

4. 차양의 에너지 절약 효과

Energy Performance Assessment of Shading Systems

김덕우 / 성균관대학교 공과대학 건축공학과 석사과정
by Kim, Deuk-woo
박철수 / 성균관대학교 공과대학 건축공학과 교수
by Park, Cheol-soo

건물 환경과 차양 시스템

최근 건물의 시각적 개방감(외부조망)과 외관의 아름다움에 대한 관심이 높아짐에 따라, 유리 커튼월이 선호된다. 유리 커튼월을 적용하면, 자연 채광을 적극적으로 이용할 수 있고, 외부 조망도 좋아지며, 심리적 편안함/쾌적감을 제공하여 업무의 효율성이 향상된다. 유리 커튼월의 장점은 다음과 같다(Stein et al 2006).

- 쾌적한 환경 제공: 시간별로 변화하는 자연채광 환경을 재실자가 인지할 수 있어, 업무 공간에 대한 만족감을 높여 주며, 작업 효율성 및 생산성이 높아진다.
- 외부조망: 투명 외피의 사용으로 시각적 개방감이 높아진다.
- 자연채광의 고효율(efficacy): 전기 조명과 비교 시 자연 채광의 효율이 약 2~3배 크다(백열등: 8~22 lumen/W, 형광등: 35~80 lumen/W, 자연 채광: 125~150 lumen/W). 발열이 적은 자연채광을 적절히 활용하면, 전기 조명 사용시간을 줄이며, 결과적으로 에너지 절감에 기여할 수 있다.

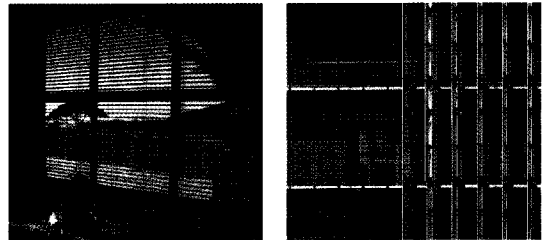
그러나 유리 커튼월의 면적이 커질수록 과도한 직달 일사 유입으로 인한 열적 불쾌감, 냉난방 부하의 증가 및 불능(불쾌) 현위와 같은 문제점이 발생할 수 있다. 특히 냉난방 부하의 22~32%가 유리 외피가 차지함을 감안한다면(DOE, 2008), 유리 커튼월 면적의 증가는 건물 에너지 소비량 관점에서 불리하다. 따라서, 이러한 문제점을 극복하기 위해 적절한 차양 시스템의 도입이 필요하다.

차양 시스템의 종류와 현황

블라인드와 루버

블라인드와 루버는 대표적인 차양 장치이며 일사 차단과 현위 감소를 목적으로 사용된다(그림 1). 루버는 주로 실외에 사용되며 높은 내구성을 위해 아연 및 알루미늄으로 도금된 강판 또는 플라스틱으로 제작된다. 실내 블라인드는 일반적으로 루버보다 크기가 작으며, 플라스틱 또는 알루미늄

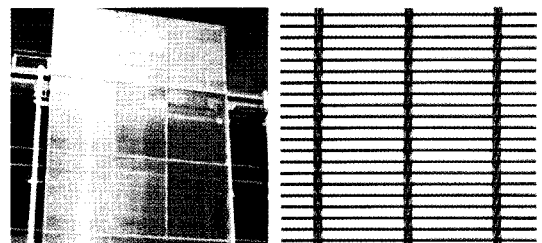
으로 제작된다. 블라인드와 루버의 슬릿은 평평하거나 곡률을 가질 수 있으며, 설치 위치(내부, 외부, 이중창 사이)에 따라 다양한 크기를 갖는다. 실외 사용시 50~100mm의 폭을 가지며, 실내사용 시, 10~50mm 폭을 갖는다(IEA, 2000). 보고된 여러 문헌에 의하면(Cho et al, 1995; Lee et al, 1998; Newsham 1994), 블라인드와 루버는 건물 에너지 절감에 효과가 있다.



(그림 1) 실내 블라인드(좌)와 루버(우)

메탈 패브릭

메탈 패브릭은 가는 철사로 짠 직조물(fabric) 모양을 한 것(그림 2)으로, 사용자의 기호에 따라 무늬(메쉬 패턴)와 개구율(철사 간격)을 선택할 수 있다. 미적 효과 및 일사차단을 위해 사용되고, 장력에 의해 설치되기 때문에 알맞은 강성을 지녀야 한다.

