

Herman Neuckermans,  
Faculty of Engineering Sciences, KU Luven, Belgium

herman.neuckermans@kuleuven.be

Per secoli, la triade vitruviana ha costituito il paradigma della teoria e della pratica architettonica. È stato questo il sistema di pensiero nel quale *firmitas*, *utilitas* e *venustas* sono state ripetutamente reinterpretate e, volta per volta, è stata attribuita un'importanza relativa a ciascuna componente. La storia della teoria in architettura riflette questi cambiamenti nei modi di pensare al ruolo e al significato dell'architettura. Ciò che esiste non è 'una' teoria dell'architettura, è un caleidoscopio in evoluzione che riflette l'interpretazione dei vari autori/editori. Alcuni autori/editori cercano di cogliere questi spunti in continua evoluzione con la produzione di antologie/raccolte di articoli selezionati, una collezione di 'must have read' (Hays, 2000; Heynen et al., 2001; Leach, 1997; LeGates, Stout, 2000; Taschen, 2003). Alcuni di questi contributi hanno il carattere di opinioni esperte, altri sono piuttosto romanzi, alcuni sono analisi fattuali e più scientifiche, ma tutti, in ultima analisi, si basano sui valori, sul cambiamento dei valori. Tutti insieme riflettono lo stato dell'arte/teoria in un dato momento nel tempo e nello spazio (Heynen et al., 2003). Guardando attraverso gli occhiali della tecnologia, potremmo chiederci se l'architettura stia governando la tecnologia o se sia la tecnologia ad indirizzare gli sviluppi architettonici. Ad esempio, la cattedrale gotica è stata il risultato di una nuova comprensione delle forze in strutture di grande altezza o le abilità gotiche sono state il risultato - in una società teocentrica - dell'ambizione dell'umanità a raggiungere il cielo modellando colonne, volte e contrafforti? Le chiese gotiche che sono crollate tendono ad argomentare a favore di quest'ultima tesi. In ogni caso, l'architettura e la tecnologia sono sicuramente intrecciate: non c'è forma senza costruzione.

Soltanto l'architettura del non costruibile, infine, sfugge alla tec-

nologia. L'architettura e la tecnologia si alimentano a vicenda e legano/stimolano reciprocamente il loro sviluppo e la loro innovazione. A volte la tecnologia gioca un ruolo di avanguardia, altre volte sono gli scritti teorici a precedere. Così è stato per secoli (Mainstone, 1998) ed è ancora evidente oggi. Una costruzione reale con un'altezza di 1000 m è concepibile, perché la conoscenza, i materiali e le tecnologie per svilupparla sono concepibili e/o disponibili.

La relazione tra la teoria e la pratica rimane problematica. La teoria è principalmente prodotta dai ricercatori senza esperienza nella pratica, mentre i professionisti non hanno né il tempo né le competenze per avanzare dibattiti teorici. Le eccezioni come Koolhaas confermano la regola, non va dimenticato che le sue principali dichiarazioni teoriche risalgono al periodo precedente al suo coinvolgimento nella pratica reale. Nelle scuole di architettura, teorici e professionisti appartengono a gruppi differenti e anche in questo caso l'interazione è complessa. La ricerca tecnologica progredisce meglio nelle scuole con una qualifica politecnica, principalmente perché le materie richiedono basi matematiche e ingegneristiche in matematica, fisica, meccanica, scienza dei materiali, chimica, fisica delle costruzioni, ecc. Qui la difficoltà è di non dimenticare che tutte queste discipline sono al servizio dell'architettura. La teoria e la pratica richiedono un approccio mentale diverso: analitico, razionale e rigoroso nella scrittura teorica; sintetico, discorsivo e progettuale (nel modo di pensare) al fine di costruire le architetture. L'alfabetizzazione e la capacità di comprensione e rappresentazione grafica sono mondi differenti (Cross, 1982).

A partire dall'ultimo quarto del XX secolo, l'architettura ha do-

## ARCHITECTURAL DESIGN IN THE ERA OF TECHNOLOGY

For centuries the Vitruvian tripartition of architecture has been the architectural paradigm for architectural theory and practice. It has been the system of thought wherein the *firmitas*, *venustas* and *utilitas* were reinterpreted again and again and were attributed evolving relative importance.

