

ISSN 1824-4696
Mensile - Anno XXVI
n° 10 - dicembre 2015
Poste Italiane SpA
Sped. in abbonamento postale
D.L. 353/2003
(conv. in L. 27/02/2004 n. 46)
art. 1, comma 1, DCB Milano

Serramenti + design



tecniche nuove



dicembre 2015

Rapporto
Recupero e riqualificazione: l'impatto economico delle misure

Primo piano
Porte automatiche e automatismi per serramenti: il mercato si "intona"

Realizzazione
Innovazione tipologica del sistema di facciata in vetro strutturale

Tecnologia
Vetri fotovoltaici: un brevetto tutto italiano

STRATOBEL STRONG
Unico per la sua resistenza
Esclusivo per la sua estetica

AGC

GLASS UNLIMITED

VETRO DI SICUREZZA STRATIFICATO CON PVB RIGIDO

Unico nel suo genere, Stratobel Strong incorpora un PVB cento volte più rigido rispetto agli intercalari di PVB normalmente utilizzati nei vetri di sicurezza. Garantisce migliori proprietà meccaniche, come una maggiore resistenza al carico, una freccia di inflessione ridotta, resistenza post-rottura e infine un'eccellente stabilità dei bordi con minori rischi di delaminazione.

Stratobel Strong assicura un'eccellente aspetto neutro grazie al PVB esclusivo che non modifica in alcun modo il colore del vetro.

AGC Flat Glass Italia - T +39 02 626 90 110 - F +39 02 65 70 101 - market.italia@eu.agc.com - www.yourglass.com

www.serramentinews.it

Innovazione tipologica DEL SISTEMA DI FACCIATA IN VETRO STRUTTURALE

Assumono i caratteri dell'innovazione sistemica determinata dalle modalità di impiego delle chiusure in lastre di vetro mediante vincoli puntuali e di collegamento alle intelaiature in cavi di acciaio le soluzioni progettuali e realizzative delle soluzioni di facciata sviluppate, in Italia, per il Centrum Spotkania Kultur a Lublino (Polonia) sorto sulla riqualificazione dell'incompiuto Teatro dell'Opera

» Massimiliano Nistri, Politecnico di Milano

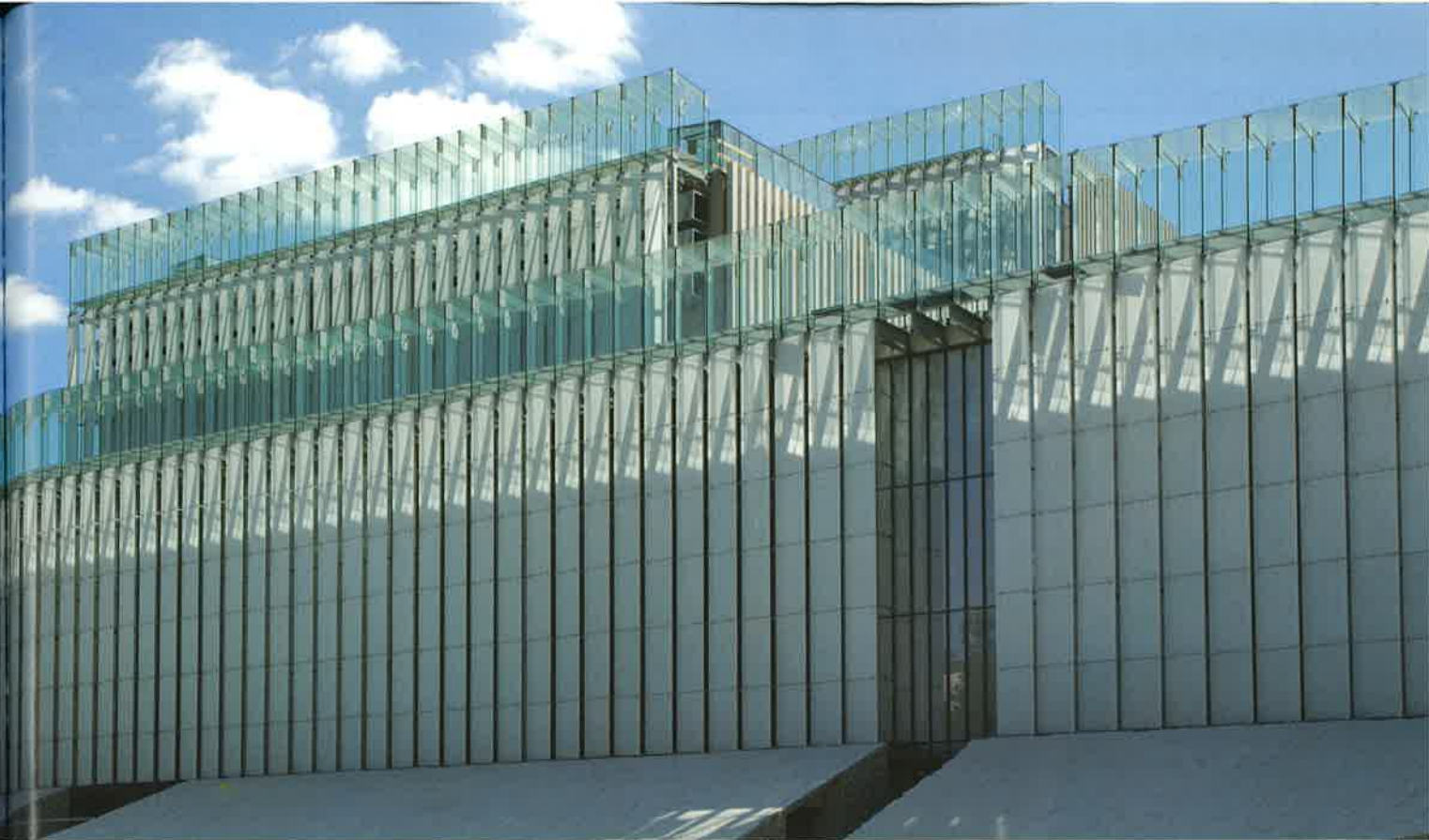
Il sistema di facciata elaborato e applicato alla costruzione del **CSK**, Centrum Spotkania Kultur (ovvero, "Centro di Incontro tra le Culture") a Lublino (Polonia), progettato da **Stelmach & Partners**, si delinea nei criteri di evoluzione tipologica, strutturale e funzionale della facciata sospesa (o facciata in vetro strutturale, suspended curtain wall o point fixed curtain wall). La concezione e la realizzazione dell'involucro assumono i caratteri dell'innovazione sistemica determinata dalle modalità di impiego delle chiusure in lastre di vetro mediante vincoli puntuali (secondo le procedure di fissaggio a sostegno meccanico) e di collegamento alle intelaiature in cavi di acciaio,

