrazione del sistema di generazione di calore con pompa di calore geotermica e di pompa di calore ad aria per la produzione di acqua calda sanitaria;**
- **sostituzione dei terminali di emissione;**
- **ventilazione meccanica controllata;**
- **integrazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica;**
- **sostituzione dei corpi illuminanti con tecnologia LED.**

Par tale soluzione è possibile ottenere un risparmio energetico del 90% in termini di energia primaria totale.

1 INQUADRAMENTO GENERALE

1-1 Informazioni generali

1-1-1 Dati dell'organizzazione

Denominazione	Istituto tecnico agrario *"G. Bonfantini"*
Indirizzo	*Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano (Novara)*
Settore merceologico	*Istruzione*
Codice ATECO	-
Numero di dipendenti	-
Fatturato	-
Energivora	*No*
Nome e Cognome legale rappresentante	*Cristina Baraggioni*
Telefono	*340 3727346*
Email	*sindaco@comune.romagnano-sesia.no.it*

tabella 1 - Dati generali dell'organizzazione

1-1-2 Dati dell'auditor

Denominazione sociale	Advanced engineering s.r.l.
Indirizzo	Via Monte Bianco,34 – 20149 Milano
P.IVA	04325430967
Settore di attività	Società di ingegneria specializzata nell'ottimizzazione energetica e nella progettazione impiantistica
Nome e Cognome dell'auditor	*Paolo Oliaro, cert. EGE Civile Sacert n° 11*
Qualifica professionale	*Ingegnere*
Qualifica energetica	*Auditor energetico, EGE*
Telefono	02.45473703
Email	mail@advancedengineering.it

tabella 2 - Dati generali del team di diagnosi

1-1-3 Metodologia di diagnosi

La diagnosi energetica è stata condotta conformemente a quanto disposto nell'Allegato 2 del D.Lgs 102/2014, seguendo la procedura indicata nel corpo di norme UNI CEI EN 16247. In tabella 3 è presentata una sintesi delle fasi principali che costituiscono il processo di diagnosi.

#	Fase	Descrizione
1	**Contatto preliminare**	Definizione dell'oggetto di diagnosi, scopo e grado di accuratezza della stessa, con i referenti selezionati dalla proprietà del sito per le attività di diagnosi energetica Gli accordi con i referenti sono stati costanti e sin dalla fase della clusterizzazione, sono stati definiti gli ambiti di azione sul singolo sito e sono stai forniti i contatti dei referenti in campo in grado di fornire informazioni adeguate allo svolgimento della diagnosi. In particolare è stata richiesta la disponibilità di un manutentore che potesse avere conoscenze approfondite degli impianti termici e meccanici e della loro logica di esercizio nonché, ove ritenuto opportuno, di un elettricista che potesse supportare in eventuali misurazioni. Le attività saranno completate entro e non oltre il mese di giugno 2018.
2	**Start-up meeting**	E' stato svolto un incontro preliminare per coordinare le attività di diagnosi energetica, condividere la tipologia di informazioni necessarie o utili ai fini delle attività, la modalità di reperimento delle stesse e le ipotesi di calendario dei sopralluoghi tecnici.
3	**Raccolta dati**	Acquisizione de - elaborati grafici e relazioni di progetto - dati di consumo generale - dati gestionali per la comprensione del bilancio energetico globale aziendale.
4	**Sopralluogo**	In data 16/05/2018 è stato condotto un sopralluogo in cui sono stati ispezionati tutti i locali dell'asilo con una particolare attenzione ad individuare e localizzare tutte le utenze che costituiscono un uso intermedio o finale di energia. Contestualmente alla visita sono state effettuate interviste al personale presente circa l'utilizzo e conduzione degli impianti. Sono stati inoltre verificati gli elaborati forniti ed effettuato un rilievo fotografico.
5	**Analisi dei dati**	L'analisi dei dati si è basata sulle informazioni delle utenze elettriche e termiche precedentemente censite e/o integrate a valle della visita al sito; stimando le percentuali di carico di ogni utenza e dei tempi medi di funzionamento o seguendo le indicazioni del personale responsabile, si è identificata la struttura energetica aziendale e la costruzione del modello per ciascun vettore fino alle utenze finali di consumo. La sintesi dei dati raccolti ha poi permesso di formulare, ove presenti criticità, alcune proposte di efficientamento energetico tramite analisi costi/benefici e di valutare degli Indicatori di performance da adoperare per un confronto con i livelli di performance obiettivo definiti per ogni indice.
6	**Report**	Stesura del rapporto di diagnosi che viene a costituire per l'organizzazione una base informativa e decisionale per la futura gestione energetica.

tabella 3 - Fasi principali del processo di diagnosi energetica

1-2 Inquadramento normativo della diagnosi energetica

L'articolo 8 del D.Lgs 102/2014 ai commi 1 e 3 impone rispettivamente alle grandi imprese ed alle imprese a forte consumo di energia di eseguire una diagnosi energetica per i siti produttivi localizzati sul territorio nazionale. Tale diagnosi deve rispondere ai requisiti minimi di qualità enunciati all'Allegato 2 del Decreto, che il documento di chiarimento rilasciato dal MiSE nel maggio del 2015 intende siano soddisfatti per diagnosi eseguite conformemente al corpo normativo delle UNI CEI EN 16247.

Per quanto riguarda gli edifici, già il D.Lgs 115/2008 e poi la legislazione successiva, fino al DM 26.6.2015, prevedono che eventuali interventi di miglioramento energetico siano scelti a seguito di diagnosi energetiche.

Su queste basi, la presente diagnosi energetica è stata redatta tenuto conto delle indicazioni contenute nei riferimenti di tabella 4.

Ref_1	D.Lgs 102/2014
Ref_2	Corpo delle UNI CEI EN 16247
Ref_3	Documento ENEA: Elementi su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell'art. 8 del D.Lgs 102/2014 in tema di diagnosi energetica

tabella 4- Riferimenti normativi e linea guida ENEA per la redazione delle diagnosi energetiche

1-3 Fattori di conversione

In tabella 5 sono riportati i fattori di conversione utilizzati, come disposto nel Documento ENEA.

Indice	Vettore energetico	u.m.	Formula	PCI	fattore conversione in tep
1	**Energia elettrica**	kWhe	= 0,187 • 10^{-3}	---	0,187 • 10^{-3}
2	**Gas naturale**	Smc	= PCI(kcal/Sm^3) • 10^{-7}	8'250	0,825 • 10^{-3}

tabella 5 - Vettori, unità di misura, fattori di conversione

1-4 Riferimenti normativi

La tabella 6 richiama le principali normative tecniche e disposizioni legislative di settore.

NORME TECNICHE E LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO			
DIRETTIVE EUROPEE			
(1)	**Dir. Eu. 2012/27/UE**	Direttiva Europea sull'efficienza energetica	Modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.
LEGGI ITALIANE			
(2)	**D.Lgs 102/2014**	Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica	In aggiunta, l'Allegato 2 del decreto legislativo riporta i criteri minimi per gli audit energetici, compresi quelli realizzati nel quadro dei sistemi di gestione dell'energia.
NORME TECNICHE			
(3)	**UNI CEI 11339:2009**	Gestione dell'energia. Esperti in gestione dell'energia. Requisiti generali per la qualificazione	E' la norma che stabilisce i requisiti generali e le procedure di qualificazione perché una persona possa diventare Esperto in Gestione dell'Energia (EGE): compiti, competenze e modalità di valutazione.
(4)	**UNI CEI 11352:2014**	Gestione dell'energia. Società che forniscono servizi energetici (ESCo). Requisiti generali, liste di controllo per la verifica dei requisiti dell'organizzazione e dei contenuti dell'offerta del servizio	E' la norma che stabilisce i requisiti generali ed una lista di controllo perché una società fornitrice di servizi energetici eroghi servizi conformi alla UNI CEI EN 15900, con garanzia di risultati.
(5)	**UNI CEI EN 16247:2012÷2015**	Diagnosi energetiche	È la norma europea che regola i requisiti e la metodologia comune per le diagnosi energetiche nonché la documentazione da produrre: Parte 1 - Requisiti generali Parte 2 - Edifici Parte 3 - Processi Parte 4 - Trasporti Parte 5 – Auditor energetici
(6)	**UNI CEI EN 16212:2012**	Calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica -	La norma ha lo scopo di fornire un approccio generale per i calcoli dei risparmi e dell'efficienza energetica

		Metodi top-down (discendente) e bottom-up (ascendente)	utilizzando metodologie standard. L'impostazione della norma permette l'applicazione ai risparmi energetici negli edifici, nelle automobili, nei processi industriali, ecc. Il suo campo d'applicazione è il consumo energetico in tutti gli usi finali.
(7)	**UNI CEI EN 16231:2012**	Metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica	La norma definisce i requisiti e fornisce raccomandazioni sulla metodologia di benchmarking dell'efficienza energetica. Lo scopo del benchmarking è l'individuazione di dati chiave e di indicatori di consumo energetico. Gli indicatori possono essere sia tecnici che comportamentali, qualitativi e quantitativi, e devono essere mirati alla comparazione delle prestazioni.

tabella 6 - Norme tecniche e legislazione di riferimento per la diagnosi energetica

2 ANALISI ENERGETICA

2-1 Scopo della diagnosi energetica

La diagnosi energetica, come definita dall'art. 2 del D.Lgs 115/2008, è la *"procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati"*.

Un obiettivo primario della diagnosi energetica, richiamato altresì nella definizione riportata dal normatore, è quello di individuare "*opportunità di risparmio energetico*".

2-2 Aspetti metodologici

2-2-1 Struttura energetica del sistema oggetto di diagnosi

La struttura energetica o schema energetico rappresenta la scomposizione in livelli progressivi di approfondimento dei flussi energetici entranti nel sito, distinti per vettore. La profondità dei livelli, intesa come "frammentazione" degli usi, è legata sia alla diponibilità dei dati di consumo sia alla loro rilevanza, quest'ultima strettamente collegata agli obiettivi stabiliti, alle risorse disponibili ed eventualmente, alla tipologia di interventi che si desiderano realizzare. La discretizzazione deve comunque spingersi almeno fino al livello D, vedi figura 1 tratta dal Documento ENEA, per quelle utenze che incidono sul vettore adoperato per più del 5% sul totale dei consumi globali dello stesso vettore energetico sul sito, e con una precisione di modello energetico tale da vedere allocata a livello D almeno il 95% dei consumi noti a livello B ($\Sigma LD \geq 95\%\ LB$).

Si costruiscono quindi tanti schemi energetici, e relativi modelli per l'allocazione agli usi intermedi e finali, quanti sono i vettori energetici che servono il sito.

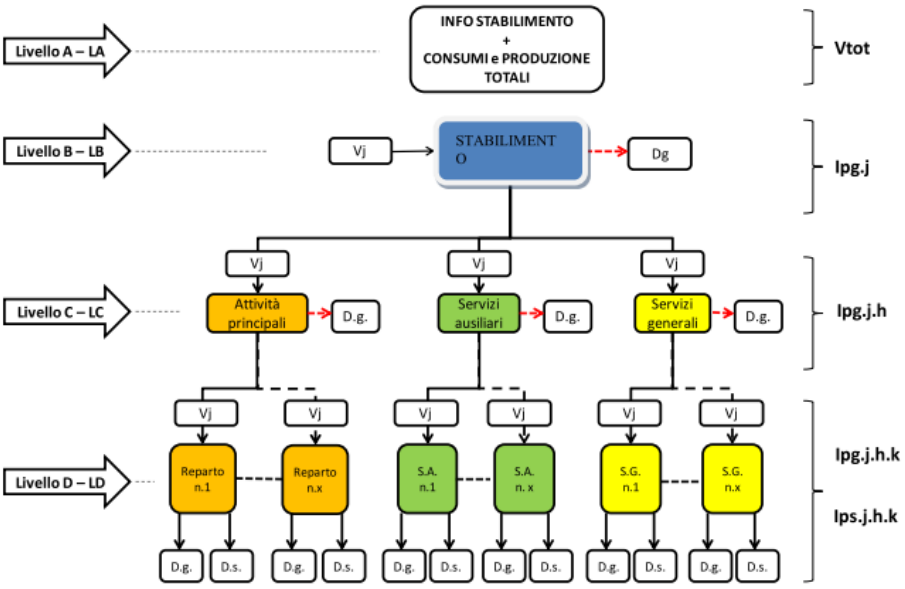


figura 1 - Struttura energetica aziendale (da Documento ENEA)

3 REPORT ATTIVITÀ IN CAMPO

La scuola *"G. Bonfantini"* comunale si compone di due corpi edilizi di forma rettangolare e quadrata distribuito su tre livelli frequentato da 180 ragazzi. Al piano seminterrato sono presenti i laboratori, la palestra e i relativi spogliatoi. Al piano terra sono presenti le aule e un'aula multiattività. Al piano primo sono presenti altre aule e laboratori afferenti all'attività didattica.

Gli orari di apertura della scuola indicati in tabella 7.

Scuola comunale "G. Bonfantini"		
Giorni	**Orario**	**Durata giornaliera**
Da lunedì a sabato	08:00 – 17:00	9 ore

tabella 7 - Orari di apertura della scuola

3-1 Sottosistema edificio

3-1-1 Inquadramento territoriale

Il complesso oggetto di analisi è localizzato ai margini del centro abitato di Romagnano Sesia, Comune in provincia di Novara, nei pressi del fiume Sesia.
In tabella 8 si riportano i principali dati descrittivi della scuola comunale e in figura 2 si riporta un inquadramento del complesso oggetto della presente diagnosi energetica.

Denominazione	**Scuola comunale "G. Bonfantini"**
Indirizzo	*Via Passerella,4 - 28078 Romagnano Sesia (Novara)*
Vettori energetici	Energia elettrica, gas metano

tabella 8 - Dati descrittivi

figura 2 - Localizzazione edificio oggetto di diagnosi

3-1-2 Dati climatici della località sulla quale insiste il sito

In tabella 9 e figura 3 sono elencati e graficizzati i dati climatici dell'edificio oggetto di analisi energetica.

Comune	ROMAGNANO SESIA (NO)
Latitudine	*45,62*
Longitudine	*8,39*
Altezza s.l.m.	*268 m s.l.m.*
Zona climatica	*E*
GG convenzionali	*2'509*
Stazione climatica	*Borgomanero*
GG reali (anno 2014)	*2'676*
GG reali (anno 2015)	*2'881*
GG reali (anno 2016)	*2'993*

tabella 9- Dati geografici e climatici del complesso oggetto di analisi

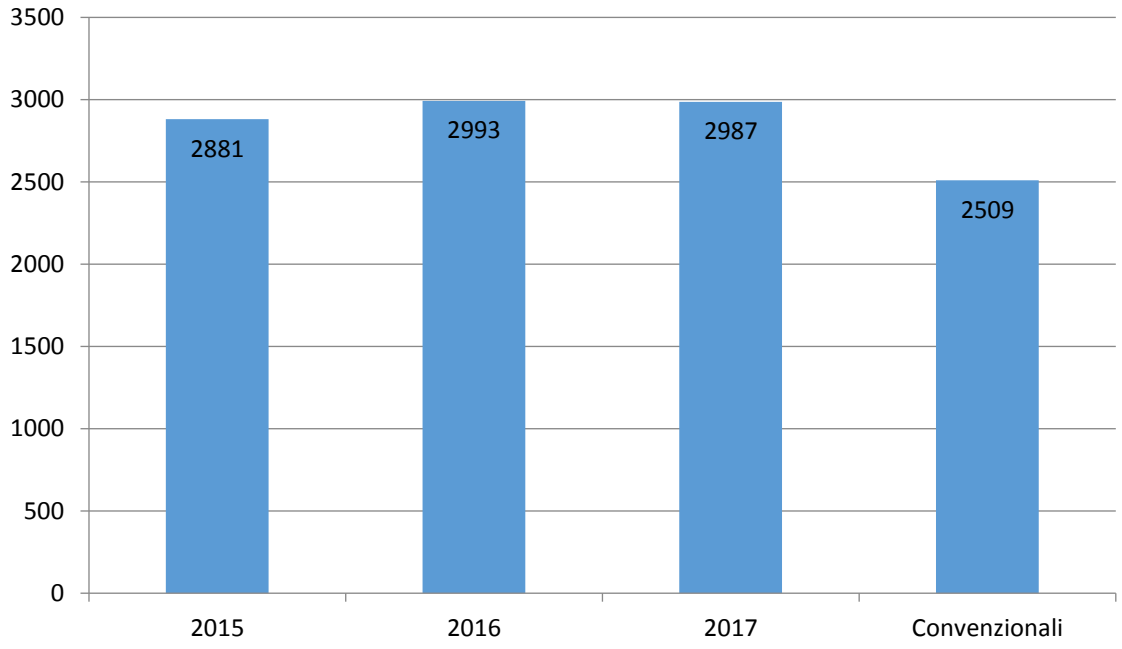


figura 3 - Gradi Giorno (GG) convenzionali ed effettivi (riferiti alla stazione climatica di Borgomanero) degli ultimi 3 anni Fonte dati: ARPA Piemonte - Servizio Meteorologico Regionale

3-1-3 Anno di costruzione

L'edificio risulta essere realizzato intorno agli anni '70.