The history of theory in architecture reflects these changes in attitudes regarding the role and meaning of architecture. What exists is not 'a' theory of architecture, it is an evolving kaleidoscope reflecting the interpretation of the authors/editors. Some authors/editors try to grasp this evolving insights by producing anthologies/readers of selected articles, a collection of 'must have read' (Hays, 2000; Heynen et al., 2001; Leach, 1997; LeGates, Stout, 2000; Taschen, 2003). Some of these contributions have the character of learned opinions, others are rather

novels, some are factual and more scientific, but they all ultimately rely on values, changing values.... All together they reflect the state of the art/theory at a given moment in time and space (Heynen et al., 2003).

Looking through the glasses of technology, one can question whether architecture is ruling technology or whether technology is steering architectural developments. Was, for example, the gothic cathedral the result of a new understanding of forces in tall structures or were the gothic skills the result of mankind's ambition - in a theocentric society- to reach heaven by shaping pillars, vaults and buttresses? The gothic churches that collapsed tend to argue in favor of the latter thesis. Anyhow architecture and technology are definitely intertwined: there is no shape without construction. Only unbuild(-able) architecture eventually

escapes technology. Architecture and technology nurture each other and entangle/ stimulate their mutual development and innovation. Sometimes technology plays an avant-garde role, sometimes theoretical writings precede. It has been the case for centuries (Mainstone, 1998) and it still is obvious today. A real building 1000 m of height is conceivable, because the knowledge, materials and technology to build it are conceivable and/or available.

The relationship between theory and practice remains problematic. Theory is mostly produced by researchers without experience in practice, while practitioners don't have time nor competences to advance theoretical debates. Exceptions like Koolhaas confirm the rule, not to forget that his major theoretical statements date from the period prior to his involvement in

vuto affrontare cambiamenti radicali nella società e (di conseguenza) cambiamenti radicali nella tecnologia: prima l'avvento dei computer, oggi il tema della sostenibilità. Entrambi pervadono gli attuali dibattiti tecnologici. Poiché hanno avuto origine in ambiti esterni all'architettura, ci sono voluti anni prima che realmente entrassero nel campo dell'architettura, principalmente attraverso la pratica (sotto la pressione della pratica).

### I cambiamenti nella tecnologia

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) hanno rivoluzionato la nostra vita quotidiana, come pure la condizione professionale in cui gli architetti svolgono la loro attività. Hanno, inoltre, trasformato la formazione in architettura: regrediscono le capacità di disegnare a mano, sono scomparsi i tecnografi e i tavoli da disegno, è cambiata la pratica del tutoraggio. Non vi è alcuna scuola di architettura senza ICT, senza servizi di *rapid prototyping* o laboratori di *digital fabrication* (Fablab); i disegni non sono più realizzati con carta e matita. Internet è diventata fonte di informazione, pronta all'uso e disponibile sul posto. Ciò, a sua volta, crea nelle scuole un problema di autenticità e di attribuzione delle fonti, ma soprattutto può velare la reale comprensione, in particolare nei dettagli costruttivi. Il computer è per lo più utilizzato come potente sostituto del tavolo da disegno e del plastico architettonico. Spesso, se non addirittura sempre, per concepire un progetto architettonico si comincia da uno schizzo/idea non-digitale. Questo è uno dei motivi per cui schizzare a mano libera è ancora per i progettisti una necessità.

Le ICT hanno pervaso la pratica dell'architettura. La produzione di architettura si è trasformata da un mestiere manuale in una

professione basata proprio su di esse. La progettazione assistita dall'elaboratore (CAD, *Computer-Aided Design*), la produzione assistita da computer (CAM, *Computer-Aided Manufacturing*), l'ingegneria assistita dal computer (CAE, *Computer-Aided Engineering*), la modellazione assistita da computer e la realizzazione di modelli fisici tramite la prototipazione rapida, la progettazione parametrica, la robotica, la produzione industriale (di massa) personalizzata, oggi sono ormai prassi consueta. Sono disponibili sempre più software per testare l'idea durante il processo di progettazione: visualizzazione e simulazione, attraversare e sorvolare in tempo reale un modello tridimensionale, stratigrafie strutturali, esplosi, prospettive, studi di colore e texture, luci e ombre, la lista è quasi infinita. La *Life Cycle Engineering* permette di scegliere i materiali e gli elementi edilizi valutando il loro ciclo di vita "dalla culla alla tomba" o "dalla culla alla culla". Il *Building Information Modelling* (BIM) è il nuovo strumento per gestire le scelte (tecnologiche) fin dall'inizio del processo di progettazione. Negli studi professionali non sono richiesti tirocinanti senza competenze informatiche, e le specifiche abilità informatiche possono, addirittura, creare un profilo specializzato negli studi di architettura oppure ci si affida a uffici esterni specializzati in rendering. A volte, anche, le soluzioni e i dettagli costruttivi sono un'attività esternalizzata.

