

안성맞춤형 냄새저감 스마트 무창축사 표준모델 개발 용역



안성시 & 서울대 공저

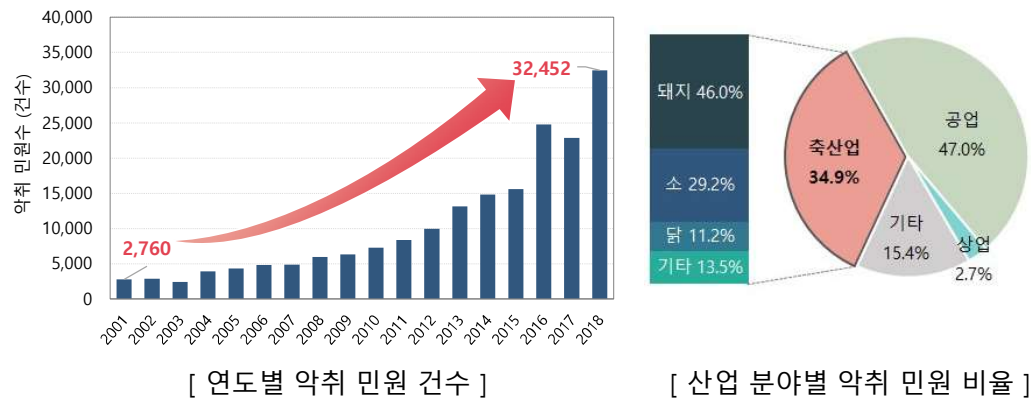


[목차]

머리말	3
1. 스마트 무창 돈사 연구	4
2. 스마트 무창 계사 연구	8
3. 안성시 표준 축사	10
4. 축산 악취 저감 시설	18
5. 에어 스크러버	20
6. 공기재순환장치	23
7. 농장 차단방역 시설	29
8. 폭염방지 시설	34
9. ICT를 이용한 농장 관리	37
10.태양광 발전설비	40

[머리말]

축산 악취 민원은 축산농가와 인근 주거지역에서 지속적으로 발생하고 있는 문제입니다. 축산 농가의 대형화 및 사육 밀집화로 인하여 축산 사육시설에서 배출되는 악취 물질의 집적이 심화되고 있습니다. 이에 따라 악취 민원은 해마다 증가하고 있으며, 2001년 기준으로 2,760건이었던 악취 민원이 2018년 기준으로 32,452건으로 약 11.8배 증가하였습니다.



안성시 표준 축사 제시와 더불어 농가에 도움이 되고자 축산 악취 저감 시설, 에어 스크러버, 공기재순환장치, 농장 차단방역시설, 폭염 방지 시설, ICT를 이용한 축산 농가 관리 방안, 태양광 발전 설비 등에 대한 내용도 함께 수록하였습니다.

모든 농가에서의 각각 다른 환경과 상황을 고려한다면, 본 책자에서 제시한 안성시 표준 축사 설계 도면을 그대로 적용하는 것에 한계가 있을 것입니다. 따라서, 본 책자에서 제시된 설계 도면을 기준으로 실제 농가의 조건들을 고려하여 현장에 적합하게 설계할 것을 권장합니다. 본 책자가 안성시 축사 설계 및 운영관리에 활용되어 축산 농가의 생산성 향상과 더불어 축산 악취를 효과적으로 저감하여 장기적인 관점에서 지속 가능한 축산업에 기여할 수 있기를 바랍니다.

따라서 축산 사육시설에서 발생하는 악취를 저감할 수 있는 방안을 마련하는 것이 중요합니다. 이와 더불어 악취 발생 저감, 축산업의 수익성 증대 및 지속성 등을 위해 사육 시설의 개선이 필요한 상황입니다. 이에 따라 안성시 기상 환경, 환기 구조 및 에너지 등이 반영된 안성시 표준 축사를 제시하였습니다. 안성시 표준 축사는 사육 시설 외부로 배출되는 공기를 세정을 위한 에어 스크러버의 설치 및 유리 관리에 용이하도록 설계하였습니다.

1. 스마트 무창 돈사 연구

1) 자연 환기식 한국형 축사

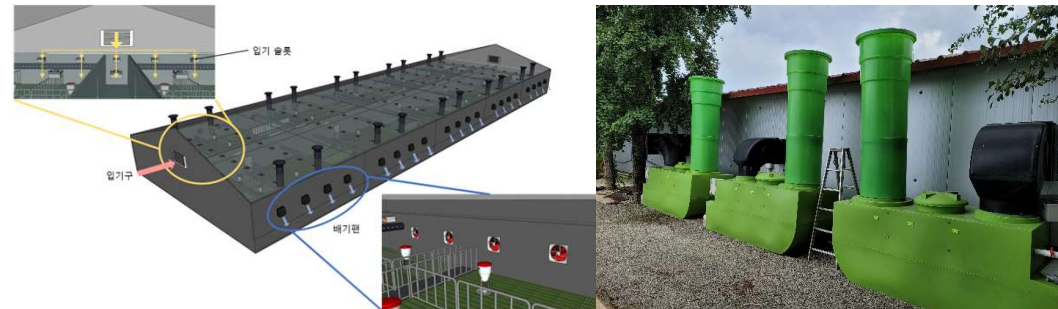
- 전통적으로 우리나라에서 많이 사용하고 있는 형태의 돈사.
- 원치 커튼이 설치된 창과 자연 바람을 이용하여 환기하는 형태를 가짐.
- 돈사 시설에서 배출되는 악취를 통제하기 어려우며, 뚜렷한 사계절로 내부 환경 조절이 어려움.
- 자연 환기식 한국형 축사의 장점
 - 초기 투자 비용 및 운영 비용이 상대적으로 적게 나타남.
- 자연 환기식 한국형 축사의 단점
 - 환기량을 제어할 수 없으며, 적정 환경 제어에 어려움이 있음.
 - 겨울철 침기로 인한 온도 관리에 악영향을 미침.
 - 배출되는 악취의 통제가 어렵기 때문에, 악취 민원 발생에 대한 우려가 큼.
- 악취 저감 시설 설치
 - 자연 환기와 함께 사용할 수 있는 악취 저감 시설을 제한적으로 설치할 수 있음.
 - 입기와 배기가 분리되지 않아 외부에 설치할 수 없음.
 - 설치 가능한 악취 저감 시설로는 안개 분무 시설 등이 있음.



[자연 환기식 한국형 축사 사진 및 설치 가능한 악취 저감 시설(안개분무)]

2) 강제 환기식 한국형 축사

- 환기팬을 이용하여 강제로 환기하는 형태의 돈사.
- 환기 방식에 따라 양압식, 음압식, 등압식 환기로 나뉘며 우리나라에서는 배기구에 팬을 설치하는 방식인 음압식 환기 방식을 주로 사용함.
- 환기팬을 이용하여 돈사 내부 및 외부 환경에 따른 적절 환기량을 조절할 수 있으며, 우리나라에 점차 많이 보급되고 있음.
- 강제 환기식 한국형 축사의 장점
 - 환기량 제어가 가능함.
 - 자연 환기식 축사에 비해 침기가 적게 나타남.
 - 돈사 내부의 적정 환경을 유지시키기에 용이함.
- 강제 환기식 한국형 축사의 단점
 - 자연 환기식 축사 대비 초기 투자 및 운영 비용이 상대적으로 크게 나타남.
 - 제어장치의 오류에 대한 대비가 필요함.
- 악취 저감 시설 설치
 - 각 배기구에 악취 저감 시설을 각각 설치할 경우(모듈형), 유지 및 관리에 따른 부담이 크게 증가함.
 - 악취 저감 시설 설치 시 덕트로 연결하여 하나의 저감시설을 설치할 수 있지만, 덕트 설치에 따른 추가적인 비용이 발생함.