3-1-4 Ombreggiature e apporti solari

L'edificio risulta essere particolarmente libero da ombreggiature poiché circondato da edifici bassi e sufficientemente lontani dall'edificio.

Nonostante ciò nell'edificio non sono state rilevate delle sensazioni di discomfort da surriscaldamento da parte degli utilizzatori, anche perché poco utilizzato nel periodo estivo.

3-1-5 Destinazione d'uso

In accordo con l'articolo 3 del D.P.R. 412/93 la destinazione d'uso dell'edificio oggetto di diagnosi è la seguente: **E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (temperatura standard di set point 20 °C).**

3-1-6 Tipologia e tecnologia costruttiva del complesso

La struttura della scuola è mista, realizzata in muratura e cemento armato.
La copertura è a falde, caratterizzata da una finitura a tegole; il solaio dell'ultimo piano, in laterocemento, disperde verso un sottotetto non isolato.
Il pavimento contro terra è costituito da un solaio di calcestruzzo gettato su un piano di ghiaia.

I serramenti presenti sono obsoleti e caratterizzati da un telaio in alluminio senza taglio termico e vetro doppio.

Di seguito si riportano delle fotografie relative allo stato di fatto della scuola.

Figura 4 – Facciata principale

Figura 5 – Facciata laterale

Figura 6 – Facciata laterale

figura 7 – Cortile

3-1-7 Determinazione delle trasmittanze

Le caratteristiche costruttive e materiche dei principali componenti costituenti l'involucro edilizio sono state desunte dalle informazioni reperite durante i sopralluoghi mediante l'utilizzo di strumentazione termoflussimetrica e dai riferimenti normativi tenendo conto della data di costruzione dell'edificio. Per i serramenti sono state effettuate delle verifiche mediante spessivetro per individuare lo spessore e le caratteristiche del vetro.

Di seguito si riporta un riepilogo delle strutture considerate e dei relativi valori di trasmittanza:

- Parete esterna: U=1,73 W/m²K;
- Parete controterra: U=1,62 W/ m²K;
- Solaio di copertura in laterocemento: U= 1,81 W/m²K;
- Solaio verso esterno: 1,48 W/m²K;
- Solaio di base: U=2,18 W/m²K;
- Serramento con vetro doppio e telaio in metallo: 4,00 W/m²K.

3-1-8 Numero di piani, volumetrie e superfici

Gli elaborati grafici esistenti sono stati verificati in fase di sopralluogo e da questi sono stati ricavati i valori di volume e di superficie che caratterizzano l'edificio riportati in sintesi in tabella 10.

Tipologia dato	Quantità
Volume lordo riscaldato	5'490 m³
Superficie calpestabile riscaldata	1'423 m²
Superficie disperdente opaca	2'042 m²
Superficie disperdente trasparente	378 m²
Numeri di piani totali riscaldati	3

tabella 10 – Dati caratteristici edificio

3-1-9 Piante dell'edificio con individuazione zone climatizzate e orientamento polare

In allegato si riportano le piante, in scala 1:100, orientate di tutti i piani dell'edificio con individuazione delle zone climatizzate.

3-1-10 Tipologia di copertura e individuazione delle aree disponibili per l'installazione di sistemi solari termici e/o fotovoltaici

La tipologia della copertura è a falde e si configura come idonea all'istallazione di pannelli fotovoltaici e/o termici, essendo compatibile, anche dal punto di vista strutturale.

3-2 Sottosistema impianti

3-2-1 Anno di costruzione degli impianti di climatizzazione ed elettrici e dei loro componenti

La realizzazione delle reti degli impianti di climatizzazione ed elettrici risulta essere contestuale all'edificazione del complesso. Alcuni componenti sono stati oggetto di sostituzione successiva.

3-2-2 Sistemi di generazione

Di seguito si riportano le specifiche tecniche relative ai sistemi di generazione a servizio del complesso caratterizzato da due caldaie con funzionamento in parallelo.

- Generatore 1 - Caldaia a metano a condensazione a basamento: "Riello Spa modello Condexa Pro 1005" con potenza termica utile nominale di 297 kW. Tale caldaia è ubicata nella centrale termica ed è dedicata alla climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria per l'intera scuola.
  La caldaia viene gestita con una semplice regolazione on-off a punto fisso sulla temperatura di mandata dell'acqua calda. È assente la regolazione climatica.

3-2-3 Ventilazione meccanica ed estrazione

Nell'edificio non sono presenti sistemi di ventilazione meccanica ed estrazione.

3-2-4 Sistemi di regolazione

La caldaia installata in centrale termica viene gestita con semplice regolazione on-off a punto fisso sulla temperatura di mandata dell'acqua calda.

3-2-5 Sistemi di contabilizzazione del calore

Nell'edificio non è presente alcun sistema di contabilizzazione del calore salvo il contatore generale di fornitura gas.

3-2-6 Prestazioni energetiche dei vari impianti con indicazione dei relativi consumi di combustibile e vettori energetici

I dati di consumo dei vettori energetici sono stati raccolti per gli anni 2015-2017 sia per il metano che per l'energia elettrica. I consumi medi annui stimati per il complesso sono i seguenti:

- 27'572 Smc di gas metano per il riscaldamento invernale (media degli ultimi due anni poiché il 2015 ha presentato dei consumi anomali;
- 11'156 kWh di energia elettrica per gli usi di illuminazione e forza motrice per le apparecchiature elettriche presenti all'interno. Si precisa che per l'illuminazione è stato considerato solo l'ultimo anno poiché è aumentato l'utilizzo dei dispositivi elettrici interni a partire da tale anno.

Per il dettaglio dei consumi si rimanda al paragrafo 3-2-13.

3-2-7 Apparecchiature elettriche installate

Durante il sopralluogo effettuato in data 16/05/18 sono state rilevate le apparecchiature, relative al sistema di illuminazione e afferenti le diverse attività, collegate alla rete elettrica per il complesso oggetto di analisi. Queste sono state considerate per la ricostruzione del modello energetico.

3-2-8 Stato generale dell'isolamento termico della caldaia e dell'impianto di distribuzione

La caldaia si presenta in un buono stato di conservazione, ma non è presente un adeguato livello di isolamento dell'impianto di distribuzione, ove visibile.

3-2-9 Tipologia e potenza dei corpi scaldanti

L'emissione del calore, nella scuola e negli spogliatoi della palestra, avviene tramite un sistema radiativo o ventilconvettivo caratterizzato dall'assenza di valvole termostatiche.

3-2-10 Anomalie installative che compromettono l'efficienza del sistema edificio – impianto

Nel corso dei sopralluoghi sono state rilevate delle anomalie nelle configurazioni impiantistiche, alcune delle quali comportano una riduzione dell'efficienza globale del sistema edificio-impianto. In particolare si segnalano le seguenti:

- Assenza di regolazione di temperatura sull'impianto;
- Presunta assenza di isolamento termico di alcuni tratti nelle tubazioni dell'impianto;
- Assenza di regolazione climatica dei singoli ambienti.

3-2-11 Orari di accensione dei diversi impianti di climatizzazione

Il profilo settimanale di utilizzo è costante durante la stagione di riscaldamento ed è descritto in tabella 11.

Scuola materna comunale		
Giorni	**Orario**	**Durata giornaliera**
Da lunedì a sabato	07:00 – 17:00	10 ore

tabella 11 – Profili d'uso impianto di climatizzazione

3-2-12 Andamento dei consumi

In tabella 12 si riporta il dettaglio dei consumi mensili dell'energia elettrica relativo agli anni 2015-2016-2017. Per quanto riguarda i consumi di metano, questi sono riportati in tabella 13 per gli anni stessi anni di riferimento.

Elettricità			
	2015	2016	2016
	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	950	962	1099
Febbraio	880	1128	977
Marzo	1613	960	1429
Aprile		872	663
Maggio	727	727	1015
Giugno	640	640	849
Luglio	580	21	816
Agosto	198	300	811
Settembre	750	800	845
Ottobre	1000	577	550
Novembre	1005	1106	983
Dicembre	851	985	1119
Totale	9'194	9'078	11'156

tabella 12 - Valori mensili dei consumi di energia elettrica per gli anni 2015-2016-2017

Metano			
	2015	2016	2017
	[Smc]	[Smc]	[Smc]
Gennaio	3368	4172	5690
Febbraio	3144	3871	3871
Marzo	2543	3371	5985
Aprile	835	4434	477
Maggio	0	865	865
Giugno	0	0	0
Luglio	0	0	0
Agosto	0	0	0
Settembre	0	0	9
Ottobre	518	1568	733
Novembre	3216	3032	3032
Dicembre	5396	6766	6404
Totale	19'020	28'079	27'066

tabella 13 - Valori mensili di consumo di metano per gli anni 2015-2016-2017

I modelli energetici sono stati tarati sulla media dei consumi degli ultimi tre anni. In particolare, in tabella 14 si può notare come la spesa economica sia considerevolmente maggiore per l'approvvigionamento del metano.
La ripartizione è rappresentata in figura 8.

Media 2015-2016-2017			
Energia elettrica	[€]	2'761	15%
Metano	[€]	16'253	85%
Totale	[€]	19'013	100%

tabella 14 – Spesa energetica per gli anni di riferimento

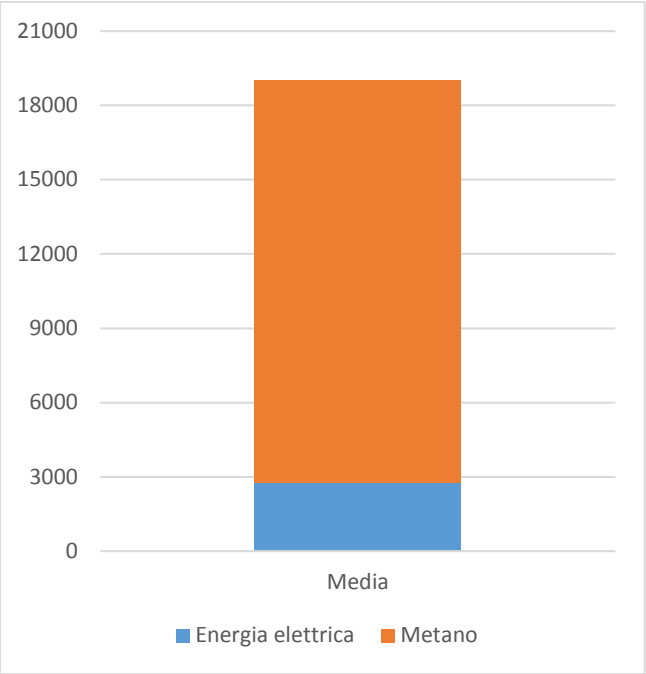


figura 8 - Rappresentazione comparata delle stime delle spese (€) per l'approvvigionamento energetico negli ultimi tre anni

3-3 Modalità di utilizzo

3-3-1 Studio delle relazioni fra gli occupanti ed il sistema energetico dell'edificio

L'edificio della scuola, data la sua destinazione d'uso, viene utilizzato da settembre a giugno in modo continuativo.

In particolare, si riportano le caratteristiche dell'utenza in tabella 15.

Tipo utenza	Numero
Totale bambini scuola	180
Insegnanti	9
Personale ausiliario	2

tabella 15 – Tipologia e numero utenza dell'edificio

Il modello energetico è stato tarato tenendo conto anche del numero di fruitori fornito.

4 REPORT ANALISI DEI DATI

4-1 Ricostruzione dei bilanci energetici

Il D.Lgs 115/2008 e successivamente il DM 26 giugno 2009 hanno identificato nella UNI TS 11300 la metodologia di calcolo minima adottabile a livello nazionale per la valutazione della prestazione energetica degli edifici. Peraltro tale approccio è solo il minimo richiesto e non permette una adeguata modellazione dei profili orari di funzionamento ed una conseguente ottimale taratura del modello rispetto ai consumi reali. Pertanto, ***per una ottimale e migliore ricostruzione dei bilanci energetici e per simulare il comportamento dell'edificio su base oraria, si è utilizzato il software di analisi energetica dinamica DesignBuilder (che utilizza come motore di calcolo EnergyPlus), in tal modo è stato possibile effettuare analisi:***

- *su base oraria, con profili orari di condizioni esterne e profili orari di utilizzo e di condizioni interne alla struttura;*
- *su un modello architettonico realistico con ricostruite le caratteristiche termiche degli involucri;*
- *modellando tutti gli elementi impiantistici presenti asserviti alla climatizzazione, alla produzione di acqua calda sanitaria e all'illuminazione oltre che simulare le logiche di regolazione e controllo.*

I risultati ottenuti dalla valutazione della prestazione energetica dell'edificio sono riportati in tabella 16 e tabella 17.

Consumi elettrici	Energia elettrica [kWhe/anno]	Energia primaria [kWh/anno]
Climatizzazione invernale	227,61	550,82
Illuminazione	9'866	23'875
Dispositivi elettrici	1'151	2'785
TOTALE	11'245	27'212

tabella 16 - Ripartizione consumi elettrici ed energia primaria

Consumi termici	Energia termica [Smc/anno]	Energia primaria [kWh/anno]
Climatizzazione invernale	27'420	272'074
TOTALE	27'420	272'074

tabella 17 - Ripartizione consumi termici ed energia primaria

4-2 Struttura energetica

Si presenta nei successivi paragrafi la struttura energetica come ricostruita per ciascun vettore entrante. I dati riportati si riferiscono ai risultati ottenuti dalla simulazione energetica tramite DesignBuilder del modello dello stato di fatto tarato sulla media dei consumi energetici degli ultimi tre anni e dei relativi profili di utilizzo forniti dal Comune di Romagnano Sesia.

La suddivisione dei consumi energetici è stata effettuata secondo i criteri di seguito indicati:

- Attività principale: sono stati inseriti i consumi necessari ad assicurare le condizioni di utilizzo della struttura scolastica.
- Servizi ausiliari: sono stati considerati consumi ausiliari quei consumi non direttamente imputabili all'attività principale ma che risultano indispensabili per il corretto svolgimento del servizio, in questo caso la palestra.
- Servizi generali: sono stati considerati generali, quei consumi non direttamente imputabili all'attività principale e che sono comunque funzionali allo svolgimento delle attività presenti nell'edificio. In questo caso è stato considerato come servizio generale lo spazio esterno alla scuola.

4-2-1 Modello elettrico

Si riportano a seguire:

- la struttura energetica per il vettore energia elettrica (figura 9) con gli usi energetici intermedi e finali e, per ciascuno di essi, il consumo medio annuale degli ultimi tre anni come da applicazione del modello elettrico;
- l'insieme degli usi finali disposti in ordine decrescente per entità di consumo. Per ciascuna categoria (figura 10);
- la ripartizione dei consumi nelle macro aree, ovverosia i primi consumi intermedi (figura 11 e tabella 18).