Le ICT hanno, inoltre, dato vita a nuovi metodi di calcolo consentendo, durante le fasi della progettazione, simulazioni senza precedenti. Il metodo degli elementi finiti (FEM, *Finite Element Method*) per il calcolo della deformazione e della tensione nelle strutture complesse, la fluidodinamica computazionale (CFD, *Computational Fluid Dynamics*) che permette la previsione dei movimenti del vento e dell'aria negli ambienti interni o tra gli

real practice. In schools of architecture theoreticians and practitioners belong to different groups and also there the interaction is difficult. Technological research flourishes best in schools with a polytechnic signature, mainly because the subjects require a mathematical and engineering foundation in mathematics, physics, mechanics, materials science, chemistry, building physics. The difficulty there is not to forget that all these disciplines are at the service of architecture. Theory and practice require a different state of mind: analytical, rational and rigorous for writing theory; synthetic, discursive and designerly (way of thinking) for making architecture. Literacy and graphicacy are different worlds (Cross, 1982).

From the last quarter of the twentieth century, architecture has been facing radical changes in society and (hence) radical changes in technology: first

the advent of computers, nowadays the theme of sustainability. They both pervade the technological debates of today. Because they originated outside architecture, it has taken years before they really entered the field of architecture, mainly via (pressure from) practice.

### Changes in technology

Information and computer technology (ICT) have revolutionized our daily life as well as the professional condition in which architects are operating.

It also has transformed education in architecture: hand drawing skills regress, drawing tables and drawing boards have disappeared, the practice of tutoring has changed. There is no school of architecture without ICT, without rapid prototyping facilities or digital fabrication laboratory (Fablab); designs are no longer made with pencil and

paper. Internet has become the source of information, ready for use and available on the spot. This in turn creates in schools a problem of authenticity and authorship, but more importantly they can mask understanding, especially for detailing the building.

The computer is mostly used as the powerful successor of the drawing table and the manual model making. Conceiving architecture frequently, if not always, still starts with a sketch or a non-digital model/idea. That is one of the reasons why freehand sketching still is a necessity for designers.

ICT has pervaded the practice of architecture. The production of architecture has transformed from a manual craft into an ICT based profession. Computer aided design (CAD), computer aided manufacturing (CAM), computer aided engineering (CAE), computer aided modelling and physical model

making via rapid prototyping, parametric design, robotic design, customized industrial (mass) production are now part of the usual practice. More and more software is available for testing an idea during the design process: visualization and simulations, real time walk-through and fly-over, structural decomposition, exploded views, perspectives, color and texture studies, shade and shadows, the list is almost endless. Lifecycle engineering allows for choosing materials and building elements considering their lifespan from cradle to grave or cradle to cradle. Building information modelling (BIM) is the new tool to manage (technologic) choices right from the beginning of the design process.

Professional practices enroll no apprentice without computer skills, and specific computer literacy even becomes a specialized profile in archi-

edifici negli spazi urbani (*urban physics*), l'analisi modale per il controllo del comportamento dinamico a vibrazione e risonanza delle strutture sottoposte alle sollecitazioni del vento o del sisma, il calcolo e la visualizzazione simulata delle caratteristiche termiche e igrometriche degli elementi costruttivi, la ventilazione, la propagazione del rumore, ... il calcolo del soleggiamento, delle ombre e dell'ombreggiamento, l'auralizzazione delle sonorità degli ambienti (che rende udibile il comportamento acustico degli ambienti reali utilizzando il metodo della risposta all'impulso in un modello digitale simulato), la previsione della diffusione della luce naturale negli ambienti, il calcolo e la simulazione tramite il *ray-tracing* e/o la *radiosity*, la trasmissione del calore, ... l'apporto solare, la dispersione termica, il calcolo e la visualizzazione simulata dinamica dei profili termici dei materiali e degli elementi costruttivi, i ponti termici, ... l'avvento dell'*Ultra High Performance Concrete* (UHPC), del vetro camera, delle nuove tecniche di produzione come la sinterizzazione diretta dei metalli, la stampa 3D a metallo, l'architettura robotica, stanno cambiando le forme che progettiamo (e possiamo costruire).