ancorate alle strutture di elevazione principali della cortina perimetrale. Nel caso in esame, l'apparato evolutivo dei componenti e delle relative disposizioni di interfaccia connettiva si esprime nell'analisi e nella risoluzione dei moduli di facciata, articolati secondo diverse sezioni in altezza, attraverso l'esecuzione mediante la struttura a funi e l'assemblaggio delle lastre a "scaglie": questo sia nella porzione prospettica inferiore, sia nelle fasce intermedie ai livelli superiori, in questo caso prevedendo l'installazione sui sostegni metallici. Inoltre, l'articolazione architettonica e compositiva dell'involucro comprende la costruzione dei "tunnel" con struttura e chiusura in vetro, "appoggiati" sulle sezioni di facciata e diretti al passaggio tra i vari settori delle coperture dove sono incluse le superfici a giardino. Questa tipologia di facciata, studiata da **Lilli Systems** per la progettazione esecutiva e strutturale (con la revisione, per il deposito presso le autorità polacche, da parte di **Tomasz Karwatka** e di **Robert Kocur** dello **Studio Profil** di Varsavia), permette la configurazione di superfici completamente trasparenti, senza profili in vista, prevedendo la ripartizione dei carichi dei moduli di chiusura: il sistema di involucro (che copre la superficie pari a circa 900,00 mq per la tipologia di facciata in funi, mentre l'intera costruzione consiste in circa 3.000,00 mq dei quali la superficie di 660,00 mq riguarda le facciate a "scaglie" con struttura metallica e la superficie di 1.400,00 mq circa riguarda i tunnel vetrati - con uno sviluppo longitudinale pari a circa 82,00 m e l'altezza libera di flessione poco superiore alla quota di 11,00 m) è composto dalle strutture reticolari a tiranti, secondo l'andamento verticale, ed è collegato a mensole in acciaio connesse all'organismo architettonico tramite la serie di mensole in acciaio. Il Centrum Spotkania Kultur, come spiega il progettista **Bolesław**

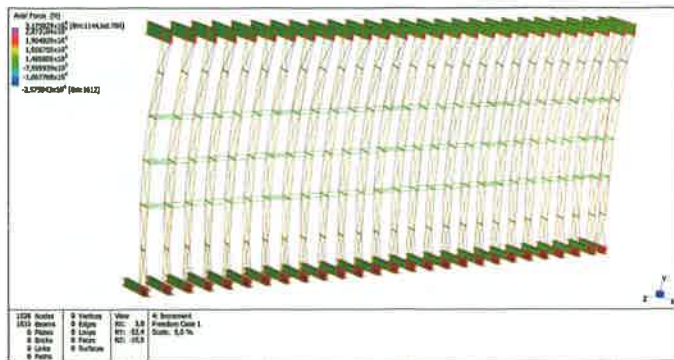


L'elaborazione euristica e studio della composizione volumetrica rimarca l'aggregazione delle cortine diaframmatiche a trasparenza mediata oltre i prospetti, secondo l'afflato alla percezione attenuata dalle trame dotate di sfumature percettive e visive



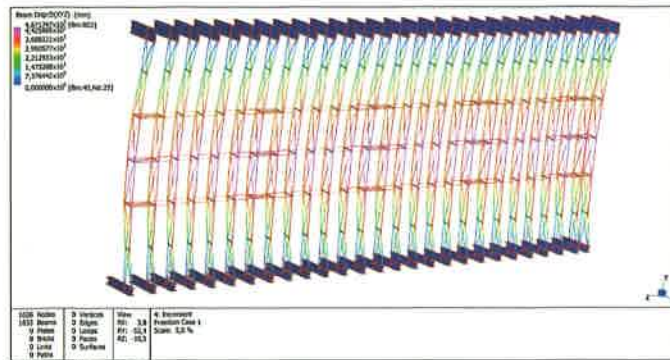


Buma Factory - CBM
 Maximum Axial Force
 Eng. Lorenzo Lambrocco Solution 2



Page 1

Buma Factory - CBM
 Maximum Total Displacement
 Eng. Lorenzo Lambrocco Solution 2