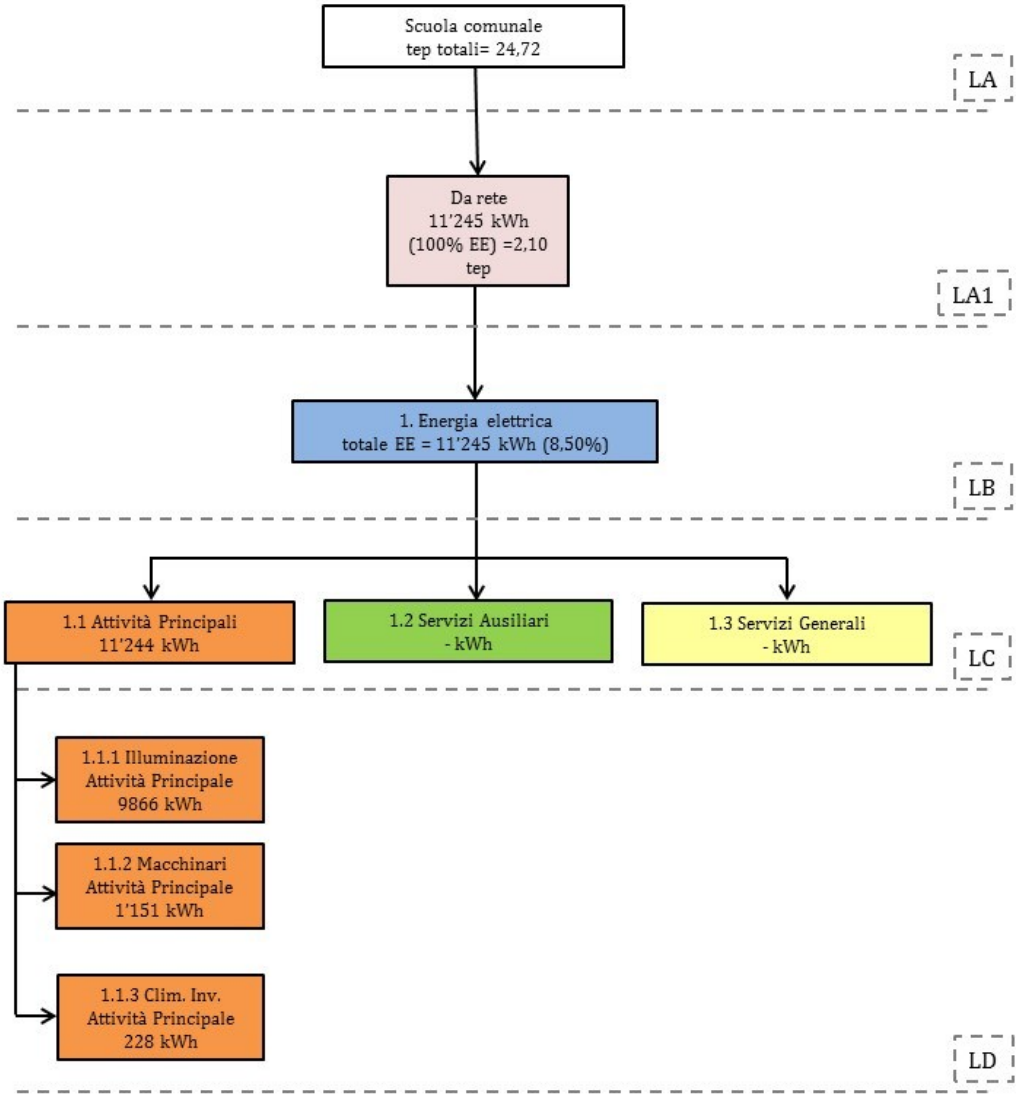


figura 9 - Struttura energetica aziendale per il vettore elettricità (EE)

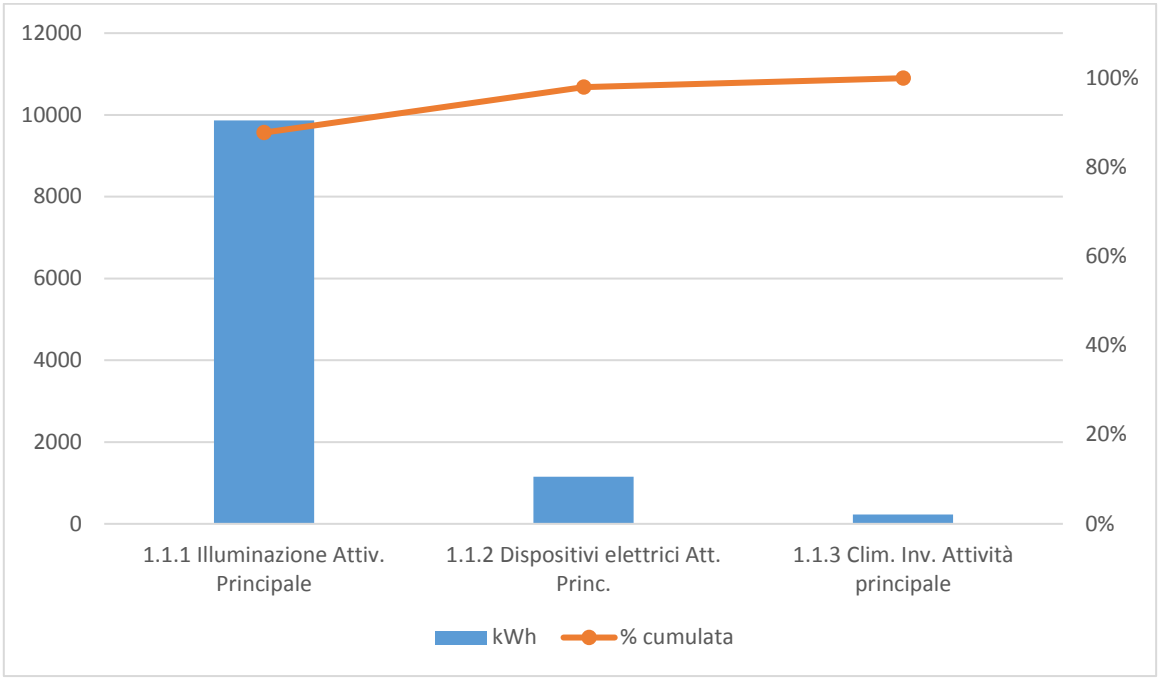


figura 10 - Ripartizione elettrica tra gli usi finali

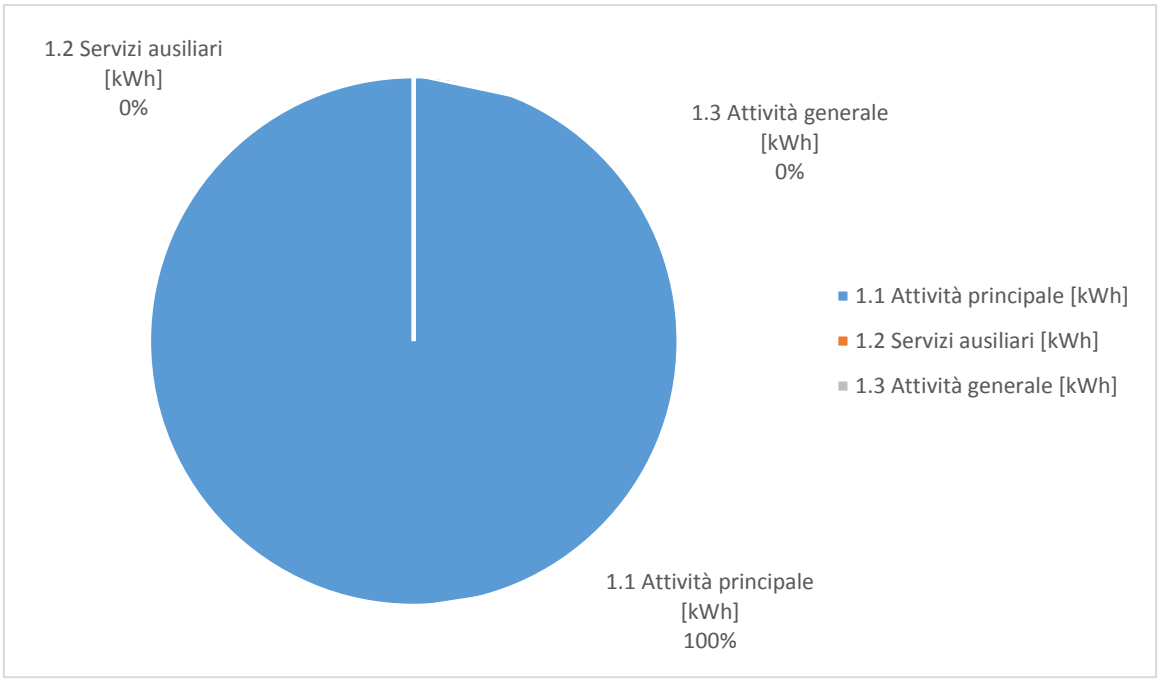


figura 11 - Ripartizione elettrica tra macro aree

Tipologia attività		Consumo	% tot EE	% tot TEP
		[kWh]	[%]	[%]
1.1	Attività principali	11’244	100%	8,5%
1.2	Servizi ausiliari	0	0	0
1.3	Servizi generali	0	0	0
Totale		11’244	100%	8,5%

tabella 18 - Consumi EE per macro aree

4-2-1-1 Attività principali (1.1)

Si riconosce come attività principale il consumo totale relativo alla struttura scolastica, differenziato in illuminazione degli ambienti, alimentazione dei dispositivi elettrici e alimentazione dei dispositivi di climatizzazione invernale.

Di seguito si riporta la ripartizione dei suddetti consumi.

1.1	Attività principale	Consumo	% tot EE Attività principale	tot TEP Attività principale
		[kWh]	[%]	[%]
1.1.1	Illuminazione scuola	9’866	87,7%	1,84%
1.1.2	Alimentazione dispositivi elettrici	1’151	10,2%	0,22%
1.1.3	Clim. inv. scuola	228	2%	0,04%
Totale		11’244	100%	2,10%

Tabella 19 - Consumi dell’attività principale

Illuminazione attività principale (1.1.1)

Il consumo relativo all’illuminazione è stato valutato sulla base dei risultati della simulazione dinamica dello stato di fatto considerando tra i dati di input, le potenze dei dispositivi illuminotecnici rilevate durante il sopralluogo, i profili di utilizzo e i dati delle bollette fornite dal comune. In particolare, il profilo di possibile utilizzo del servizio considerato è il seguente:

- 9 ore giornaliere, dalle 08:00 alle 17:00 dal lunedì al sabato durante il periodo scolastico.

Alimentazione dispositivi elettrici attività principale (1.1.2)

Il consumo relativo all’elettricità impiegata dai dispositivi elettrici presenti è stato valutato sulla base dei risultati della simulazione dinamica dello stato di fatto considerando tra i dati di input, le potenze dei dispositivi elettrici rilevate durante il sopralluogo, i profili di utilizzo e i dati delle bollette fornite dal comune. In particolare, il profilo di possibile utilizzo del servizio considerato è il seguente:

- 9 ore giornaliere, dalle 08:00 alle 17:00 dal lunedì al sabato durante il periodo scolastico.

Climatizzazione invernale attività principale (1.1.3)

La quota parte dei consumi relativi agli ausiliari elettrici della climatizzazione invernale della scuola è stata ricavata mediante la simulazione dinamica utilizzando tra i dati di input le bollette fornite e i profili di utilizzo dell'impianto dichiarati. In particolare, sono state considerate:

- 10 ore giornaliere dalle 7:00 alle 17:00 dal lunedì al sabato durante il periodo scolastico.

4-2-1-2 Servizi ausiliari (1.2)

In questo caso non sono presenti.

4-2-1-3 Servizi generali (1.3)

In questo caso non sono presenti.

4-2-2 Modello termico per il vettore gas naturale

Il gas naturale viene utilizzato per la climatizzazione invernale di tutta la scuola oggetto di analisi e di seguito si riportano i consumi per macro aree e la struttura energetica per tale vettore.

Tipologia attività		Consumo	% tot metano	% tot TEP
		[kWh]	[%]	[%]
1.1	Attività principali	259'118	77%	60%
1.2	Servizi ausiliari	-	-	-
1.3	Servizi generali	-	-	-
Totale		259'118	77%	60%

Tabella 20 - Consumi metano per macro aree

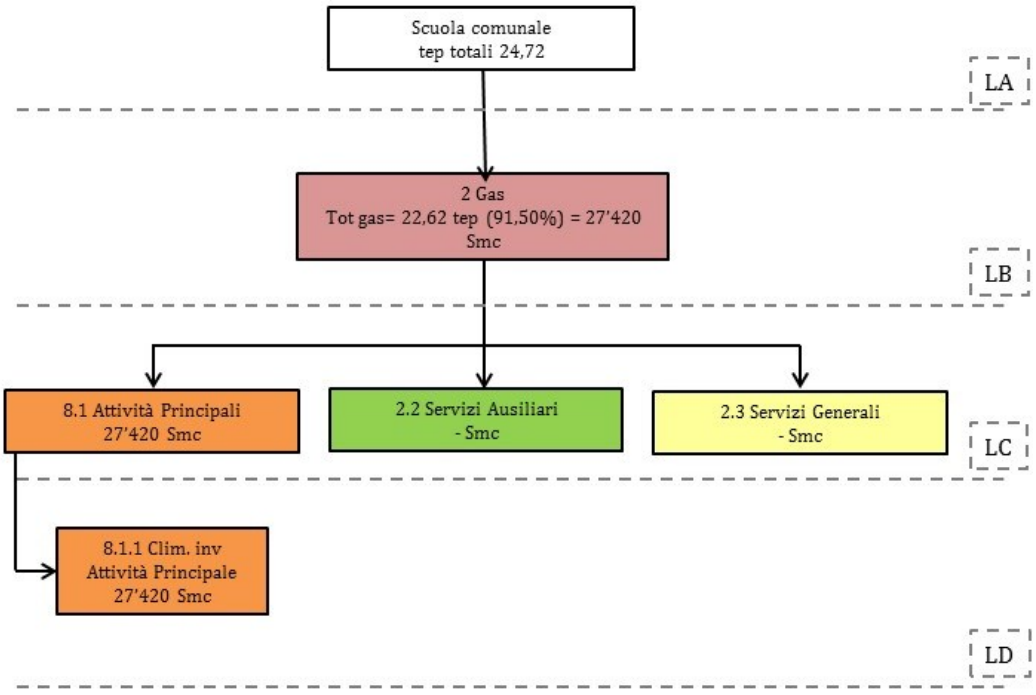


figura 12 - Struttura energetica aziendale per il vettore metano

4-2-2-1 Attività principale (2.1)

Si riconosce come attività principale il consumo totale per il riscaldamento e la fornitura di acqua calda sanitaria relativo alla struttura scolastica.

Climatizzazione invernale attività principale (2.1.1)

La quota parte dei consumi relativi alla climatizzazione invernale della scuola è stata determinata sulla base dei risultati della simulazione dinamica dello stato di fatto considerando tra i dati di input i profili di utilizzo, i valori di set point delle temperature rilevate e i dati delle bollette fornite dal comune. In particolare, il profilo di utilizzo considerato è il seguente:

- 10 ore giornaliere dalle 7:00 alle 17:00 dal lunedì al sabato durante i mesi invernali.

4-2-2-2 Servizi ausiliari (2.2)

Nei servizi ausiliari sono stati inseriti i consumi relativi ai locali di ausilio allo svolgimento dell'attività principale. In questo caso non è presente alcuna attività per il modello termico.

4-2-2-3 Servizi generali (2.3)

Nei servizi generali rientrano i consumi relativi ai locali non indispensabili per lo svolgimento del servizio. In questo caso non è presente alcuna attività per il modello termico.

4-3 Indici di prestazione energetica (EnPI) e baseline

Per ogni uso intermedio o finale dell'energia, ritenuto significativo ai fini della verifica della prestazione energetica, sono stati individuati efficaci indici di prestazione energetica.

4-3-1 Fattori di aggiustamento

In tabella 21 si richiamano i fattori di aggiustamento utilizzati per il successivo calcolo degli indici di prestazione energetica.

Codifica	Fattore di aggiustamento	Formula	u.m.
N. st	Numero studenti	---	num
GG	Gradi giorno: somma dei soli valori positivi della differenza di temperatura tra il set-point interno (=20°C) e la media giornaliera della temperatura esterna ($t,e_{m,g}$)	$\sum (20 - t, e_{m,g}) > 0$	°C
A,ref	Superficie dei locali riscaldati	---	m^2
Pr.u.	Profili di utilizzo locali interni	---	h

tabella 21- Fattori di aggiustamento per la normalizzazione dei consumi

Seguono in tabella 22 i valori dei fattori di aggiustamento:

Fattore di aggiustamento	2017
N,st	*179*
GG	*2'987*
A,ref	1'424 mq

tabella 22- Valori dei fattori di aggiustamento per la normalizzazione dei consumi

Il valore di gradi giorno considerato è un valore fornito dall'ARPA Piemonte e riferito alla stazione climatica più vicina sita a Borgomanero. I profili di utilizzo interni invece sono stati forniti dal gestore del complesso e riportati nel dettaglio nel paragrafo 3.

4-3-2 Definizione indici di prestazione energetica (EnPI)

Codifica	Uso intermedio o finale o di energia	Fattori di aggiustamento	Formula indice	u.m.
EnPI,N,st	Consumi totali Scuola comunale	N,st	$\frac{Totale\ consumi\ annui\ EP\ scuola}{N,st}$	kWh EP/ (numero di studenti)
EnPI,h	Climatizzazione invernale	GG A,ref	$\frac{Consumi\ annui\ per\ risc.}{GG,h\ \times\ A,ref}$	kWht EP/(m²-K)

tabella 23 – Definizione degli indici di prestazione energetica

4-3-3 Definizione della baseline

In tabella 24 sono riportate le definizioni delle baseline per ogni indice di prestazione energetica considerato. In particolare, per ognuno di essi sono stati riportati i seguenti valori di riferimento:

- Baseline per il monitoraggio: questo valore corrisponde alla miglior stima ad oggi possibile del relativo indice di prestazione energetica. Qualora l'organizzazione implementerà un sistema di monitoraggio dell'energia, tale valore potrà essere assunto come valore atteso sul quale analizzare scostamenti derivanti dall'attività di monitoraggio. Il valore di questa baseline corrisponde a quanto richiesto al punto 4.4.4 della UNI CEI EN ISO 50001:2011;
- Riferimento da letteratura: laddove disponibile, è stato indicato il riferimento da letteratura.