Tutto ciò ha portato ad una nuova, innovativa architettura, diversa dal passato? In alcuni casi sì, in altri no. Per citare solo alcuni dei casi in cui ciò è visibile: l'ampliamento del museo Pompidou a Metz, il grattacielo ad uso residenziale alto 425 metri al numero 432 di Park Avenue a Manhattan dell'architetto Rafael Vignoly con un assorbitore armonico (*mass damper*) di 660 tonnellate in alto (Fig. 1), il Rolex Learning Center nel campus dell'Ecole Polytechnique Fédérale di Losanna (EPFL) progettato/calcolato dallo studio SANAA come un guscio continuo piegato (Fig. 2), i gusci di UHPC dello spessore di 2 cm a Calgary. Tutto somma-

tectional offices or are outsourced to rendering offices. Solving and detailing the construction is even outsourced sometimes.

ICT also has given birth to new computation methods allowing unprecedented simulations during the design phase. Finite elements method (FEM) for computing stress and strain in complex structures, computational fluid dynamics (CFD) allowing prediction of wind and air movements in rooms or in urban environments between buildings (urban physics), modal analysis for checking vibrations and resonance of constructions under dynamic wind or earthquake load, computation and visualization of heat and moisture profiles through building elements, ventilation, noise propagation,... sunshine, shade and shadowing, auralization of room acoustics (making audible the acoustic behavior of rooms using the

impulse response method in a digital model), daylight prediction, computation and simulation via ray-tracing and/or radiosity, heat transfer, ... solar gains, heat losses, dynamic computation and visualization of temperature profiles through building materials and elements, cold bridges,...

The advent of ultra-high performance concrete (UHPC) and steel, vacuum double glazing, new production techniques like metal sintering, 3D-steel printing, robotic architecture, are changing the shapes we (can) build.

Did all this result in new, innovative architecture, different from before?

In some cases yes, in some not. To name but a few cases where it is visible: the Pompidou museum extension in Metz, the 425 m high residential skyscraper at 432 Park Avenue by Rafael Vignoly in Manhattan with a 660 ton pendulum in top (Fig. 1), the Rolex

learning center at EPF Lausanne by Sanaa designed/computed as a bended continuous shell (Fig. 2), 2 cm thick UHPC shells in Calgary.

### I cambiamenti nella società che hanno comportato modifiche tecnologiche

La crisi energetica avvenuta negli anni '80 del XX secolo è stata un campanello d'allarme per la società. Ha completamente cambiato il nostro atteggiamento verso l'energia, così come verso le costruzioni poiché giocano un ruolo significativo nel consumo energetico. È stato dimostrato che le risorse naturali sono limitate e pertanto la società dovrebbe economizzarle. Il consumo energetico degli edifici ha dovuto e deve ridursi drasticamente. Attualmente il rendimento energetico degli edifici è regolato a livello nazionale e a livello europeo (Direttiva EU 2002/91/EG). Ciò ha avuto significative conseguenze sulle tecnologie costruttive negli aspetti di: dimensionamento degli edifici, isolamento, finestrate, impianti di climatizzazione, consumo di energia. L'aumento di caldaie integrate per impianti solari termici, pannelli fotovoltaici, pompe di calore, edifici e quartieri a energia quasi zero (*nZEB*), ... turbine eoliche, ...

Le energie alternative, l'energia da fonti rinnovabili, l'energia verde rappresentano una questione importante all'interno del tema più generale della sostenibilità.

La sostenibilità in architettura inizia con un concetto/un'idea sostenibile. La buona progettazione comporta un'interessante interpretazione del programma e del contesto. Una progettazione che tiene conto dei cambiamenti nella struttura dei nuclei familiari e le fasi di vita, gli usi futuri o gli eventuali riusi.

All in all modern architecture remains modern in its spaces and forms. Well-conceived architecture turns new technology into an asset.