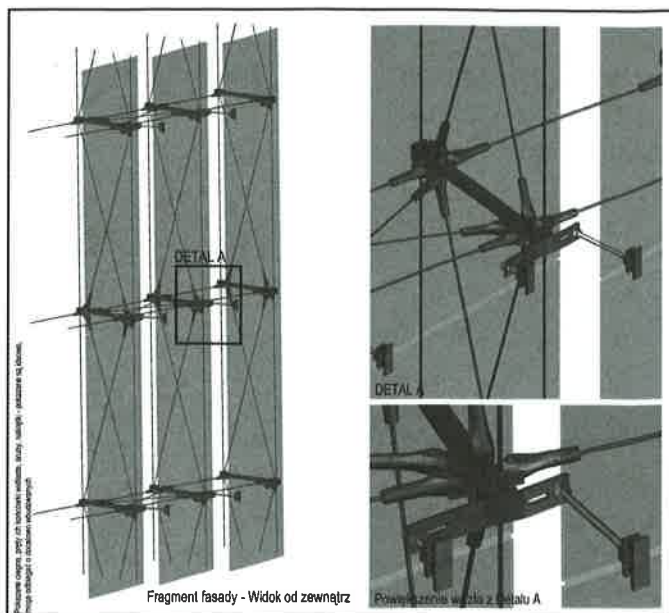


Page 1

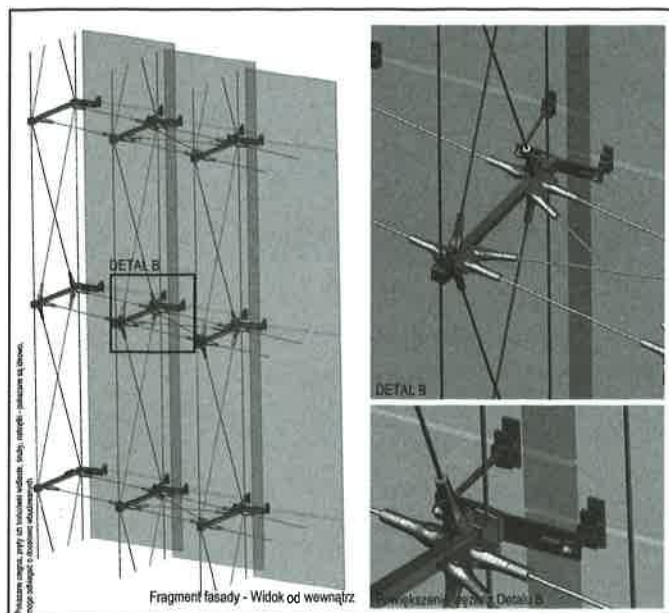
Studio della tensostruttura sia rispetto alle condizioni di massimo carico assiale, secondo la deformazione delle sezioni reticolari rispetto alla configurazione planare, sia di massimo spostamento concentrate nelle sezioni centrali dove si applicano gli apparati di controvento

Stelmach, «è nato dalla ricostruzione di un vecchio palazzo del Teatro dell'Opera mai compiuto, lasciato cadere in rovina per oltre quarant'anni (e, per questo, noto anche come "il teatro in costruzione"). Il progetto concettuale che ha vinto il concorso internazionale di architettura prevedeva di conservare il tessuto "crudo" dell'edificio incompiuto e l'introduzione delle nuove funzioni culturali nella struttura originaria. Il concetto della sintesi tra la natura e la cultura si traduce nell'idea di dimostrare l'intrecciarsi dei tre strati del tempo nell'ambito delle macerie conservate e ristrutturare: cumuli davanti al Teatro, con delle lettere scavate nella roccia provenienti dalle lingue antiche che stanno scomparendo oppure ormai morte (come il greco, il latino e l'ebraico) - che simbolizzano il passato - , facciate multimediali

in vetro - che evocano per il presente - e giardini pendenti dai tetti - che rappresentano l'avvenire. Le facciate multimediali in vetro stese sulle strutture a funi di acciaio creano uno spazio per presentazioni di luce multicolore dall'interno del palazzo. Al contempo, costituiscono enormi schermi per "mappare", proiettare contenuti visivi dai proiettori ad alta potenza localizzati nella piazza davanti al Teatro». L'esecuzione della tipologia evoluta in vetro strutturale consegue alla ricerca euristica condotta da Stelmach & Partners per aggregare, oltre le sezioni "massive" della composizione volumetrica, una serie di diaframmi costituiti da cortine e da tessuti dalla trasparenza mediata, osmotica ai fini percettivi. Il trattamento delle superfici rileva l'accezione poetica orientata alla sfumatura, verso l'alto, laddove



Articolazione dei cavi secondo la disposizione aggregata delle flange, diretta ai passaggi delle serie lineari, verticali e orizzontali, della tensostruttura oltre all'innesto delle sezioni di irrigidimento per le strutture di controvento



Configurazione geometrica e meccanica dei dispositivi di guida, al passaggio dei cavi tensori, e dei dispositivi di sostegno alle chiusure in vetro, mediante i setti per il collegamento ai pressori esterni e le mensole a sostegno delle lastre in vetro

l'involucro da opalino si dispiega attraverso l'assoluta trasparenza, e verso l'aggiunta di una trama leggera che attenua la visione diretta dei prospetti. La costruzione del sistema produce l'avvolgimento della cortina perimetrale dell'organismo architettonico esistente (nel quale molte parti risalenti al secondo dopoguerra sono state conservate e integrate alle nuove), mediante una serie di "vele" segmentate e assemblate in successione, conseguendo l'effetto chiaroscuro che accentua la modulazione verticale per mezzo degli stacchi tra ogni fascia scanalata rispetto all'altra. La successione delle sezioni portanti del sistema si svolge per mezzo dell'interposizione delle tre serie orizzontali, secondo la combinazione con gli apparati portanti, ovvero caratterizzata dal comportamento meccanico secondo:

- la struttura principale, inferiore e superiore, nella forma di una trave perimetrale a sezioni trasversali realizzate in carpenteria di acciaio, dirette a sostenere i carichi verticali dovuti ai moduli sospesi e ai dispositivi aggregati, oltre la tensione relativa ai cavi di stabilizzazione delle travi stesse;
- l'azione dei carichi orizzontali, per cui le sollecitazioni dirette in modo perpendicolare al piano di facciata determinano, nei confronti dei moduli, dei carichi di flessione sia sul piano verticale sia sul piano orizzontale: a tale proposito, il funzionamento dei dispositivi puntuali di giunzione rende possibile la mobilità e la rotazione dei moduli al di fuori del proprio piano;
- l'azione dei carichi laterali, per cui le sollecitazioni dirette in modo laterale al piano di facciata comportano, tramite il funzionamento dei dispositivi puntuali di giunzione, la mobilità dei moduli nel loro piano, ruotando attorno all'asse della bullonatura.