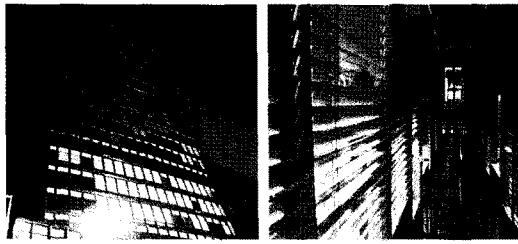


(그림 2) 메탈 패브릭

이중외피

이중외피는 유리 커튼월에 의해 발생하는 열적 불쾌감, 냉난방 부하 증가와 같은 문제점을 해결하기 위해 도입되었다(Oesterle et al, 2001; Wigginton et al, 2002). 이중외피는 일반적으로 실내창, 실외창, 중공층

1) <http://www.cambridgesolucient.com/casehistories/default.asp> (Accessed Nov, 2008)



(그림 3) 이중외피가 적용된 건물(좌)과 중공층(우)

을 가지며, 중공층 내부에는 전동루버, 유리창 상하부에는 환기댐퍼가 설치되기도 한다(그림 3). 중공층은 실내와 실외 사이의 열적 완충 공간 역할을 하여, 외피 열관류 손실을 줄이며, 냉난방 절감 및 외기 공급의 목적으로 중공층 내부 기류가 활용된다.

광선반

광선반은 외부형, 내부형, 혼합형(외부형+내부형)이 있으며(그림 4), 반사율(색상) 선택이 가능하다. 외부형은 주로 일사차단, 내부형은 실내 균제도 향상을 목적으로 하며, 외부/내부 광선반이 결합된 혼합형은 위의 특징을 모두 갖는다.



(그림 4) 내부형(좌)과 외부형(우) 광선반

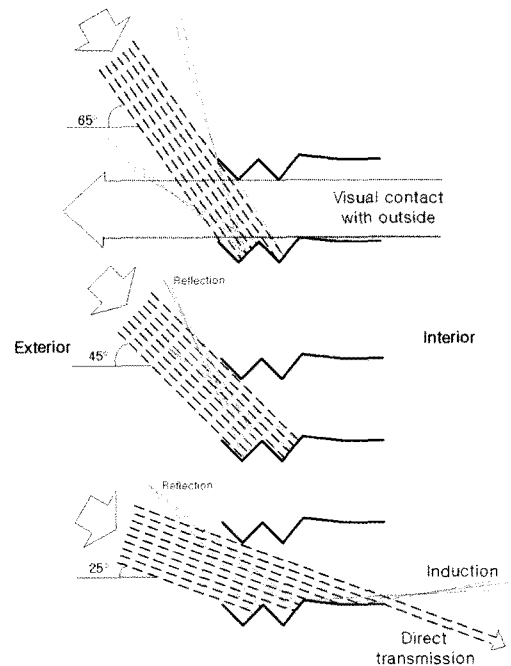
레트로록스

레트로록스는 RetroSolar Inc.³⁾에서 생산하는 Prismatic Panel으로써, 독특한 슬랫 형태의 실내 블라인드이다(그림 5, 6). 일반적인 베네시안 블라인드에 비해, 레트로록스는 슬랫의 꺾여짐을 이용하여 높은 고도의 직달일사(여름철에 해당)는 반사하고, 낮은 고도의 직달 일사 및 확산 일사는 실내로 유입하여, 실내 균제도를 향상하고, 불쾌현황을 감소시키며, 건물 에너지 성능에 기여한다(Köster, 2004).

Giralsol

COLT 사(社)에서 개발한 Girasol⁴⁾는 'self sun-tracking' 방법이 적용된 새로운 개념의 차양 장치이다(그림 7).