### Changes in society entailing technological changes

The *energy crisis* in the eighties of the twentieth century, came as a wake-up call for society. It has completely changed our attitude towards energy as thus towards buildings because of its significant part in energy consumption. It has been demonstrated that natural resources are limited and thus should society economize these. The energy consumption of buildings had/has to shrink drastically. Nowadays the energy performance of buildings is regulated

nationally and on the European level (EU Directive 2002/91/EG). This had serious consequences for the building technology: size of buildings, insulation, windows, climate control in buildings, energy consumption. The rise of solar boilers, photovoltaic cells, heat pumps, nearly-zero energy buildings and neighborhoods,... wind turbines,...

Alternative energy, renewable energy, green energy is a major issue within the overall theme of sustainability. *Sustainability in architecture* starts with a sustainable concept/idea. Good design needs an interesting interpretation of the program and the context. A design that takes into account changes in family structure and life phase, and future uses or reuses.

Living in the city is the future. Urban habitat is the most economic and sustainable way of dealing with population growth in terms of space use,

Living in the city is the future. Urban habitat is the most economic and sustainable way of dealing with population growth in terms of space use,

Living in the city is the future. Urban habitat is the most economic and sustainable way of dealing with population growth in terms of space use,

Living in the city is the future. Urban habitat is the most economic and sustainable way of dealing with population growth in terms of space use,

01 | 432 Park Avenue, Manhattan - Vignoly (fig. dell'autore)  
432 Park Avenue, Manhattan - Vignoly (author's picture)

02 | Rolex Learning Center, EPF Lausanne – Sanaa (fig. dell'autore)  
Rolex Learning Center, EPF Lausanne - Sanaa (author's picture)

Vivere in città è il futuro. L'ambiente urbano è il modo più economico e sostenibile per rispondere alla crescita della popolazione in termini di utilizzo dello spazio, attrezzature, strutture, servizi. Per far fronte alla scarsità delle risorse naturali e preservare il nostro ambiente naturale, abbiamo bisogno di densificare i centri urbani. Ciò consentirebbe di ridurre l'impatto ambientale dell'uomo e di assorbire la crescita della popolazione. Dovremmo fare il più possibile con il minor consumo di suolo. Dovremmo fermare la dispersione insediativa al solo scopo di creare proprietà contigue sempre più grandi. Questo risolverebbe o ridurrebbe anche i problemi di mobilità.

La sostenibilità presuppone, quindi, la giusta scelta di ubicazione e uso dello spazio, la scelta dei materiali fatta tenendo anche presente le analisi sulla durata della loro vita, considerandone il riutilizzo e l'adeguamento, ...

C'è un grande potenziale nella riconversione/riuso di edifici e siti industriali abbandonati/obsoleti. Prendete come esempio: la High Line nel Downtown di Manhattan, il Pirelli Hangar Bicocca a Milano, ...

La consapevolezza della necessità della sostenibilità ha trasformato le scelte rispetto ai materiali: il motto sta divenendo "dalla culla alla culla".

Tornare a vivere nelle città presuppone il soddisfacimento di tutte le condizioni per una qualità di vita accettabile: isolamento acustico tra edifici limitrofi, isolamento dal rumore del traffico stradale, riduzione del rumore esterno, buona qualità dell'aria (riscaldamento, veicoli elettrici,...), spazio esterno privato, aree pedonali, spazi verdi, ... Un'articolazione intelligente degli spazi costruiti e degli spazi (verdi) aperti. Spazi esterni aperti rigorosi e flessibili per consentire differenti usi.

equipment, facilities, services. In order to cope with the scarcity of natural resources and preserve our natural environment, we need densification of the city centers. This will reduce the environmental impact of man and absorbs the growth in population. Doing more with less earth. Stop sprawl in order to create larger contiguous open space. That will also solve or reduce the problems of mobility.

Sustainability thus supposes the right choice of location and space use, choosing materials also based on lifespan analysis, considering reuse and upgrade, ...

There is a great potential in reconversion/reuse of abandoned/obsolete industrial buildings and sites. Take as an example: the High Line downtown Manhattan, the Pirelli Hangar Bicocca in Milano,...

The awareness of the necessity for sus-

tainability has transformed the choice of materials: from cradle to cradle is becoming the motto.