La soluzione strutturale scelta consiste nell'utilizzo di un reticolo di

Una fase della regolazione in opera dei segmenti in acciaio protesi dai bracci, per il supporto dei distanziali a sostegno dei dispositivi di giunzione

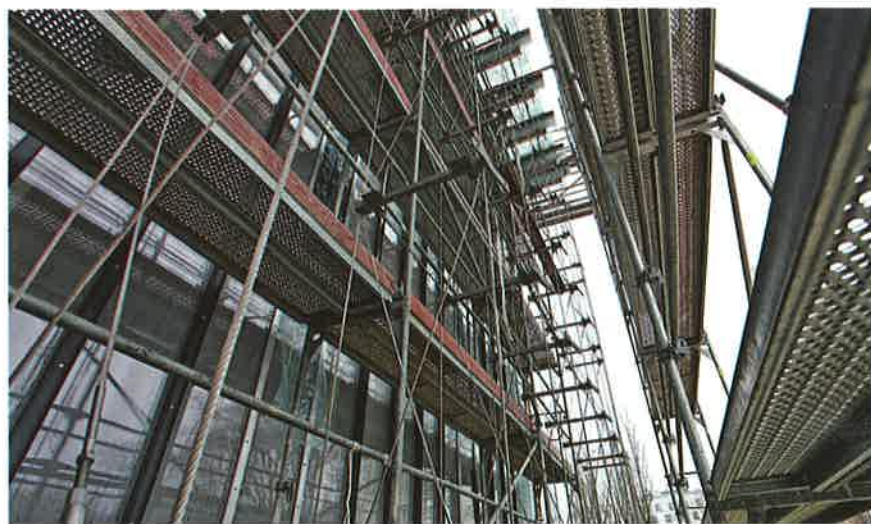


Sviluppo delle fasce verticali in vetro rispetto alla successione delle travi di base in acciaio, lasciate a vista

tiranti pretesi, con i correnti verticali in fune coadiuvati dai tiranti incrociati (sempre in fune, ma di diametro minore nella parte centrale dello sviluppo verticale), e di un profilo tondo nelle due zone di estremità, superiore e inferiore, di ogni capriata reticolare. I collegamenti orizzontali tra le capriate posti nelle tre file centrali dei puntoni sono costituiti dai tiranti in profilo tondo con l'inserimento di opportune croci di "Sant'Andrea" ogni sei capriate verticali. La struttura è progettata e verificata conducendo un'analisi non lineare tramite l'utilizzo del software *Straus7*, permettendo di identificare i diametri corretti dei vari tiranti e di ottimizzarne i carichi di pretensione che sono diversi secondo la tipologia del tirante stesso. Ovvero, l'elaborazione meccanica della tensostruttura si basa sul metodo di analisi agli elementi finiti, mediante la discretizzazione dei punti di interfaccia e la suddivisione in un sistema equivalente di strutture più piccole o unità, tali che il loro assemblaggio generi la composizione reale. Nel caso del sistema in esame, il metodo degli elementi finiti è così utilizzato per descrivere lo stato di deformazione continuo, raggiungendo le soluzioni formulate per ogni unità e combinate per ottenere la soluzione del corpo o della struttura originale secondo la procedura "frame". La tensostruttura portante è studiata secondo l'obiettivo di esaminare le condizioni di massimo carico assiale, che induce la deformazione delle sezioni reticolari rispetto alla configurazione planare, producendo uno stato di presso-flessione concentrato, in particolare, lungo la porzione intermedia. La modellazione, poi, approfondisce le condizioni di massimo spostamento che, nello sviluppo della tensostruttura, si concentrano all'interno delle sezioni centrali: su queste fasce si dispongono gli apparati di controvento, caratterizzati dalla serie di campate definite come nuclei di irri-

gidimento per mezzo degli incroci tra i cavi. Inoltre, la modellazione si focalizza sulle particolari situazioni di carico inerenti le singole funi della tensostruttura, rilevando lo stato di pre-carico per i passaggi lineari e diagonali.