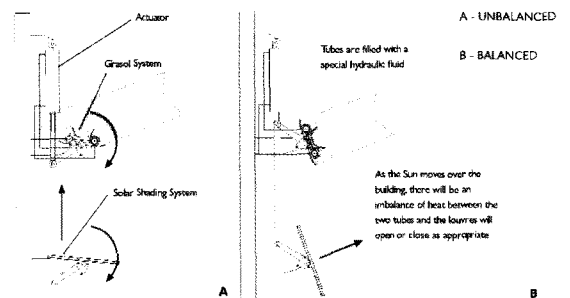
Girasol 시스템에 설치된 2개의 튜브에는 thermo hydraulic fluid가 채



(그림 5) 주광의 입사각도에 따른 레트로록스의 성능



(그림 6) 레트로록스 적용사례



(그림 7) Girasol의 'self sun-tracking' 작동 원리

워져 있으며, 이것의 수축과 팽창에 의해서, 루버는 모터와 같은 구동장치 없이 스스로 태양의 움직임을 추적한다. 즉, (그림 7)의 A에서 보듯이, Girasol 시스템의 2개의 튜브에 입사되는 일사량이 불균형하므로 상부 튜브의 thermo hydraulic fluid는 수축하고 하부 튜브의 thermo hydraulic fluid는 팽창한다(unbalanced).

Actuator는 이러한 불균형을 원래대로 되돌리기 위하여 루버와 연결된 축을 끌어당기게 되며, 이러한 움직임은 2개의 튜브에 입사하는 일사에

2) http://www.alcoa.com/global/en/products/product.asp?prod_id=1852 (Accessed Jan. 2009)

3) http://www.retrosolar.de/v_englisch.html (accessed Jan. 2009)

4) <http://www.coltgroup.com> (Accessed Jul. 2009)

너지가 같아져 상하부 파이프의 thermo hydraulic fluid가 균형을 갖추게 될 때 멈추게 된다(그림 7 B, balanced).

차양 시스템의 에너지 성능 평가

ASHRAE (2005)에서는 “창에 도달하기 전에 일사를 차단하는 것이 건물 외피부하 절감에 가장 효과적이다 (The most effective way to reduce the solar load on fenestration is to intercept direct radiation from the sun before it reaches the glass)”라고 기술하고 있다. 그리고 DOE(2008) 보고서에 따르면, 건물의 유리 외피에 의한 냉난방 부하 비중은 약 22~32%로 매우 높다(그림 8). 따라서 유리의 비율이 높은 건물인 경우, 에너지 절감을 달성하기 위해서는 적절한 차양 시스템의 적용은 필수이다.

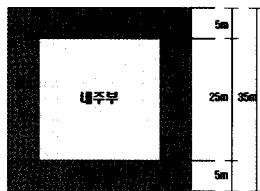
Component	Loads (quads) and Percent of Total Loads	
	Heating	Cooling
Roof	-0.103 12%	0.014 1%
Walls (2)	-0.174 21%	-0.008 -
Foundation	-0.093 11%	-0.058 -
Infiltration	-0.152 18%	-0.041 -
Ventilation	-0.129 15%	-0.045 -
Windows (conduction)	-0.188 22%	-0.085 -
Windows (solar gain)	0.114 -	0.386 32%
Internal Gains		
Lights	0.196 -	0.505 42%
Equipment (electrical)	0.048 -	0.207 17%
Equip. (non-electrical)	0.001 -	0.006 1%
People	0.038 -	0.082 7%
NET Load	-0.442 100%	0.963 100%

Notes: 1) "Loads" represents the thermal energy losses/gains that, when combined, will be offset by a building's heating/cooling system to maintain a set interior temperature, which then equals size energy; 2) Includes common interior walls between buildings.
Sources: EERE, Commercial Heating and Cooling Loads Component Analysis, June 1998, Table 24, p. 45 and Figure 3, p. 61

(그림 8) 건물 구성요소별 에너지 비율 (DOE 2008)

차양의 에너지 성능 분석 사례

2절의 차양 시스템들 중 메탈 패브릭, 이중외피, 광선반, 레트로로스의 에너지 절감 효과에 대해 소개하고자 한다(김덕우 외, 2009). 차양 시스템 적용에 따른 에너지 분석을 수행하기 위하여 미국 DOE의 EnergyPlus⁵⁾를 이용하였으며, 중부지방 52개 사무소 건물에 대한 조사결과(산업자원부, 1999⁶⁾)를 참고하여 20m×20m, 35m×35m, 50m×50m의 기준층을 모델링 하였다. 기준층은 1개의 내주부와 4개의 외주부로 구성되며(그림 9), 창면적비는 40%(산업자원부, 1999)로 가정하였다. 차양 장치는



(그림 9) 모델링된 건물의 평면 (35m×35m)

각 항별로 외주부에 설치되었고, 그 외 건물의 구성요소, 실내발열 및 설정 조건은 ASHRAE (2005)의 표준 조건을 참고하였으며, 창은 일반 사무소 건물에서 많이 사용되는 24mm 로이 복층유리를 적용하였다.