EnPI di riferimento	Baseline per monitoraggio	Riferimento da letteratura
EnPI,N,st	EnPI calcolato per l'anno 2017	
EnPI,h		
EnPI,Pr.u.		

tabella 24 – Definizione delle baseline

4-3-4 Analisi critica degli scostamenti

EnPI [u.m.]	Unità di misura	Valore del EnPI per il 2017	Valore baseline	Valore riferimento da letteratura
EnPI,N,st	kWh EP/ (numero di studenti)	*1'672*	*1'672*	---
EnPI,h	kWht EP/(m²-K)	*0.06*	*0.06*	---

tabella 25 – Valori degli indici di prestazione energetica

Non è stato possibile reperire dati di letteratura utile al confronto con gli indici di prestazione calcolati (EnPi).

4-4 Analisi dell'involucro edilizio ed elaborazione delle informazioni

L'analisi dell'involucro esterno nelle sue componenti opache e trasparenti è stato il punto di partenza per il calcolo del fabbisogno energetico del complesso in esame nella configurazione architettonica attuale. I valori di trasmittanza ottenuti dalle diverse stratigrafie dei componenti edilizi sono stati implementati nei modelli di calcolo.

4-4-1 Trasmittanze termiche e confronto con i limiti

In tabella 26 si riportano i valori di prestazione di isolamento termico delle diverse componenti caratterizzanti l'involucro edilizio, confrontati con i parametri limite di legge definiti dal D. Lgs. 192/05 e successive modifiche e integrazioni.
In particolare, il confronto delle trasmittanze termiche relative alle strutture opache, verticali e orizzontali, e alle chiusure trasparenti è stato effettuato con i valori limite per la zona climatica E, previste dal DM 26/06/15 previste per tutti gli edifici pubblici, a partire dal 2019, per l'edificio di riferimento.

Componente	Trasmittanza componente	Trasmittanza limite	Scostamento dalla U limite
[-]	[W/m²K]	[W/m²K]	[%]
Trasmittanza termica strutture opache verticali			
Parete esterna	1,62	0,26	523 %
Parete controterra	1,73	0,26	565%
Trasmittanza termica strutture opache orizzontali – Copertura			
Copertura	1,81	0,22	723 %
Trasmittanza termica strutture opache orizzontali - Pavimenti verso locale non riscaldato o			

verso esterno			
Pavimento esterno	1,48	0,26	469 %
Pavimento controterra	2,18	0,26	738 %
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti			
Serramento doppio	4	1,40	186 %

tabella 26 - Riepilogo trasmittanze termiche involucro edilizio e valori limite

Dalla tabella emerge che i valori di trasmittanza dei diversi componenti dell'involucro sono tutti superiori a quelli previsti del decreto sui requisiti minimi di più del 100%. In particolare, gli scostamenti del valore effettivo dal valore limite sono particolarmente elevati per le strutture orizzontali di copertura e di base.

4-5 Analisi degli impianti termici ed elettrici ed elaborazione delle informazioni

4-5-1 Verifica di adeguatezza della potenza termica impegnata

Attraverso il modello di calcolo è stata calcolata la potenza termica totale dispersa dall'edifico. La potenza è calcolata nelle condizioni climatiche di progetto e in assenza di apporti gratuiti (inverno) o perdite utili (estate), in funzione delle seguenti grandezze:

- Temperatura esterna del giorno di progetto e temperatura interna di set-point;
- Caratteristiche termofisiche dell'involucro;
- Portata di ricambio d'aria.

Si ottengono così i valori di **potenza dispersa pari a 201 kWt per la climatizzazione invernale**. **La potenza dell'impianto di climatizzazione invernale esistente è di 297 kW**. Pertanto l'impianto di riscaldamento risulta sovradimensionato in relazione gli attuali fabbisogni.

4-5-2 Verifica di adeguatezza della potenza elettrica impegnata

La potenza elettrica impegnata risulta congruente con il valore globale di potenza impegnato dalle diverse macchine utilizzatrici presenti in sito.

5 ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

La ricostruzione dei consumi energetici della scuola secondaria di secondo grado ha evidenziato come la principale categoria di consumo della struttura sia da identificarsi nei consumi relativi alla climatizzazione invernale della scuola.

In fase di valutazione delle opportunità di efficientamento energetico, si è pensato quindi di intervenire in tale settore prevedendo prima di tutto un aumento delle performance dell'involucro, attualmente particolarmente disperdente, e un intervento sull'impianto termico per aumentarne l'efficienza energetica e di conseguenza ridurne i consumi. In particolare, è stata verificata la possibilità di ottenere risparmi energetici particolarmente elevati.

Gli interventi, modellati anch'essi tramite il software di simulazione dinamica DesignBuilder, combinati anche con l'autoproduzione di energia elettrica, offrono effettivamente eccezionali opportunità di efficientamento energetico. Nel paragrafo seguente questi sono valutati dal punto di vista tecnico-economico.

5-1 Simulazione dinamica tramite software DesignBuilder

Con l'utilizzo del **software di simulazione dinamica DesignBuilder**, **basato sul codice di calcolo EnergyPlus,** è stato possibile simulare la situazione dell'ante operam e confrontarla con quella post operam per valutarne i possibili risparmi in termici energetici. In figura 13 è rappresentato il modello geometrico su cui si basano le simulazioni effettuate.

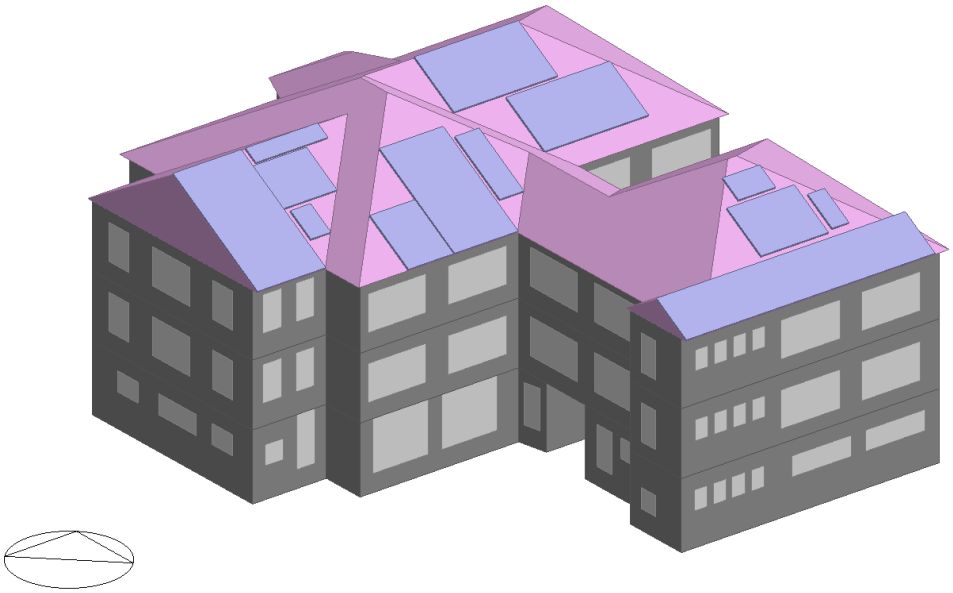


figura 13 - Modello geometrico post operam realizzato su DesignBuilder

Mediante tale software è stato possibile dettagliare le seguenti informazioni:

- Caratteristiche dell'involucro edilizio;
- Dotazioni impiantistiche dettagliate;
- Caratterizzazione dei profili di utilizzo della struttura e degli impianti di climatizzazione;
- Caratterizzazione degli apporti interni dell'edificio;
- Implementazione dell'impianto fotovoltaico.

Avendo caratterizzato l'edificio con le informazioni relative alle modifiche apportate dagli interventi è stato possibile ricavare i dati relativi ai nuovi consumi energetici.

Di seguito sono riportati alcuni dei grafici ricavati dalla simulazione annuale su base oraria della situazione post intervento, dove sulle ascisse sono riportati i giorni da gennaio a dicembre e sulle ordinate i parametri caratteristici ad ogni grafico.

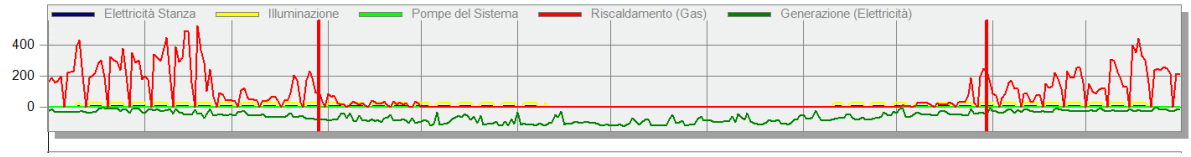


Figura 14 - Andamento dei consumi dei dispositivi elettrici

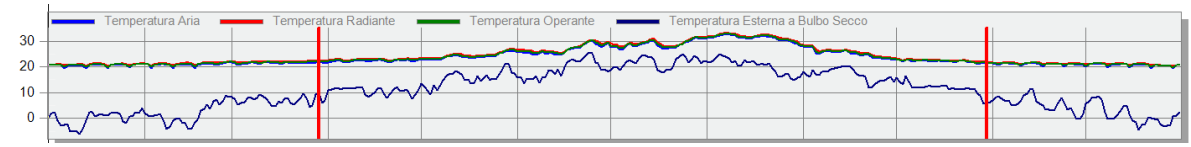


Figura 15 - Andamento della temperatura interna dell'aria, temperatura media operativa, temperatura media radiante e temperatura esterna

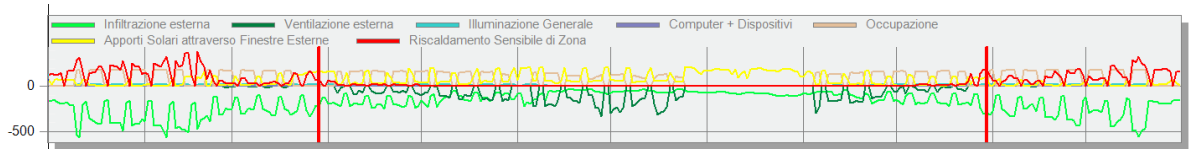


Figura 16 - Andamento degli apporti interni

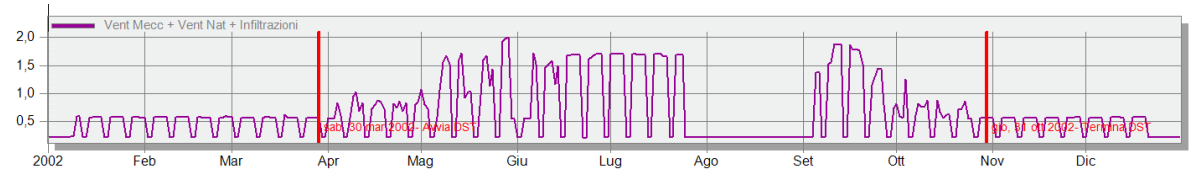


Figura 17 - Andamento della ventilazione naturale, meccanica e delle infiltrazioni

5-2 Proposte di intervento

Si è scelto di considerare delle soluzioni caratterizzate da più azioni integrate tra loro che consentono dei risparmi maggiori rispetto agli interventi considerati singolarmente. Inoltre anche la fattibilità tecnica migliora poiché alcuni interventi che singolarmente non sono proponibili lo diventano se

realizzati congiuntamente con altri. Più nel dettaglio gli interventi che si considerano combinati tra loro sono i seguenti:

- **isolamento esterno dell'involucro opaco;**
- **isolamento del solaio di base e verso l'esterno;**
- **isolamento della copertura;**
- **sostituzione degli infissi;**
- **integrazione del sistema di generazione di calore con pompa di calore geotermica per il riscaldamento e pompe di calore ad aria per l'acqua calda sanitaria;**
- **sostituzione terminali di emissione e revisione sistema distribuzione;**
- **integrazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica;**
- **ventilazione meccanica controllata;**
- **sostituzione dei corpi illuminanti con tecnologia LED.**

Nel quadro appena descritto, con l'ausilio del modello dinamico di DesignBuilder è stata simulata l'ipotesi di intervento. Nel paragrafo successivo si riportano le specifiche tecniche e i risultati in termini di risparmi energetici ed economici ottenibili.

5-2-1 Soluzione A: Realizzazione isolamento termico involucro opaco, sostituzione infissi, integrazione sistema di generazione con pompa di calore geotermica e ad aria, installazione di impianto fotovoltaico integrato, VMC, sostituzione corpi illuminanti con LED

Categoria di miglioramento:
Isolamento involucro

Sostituzione infissi

Integrazione sistema di generazione di calore e di produzione di acs

Ventilazione meccanica controllata

Generazione energia elettrica da impianto fotovoltaico

Sostituzione corpi illuminanti con LED

In particolare, tale intervento consente l'ottenimento di un **edificio NZEB** con notevoli miglioramenti della prestazione energetica dell'intero edificio.

Descrizione tecnica:
ISOLAMENTO TERMICO
Si prevede la realizzazione di un isolamento dell'involucro opaco verticale tramite un cappotto esterno in poliuretano tipo Stiferite Class Sk, ovvero di un pannello sandwich realizzato con componente isolante in schiuma polyiso, espansa senza l'impiego di CFC o HCFC, rivestito su entrambe le facce con velo vetro saturato. Questo, caratterizzato da uno spessore da 12 cm verrà aggiunto a tutte le pareti disperdenti verso l'esterno della scuola.

Lo stesso materiale, ma della tipologia Stiferite GTE, caratterizzato da un rivestimento in gas impermeabile di alluminio multistrato, con lo spessore da 12 cm verrà aggiunto ai solai disperdenti verso il sottotetto sia della scuola.

Infine si prevede di aggiungere uno strato di isolante di 12 cm tipo Stiferite RP, caratterizzato da un pannello sandwich con schiuma polyiso e finitura in cartongesso, nel solaio di base in seguito ad opportuni scavi.

I materiali utilizzati sono caratterizzati da altissime prestazioni energetiche rispetto gli standard di mercato consentendo di isolare adeguatamente l'involucro e di risolvere eventuali ponti termici presenti. Mediante tale accorgimento è possibile raggiungere valori di trasmittanza inferiori ai limiti previsti per legge dal decreto Requisiti minimi stabiliti a partire dal 2019, contribuendo pertanto a superare positivamente le verifiche sull'involucro finalizzate all'ottenimento di un edificio NZEB.
In tabella 27 si riporta l'elenco delle caratteristiche di trasmittanza originarie e quelle ottenibili dopo l'intervento proposto dei diversi componenti edilizi, mentre in allegato si riportano le schede tecniche tipologiche relative ai materiali utilizzati.

SOSTITUZIONE INFISSI

Si prevede la sostituzione di tutti gli infissi caratterizzati da telaio in alluminio senza taglio termico e vetro doppio attualmente presenti nella scuola con dei nuovi più performanti caratterizzati da un vetro triplo basso emissivo con telaio in alluminio o PVC e taglio termico, contraddistinti da un valore di trasmittanza per l'intero serramento di 1,10 W/m²K (Trasmittanza del vetro pari a 1,20 W/m²K e trasmittanza del telaio pari a 1,0 W/m²K).
Mediante tale accorgimento è possibile raggiungere valori di trasmittanza inferiori ai limiti previsti per legge dal decreto Requisiti minimi stabiliti a partire dal 2019, contribuendo pertanto a superare positivamente le verifiche sull'involucro finalizzate all'ottenimento di un edificio NZEB.
In tabella 27 si riporta l'elenco delle caratteristiche di trasmittanza originarie e quelle ottenibili dopo l'intervento proposto dei diversi componenti edilizi. In particolare, nella prima colonna della tabella si riporta il numero di riferimento della stratigrafia con cui è caratterizzato l'elemento edilizio nell'Allegato 2 relativo alle stratigrafie post operam dei diversi componenti oggetto di intervento.