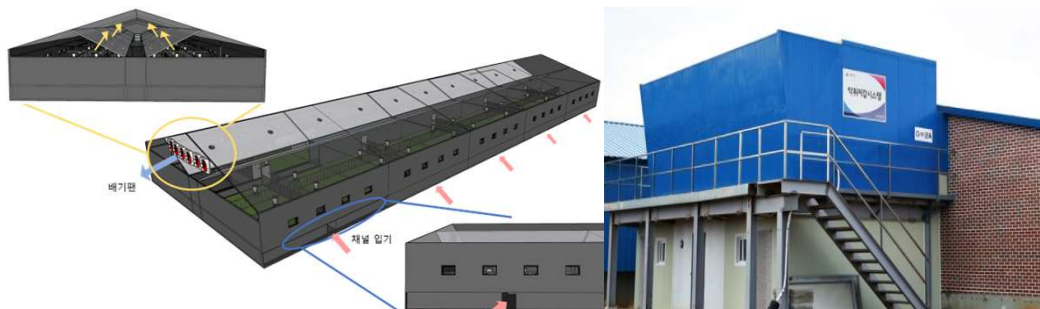


[강제 환기식 한국형 축사 구조 및 설치 가능한 악취 저감 시설(모듈형)]

1. 스마트 무창 돈사 연구

3) 강제 환기식 유럽형 축사

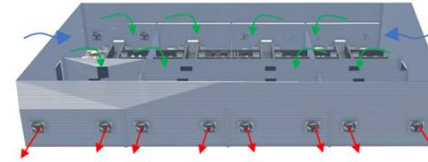
- 유럽에서 개발하여 많이 보급되고 있는 형태의 강제 환기식 돈사.
- 우리나라와 다르게 중천장에 배기팬을 설치하여 한쪽으로 배기하는 구조를 가지며, 배출되는 공기를 쉽게 관리할 수 있음.
- 강제 환기식 유럽형 축사의 장점
 - 환기량 제어가 가능함.
 - 자연 환기식 축사에 비해 침기가 적게 나타남.
 - 돈사 내부의 적정 환경을 유지시키기에 용이함.
- 강제 환기식 유럽형 축사의 단점
 - 초기 투자 비용 및 운영 비용이 상대적으로 크게 나타남.
(표준 축사 대비 20~30%의 추가적인 건축비용 발생. 국산화가 시급함.)
 - 제어장치의 오류에 대한 대비가 필요함.
- 악취 저감 시설 설치
 - 다양한 형태의 악취 저감 시설을 설치할 수 있음.
 - 포집형 악취 저감 시설의 설치 및 효율적인 운영이 가능하지만, 수입에 의존하여 비용이 크게 나타남.



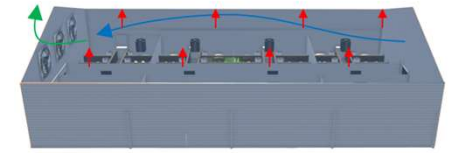
[강제환기식 유럽형 축사 구조 및 설치 가능한 악취 저감 시설(포집형)]

4) 한국형 축사와 유럽형 축사의 환기 구조

- 한국형 축사 : 중천장 입기, 측벽 배기 형태
- 유럽형 축사 : 지하 채널 입기, 중천장 배기 형태

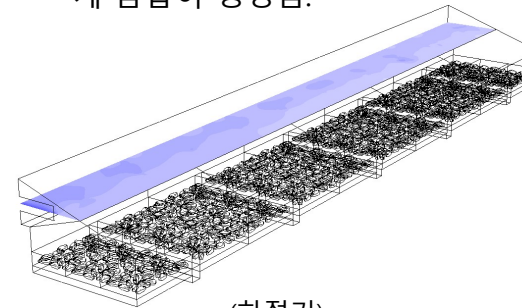


[한국형 축사]

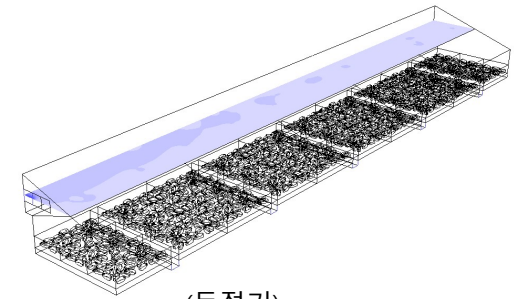


[유럽형 축사]

- 메저링팬과 댐퍼 제어를 통해 유럽형 축사의 중천장 내부에 균일하게 음압이 형성됨.



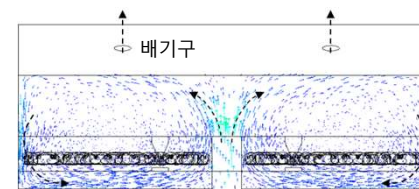
(하절기)



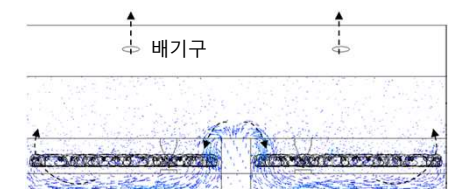
(동절기)

[유럽형 축사의 중천장 내부 압력 분포]

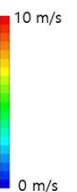
- 계절별 유럽형 축사의 내부 유동
 - 하절기 높은 환기량으로 인해 돈방 상부까지 유동이 형성됨.
 - 동절기 차가운 공기가 펜스를 타고 넘어가는 유동이 형성됨.



지하채널입기
(하절기)



지하채널입기
(동절기)

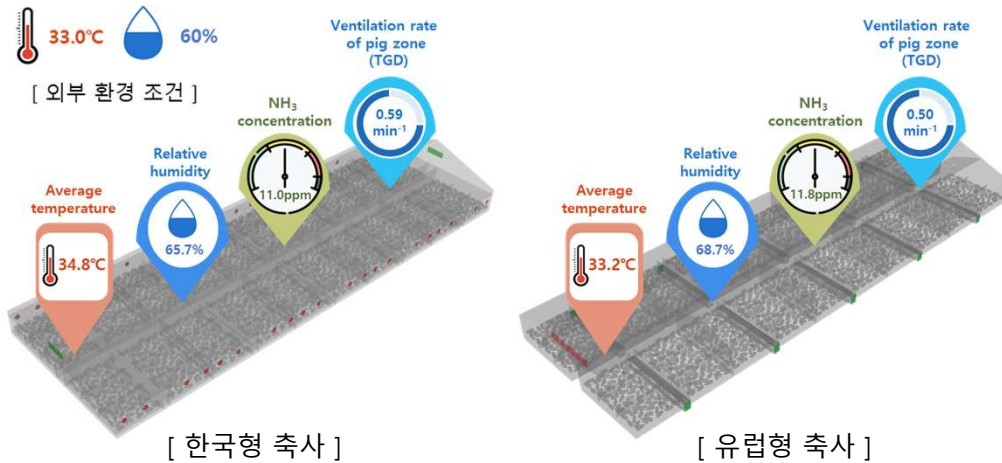


[유럽형 축사의 돈방 내부 유동 분포]