(표 1)은 각 외피를 항별로 외주부에 적용하였을 때의 에너지 절감량을 보여 준다. 메탈 패브릭과 외부형 광선반은 ‘로이복층유리 외피 시스템(별

(표 1) 차양 성능 비교표

건물 외피	설치 부위	기준층 (35×35)			건물 크기별 연간 에너지 성능 향상률 (외주부+내주부) (%)		
		외주부 에너지 절감비율 (%)	비대면적당 절감비율 (원/m²·yr)	총 절감 비용 (원/yr)	20m×20m	35m×35m	50m×50m
메탈 패브릭	동	32.1	3,747	655,674	6.8	4.4	3.2
	남	39.0	3,909	683,910	7.7	5.2	3.8
	북	28.0	3,350	588,203	5.3	3.6	2.6
	서	35.8	4,440	777,003	8.2	5.4	3.9
	모든향	33.8	15,445	2,702,314	28.2	18.6	13.5
이중외피	동	18.9	2,487	437,038	3.8	2.6	1.8
	남	22.9	2,555	447,173	4.3	2.9	2.0
	북	19.5	2,702	472,898	3.7	2.5	1.8
	서	20.0	2,702	472,813	4.3	2.9	2.0
	모든향	20.3	10,457	1,828,824	18.2	10.4	7.7
외부형 광선반	동	6.9	531	92,895	1.5	0.9	0.7
	남	16.7	1,292	228,041	3.0	2.0	1.5
	북	3.3	250	45,477	0.7	0.4	0.3
	서	9.7	895	154,895	2.2	1.4	1.0
	모든향	9.0	2,987	513,300	7.5	4.8	3.5
레트로로스	동	2.5	408	71,432	0.7	0.3	0.1
	남	1.4	423	74,075	0.5	0.1	0.1
	북	2.5	334	58,397	0.7	0.2	0.0
	서	2.2	584	102,221	0.5	0.2	0.3
	모든향	2.2	1,749	306,126	2.5	1.0	0.5

도 차양 장치 없음)과 비교하였으며, 이중외피와 레트로로스 시스템은 ‘로이복층유리+실내 블라인드 시스템’의 경우와 비교하였다.

내부발열밀도가 높은 사무소 건물의 특성상 일사 차단 성능이 우수한 메탈 패브릭(적용된 개구율: 44%)이 에너지 절감에 우수함을 알 수 있다.

이중외피의 경우 메탈 패브릭보다 성능이 낮게 나타났다. 이중외피의 에너지 절감 성능은 제어방법에 의해 크게 좌우되며, 적절한 제어전략이 개발/적용된다면, 좀 더 우수한 성능을 기대할 수 있다(Saelens 2002; 윤성환 외, 2009). 외부형 광선반의 경우 일사량이 많은 남향에 대해 큰 폭의 에너지 절감을 보이며, 레트로로스의 경우 실내에 설치되기 때문에 실내 블라인드에 비하여 에너지 성능이 크게 우수하지 않은 것으로 나타났다.

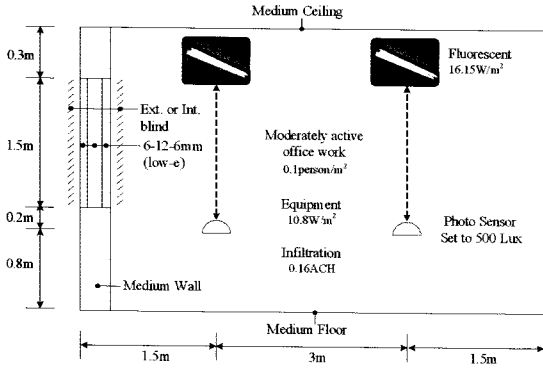
(표 1)의 외주부 절감 비율만으로는 소 건물 에너지 절감율이 파악하는 것이 쉽지 않으므로, (표 1)의 오른쪽에 건물 크기별 연간 에너지 성능 향상률을 별도로 계산하였다(외주부+내주부 에너지). 건물이 커짐에 따라 내주부 면적이 넓어지며, 전 건물에 대한 차양의 에너지 절감 효과는 감소된다(절대적 에너지 절감량은 변하지 않음).