N° rifer. stratigrafia	Componente	Trasmittanza componente post intervento	Trasmittanza limite
[-]	[-]	[W/m²K]	[W/m²K]
Trasmittanza termica strutture opache verticali			
1.1	Parete esterna	0,18	0,26
1.2	Parete controterra	0,18	0,26
Trasmittanza termica strutture opache orizzontali - copertura			
2.1	Copertura	0,17	0,22
Trasmittanza termica strutture opache orizzontali – pavimento esterno e terreno			
3.1	Solaio di base	0,17	0,26

3.2	Solaio verso terreno	016	0,26
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti			
-	Serramento vetro triplo basso emissivo	1,10	1,40

tabella 27 - Riepilogo trasmittanze termiche involucro edilizio e valori limite

SOSTITUZIONE GENERATORE DI CALORE

È prevista l'integrazione dell'attuale sistema di generazione di calore, che resta di back up con un sistema a pompa di calore geotermico. Di seguito si riportano i dettagli tecnici per la soluzione indicata.

Pompa di calore geotermica

Si prevede di installare un sistema a pompa di calore geotermica tipo Viessman avente potenza nominale termica di 96,9 kW e COP pari a 4,41 (Dati di resa secondo EN 14511 con temperatura esterna di 0°C e temperatura di mandata dell'acqua a 35°C).

Tale pompa di calore, tramite una pompa di circolazione, verrà collegata a delle sonde geotermiche realizzate nell'area circostante e distanti fra loro almeno 10 metri.

In particolare, la pompa di calore scelta soddisfa i requisiti previsti dal Decreto Requisiti minimi per le pompe di calore elettriche per il servizio di riscaldamento e si riportano nella tabella seguente i valori di progetto e limite previsto per le condizioni di riferimento (Temperatura ambiente esterno pari a 0°C e temperatura di mandata dell'acqua 35 °C).

Componente	COP progetto	COP limite
Pompa di calore terra-acqua	4,41	4,0

Tabella 28 - COP pompa di calore prevista da progetto e limite per la tipologia scelta

Il sistema di generazione scelto è compatibile con l'attuale sistema di distribuzione e con il sistema di emissione di tipo radiativo che si prevede di installare.

Alla sostituzione del generatore si accompagna inoltre la sostituzione del sistema di distribuzione con l'installazione di adeguate reti e tubazioni, la sostituzione delle attuali pompe di circolazione, l'integrazione dell'isolamento del sistema di distribuzione, la predisposizione di adeguati strumenti di regolazione e controllo.

SOSTITUZIONE TERMINALI DI EMISSIONE

Si prevede la sostituzione degli attuali terminali di emissione con dei pannelli radianti a pavimento che consentano al sistema impiantistico di lavorare con temperature di mandata più basse massimizzando l'efficienza del sistema. Tale sistema inoltre consente di aumentare il livello di comfort all'interno degli ambienti.

POMPA DI CALORE PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Si prevede l'installazione di pompe di calore ad aria per la produzione di acqua calda sanitaria funzionale ai fabbisogni della scuola. In particolare, le pompe di calore saranno ad accumulo integrato

del tipo Ariston Nuos Evo di 80 litri e contribuiranno a soddisfare la copertura dei fabbisogni per la produzione di acqua calda sanitaria da fonti rinnovabili previsti dalla norma nel caso di edifici NZEB.

IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Si prevede in tutti i locali della scuola, la realizzazione di un impianto di ventilazione meccanica controllata con portata compresa tra 1 volume e 2 volumi orari e con recupero di calore per l'85%.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO

È prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica integrati sulla falda di copertura della scuola esposta a Sud per un'area totale di copertura di 150 mq. L'orientamento dei pannelli sarà di 18°.

Il peso dei pannelli previsti non comporterà delle criticità strutturali alla copertura in quanto è stimato un peso di 15 kg/mq. Essi saranno facilmente agganciabili alla copertura esistente e a quella nuova tramite dei dispositivi di fissaggio.

I pannelli saranno tipo Sunpower, con celle monocristalline e potenza nominale del singolo pannello di 360 W, corrispondente a 222 W/mq, per una potenza totale installata pari a 33 kW.

In particolare, tale previsione di pannelli fotovoltaici consente di soddisfare i requisiti previsti dal Decreto 28/2011 sulle Rinnovabili sulla potenza minima da installare nel caso di edifici NZEB.

CORPI ILLUMINANTI A LED

Si prevede la sostituzione delle lampade interne fluorescenti con delle nuove a LED più performanti a parità di flusso luminoso emesso. Le lampade scelte consentiranno di dimezzare la potenza attualmente installata, contribuendo di conseguenza a limitare sostanzialmente i consumi energetici.

Valutazioni economiche ed energetiche

Si sottolinea, come già indicato in precedenza, che il modello realizzato con il software EnergyPlus è stato calibrato in modo molto fine rispetto ai consumi ricavati dalle bollette (convergenza del modello rispetto allo stato di fatto superiore al 99%).
Vista la precisione del modello, pertanto, i risultati seguenti, energetici ed economici, sono stati ricavati sulla base del confronto tra il modello dinamico dello stato di fatto e il modello dinamico dello stato di progetto.
Si noti che i valori energetici di seguito riportati sono espressi in energia primaria.

Risultati delle valutazioni energetiche in ENERGIA PRIMARIA TOTALE

	kWhe o kWht	kWh EP_{tot}
Consumi ante operam (vedi tabella 16 e tabella 17), di cui		299'287
Consumi elettrici	11'245	27'213

Consumi termici (gas)	259’118	272’074
Consumi post operam (al netto del contributo da fotovoltaico), di cui:		30’562
Consumi elettrici	9’474	22’928
Calore da pompa di calore	7’633	7’633
Produzione da fotovoltaico, di cui:	21’310	21’310
energia direttamente autoconsumata	5’019	5’019
energia immessa in rete e riprelevata	16’291	16’291
Consumi post operam (comprensivi del contributo da fotovoltaico), di cui:		7’634
Consumi elettrici	0	0
Calore pompa di calore	7’634	7’634
Autoconsumo da fotovoltaico	9’474	9’474
Risparmio energetico		**270’343 -> 90%**

Risultati delle valutazioni energetiche in ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE

	kWhe/kWht	**kWh $EP_{n,ren}$**
Consumi ante operam, di cui:		294’002
Consumi elettrici	11’245	21’928
Consumi termici (gas)	259’118	272’074
Consumi post operam (al netto del contributo da fotovoltaico), di cui:		18’475
Consumi elettrici	9’474	18’475
Calore da pompa di calore	7’633	-
Produzione da fotovoltaico, di cui:	21’310	-

energia direttamente autoconsumata	5’019	
energia immessa in rete e riprelevata	16’291	
Consumi post operam (comprensivi del contributo da fotovoltaico), di cui:		0
Consumi elettrici	0	0
Risparmio energetico		**294’002-> 100%**

Risultati delle valutazioni economiche

Valore economico energia ante operam	19’014 €
Valore economico energia lordo post operam	2’425 €
Valore economico energia netto post operam (comprensivo di autoconsumo da fotovoltaico e immissione in rete)	0 €
Risparmio economico ottenibile	**19’014€**

Indicatori economici di costi-benefici

a- Investimento:
1'713’933 € (I)

b- Risparmio
19’014 €

c- Tempo di ritorno dell’investimento (TR)
>30 anni

Quadro economico relativo all’intervento proposto

A. IMPORTO LAV.	A. Importo dei Lavori			
	A1	Importo Lavori ammissibili, opere su locali destinati all'attività scolastica	1.199.000,00	
	A2	Oneri per la Sicurezza per attività interferenti non soggette a ribasso d'asta	23.980,00	
	Totale importo lavori			**1.222.980,00**
B. SOMME A DISPOSIZIONE	B. Somme a Disposizione dell'amministrazione			
	B1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura	-	
	B2	Rilievi, accertamenti e indagini	18.345,00	
	B3	Allacciamenti ai pubblici servizi	1.500,00	
	B4	Imprevisti	23.068,04	
	B5	Acquisizione aree o immobili e pertinenti indennizzi	-	
	B6	Oneri aggiuntivi per discarica autorizzata di rifiuti speciali + IVA	1.000,00	
	B7	Accantonamento di cui all'articolo 133, commi 3 e 4, del codice	-	
	B8	Spese tecniche per incarichi esterni ammissibili consistenti in: progettazione relativa a studio di fattibilità tecnico economica (preliminare), progetto definitivo, progetto per Vigili del Fuoco, progettazione relativo a progetto esecutivo coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione, coordinatore per la sicurezza in fase esecutiva, direzione lavori, collaudo, incarichi per APE	183.447,00	
	B9	Spese tecniche per incentivo ex art. 92 del d.lgs. 163/2006 e s.m.i.	24.460,00	
	B10	Spese per accertamenti di laboratorio + IVA	-	
	B11	Spese di cui agli articoli 90, comma 5, e 92, comma 7-bis, del codice (assicurazione personale e spese di carattere strumentale)	-	
	B12	Spese per consulenza o supporto + IVA	61.149,00	
	B13	Eventuali spese per commissioni giudicatrici (SUA) + IVA	2.000,00	
	B14	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche + IVA	1.000,00	
	B15	Tassa autorità di Vigilanza LLPP	375,00	
	B16	Spese per rilascio di visti e pareri	1.000,00	
	B17	B12 a iva su lavori 10%	122.298,00	
	B18	B12 b iva 22% e contributi previdenziali casse 4% su spese tecniche	49.310,55	
	B19	Spese organizzative e gestionali - accatastamento	2.000,00	
	Totale Somme a Disposizione			**490.952,59**
TOTALE COMPLESSIVO (A + B)				**1.713.932,59**

5-2-1-1 Verifiche edificio NZEB

Si riportano nella tabella seguente le verifiche previste dalla legge relative all'intervento descritto nel paragrafo precedente che consentono di ottenere un edificio NZEB, edificio caratterizzato da notevoli prestazioni energetiche. In particolare, si riportano sia le verifiche relative all'involucro, che quelle relative agli impianti dei servizi presenti all'intero edificio. I dati relativi all'edificio di progetto sono confrontati con i valori limite previsti dall'attuale normativa.

	Edificio di progetto	Requisiti minimi (2019/21)
H'_T [W/m²K]	0,295	0,55
Asol,est / Asup utile	0,012	0,04
$EP_{H,nd}$	124,96	131,68
$EP_{C,nd}$	5,788	8,56
$EP_{gl,tot}$	41,099	73,04
η_H	6,354	03,43
η_C	-	-
η_W	0,84	0,81
Copert % produzione acs da fonti rinnov.	91,774	60
Copert % consumi da fonti rinnov.	76,331	55
Potenza minima installata per la prod di energia elettrica da fonte rinnovabile	34,5	9,93

Tabella 29 - Verifiche per il raggiungimento di un edificio NZEB

Considerando che in tutti i casi i valori ottenuti per l'edificio di progetto sono inferiori rispetto quelli previsti per l'edificio di riferimento dal Decreto sui Requisiti minimi allora si può concludere che le verifiche sono soddisfatte e che con tale intervento è possibile ottenere un edificio che raggiunga la qualifica NZEB.

6 CONCLUSIONI

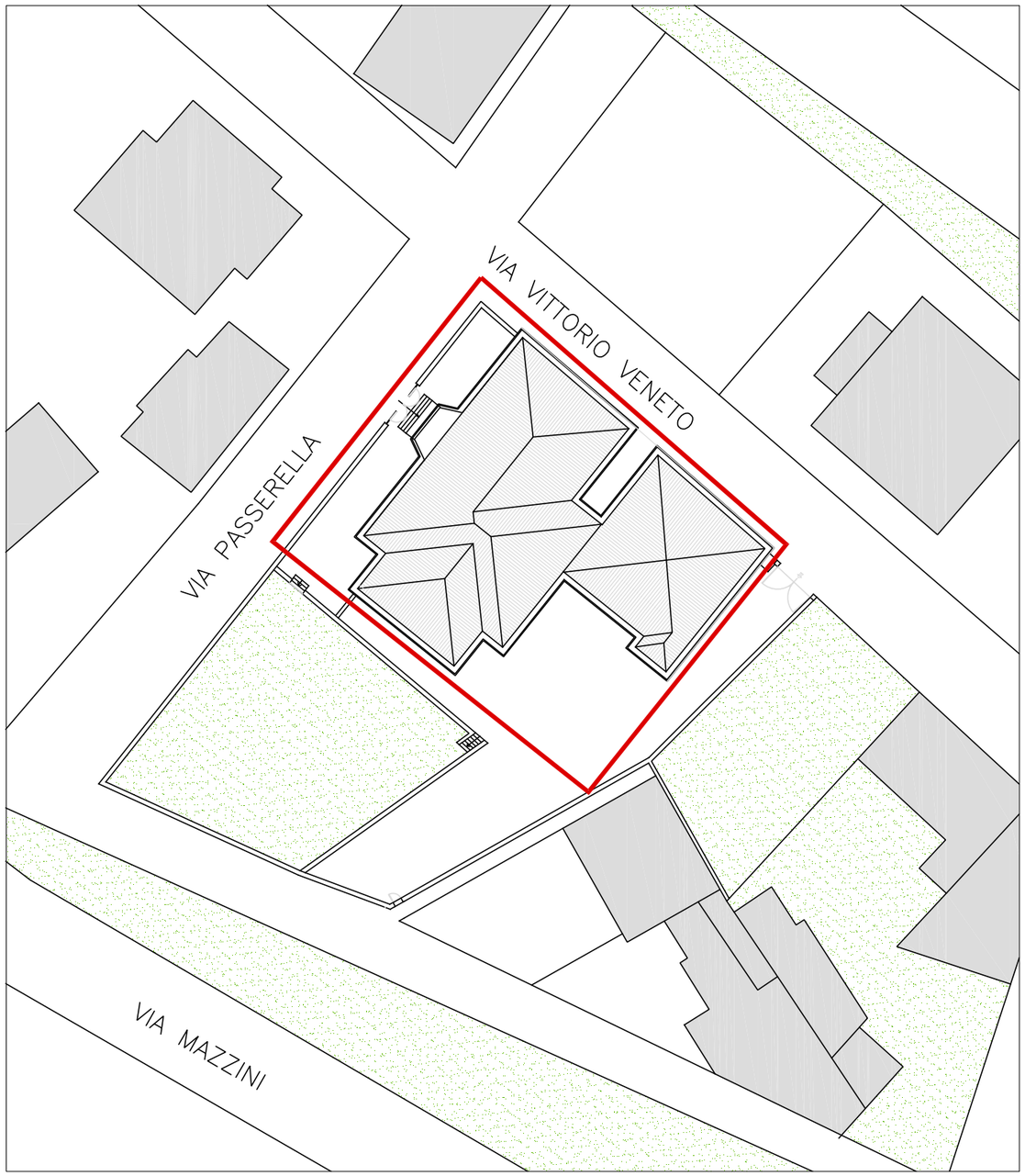
In conclusione dalla Diagnosi Energetica svolta sulla scuola di agraria di Romagnano Sesia è possibile trarre le seguenti informazioni:

- il vettore energetico maggiormente utilizzato nella struttura è il gas metano per la climatizzazione invernale della scuola;
- altri consumi significativi sono rappresentati dall'energia elettrica impiegata per l'illuminazione della scuola e della palestra tramite lampade obsolete a fluorescenza;
- l'intervento di efficientamento proposto sul sistema edificio-impianto garantisce elevate opportunità di risparmio energetico ed economico. Infatti consente di ridurre sostanzialmente i costi energetici della scuola e di ottenere un edificio ad altissime prestazioni energetiche. La specifica dettagliata dell'intervento proposto è riportata al paragrafo 5.2.1.

ALLEGATO 1

Piante architettoniche

(Stato di fatto e di progetto)



Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI

Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA

DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT.ING. OLIARO PAOLO
Sez.A Settori: civile e ambientale, industriale, dell'informazione
n° A 24252

advanced engineering s.r.l.