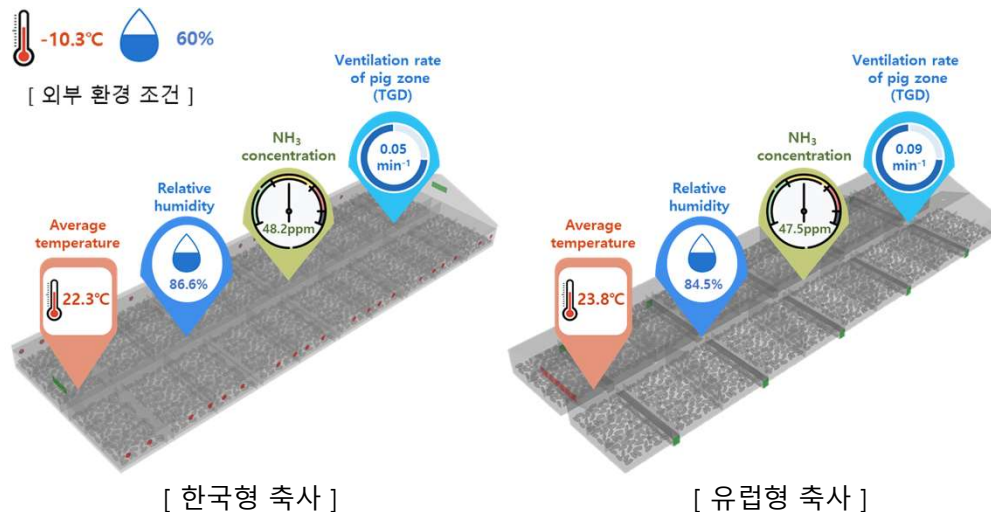
1. 스마트 무창 돈사 연구

5) 유럽형 축사의 특징

- 유럽형 축사는 한국형 축사에 비해 온도 환경 조절에 유리함.
- 돈사 내부의 적정 생육 환경 유지 및 에너지 부하 저감 효과.
- 한국형 축사와 유럽형 축사의 하절기 내부 환경 비교



- 한국형 축사와 유럽형 축사의 동절기 내부 환경 비교

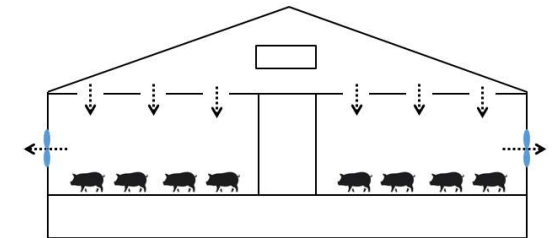


6) 축사 형태에 따른 에너지 부하 비교

- 비육돈사의 사육 적정 환경을 유지할 때, 사용되는 에너지 부하 비교.
- 자연환기식 한국형 축사는 내부 온도 관리가 어려워 제외하고, 강제 환기식 한국형 축사와 강제 환기식 유럽형 축사를 비교함.
- 비교를 위하여 축사 형태에 따른 1년간의 에너지 부하를 산정하였으며, 강제 환기식 한국형 축사에서 사용되는 에너지 양을 기준으로 다양한 축사 형태에서의 에너지 저감 효과를 비교함.
- 강제 환기식 한국형 축사와 강제 환기식 유럽형 축사를 비교함.

강제 환기식 한국형 축사

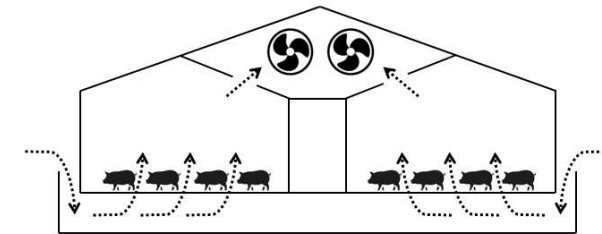
- 중천장 형태 : 일자형
 - 입기 형태 : 중천장 입기
 - 전실 유무 : 전실 無
 - 1년간 에너지 부하 (MJ)
- 냉방 에너지 : 908,799
난방 에너지 : 295,231
총 에너지 : 1,204,030



[강제 환기식 한국형 축사 환기 구조]

강제 환기식 유럽형 축사

- 중천장 형태 : V자형
 - 입기 형태 : 지하채널 입기
 - 전실 유무 : 전실 無
 - 1년간 에너지 부하 (MJ)
- 냉방 에너지 : 811,085 (10.8% 저감)
난방 에너지 : 280,222 (5.1% 저감)
총 에너지 : 1,091,307 (9.4% 저감)



[강제 환기식 유럽형 축사 환기 구조]

- 결론적으로 유럽형 축사의 경우, 표준축사보다 초기 건축 비용은 약 20~30% 증액되지만, 9.4%의 에너지부하를 저감할 수 있음.

1. 스마트 무창 돈사 연구

6) 축사 형태에 따른 에너지 부하 비교

- 강제 환기식 유럽형 축사를 개선하기 위하여 입기 형태, 측벽 단열재 종류, 쿨링패드 및 전실 설치 여부 등을 고려하여 구조 개선안을 도출함.

• 입기 형태 개선

- 지하채널로 입기되는 형태를 이중으로 개선하여 입기되는 공기가 지하에 머무는 시간을 길게 만든 형태.

- 중천장 형태 : V자형

- 입기 형태 : 개선된 지하채널 입기

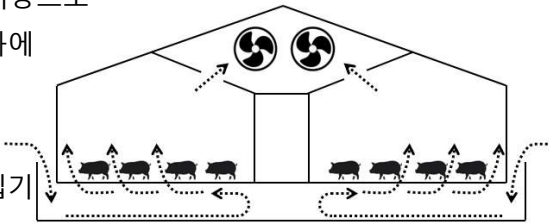
- 전실 유무 : 전실 無

- 1년간 에너지 부하 (MJ)

냉방 에너지 : 791,307 (12.9% 저감)

난방 에너지 : 226,341 (23.3% 저감)

총 에너지 : 1,017,688 (15.4% 저감)



[입기 형태 개선한 강제 환기식 유럽형 축사]

• 전실 설치

- 돈사 외벽에 1m 폭의 전실을 설치.

- 중천장 형태 : V자형

- 입기 형태 : 지하채널 입기

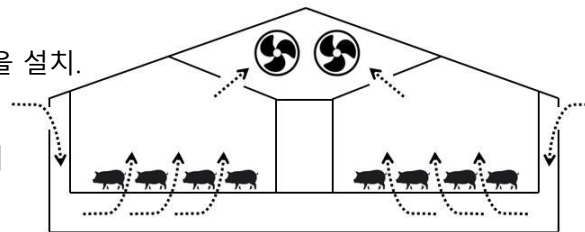
- 전실 유무 : 전실 有

- 1년간 에너지 부하 (MJ)

냉방 에너지 : 792,468 (12.8% 저감)

난방 에너지 : 230,960 (21.8% 저감)

총 에너지 : 1,023,428 (15.0% 저감)



[전실 설치한 강제 환기식 유럽형 축사]

- 지하 채널을 개선하여 15.4%의 에너지를 저감할 수 있고, 전실을 설치하여 15.0%의 에너지를 저감할 수 있음.

• 측벽 단열재에 따른 에너지 부하 비교

- 실제 돈사에서 많이 사용하는 벽체 구성을 고려하여 구분함.
- 비교를 위해 측벽을 제외한 전체 크기, 구조, 내부 환경은 동일하게 구성.
- 지붕은 샌드위치 패널(150T)로 동일하게 설계.

- 측벽 단열재 구성

1. 샌드위치 패널 100 mm
2. 콘크리트 200 mm, 스티로폼 100 mm, 벽돌 90 mm
3. 징크패널 (콘크리트 200 mm, 우레탄 100 mm)

[측벽 단열재 구성에 따른 장단점]

구분	장점	단점
샌드위치 패널	경제적임. 시공할 때 편리함.	부식 및 벌레 등으로 인해 내구성이 떨어짐. 내구성 저하로 인해 단열성이 떨어짐. 화재 위험성이 큼. 침기가 많이 발생함.
콘크리트 단열재 벽돌	내구성이 좋음. 단열재가 보호됨. 외관이 심미적으로 좋음. 화재 위험성이 적음.	재료비 및 인건비 증가(초기 투자비용 증가). 시간이 지나면 벽돌에 크랙이 생김. 벽이 두꺼워져 내부 유효 면적이 줄어듦.
콘크리트 우레탄 (징크패널)	단열 성능 보장. 밀폐성 좋음. 빠른 시공. 벽돌보다 경제적임. 내구성 좋음. 화재 위험성이 적음.	강판이 부식될 수 있음.