(표 1)은 차양 장치의 에너지 절감 효과를 다른 것이며, 특별한 제어 알고리즘이 적용되지 않은 경우이다. 하지만, 일부 차양 시스템은 전동 모터를 이용한 제어(예: 블라인드의 각도)가 가능하며, 에너지 성능은 이에 따라 영향을 받는다. 따라서, ‘블라인드(실내/실외)에 적절한 제어 알고리즘을 적용한 전동 시스템’과 그렇지 않은 ‘수동식 블라인드 시스템’의 에너지 성능을 비교한 결과를 아래에 제시하고자 한다.

(그림 10)은 모델링된 외주부(사무소 건물)이며, 창은 남향 벽체에 설치되었다. 블라인드 시스템의 슬랫 반사율은 0.5, 폭은 0.25m, 슬랫 간의 간격은 0.25m로 하였으며, 실내/실외로 변경하며 분석하였다. 건물의 구성요소, 실내발열 및 기타 설정조건은 ASHRAE (2005) 표준 조건을 참고하였으며, 창은 일반 사무소 건물에서 많이 사용되는 24mm 로이 복층유리를 적용하였다.

조명제어 유무에 따른 블라인드 시스템의 성능을 알아보기 위하여, 포토센서를 실 깊이의 1/4 지점과 3/4 지점에 설치하였다. 각 센서는 상부 조

5) EnergyPlus는 대표적인 건물 에너지 시뮬레이션 도구 중의 하나이며, 건물 구성요소의 변경(창, 벽, 외피 등) 및 시스템의 선정, 모듈화 적용에 대한 융통성이 뛰어나다. <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
6) 평균 기준층 면적 1,147m², 최소 447m², 최대 2,674m²



〈그림 10〉 시뮬레이션 모델

명기구와 연동되어, 자연채광으로 인한 조도 수준이 500 Lux 이상이면 꺼진 상태로, 500 Lux 미만이면 실내 조도를 500 Lux로 유지하는 것으로 하였다. 시뮬레이션 틀은 EnergyPlus를 이용하였고, 여름철과 겨울철의 청천공 하루에 대해 수행되었다.

〈표 2〉는 수동 블라인드의 고정각도(0°, 45°, 90°, 135°)의 경우와 최적제어를 적용하였을 경우의 건물의 에너지 사용량이다(Kim et al 2009).

〈표 2〉에서 보듯이, 블라인드의 위치, 계절에 따라서 최적제어가 수동 블라인드보다 우수함을 알 수 있다. 흥미로운 사실은 '실외에 설치된 고정된 각도의 블라인드'의 에너지 절감 효과가 '최적제어가 적용된 실내 블라인드' 보다 우수하다는 점이다. 즉, 기계적인 '전동 블라인드 제어'를 적용하기에 앞서, '건축가/환경설비 엔지니어의 적절한 외피 시스템 설계(블라인드 형상, 재료, 반사율, 위치, 향)가 더 중요할 수 있음을 유추할 수 있다.

조명제어를 적용하면, 건물 에너지 절감 성능은 향상된다(표 2). 또한 '조명제어가 적용된 수동제어'가 '조명제어 없는 최적제어'보다 유리함을 알 수 있는데, 조명제어 적용에 따른 조명부하감소(열방출 감소, 냉방 부하감소) 효과가 상당함을 의미한다. '단순'해 보이는 블라인드 시스템의 에너지 성능은, 설치 위치, 건물의 부하 패턴, 조명제어의 적용 유무, 수동(고정위치)/최적 제어에 따라 영향을 받으며, 건축가/환경설비 엔지니어와의 협업(성능분석, 최적 설계안 도출)이 중요함을 알 수 있다.

맺음말

사무공간의 커튼월은 자연 채광 성능이 뛰어나며, 재실자의 쾌적과 업무 효율 향상에 기여한다. 그러나 과도한 일사유입을 초래할 수 있고, 현회를 발생하며, 냉방 에너지 증가를 야기한다. 또한 낮은 U값은 겨울철 난방 에너지 증가를 초래한다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위한 도입된 차양 시스템의 종류와 에너지 절감 성능을 본 논문에서 간단히 소개하였다.