Le reticolari verticali sono collegate dai tiranti orizzontali nelle tre file centrali dei puntoni, mentre i pannelli di vetro sono installati per file verticali, ruotate di 11° rispetto al piano parallelo alla facciata, e collegati alle capriate reticolari, tramite i supporti puntuali. Dal punto di vista strutturale, la maglia dei tiranti mostra alcune peculiarità realizzative dovute alla geometria ruotata dei vetri: quando la facciata è sottoposta all'azione del vento, la configurazione a scaglie genera



Rilevazione del doppio ponteggio diretto alle opere di montaggio e di regolazione della tensostruttura

Ricerca e sviluppo squisitamente made in Italy

L'elaborazione progettuale ed esecutiva svolta da Lilli Systems (Giano dell'Umbria, Perugia) riguarda l'intero sviluppo delle soluzioni tecniche orientate alla realizzazione delle tipologie di facciata in accordo alla concezione di Stelmach & Partners, sia comportando il processo di custom component design dei moduli e dei dispositivi di sostegno e giunzione, sia provvedendo allo studio strutturale. Questo con principale approfondimento del sistema portante della tensostruttura al piano terra e insieme alla produzione e fornitura degli accessori (inclusa la tiranteria delle tensostrutture), fino alla



Lorenzo Lilli

supervisione in fase di montaggio. In generale, l'operatività di Lilli Systems, fondata e diretta dagli ingegneri Doriano, Lorenzo e Leonardo Lilli, dedica la sua attività alla ricerca e allo sviluppo di tecnologie per l'involucro edilizio seguendo le attuali tendenze architettoniche. A partire dal sistema S.J.S. per le facciate puntuali con snodo sferico senza la foratura dei vetri, l'azienda ha sviluppato una serie di brevetti che le conferiscono lo stato di leader nel settore della serramentistica per gli involucri, sia in Italia sia all'estero. L'offerta è ampia, agendo dai sistemi di facciata puntuali ai dispositivi frangisole, dai rivestimenti esterni

per le facciate ventilate fino alle soluzioni per coperture e pensiline vetrate. L'elaborazione progettuale, produttiva ed esecutiva, si concentra sulla cura ai dettagli, all'efficienza e al design. In particolare, attualmente Lilli Systems è attiva attraverso:

- la sezione "Lilli Systems Building Covering Technologies", per lo sviluppo, la produzione e la vendita di tecnologie e sistemi per l'involucro edilizio;
- la sezione "Lilli Systems Engineering", con focus nel servizio di engineering per terze parti, per lo sviluppo di progetti di involucro edilizio e di nuovi sistemi.



Doriano Lilli

una serie di turbolenze e di deformazioni differenziali della facciata lungo lo sviluppo longitudinale, dovute anche al fatto che il sistema è diviso in due parti scollegate tra loro. All'interno di questa impostazione meccanica emerge il vincolo progettuale dettato dalla dimensione dei profili in acciaio, dove le capriate verticali scaricano le forze di trazione: tali mensole, seppure di generose dimensioni, sono state realizzate in una fase precedente del progetto senza tenere pienamente conto dei carichi che la facciata stessa avrebbe generato, comportando la limitazione della pretensione applicabile alle funi costituenti le capriate per mantenere la deformazione delle mensole entro limiti accettabili.

La connessione tra la facciata e la struttura di controvento avviene mediante l'applicazione del sistema di bielle che, protese dal bullone articolato dei dispositivi di fissaggio, si dispongono in successione verso la travatura orizzontale (della struttura di controvento stessa). Secondo la formulazione generale del sistema:

- le travi orizzontali sono realizzate da un profilo longitudinale centrale (operante a compressione), dalla serie dei distanziatori (ope-

ranti a compressione, rivolti a tenere in tensione i cavi) e dalla doppia serie di cavi (lineari all'esterno del profilo longitudinale e diagonali, tra i cavi lineari e il profilo centrale, tutti operanti a trazione);

- le travature, che, nel loro insieme, reagiscono nei confronti sia dell'azione di pressione del vento, sia dell'azione di depressione, sono applicate in successione secondo ogni interfaccia orizzontale tra i moduli di vetro;
- l'integrazione dei cavi a forcipe tra le travature assume la funzione di collegamento e di stabilizzazione rispetto ai carichi giacenti su piani diversi (dovuti alla rotazione delle bielle per i movimenti verticali della facciata, che potrebbero causare la rotazione delle travi stesse, perdendo la loro stabilità) da quello orizzontale (riferito alle travi). Le travi sono allora collegate a quelle superiori mediante i cavi a forcipe, sottoposti a trazione, in modo da evitarne la rotazione;
- i distanziali sono configurati nella forma di una trave a sbalzo caricata alle estremità, resistente alla flessione indotta dalla tensione dei cavi.

Rispetto alla configurazione planare orizzontale dei bracci, l'articolazione dovuta alle flange aggregate conduce allo sviluppo delle serie lineari dei cavi tensori, verticali e orizzontali, nelle sezioni perimetrali, esterna e interna, della tensostruttura. La disposizione connettiva delle estremità accoglie, sul piano verticale, le flange disposte per l'aggancio dei tensori diagonali trasversali, che si incrociano alla mezzera della campata; allo stesso modo, in senso orizzontale, si determinano le interfacce dovute ai cavi diagonali nelle sezioni di irrigidimento per le strutture di controvento. Questo mentre le proiezioni esterne dei bracci accolgono il fissaggio delle superfici laminari a sostegno dei distanziali.

Lo schema meccanico evidenzia la funzione delle apparecchiature protese esternamente ai bracci, nella forma sia di dispositivi di guida al passaggio (verticale o diagonale) dei cavi tensori, sia di supporti alle sagome da cui si svolgono i distanziali. I dispositivi di sostegno alle chiusure in vetro sono costituiti dalle geometrie dirette ad accogliere sia l'innesto e la regolazione dei distanziali, sia le superfici di connessione rispetto ai pressori esterni, mentre le mensole normali al piano di facciata compiono la base di supporto alle chiusure.