- 측벽 단열재에 따른 에너지 부하

1. 샌드위치 패널 : 1,091,307 MJ
2. 콘크리트, 스티로폼, 벽돌 : 1,079,951 MJ
3. 징크패널 : 1,073,637 MJ

징크패널에서 가장 적은 에너지 부하가 발생하지만, 상대적 효과는 크지 않음.
단열재에 따른 장단점을 참고하여 벽체를 결정하는 것을 권고함.

• 쿨링패드 설치에 따른 내부 온도 비교

- 외부 온도가 30°C 이상인 고온 환경에서 쿨링패드를 설치하여 평균 온도를 3.73°C를 낮출 수 있고, 하절기 전체 기간 평균 1.24°C의 온도 저감 효과를 가짐.

[하절기 쿨링패드 운영에 따른 돈사 내부 온도 차]

축사	구분	쿨링패드 가동 X	쿨링패드 가동 O	온도 차 (°C)
비육돈사	하절기	26.61	25.37	-1.24
	고온 환경	29.18	25.45	-3.73

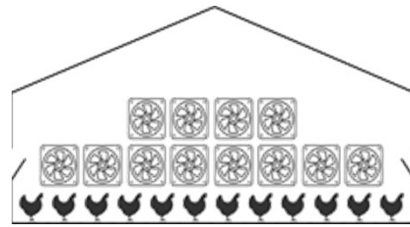
2. 스마트 무창 계사 연구

1) 축사 형태에 따른 에너지 부하 및 온도 비교

- 표준 설계도 육계사를 개선하기 위하여 중천장 여부를 고려하여 구조 개선안을 도출함.

표준설계도

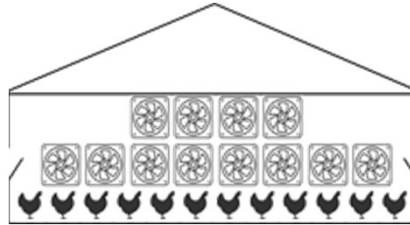
- 출하차량 진입의 편의성을 위해 중천장 X.
- 계절별 에너지 부하 (MJ)
하절기 냉방 에너지 : 241,180
동절기 난방 에너지 : 368,249



[표준 설계도]

중천장 추가

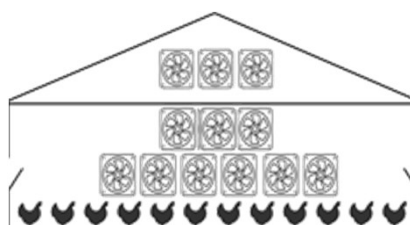
- 환경 조절 체적을 줄여 냉난방 부하 저감.
- 계절별 에너지 부하 (MJ)
하절기 냉방 에너지 : 261,416 (8.39% 증가)
동절기 난방 에너지 : 311,894 (15.3% 저감)



[구조 개선안 1]

중천장 배기팬 추가

- 중천장 열 축적 방지를 위해 배기팬 추가.
- 하절기 온도에 따라 배기팬 가동 수 제어.
- 계절별 에너지 부하 (MJ)
하절기 냉방 에너지 : 229,610 (4.8% 저감)
동절기 난방 에너지 : 311,894 (15.3% 저감)



[구조 개선안 2]

- 표준설계도에 중천장을 설치하고 팬을 배분하여 하절기 중천장 열 축적을 제거함.

중천장 설치를 통한 체감 온도 저감

- 표준설계도와 중천장 배기를 시행하는 구조 개선안2의 체감 온도를 비교하였을 때, 환기량이 증가한 3~4주령의 계사에서 저감율이 감소함.
- 표준 설계도의 풍속을 통한 체감온도 저감율 : 2.95%
- 중천장 배기 시(구조개선안 2) 풍속을 통한 체감온도 저감율 : 4.56%

[단면 풍속 증가에 따른 주령별 체감온도 저감율 및 풍속 (하절기)]

구분	표준설계도				구조 개선안			
	내부 온도 (°C)	체감 온도 (°C)	풍속 (m/s)	저감율 (%)	내부 온도 (°C)	체감 온도 (°C)	풍속 (m/s)	저감율 (%)
1주	26.86	26.86	0.02	0.00	30.51	30.51	0.03	0.00
2주	28.28	28.28	0.13	0.00	30.28	30.28	0.08	0.00
3주	25.53	24.84	0.59	2.68	25.11	23.31	0.74	7.17
4주	23.92	21.52	1.44	9.98	23.81	20.61	1.96	13.46
전체	26.14	25.37	0.55	2.95	27.43	26.18	0.71	4.56

2) 쿨링패드를 이용한 냉방 시설

쿨링패드 설치에 따른 내부 온도 비교

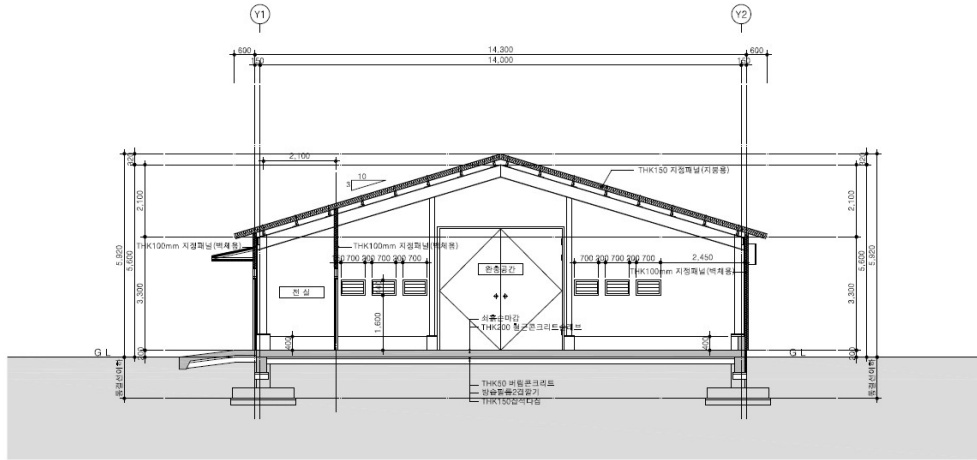
- 외부 온도가 적정 온도보다 높은 고온 환경에서 쿨링패드를 가동하여 평균 온도를 4.42°C를 낮출 수 있고, 하절기 전체 기간 평균 0.80°C의 온도 저감 효과를 가짐.