메탈 패브릭은 냉방에너지 절감에 뛰어나며 이중외피는 냉난방 모두 효과가 있다. 광선반은 남향에 설치 시 큰 효과를 발휘하는 것으로 나타났으며, 레트로루스는 에너지 절감은 낮으나, 재실자의 외부조망 및 실의 균제도 향상이 선호된다면 적절한 대안이 될 수 있다. 그리고 블라인드(루버)의 에너지 성능은 제어 방법(수동/최적제어), 설치위치(실내/실외), 조명제어 유무에 따라 큰 차이를 나타내므로 적용에 있어서 신중한 검토가 요구된다.

유리외피가 크게 선호되는 현대 건축의 흐름을 고려한다면, 시뮬레이션, 에너지 절감, 친환경 건축을 위한 최적 차양 시스템의 설계는 '선택'이

〈표 2〉 에너지 소비량 비교(단위: kWh/day)

설치 위치	계절	조명 제어 적용	수동 블라인드의 고정 각도				최적 제어
			0°	45°	90°	135°	
실외	여름	○	6.6	6.6	7.1	6.9	6.5
		×	8.8	8.9	7.1	8.2	7.0
	겨울	○	7.9	8.9	12.1	8.9	7.6
		×	9.5	10.0	12.1	11.3	9.1
실내	여름	○	8.8	8.8	10.1	9.4	7.1
		×	10.9	10.8	10.1	10.7	9.2
	겨울	○	10.7	10.6	13.0	11.8	9.6
		×	12.6	12.1	13.0	13.2	11.3

아닌 '필수'임을 알 수 있다. 하지만, 에너지 절감 성능에 대해 충분히 이해 없이 차양 시스템을 적용한다면, 냉난방 에너지 절감 효과를 과대평가할 수 있으며, 성능 불일치(설계 vs. 실제)로 나타날 수 있으며, 따라서 건축가와 환경설비 엔지니어 간의 충분한 의사소통/성능 평가가 필요하다. ■

참고문헌

- 김덕우, 박철수 (2009), 철골조 건축물 에너지 성능, 친환경성능 평가 및 CO₂ 배출 저감 기술 개발, POSCO 철강연구 공모과제 최종보고서 (2009년 5월 제출, 대외비)
- 윤성환, 박철수 (2009), 이중외피 시스템의 정적 및 동적 제어 전략, 대한건축학회논문집(계획계), Vol.25 No.2, pp.223~231
- 산업자원부, (1999), 건물의 에너지절단위 기준연구에 관한 최종보고서
- ASHRAE (2005), ASHRAE handbook fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc
- Cho, S.H., Shin, K.S., Zaheer-Uddin, M. (1995), The effect of slat angle of window with venetian blinds on heating and cooling loads of buildings in south korea, Energy, Vol.20, No.12, pp.1225~1236
- DOE (2008), Buildings Energy Data Book, Department Of Energy, U.S.A.
- IEA (2000), Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components, Solar Heating and Cooling (SHC) Programme of the International Energy Agency
- Kim, D.W., Park, C.S. (2009), Manual vs. Dynamic Control of Interior/Exterior Blind Systems, Proceedings of the 11th IBPSA Conference (International Building Performance Simulation Association), July 27~30, Glasgow, Scotland, pp.1663~1670
- Köster, H (2004), Dynamic daylighting architecture basics, systems, projects, Birkhäuser-Publishers for Architecture
- Lee, E.S., DiBartolomeo, D.L., Selkowitz, S.E. (1998), Thermal and daylighting performance of an automated venetian blind and lighting system in a full-scale private office, Energy and Buildings, Vol.29, pp.47~63
- NewSham, G. R. (1994), Manual control of window blinds and electric lighting: implications for comfort and energy consumption, Indoor Environment, Vol.3, pp.135~144
- Oesterle, E., Lieb, R.D., Lutz, M. (2001), Double-Skin Facades, Prestel
- Saelens, D. (2002), Energy performance assessment of single storey multiple-skin facades, Ph.D. thesis, Katholieke Universiteit Leuven
- Stein, B., Reynolds, J., Grondzik, W., Kwok, A. (2006), Mechanical and electrical equipment for buildings, 10th Ed., John Wiley & Sons, Inc.
- Wigginton, M. and Harris, J. (2002), Intelligent Skins, Elsevier