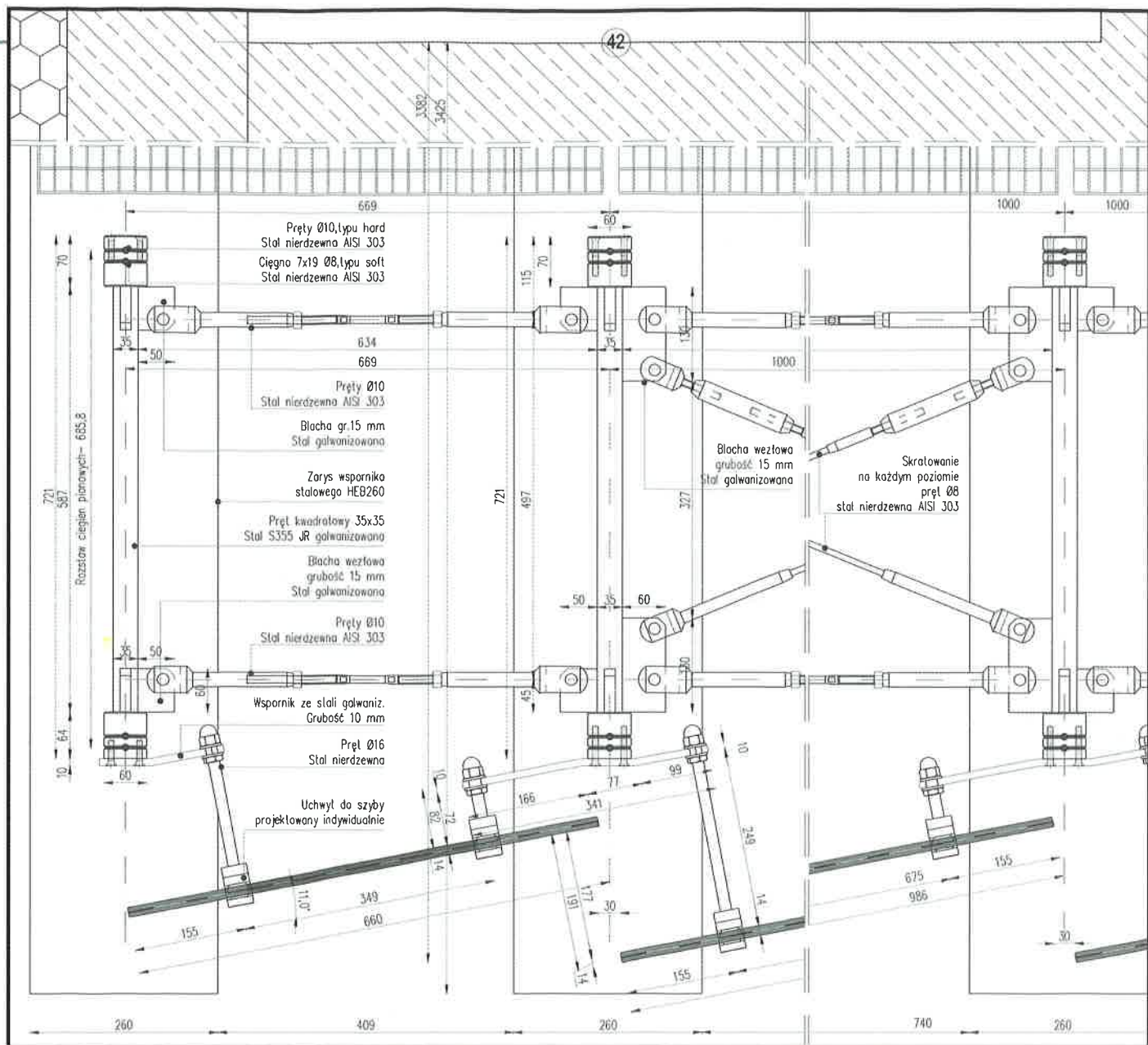
L'elaborazione del sistema di facciata, eseguita nei confronti dell'apparato strutturale perimetrale da parte di **Profil Budek** di Skawina (Polonia), in collaborazione con **Buma Factory** di Cracovia, considera:

- l'applicazione delle lastre di vetro temperato in moduli associati gli uni agli altri (capaci di resistere a trazione), nell'insieme sospesi alla struttura a funi a cui sono trasferiti i carichi verticali, e il trasferimento delle sollecitazioni orizzontali alla struttura di controvento, secondo il passaggio dei carichi mediante:
- i dispositivi puntuali di giunzione, rivolti a sostenere sia il peso delle lastre (quale carico per-fettamente verticale), sia i carichi orizzontali in direzione normale al piano di facciata;
- l'articolazione dei distanziali orizzontali di collegamento;
- l'assemblaggio delle lastre di vetro secondo l'innesto delle cop-



Procedure di posa delle travi superiori in acciaio per l'aggancio della tensostruttura e per il sostegno delle incastellature in vetro a supporto del coronamento

Composizione del settore di coronamento superiore, che prosegue la successione modulare delle "vele"



La composizione dell'orditura delle sezioni di controvento osserva le procedure di fissaggio dei perni di estremità, agganciati alle flange protese dai bracci, che si dirigono fino agli elementi comprensivi dei passaggi verticali e diagonali dei cavi: questi sostengono i distanziali a sostegno dei dispositivi di giunzione puntuale in accordo alla variazione delle quote geometriche relative alle lastre di vetro

pie di dispositivi puntuali di giunzione nelle connessioni orizzontali, evitando la foratura (e, quindi, le conseguenze causate dallo "sfrangiamento" del materiale, tale da comportare una distribuzione degli sforzi non uniforme e da favorire sia la formazione sia la progressione di microfrazioni): i dispositivi sono realizzati da una cerniera sferica capace di ruotare all'interno della testa del bullone, permettendo il movimento differenziale tra il piano di facciata e la struttura.