[하절기 쿨링패드 운영에 따른 계사 내부 온도 차]

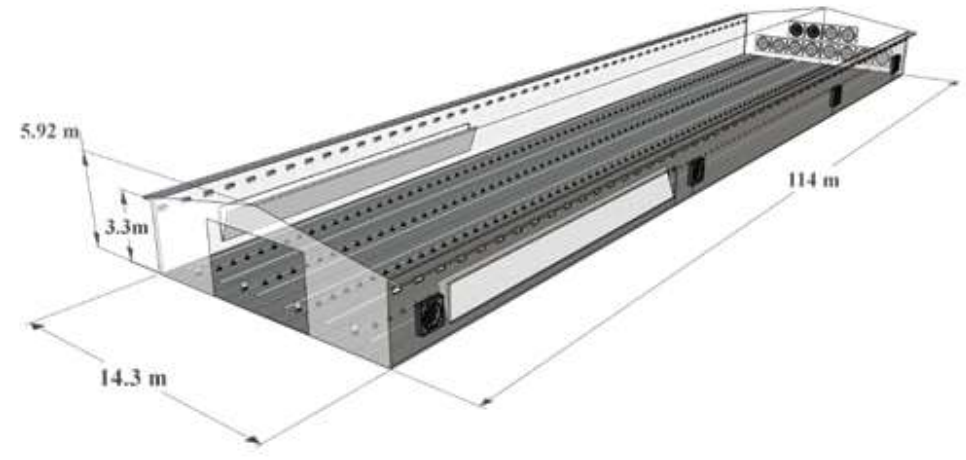
축사	구분	쿨링패드 가동 X	쿨링패드 가동 O	온도 차 (°C)
육계사	하절기	27.50	28.30	-0.80
	고온 환경	25.73	30.15	-4.42

2. 스마트 무창 계사 연구

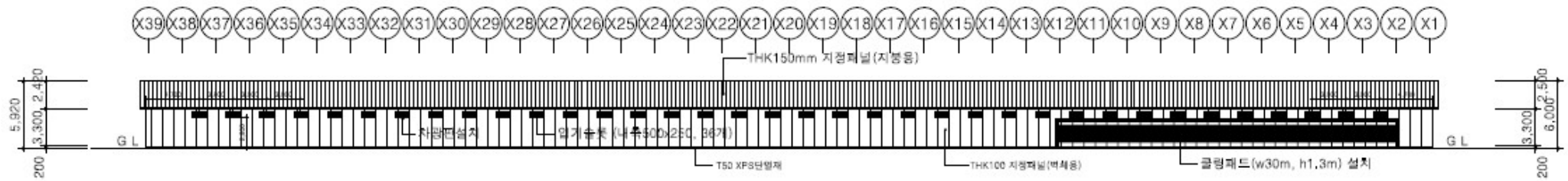
3) 표준 계사 도면



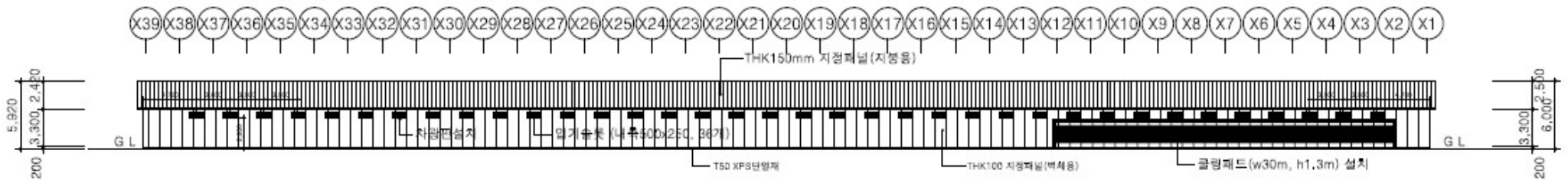
[표준 설계 계사 주단면도]



[표준 설계 계사 모식도]



[표준 설계 계사 배면도]

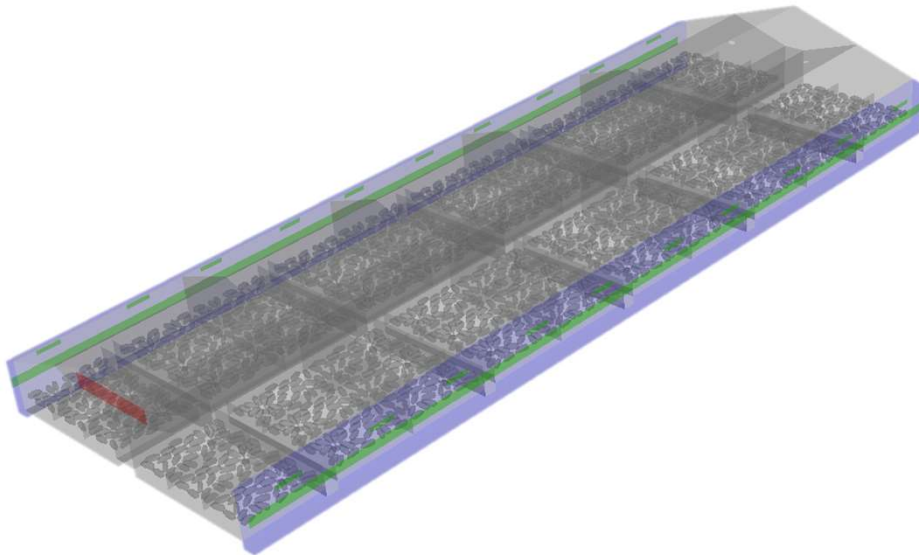


[표준 설계 계사 정면도]

3. 안성시 표준 축사

1) 안성시 표준 축사

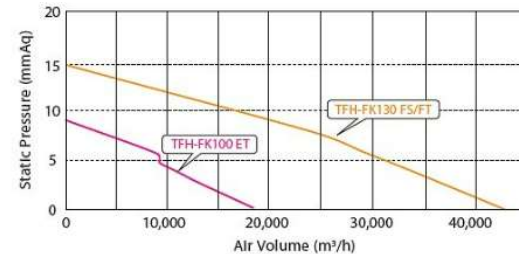
- 지하채널입기와 중천장 덕트를 활용한 유럽형 축사 형태에 전실을 추가한 구조.
- 지하채널 입기 구조를 통해 축사 내부 에너지 부하 저감.
 - 하절기 고온의 외기가 쿨링패드와 지하채널을 통과하며 온도가 낮아진 공기가 돈사 내부로 유입됨.
 - 동절기 저온의 외기가 전실과 지하채널을 통과하여 기온이 높아져서 돈사 내부로 유입됨.
- 돈사 내부 환경을 돼지 생육 조건에 맞게 관리 가능.
 - 온도, 상대습도, 가스 환경, 환기 측면에서 표준설계도 축사보다 유리함.
- 돈사 내부 악취 공기가 중천장 덕트로 모여 배기되기 때문에 세정장치 설치 및 유지관리에 용이함.



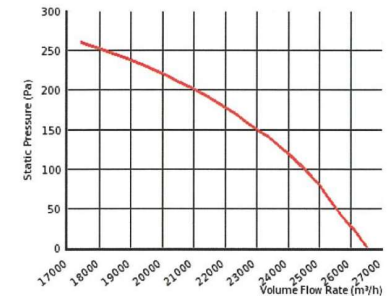
[안성시 표준 축사]

2) 배기팬 설치

- 중천장 덕트 내부, 돈사 내부, 지하채널 등의 압력 부하 조건을 고려하여 배기팬의 종류 및 용량 결정이 필요.
- 일반팬의 경우, 높은 압력 부하 조건에서 성능이 저하됨.
- 압력부하를 고려하여 배기팬으로 고압팬 사용을 권장.
 - 중천장 내부 약 30~50 Pa의 압력부하 발생. (현장 조사; 표준설계도, 2016; 표준설계도 2019)



(a) 일반팬의 팬 성능 곡선 예시



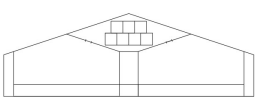
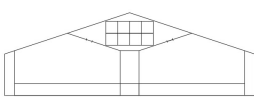
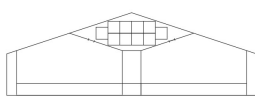
(b) 고압팬의 팬 성능 곡선 예시

[일반팬과 고압팬의 팬 성능 곡선]