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

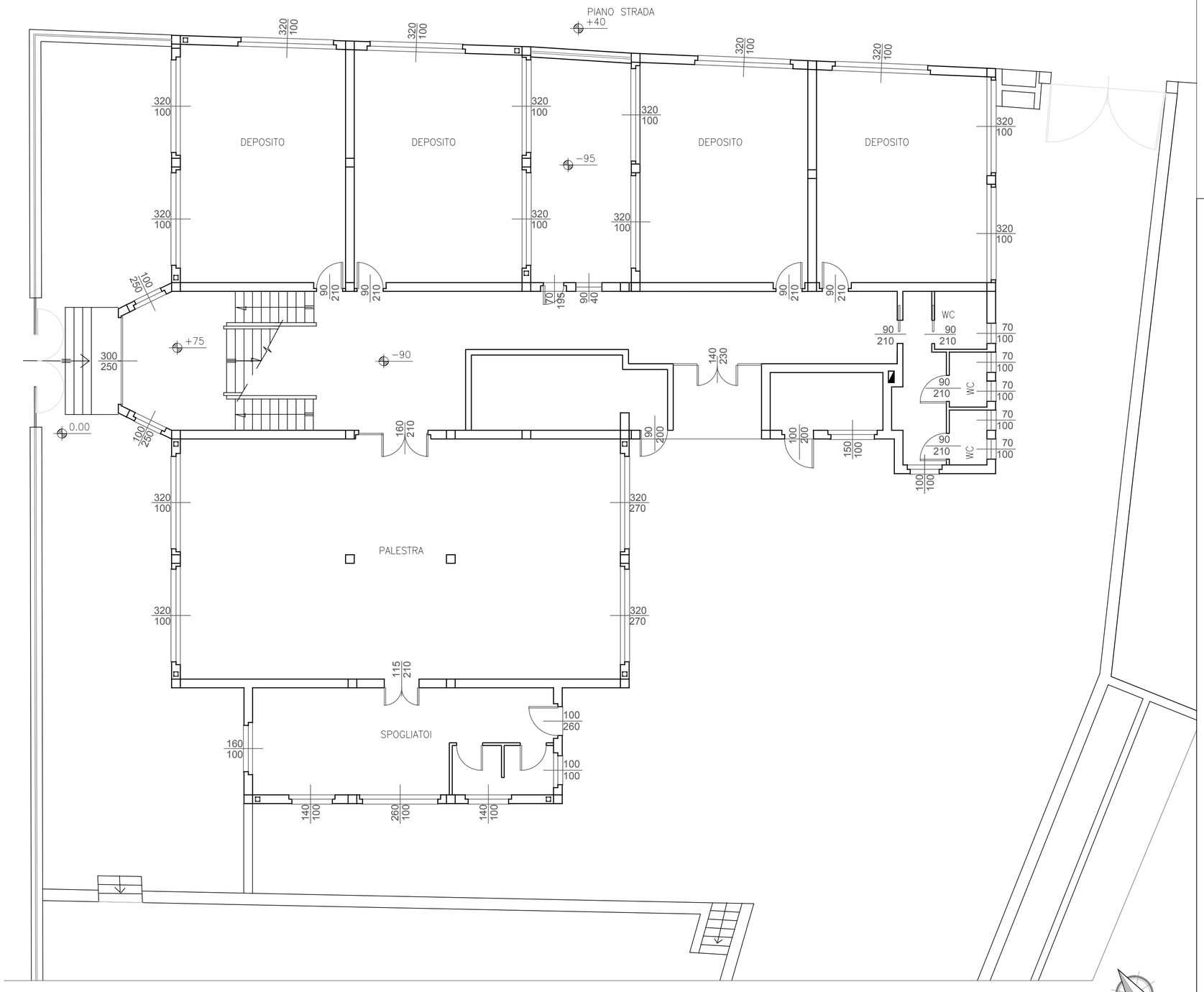
Elaborato: Planimetria generale

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:500

tav **E.01**



Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI

Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA

DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

DOTT.ING. OLIARO PAOLO Sez.A Settori: civile e ambientale, industriale, dell'informazione n° A 24252 ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

advanced engineering s.r.l.

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

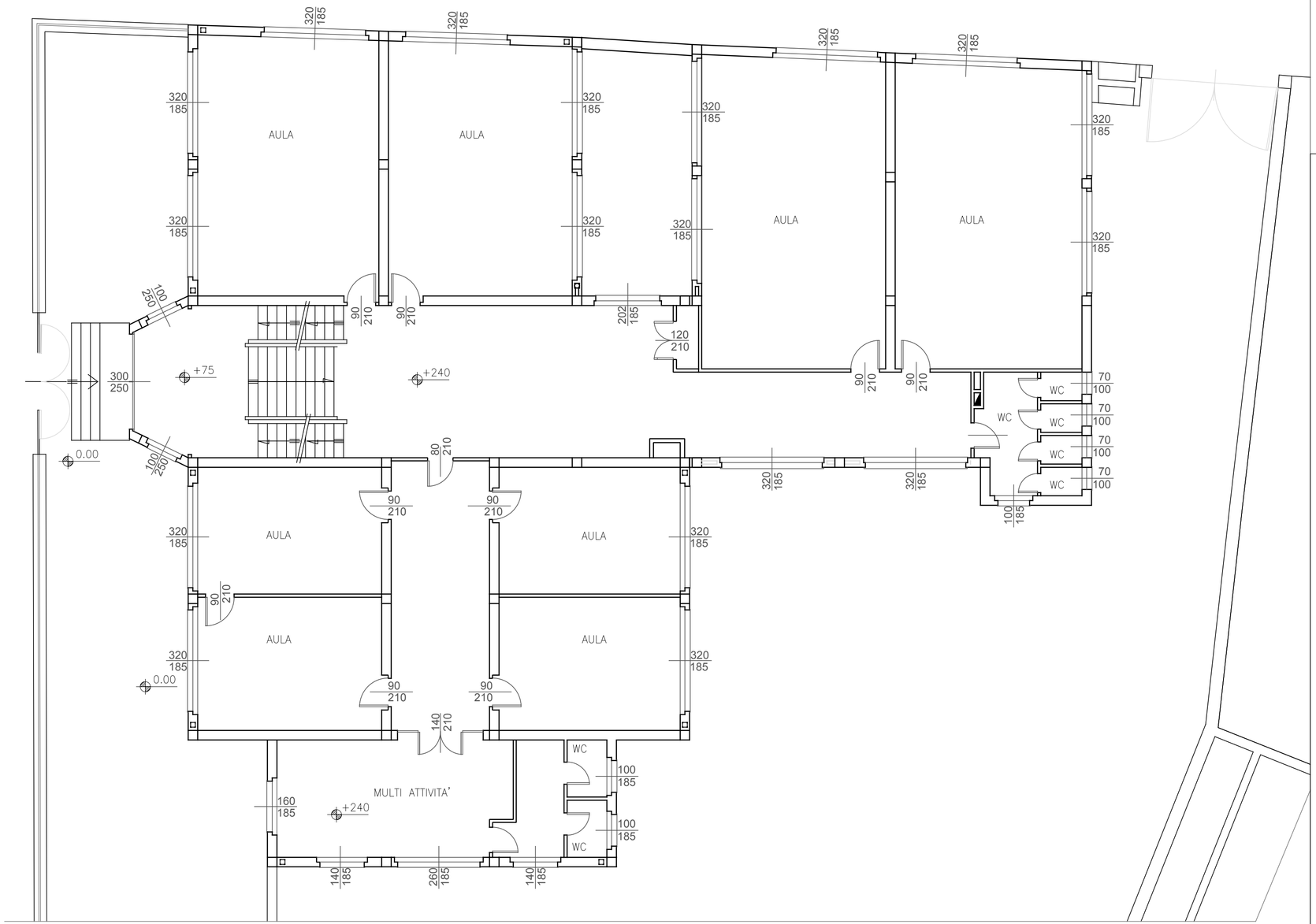
Elaborato: Planimetria stato di fatto con destinazioni d'uso - PIANO SEMINTERRATO

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **E.02**



Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI

Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA

DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

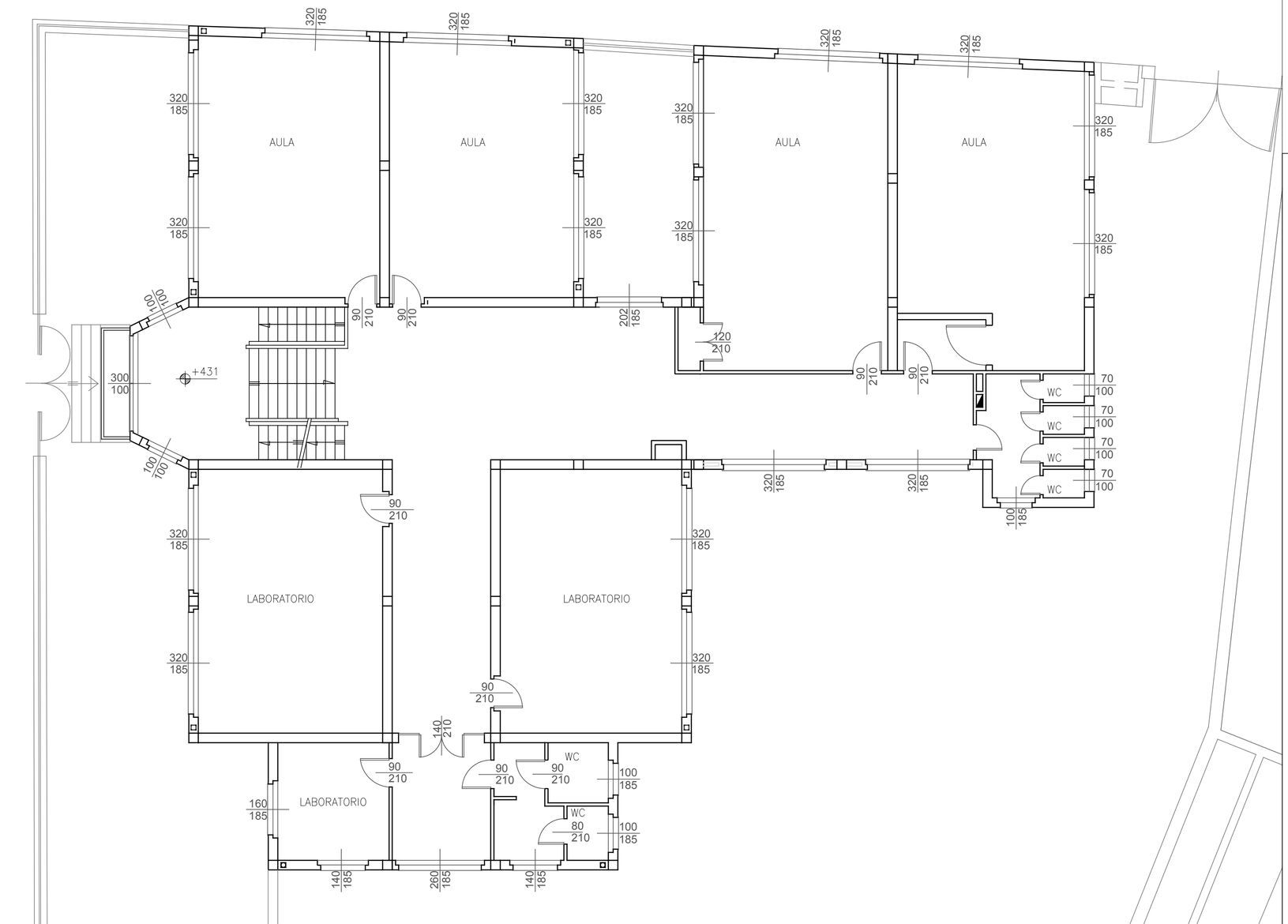
Elaborato: Planimetria stato di fatto con destinazioni d'uso - PIANO RIALZATO

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **E.03**



Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI

Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

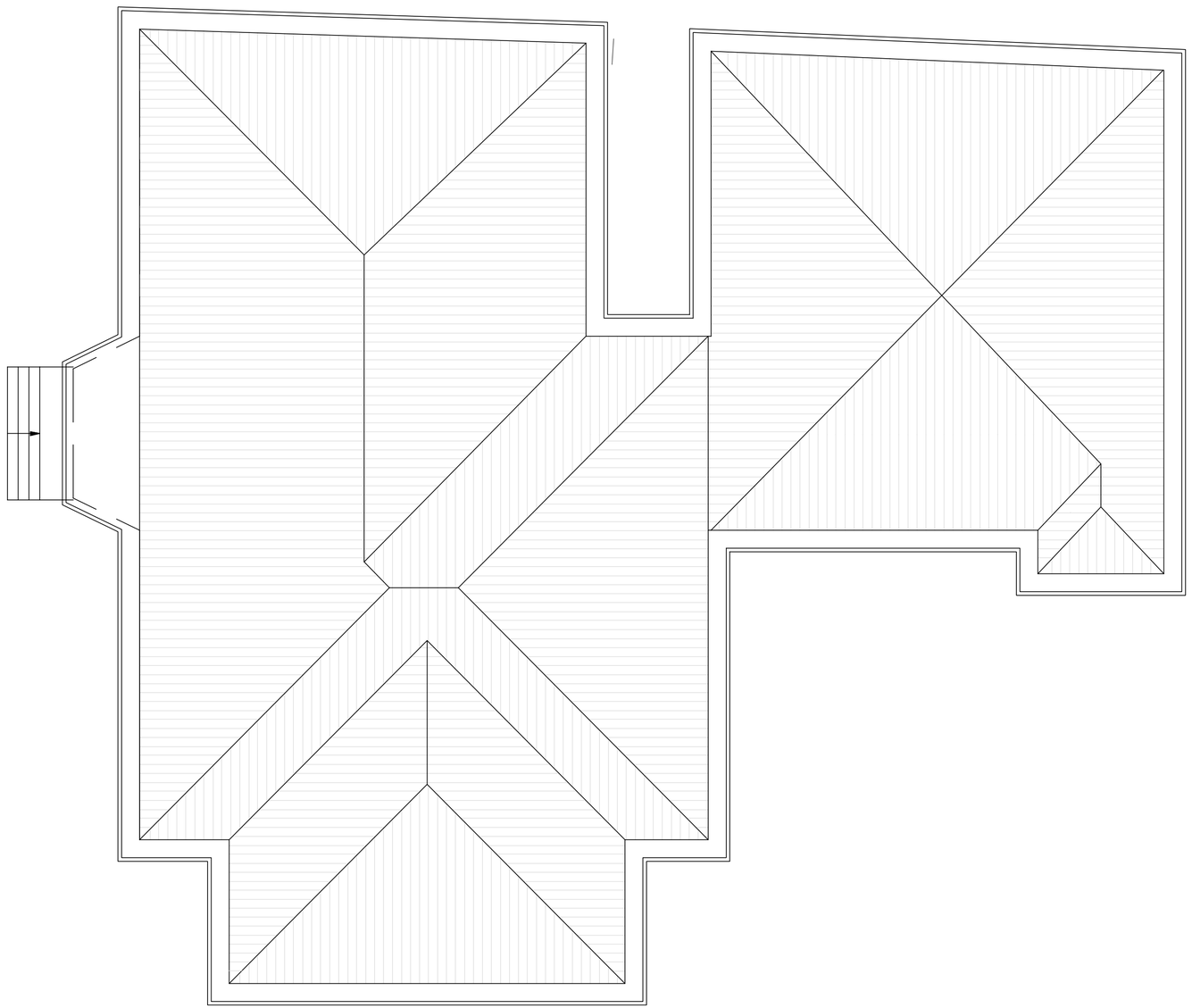
Elaborato: Planimetria stato di fatto con destinazioni d'uso - PIANO PRIMO