L'applicazione evoluta dell'involucro in vetro strutturale accoglie l'impiego del sistema **S.J.S.** (Spheric Jaws System) elaborato da Lilli Systems, concentrato sulla messa a punto del dispositivo rivolto all'appoggio puntuale e all'inclusione dello snodo sferico, includendo un supporto e un pressore esterno in alluminio: questi, uniti, permetto-

no l'esecuzione di superfici vetrate in appoggio senza la necessità di forare il vetro o di un ancoraggio rigido delle lastre. Il collegamento avviene attraverso il nodo sferico, allo scopo di consentire sia la trasmissione degli sforzi indotti sulle lastre dalle azioni esterne, sia le deformazioni delle lastre stesse: questo si verifica incorporando nello snodo opportune calotte sferiche in materiale plastico (alloggiate in due sedi predisposte sia sul supporto sia sul pressore esterno, aventi lo stesso diametro della sfera) a basso coefficiente di attrito. La formulazione dei dispositivi di fissaggio esamina, in generale, il comportamento fisico dei moduli di vetro che, per la loro rigidità, non permettono alle tensioni generate al loro interno (provocate dall'azione esercitata dai dispositivi stessi) di distribuirsi in modo uniforme (quanto, invece, di localizzarsi nei punti di contatto). Pertanto, i dispositivi a

sostegno meccanico del sistema S.J.S. "sospendono" puntualmente le lastre di vetro e trasmettono le sollecitazioni (come il peso proprio, i carichi eolici, le dilatazioni e i movimenti differenziati) all'intelaiatura in cavi di acciaio. Ancora, tali dispositivi sono capaci di assorbire gli sforzi di torsione e di flessione trasmessi dai movimenti strutturali. L'esecuzione del sistema di facciata comporta la sospensione delle lastre di vetro a due punti di fissaggio superiori, con il compito di sostenerne il peso proprio, e a due fissaggi inferiori, con il compito di assorbire i movimenti differenziati nel piano di facciata dovuti ai movimenti della struttura portante.

Il sistema S.J.S. è disponibile nella versione rivolta alle tensostrutture ma, per la costruzione del CSK a Lublino (Polonia), lo studio Stelmach & Partners, ha ricercato delle soluzioni individuate dai caratteri propri del design "industriale", per cui le forme arrotondate e le finiture spazzolate della tipologia originale non potevano essere utilizzate. L'applicazione nei confronti dell'edificio esistente, basata sull'orientamento high-tech degli elementi tecnici, si affina tramite l'ausilio di superfici trattate e riscontrabili nei modi a "grezzo": a tale proposito, i componenti dei supporti delle chiusure in vetro, i pezzi dei puntoni, che costituiscono le reticolari in tiranti, e tutta la tiranteria sono prodotti in forme squadrate e ponendo particolare cura alle reciproche proporzioni geometriche. La scelta di utilizzare l'acciaio inox AISI 303 offre un grado di protezione inferiore agli agenti atmosferici rispetto ad altre tipologie di acciaio inossidabile, consentendo l'"aggressione" da parte delle sollecitazioni climatiche fino a generare una patina superficiale di ossido al fine di accentuare la percezione "invecchiata" delle finiture: inoltre, questo effetto estetico è accentuato dal trattamento degli elementi tecnici in esame (a eccezione delle funi) attraverso il procedimento di pallinatura meccanica, che ha reso le superfici ruvide e porose.

La modulazione regolare della facciata in vetro strutturale si defini-

sce in accordo alla collocazione coordinata degli assi strutturali principali, secondo geometrie e quote in grado di dirigere e di governare la successione per chiusure unificate. L'assetto verticale (sulla quota complessiva pari a 10.874 mm), invece, è compreso tra le due serie di travature trasversali in acciaio, di base e di copertura, tra le quali la trama dei moduli si articola per mezzo della quota di base (pari a 1.655 mm), delle quote relative ai quattro moduli intermedi (pari a 1.850 mm) e della quota superiore (pari a 1.819 mm).

L'impostazione del sistema in vetro strutturale di tipo evoluto si concretizza a partire dalla collocazione dell'apparato portante principale inferiore, composto dalla serie delle sezioni in carpenteria di acciaio (nel tipo **HEB 260**, situate secondo la collocazione modulare per la distanza di interasse pari a 1.000 mm). Le ali superiori dei profili presentano le forature rivolte ad accogliere (per bullonatura): la disposizione delle coppie di squadre per l'aggancio, tramite le forature delle piastre verticali, della serie di perni passanti alla cima delle funi; la disposizione delle squadre centrali per l'aggancio, tramite le forature delle piastre verticali, dei singoli perni passanti alla cima delle funi e la disposizione delle squadre trasversali (di dimensioni pari a 60x60x10 mm) tra due profili posti in contiguità.

La collocazione perimetrale delle travature in profili di acciaio, situati in successione trasversale, prevede l'applicazione delle squadre (tra travi in contiguità) in appoggio alle disposizioni lineari (di dimensioni pari a 120x60x10 mm). Nell'insieme, la combinazione delle squadre in acciaio rientra nello spazio geometrico compreso dalle superfici determinate dai moduli sfalsati e a "scaglie".