- 실제 농장에서 압력부하나 팬의 노후화 등으로 인해 실제 팬의 풍량이 저감됨. 이에 따라 필요환기량보다 증가시켜 팬을 설치할 것을 권장
- 팬 설치 대수 별 환기량 산정 표 제시
 - 비육돈 필요 환기량 : $140 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ pig}^{-1}$, 사육두수 : 1560 마리
 - 고압팬의 산정 기준 풍량 : $32,500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, 고압팬 직경 1.2 m
- 중천장 덕트의 단면 풍속 기준에 충족되도록 설계
 - 최대 3 m s^{-1} (Ventilatie en klimaatbeheersing bij varkensstallen, 2009)
 - 중천장 덕트의 단면 풍속 기준 충족 (중천장 단면적 25.67 m^2)

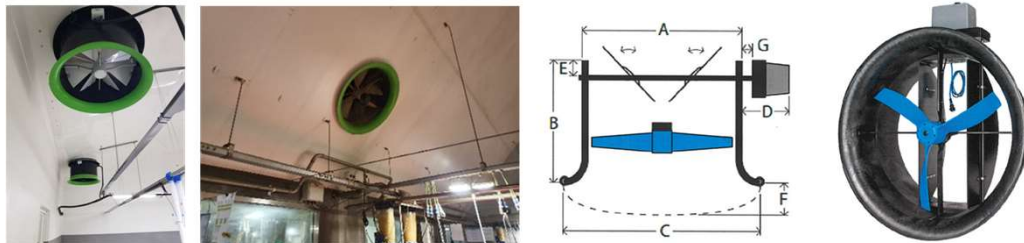
3. 안성시 표준 축사

[환기량 조건에 따른 필요 배기팬 수 및 배치]

필요 환기량	100%	120%	150%
전체 풍량	218,400 m ³ h ⁻¹	262,080 m ³ h ⁻¹	327,600 m ³ h ⁻¹
필요 배기팬 수	6.7 대	8 대	10 대
팬 설치배치			

3) 메저링팬 및 댐퍼 설치

- 각 돈방마다 적절히 환기가 되는지 상시적인 점검 및 관리 필요
- 돈방별 다른 연령의 돼지를 키우는 경우, 메저링팬 및 댐퍼를 통해 돈방 별로 환기 제어
- 계절별, 돈방별 환기량 모니터링을 통해 댐퍼 및 돈방별 환기량의 자동 제어 필요



[메저링팬 및 댐퍼의 설치 예시]

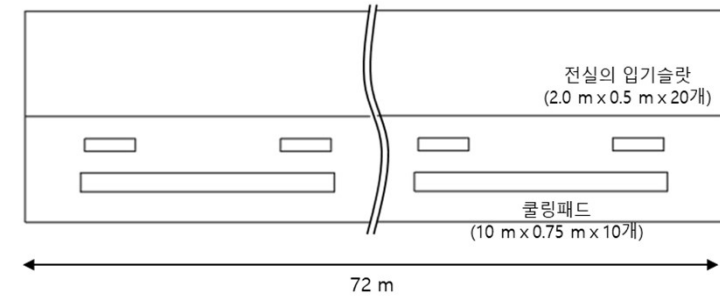
4) 전실의 입기슬랏 및 쿨링패드 설계

• 입기슬랏 설계

: 필요 환기량, 압력 부하 조건 등을 고려하여 설계 필요
(입기구의 단면 풍속 3 m s⁻¹ 이하) (표준설계도, 2021)
: 비육돈 필요 환기량 140 m³ h⁻¹ pig⁻¹, 사육두수 1560 마리,
하절기 최대 환기량 218,400 m³ h⁻¹, 총 입기 면적 20 m²

• 쿨링패드 설계

: 쿨링패드의 설계 용량, 압력 부하 조건 등을 고려하여 설계
(표준설계도, 2019; Munters 설계 기준 자료)



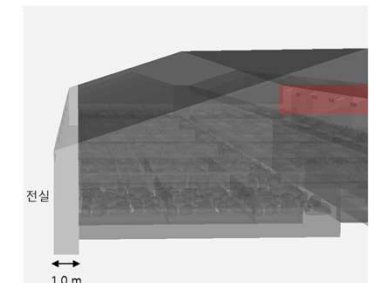
[입기슬랏 및 쿨링패드 설계]

4) 전실 설계

• 전실에 의한 압력 부하 및 열 전달을 고려한 설계 필요

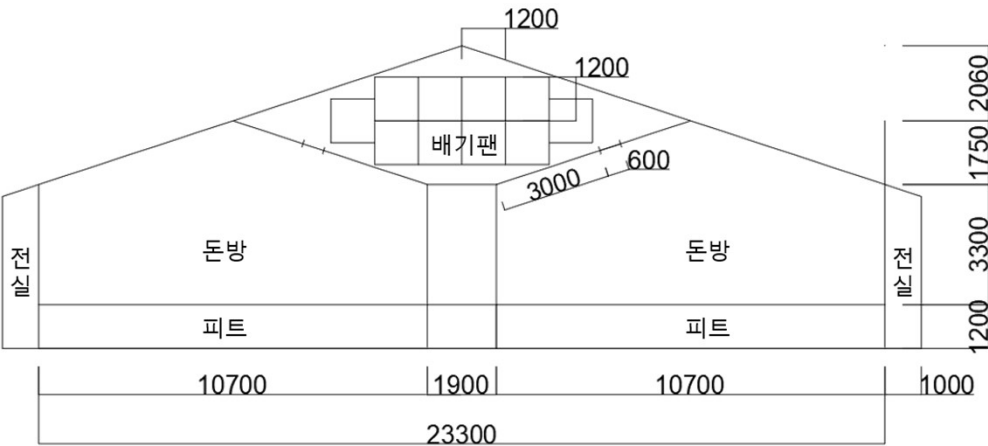
: 현장조사 결과, 문헌조사를 통해 자료 확보
: 전실 폭을 1.0 m 로 선정