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav**E.04**



Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI

Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA

DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

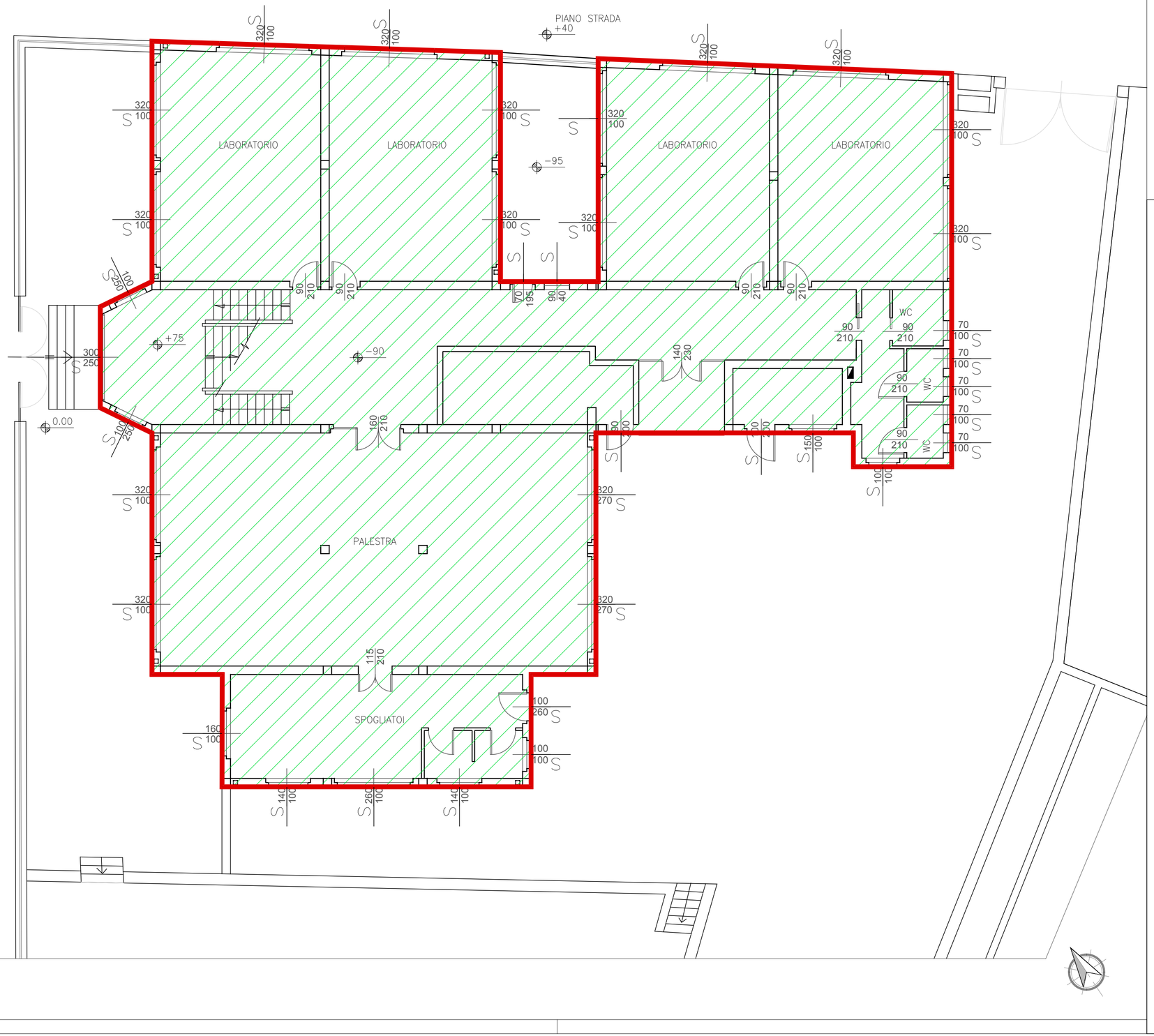
Elaborato: Planimetria stato di fatto con destinazioni d'uso - PIANO COPERTURA

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **E.05**



LEGENDA

- Isolamento solaio di base
- Isolamento parete esterna con interventi strutturali
- Sostituzione serramento
- Isolamento estradosso solaio e sottotetto

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI
Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA
DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

DOTTORE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTTING. OLIARO PAOLO
Sez.A Settori: Civile e ambientale, Industriale, dell'Informazione
n° A 24252

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

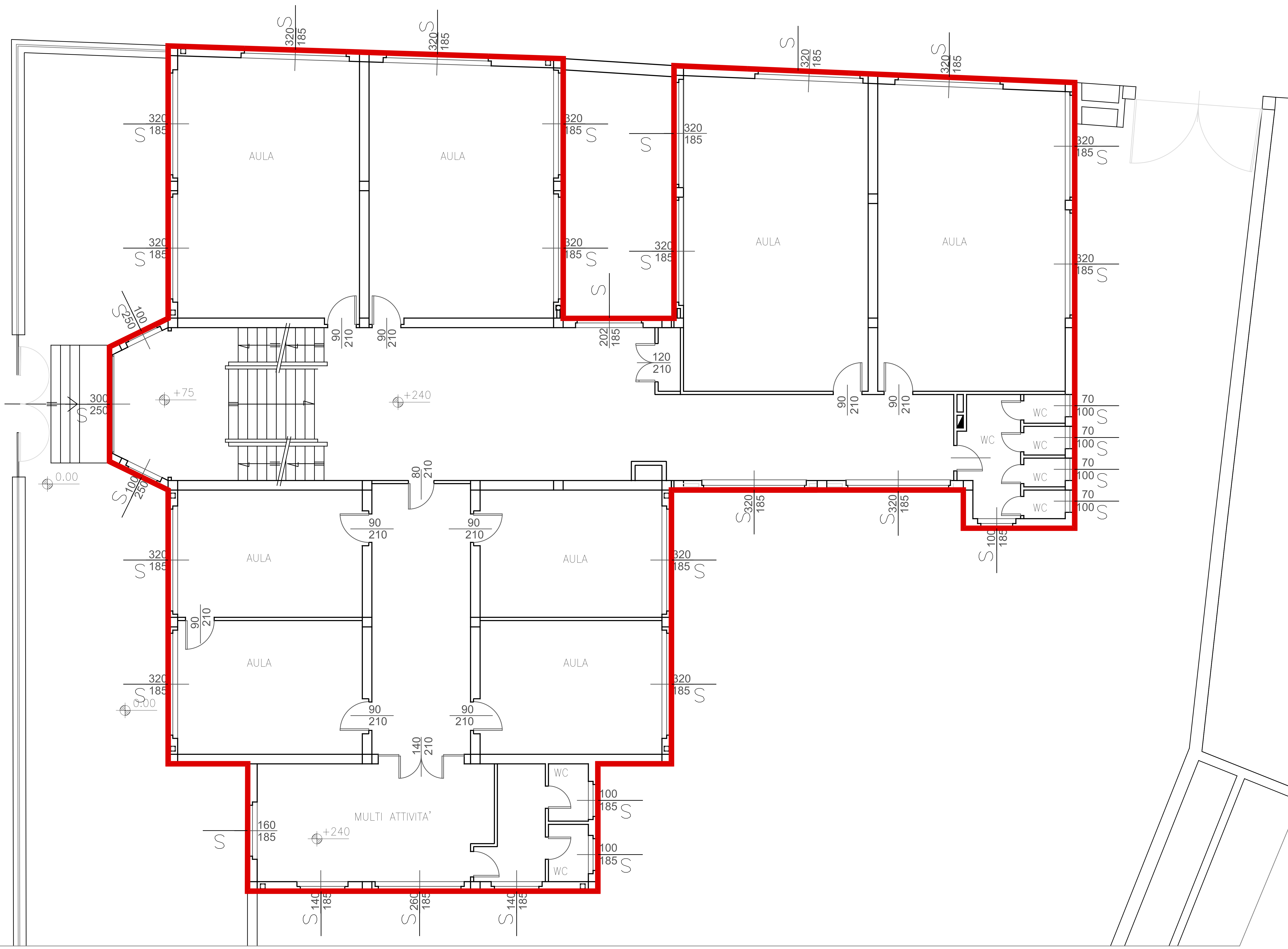
Elaborato: Planimetria progetto - PIANO SEMINTERRATO
Descrizione interventi sull'involucro

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **I.01**



LEGENDA

- Isolamento solaio di base
- Isolamento parete esterna con interventi strutturali
- S Sostituzione serramento
- Isolamento estradosso solaio e sottotetto

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI
Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

advanced engineering
Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

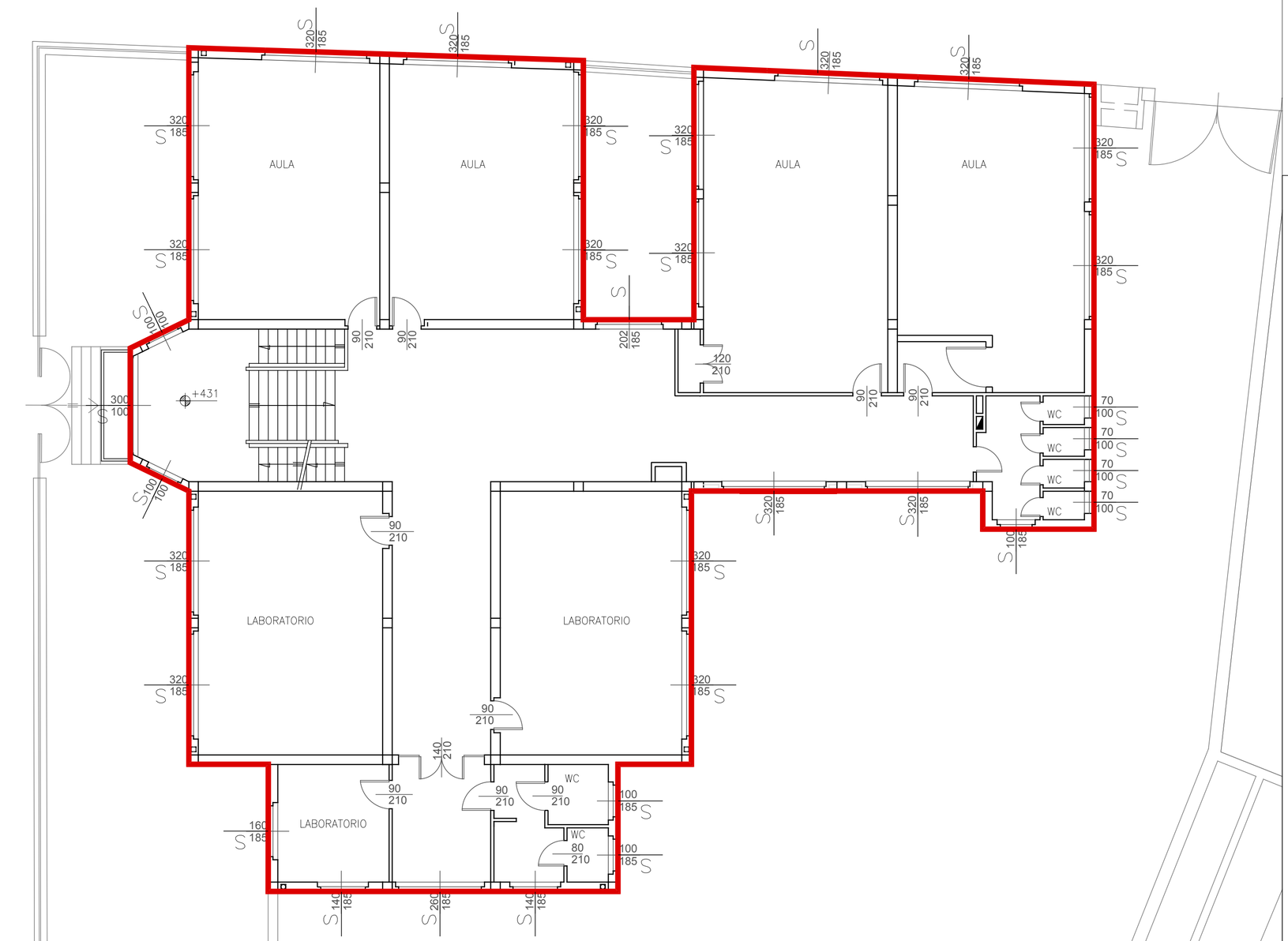
Elaborato: Planimetria progetto - PIANO RIALZATO
Descrizione interventi sull'involucro

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav**I.02**



LEGENDA

- Isolamento solaio di base
- Isolamento parete esterna con interventi strutturali
- Sostituzione serramento
- Isolamento estradosso solaio e sottotetto

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI

Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

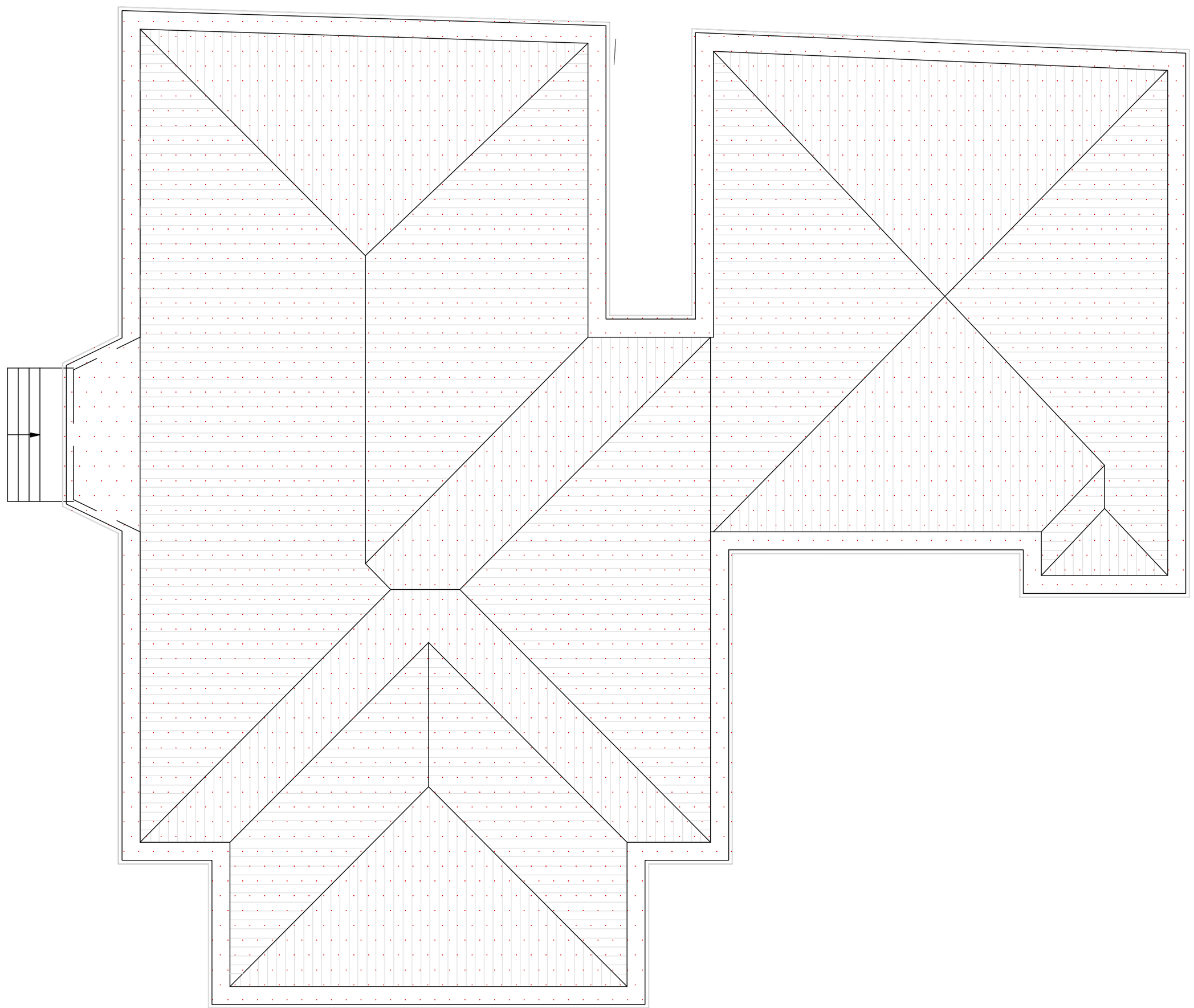
Elaborato: Planimetria progetto - PIANO PRIMO
Descrizione interventi sull'involucro

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tavI.03



LEGENDA

- Isolamento solaio di base
- Isolamento parete esterna con interventi strutturali
- S — Sostituzione serramento
- Isolamento estradosso solaio e sottotetto

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI
Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT.ING. OLIARO PAOLO
Sez.A Settori: civile e ambientale, dell'informazione
n° A 24252

advanced engineering s.r.l.
Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