Rispetto al sistema di tamponamento in vetro, secondo l'interfaccia inferiore costituita dall'innesto (compreso dal dispositivo di fissaggio a pressore) sporgente fino al rivestimento in lamiera di alluminio, la travatura di base in profili di acciaio sostiene, al perimetro, una griglia calpestabile. La serie di squadre in piastre di acciaio, collegate alle ali superiori delle travi, comporta le procedure di fissaggio dei perni di estremità sia per le funi lineari (nelle porzioni esterne), sia per le funi diagonali per la combinazione a forcipe (nel settore intermedio). I perni conseguono all'innesto dei manicotti filettati per la regolazione delle quote di interfaccia, mentre all'estradosso delle sezioni di trave avviene l'appoggio dei moduli di vetro inferiori (con l'inserimento entro i profili a "U" in alluminio e la sigillatura silconica). Lo sviluppo delle funi, dai perni di estremità collegati alle squadre in acciaio, osserva il funzionamento secondo l'estensione rispetto agli allineamenti esterno e interno, entrambi passanti nei dispositivi di guida (di altezza pari a 60 mm); l'estensione rispetto alle geometrie diagonali, caratterizzate dall'aggancio verso le flange protese dai bracci orizzontali, secondo l'innesto (per bullonatura) attraverso le forature da parte dei perni di estremità, e dal passaggio all'interno dei dispositivi di guida che, in questo caso, si abbinano allo sviluppo dei correnti lineari.

Nel caso dei dispositivi di guida perimetrali esterni, il sistema prosegue con gli elementi planari alla facciata dai quali si proiettano i giunti



Costituzione della sezione occupata dalla tensostruttura, all'interno dello spazio compreso tra la chiusura di tamponamento e i moduli in vetro strutturale



in rapporto alle quote necessarie a comprendere la dimensione delle lastre in accordo alla collocazione a "scaglie".

La fase esecutiva mette in rilievo le modalità di coordinamento costruttivo regolate dall'assemblaggio delle squadre al di sopra delle travi di base, dalle quali si dipartono i tensori per l'innesto dei cavi lineari e diagonali. L'orditura procede con l'interposizione dei bracci orizzontali relativi alle sezioni di controvento, dai quali si svolgono le superfici di appoggio per la proiezione dei distanziali.

Il sistema strutturale a cavi è sostenuto, nella sezione superiore, mediante la proiezione delle travi in acciaio (nel tipo IPE 500), estese dall'apparato portante principale in c. a. L'interfaccia di connessione osserva lo sviluppo della sezione di completamento tra la struttura e la cortina planare di tamponamento, per mezzo dei raccordi composti dalle lamiere in alluminio e dagli strati termoisolanti interposti. La travatura in acciaio realizza, mediante le ali inferiori, la superficie di fissaggio (tramite le forature passanti) alla serie di squadre in acciaio per l'aggancio dei perni di estremità; in particolare, l'estensione delle travi raggiunge il filo di facciata più esterno (secondo la quota raggiunta dalla composizione a "scaglie" delle lastre in vetro), comportando il taglio delle ali inferiori. La battuta delle lastre, poi, come nel caso della soluzione di base, avviene con il passaggio entro i canali in alluminio e la sigillatura silconica. Le ali superiori dei profili di travatura trasversali compiono il piano di appoggio per l'incastellatura in vetro finalizzata a realizzare la sagoma portante alla chiusura scatolare di coronamento superiore, rivestita in lastre di vetro. Anche in questo caso, il proseguimento dell'orditura strutturale si delinea con l'apporto delle procedure di combinazione meccanica per mezzo delle squadre e delle giunzioni per bullonatura.

La tessitura dei bracci trasversali, per l'orditura delle sezioni di controvento, si concreta attraverso l'aggregazione dei perni di estremità (in acciaio AISI 303), provvisti dell'innesto regolabile (con filettatura, $\varnothing = 10$ mm): questi sono agganciati alle flange (di dimensioni pari a 50x60 mm) protese dai bracci, a loro volta distanziati secondo quote coordinate e variabili. Nel caso del passaggio dovuto anche ai correnti diagonali le dimensioni delle flange sono superiori, così da accogliere la doppia foratura e bullonatura. I bracci (in profilo pieno di acciaio, di dimensioni pari a 35x35 mm) si estendono fino agli elementi comprensivi dei passaggi verticali e diagonali dei cavi, a loro volta finalizzati a eseguire il piano di connessione per i segmenti

Esecuzione dei moduli di facciata attraverso il montaggio mediante i dispositivi di giunzione puntuale a pressione che contribuirà a determinare la cortina in vetro strutturale secondo la successione delle fasce verticali scanalate



articolati in acciaio (di lunghezza totale pari a 341 mm) che supportano i distanziali ($\varnothing = 16$ mm): questi procedono verso l'esterno fino al sostegno dei dispositivi di giunzione puntuale, secondo la variazione delle quote geometriche dirette a realizzare la tipologia a "scaglie" con le lastre di vetro temperato distanziate e inclinate rispetto al piano dell'involucro.

Nel caso della disposizione dell'orditura di controvento nei confronti degli assi strutturali principali, l'esecuzione prevede lo sdoppiamento dei bracci (alla distanza pari a 50 mm), in modo da ottemperare alle necessità meccaniche della costruzione: ognuno dei due bracci in contiguità è provvisto dei dispositivi di guida e delle connessioni finalizzate a sostenere, in modo autonomo, i segmenti (alla distanza pari a 30 mm) da cui si svolgono i distanziali. Questo oltre a comportare l'aggregazione delle flange di dimensione tale da accogliere gli agganci da parte dei dispositivi di estremità per i cavi diagonali. All'interno dello sviluppo sequenziale delle campate afferenti alla struttura di controvento si rilevano le sezioni di irrigidimento, composte dalla combinazione tra le diagonali collegate alle flange protese dai bracci in profili pieni. La proiezione esterna dei bracci, che sostiene le sagome (per doppia coppia di viti) a supporto dei distanziali, delinea la base portante per due chiusure in vetro in contiguità e sfalsate. Nello specifico, da ogni sagoma si dipartono due distanziali inclinati, uno di dimensione rastremata e l'altro di dimensione estesa per raggiungere il lembo orientato verso l'esterno.

● RIPRODUZIONE RISERVATA ■