실제 농가	전실 폭
Y 농장	0.8 m
R 농장	0.7 m
해외 A 농장	1.0 m
해외 B 농장	1.0 m

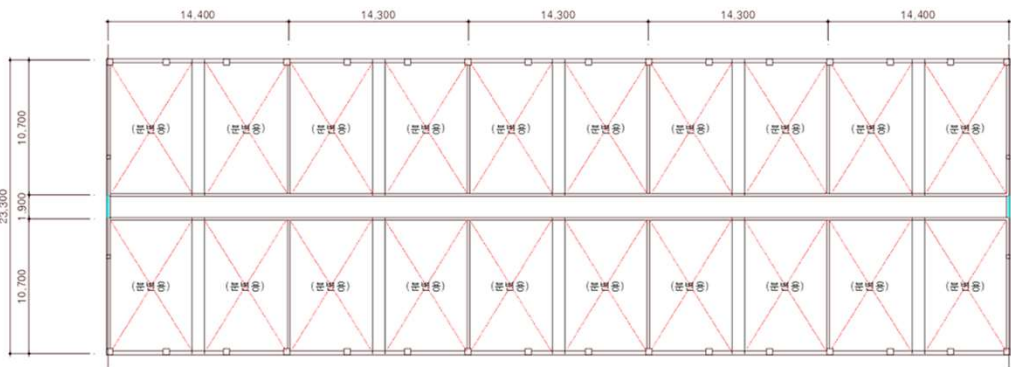


3. 안성시 표준 축사

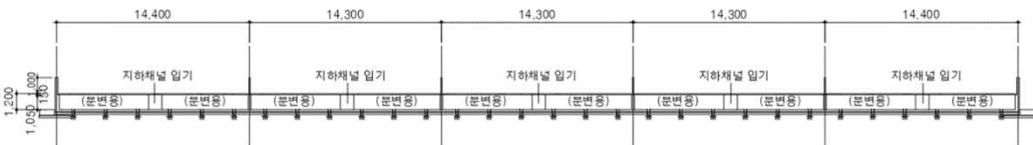
5) 안성시 표준 축사(유럽형 축사5)의 도면



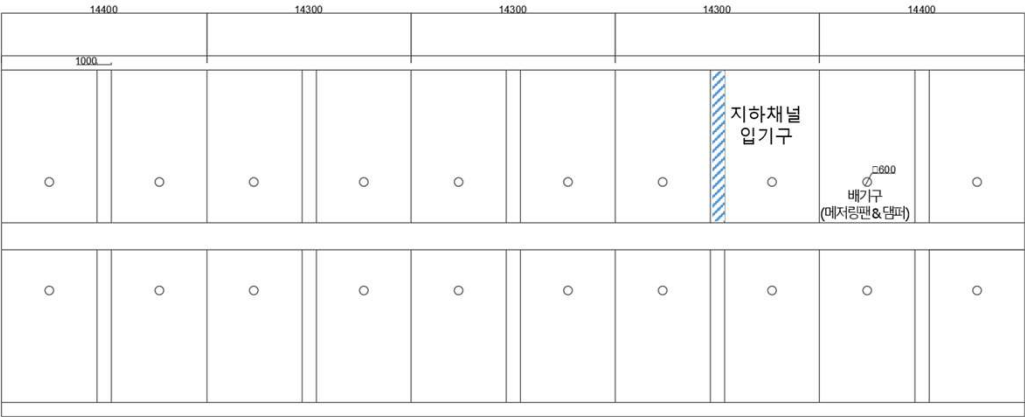
[안성시 표준 축사 정면도]



[안성시 표준 축사 슬러리 PIT 평면도]



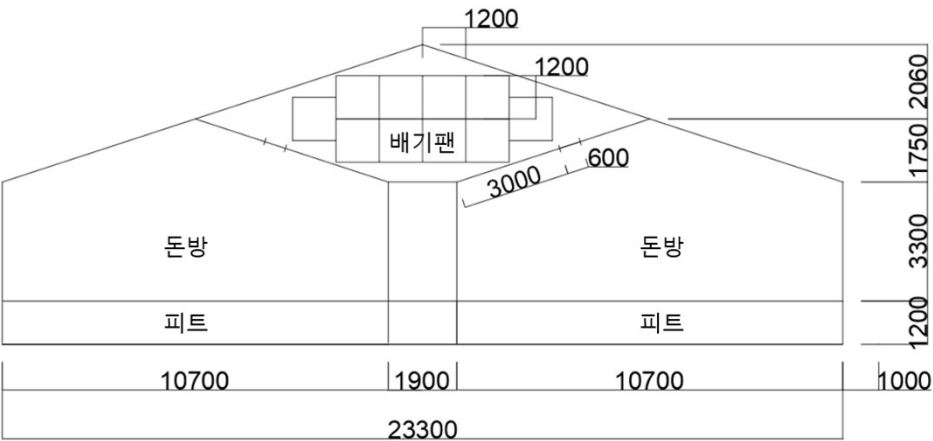
[안성시 표준 축사 슬러리 PIT 측면도]



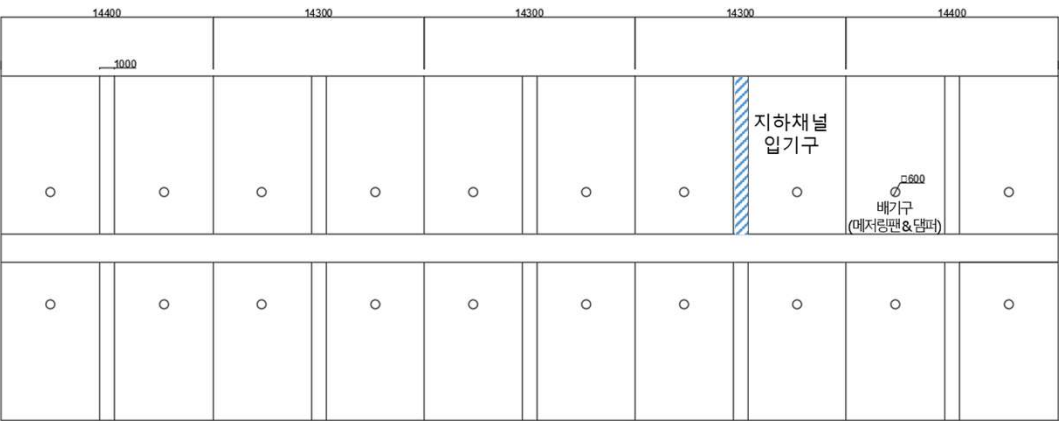
[안성시 표준 축사 평면도]

3. 안성시 표준 축사

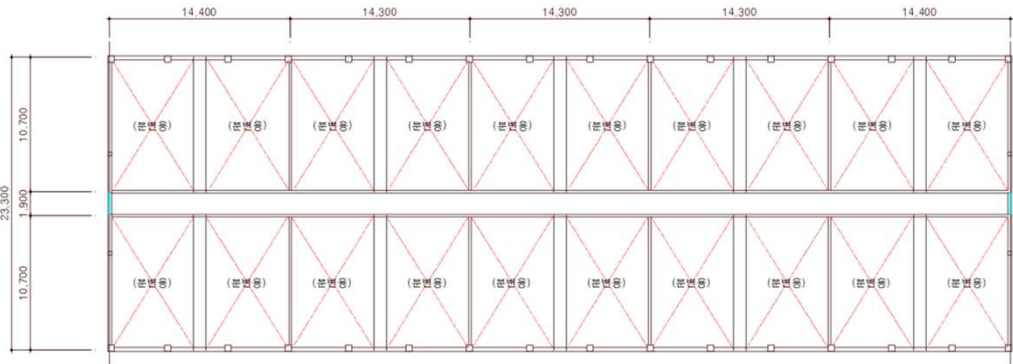
6) 유럽형 축사 1 : v자형 중천장, 지하채널입기 1



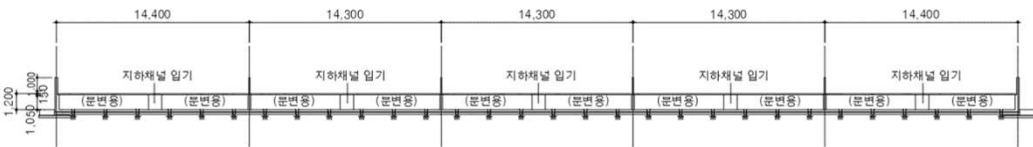
[유럽형 축사 1 정면도]



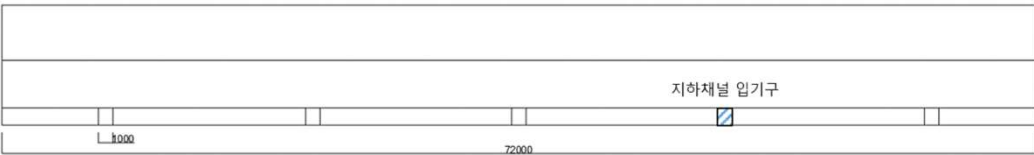
[유럽형 축사 1 평면도]



[유럽형 축사 1 슬러리 PIT 평면도]