Return to living in cities presuppose conditions for a decent quality of life: noise insulation between neighbors, insulation from street noise, reduction of street noise, sound air quality (city heating, electric vehicles,...), private outdoor space, pedestrian areas, green spaces. A clever articulation of built and open (green) spaces. Hard and soft open outdoor spaces, allowing for different uses. Green buildings like the Bosco Verticale in Milan by Stefano Boeri, are fancy but not the solution for a sustainable environment, because of being too expensive. On the contrary there are interesting contributions to better livable city centers coming from by the use of green walls (Mur Végétal by Patrick Blanc in Paris) and even more importantly by the more affordable green roofs. Impos-



Edifici ecologici come il Bosco Verticale di Stefano Boeri a Milano sono affascinanti, ma non costituiscono la soluzione per la sostenibilità ambientale poiché sono eccessivamente costosi. Interessanti contributi che rendono più vivibili i centri urbani possiamo, invece, trovarli nell'uso delle pareti verdi (Mur Végétal di Patrick Blanc a Parigi) e, ancor più importante ed accessibile, quello dei tetti verdi. Imporre queste scelte progettuali nei regolamenti urbani renderebbe le città più sostenibili. Tali soluzioni tecnologiche sono oggi fattibili.

L'invecchiamento della popolazione richiede un ripensamento dei complessi di edilizia residenziale e della loro ubicazione urbana. Progettare un edificio senza pensare al suo utilizzo in una prospettiva futura lo rende insostenibile, anche se è tecnologicamente ben progettato. Gli architetti devono fornire soluzioni abitative progettate affinché possano convivere diverse generazioni. Gli alloggi devono essere adatti o adattabili alle esigenze delle persone anziane. Gli edifici devono essere accessibili a tutti, come sostenuto dallo *Universal Design* e dalla progettazione inclusiva accessibile a tutti.

### Per concludere

La maggior parte delle qualità caldeggiate in questo scritto possono essere ottenute con la tecnologia o comportano una componente tecnologica. Quali tra queste tecnologie possano essere adottate dagli architetti rimane una sfida per la professione e per la formazione. La collaborazione tra gli architetti e gli uffici specializzati nelle tecnologie costruttive è diventata una pratica comune, ne è un esempio il caso di OMA e del Bureau Bouwtechniek (Rob Nysse et al.). Architetti creativi e competenti nelle tecnologie costruttive hanno molte opportunità. In un mondo gui-

ing these in urban regulations would make cities more sustainable. These are technological feasible today. Aging of the population needs rethinking of housing schemes and their urban location. A design not allowing lifelong living confines itself not to be sustainable, even if it is technologically well designed. Architects need to come up with housing schemes designed for co-habitation of different generations. Houses need to be adapted or adaptable for elderly people. Buildings accessible for all as argued in universal design and inclusive design accessible for all.

### To sum up

Most of the qualities advocated here can be solved by technology or have a technologic component. Which of these technologies can be assumed by architects remains a challenge to the profession and to education. Collabo-

dato dalla spinta dell'economia e della globalizzazione gli architetti competenti nelle tecnologie rappresentano il futuro.

### REFERENCES

- Cross, N. (1982), "Designerly ways of knowing", *Design Studies*, vol. 3, n° 4, oct. 1982, pp. 221-227.
- Hays, M. (Ed.) (2000), *Architecture Theory since 1968*, The MIT Press, London.
- Heynen, H., Loeckx, A., De Cauter, L. and Van Herck, K. (Eds.) (2001), *Dat is Architectuur*, Uitgeverij 010, Rotterdam.
- Heynen, H., Loeckx, A., Heylighen, A. and Neuckermans, H. (2003), "Constructing a memory for architecture. two didactical tools in Leuven", in Villner, L., Abarkan, A. (Eds.), *Four Faces of Architecture - On Dynamics of Architectural Knowledge*, School of Architecture, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Leach, N. (1997), *Rethinking Architecture: a Reader in Cultural Theory*, Routledge, London.
- LeGates, R.T., Stout, F. (2000), *The City Reader* (2<sup>nd</sup> ed.), Routledge, London.
- Mainstone, R.J. (1975, 1998), *Developments in structural form* (2nd ed.), R.J. Architectural Press, Oxford.
- Evers, B., Thoenes, C. (Eds.) (2003), *Architectural theory from the renaissance to the present*, Taschen, Köln.

ration between architects and offices specialized in building technology has become daily practice, as it is for example the case with OMA and Bureau Bouwtechniek (Rob Nysse et al.). Creative architects competent in building technology have plenty of opportunities. In a world driven by economy and globalization more technologic competent architects are the future.