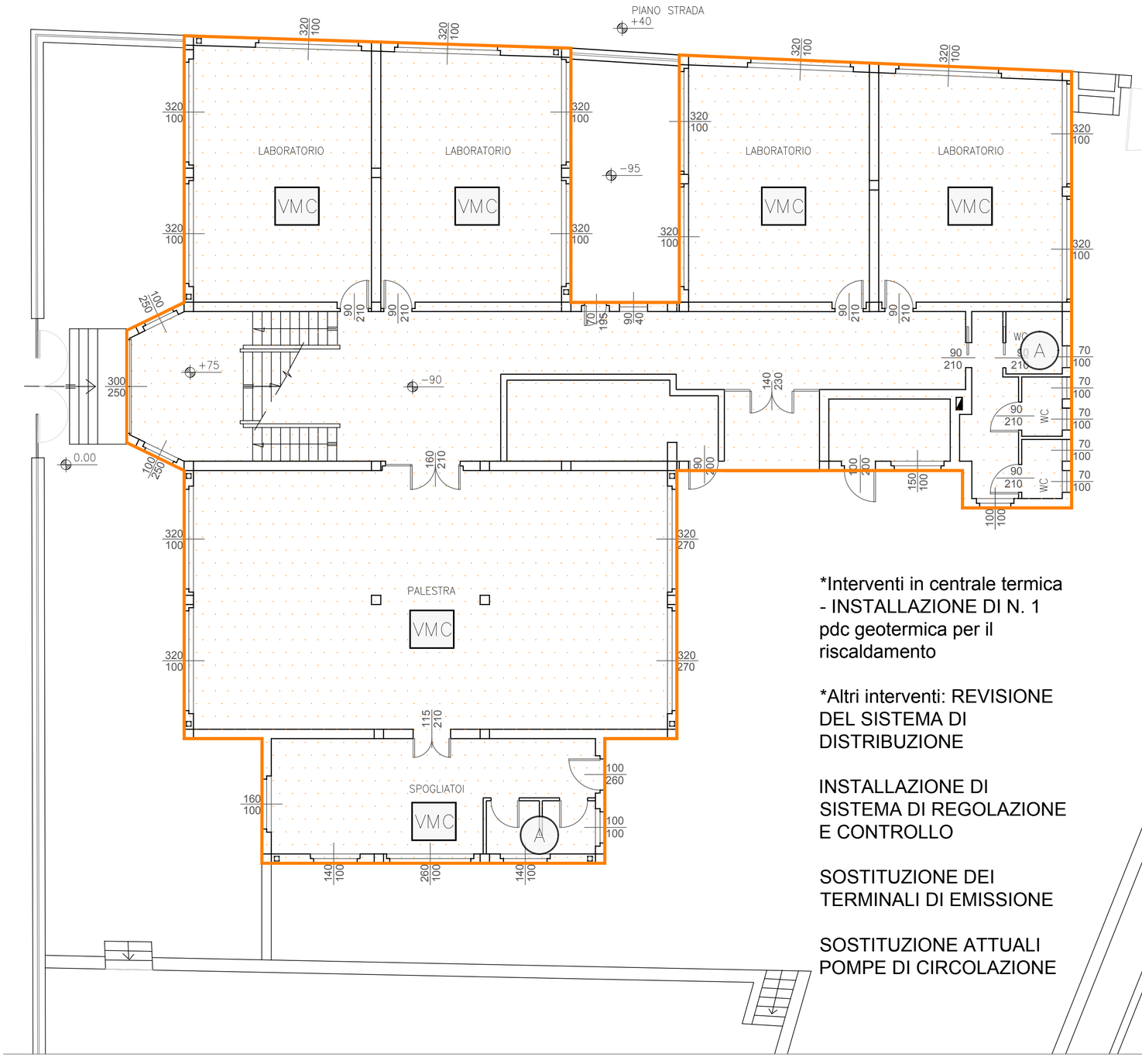
Elaborato: Planimetria progetto - PIANO COPERTURA
Descrizione interventi sull'involucro

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **I.04**



*Interventi in centrale termica - INSTALLAZIONE DI N. 1 pdc geotermica per il riscaldamento

*Altri interventi: REVISIONE DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

INSTALLAZIONE DI SISTEMA DI REGOLAZIONE E CONTROLLO

SOSTITUZIONE DEI TERMINALI DI EMISSIONE

SOSTITUZIONE ATTUALI POMPE DI CIRCOLAZIONE

LEGENDA

- Sostituzione corpi illuminanti
- Installazione di impianto fotovoltaico
- (A) Installazione di PDC per produzione di ACS
- VMC Installazione di sistema di ventilazione meccanica controllata

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI
Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT.ING. OLIARO PAOLO
Sez.A Settori: Civile e Ambientale, Industriale, dell'Informazione
n° A 24252

advanced engineering s.r.l.
Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

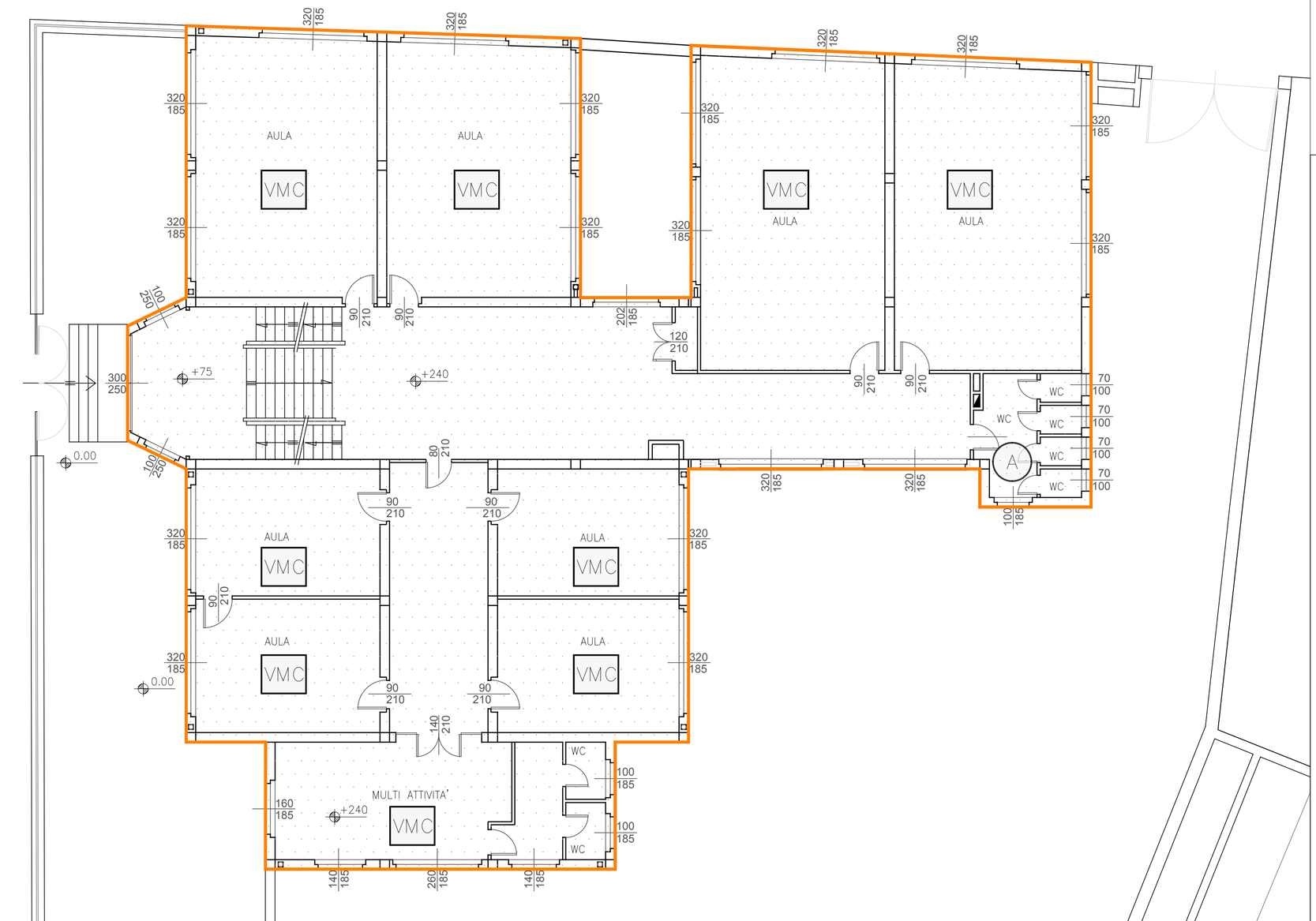
Elaborato: Planimetria progetto - PIANO SEMINTERRATO
Descrizione interventi sugli impianti

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **I.05**



LEGENDA

- Sostituzione corpi illuminanti
- Installazione di impianto fotovoltaico
- A — Installazione di PDC per produzione di ACS
- VMC — Installazione di sistema di ventilazione meccanica controllata

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI
Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA
DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

DOTT.ING. OLIARO PAOLO Sez.A Settori: civile e ambientale Ordine degli Ingegneri della Provincia di MILANO n° A 24252

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

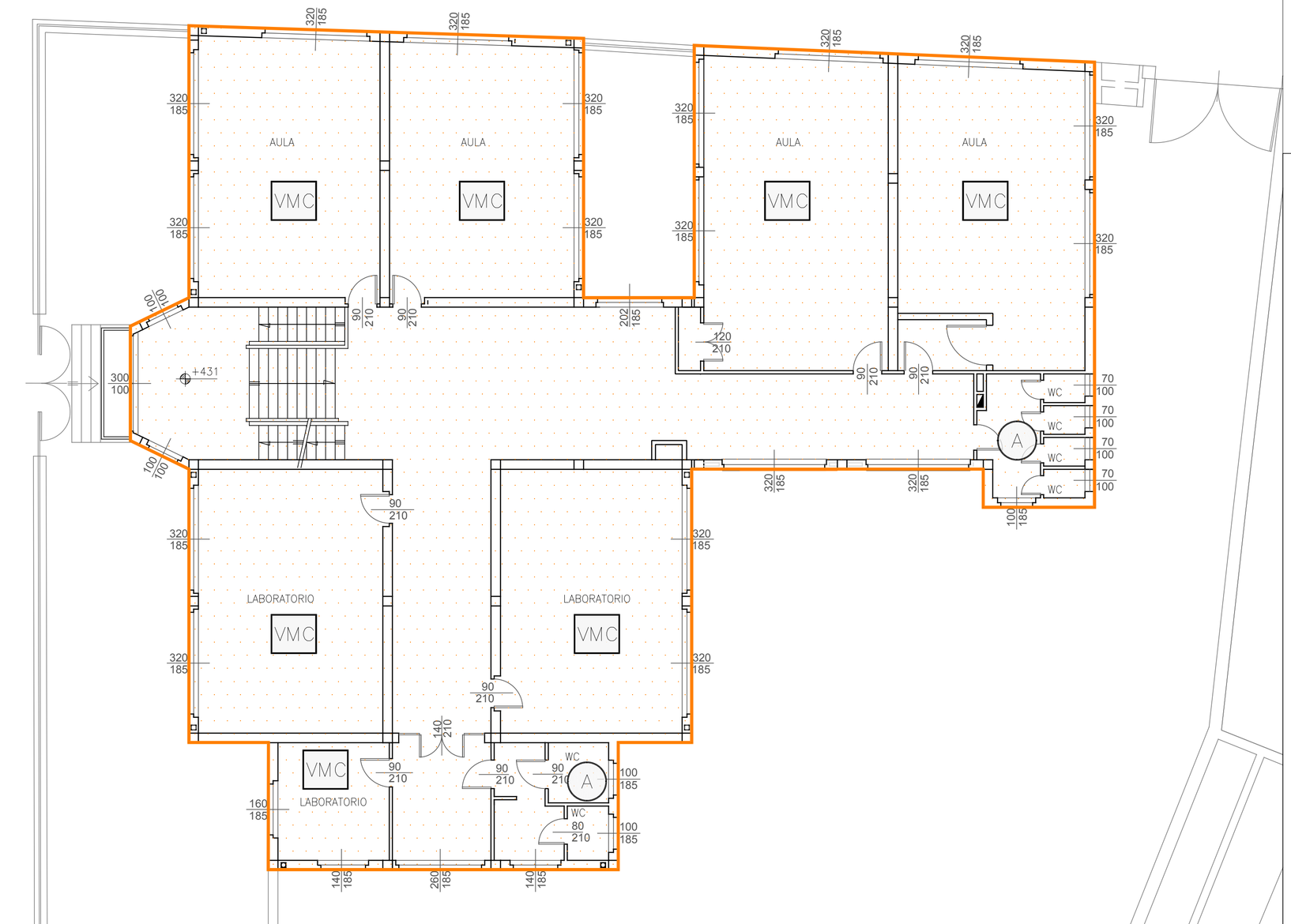
Elaborato: Planimetria progetto - PIANO RIALZATO
Descrizione interventi sugli impianti

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **I.06**



LEGENDA

- Sostituzione corpi illuminanti
- Installazione di impianto fotovoltaico
- (A) Installazione di PDC per produzione di ACS
- (VMC) Installazione di sistema di ventilazione meccanica controllata

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI
Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA
DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

DOTT.ING. OLIARO PAOLO Sez.A Settori: civile e ambientale Dell'Ordine n° A 24252 MILANO

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

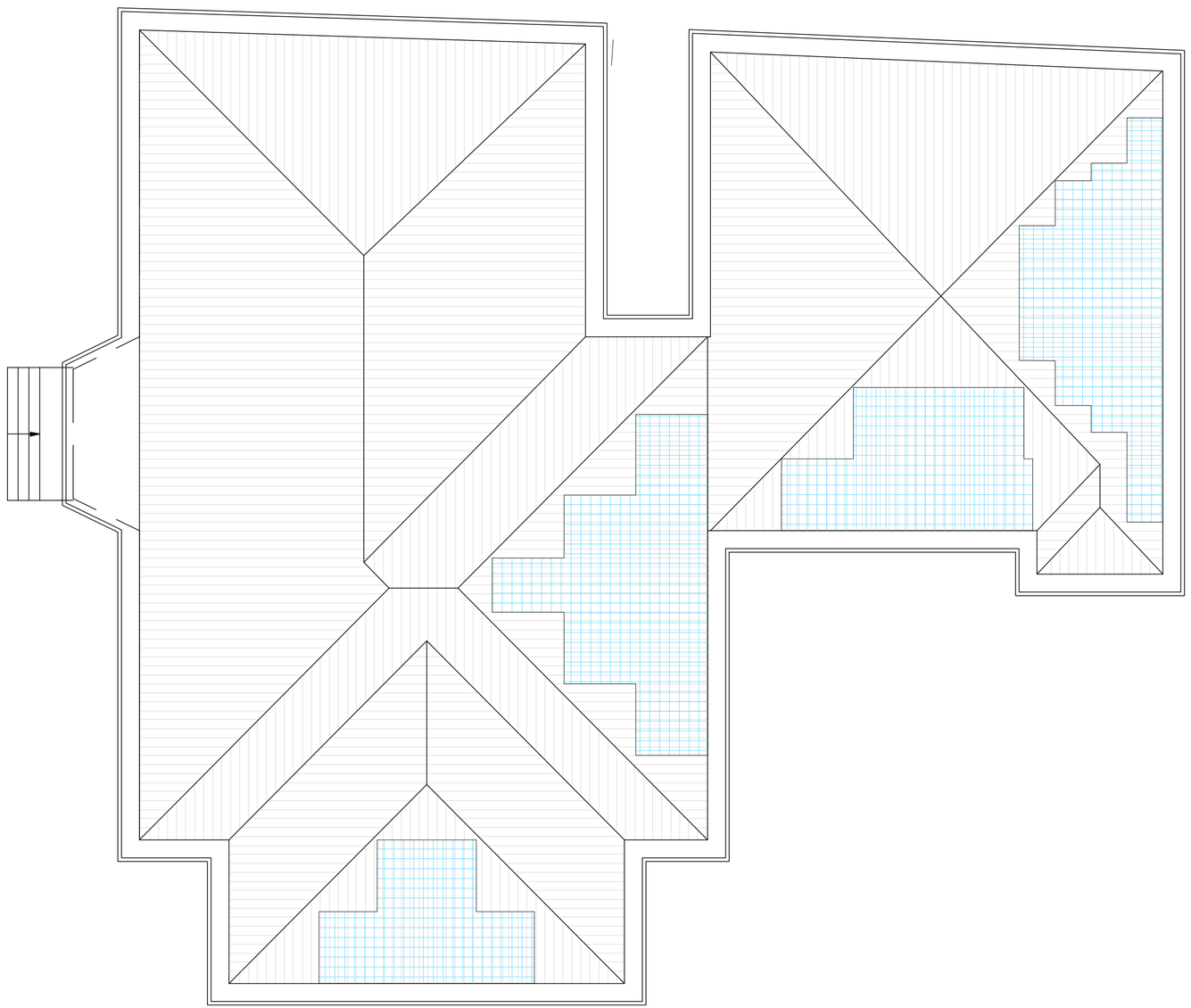
Elaborato: Planimetria progetto - PIANO PRIMO
Descrizione interventi sugli impianti

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **I.07**



LEGENDA

Sostituzione corpi illuminanti

Installazione di impianto fotovoltaico

A Installazione di PDC per produzione di ACS

Comune di ROMAGNANO SESIA (NO)

ISTITUTO TECNICO AGRARIO G. BONFANTINI

Via Passerella, 4 - 28078 Romagnano Sesia (NO)

INTERVENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SCOLASTICA DI CUI ALLA D.G.R. PIEMONTE 12-6815 DEL 4-5-2018

Progettista:

Prof. Ing. Paolo Oliaro

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTTING. OLIARO PAOLO
Sez.A Settori: Civile e Ambientale, dell'Informazione
n° A 24252

advanced engineering

Via Monte Bianco, 34 - 20149 Milano
Tel +390245473703 - Fax +390245473704
E-mail: mail@advancedengineering.it - C.F./P.IVA 04325430967
URL: www.advancedengineering.it

Fase: **Diagnosi Energetica**

Elaborato: Planimetria progetto - PIANO COPERTURA
Descrizione interventi sugli impianti

Data prima emissione: **06.06.18**

rev.	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
00	06.06.2018	emissione	AC	PO	PO

scala: 1:100

tav **I.08**