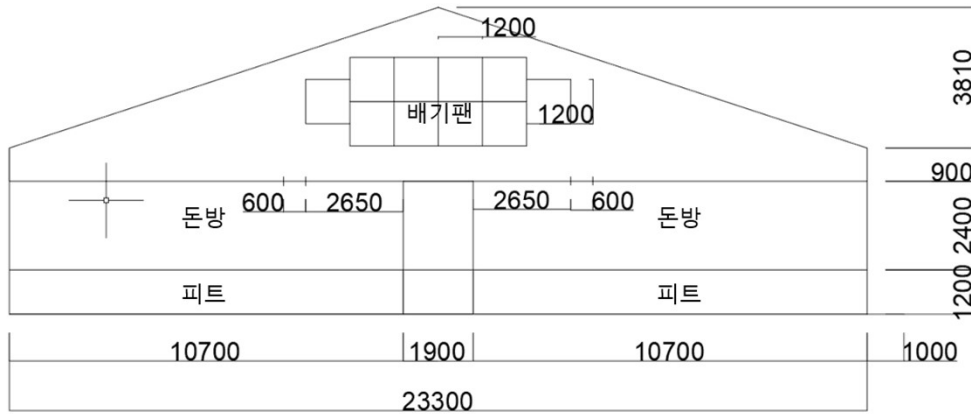
[유럽형 축사 1 슬러리 PIT 측면도]



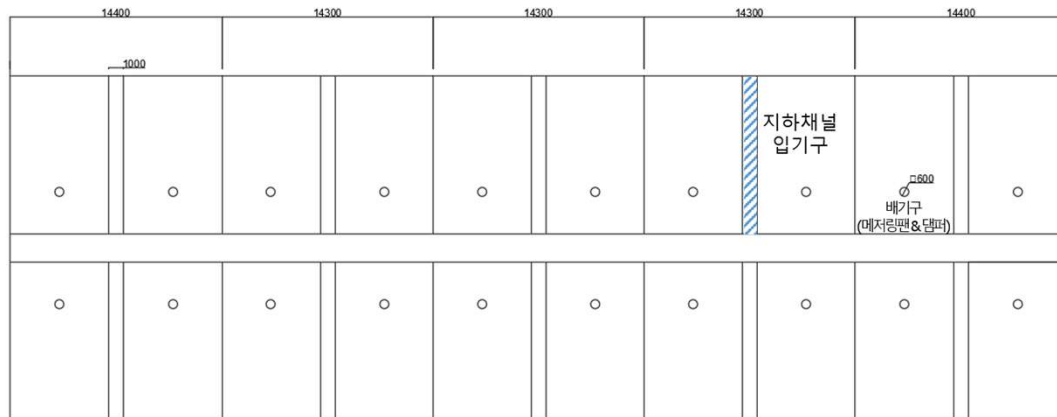
[유럽형 축사 1 측면도]

3. 안성시 표준 축사

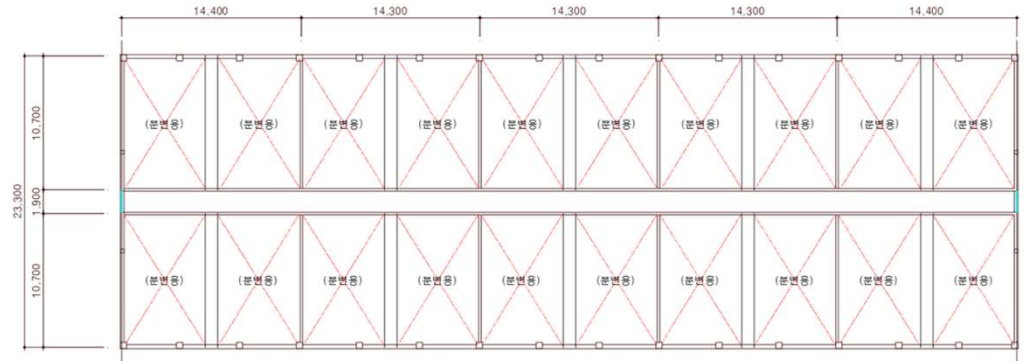
6) 유럽형 축사 2 : 일자형 중천장, 지하채널입기 1



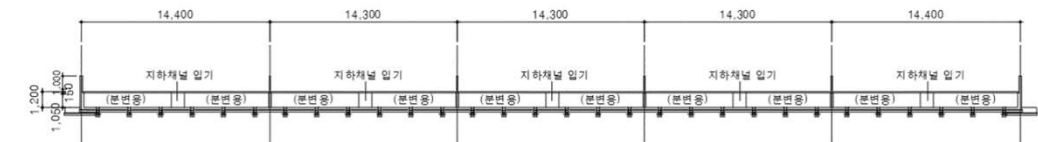
[유럽형 축사 2 정면도]



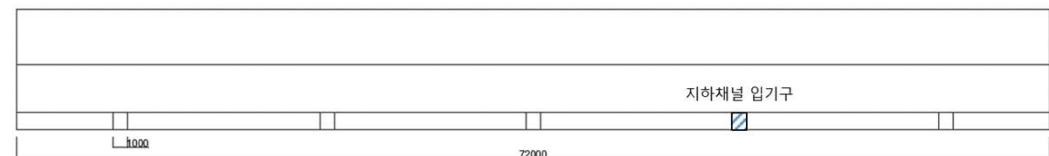
[유럽형 축사 2 평면도]



[유럽형 축사 2 슬러리 PIT 평면도]



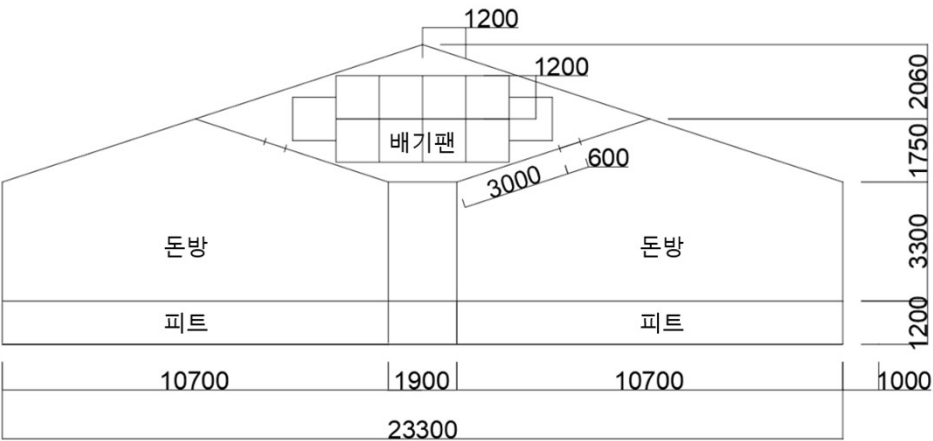
[유럽형 축사 2 슬러리 PIT 측면도]



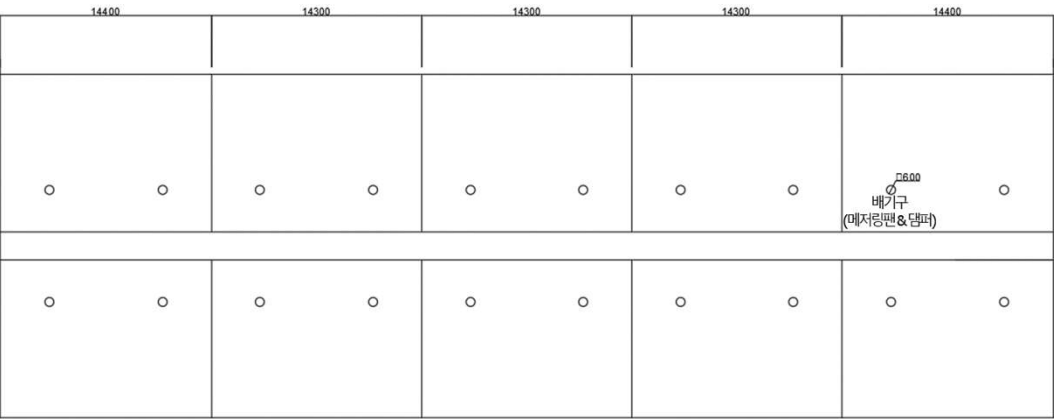
[유럽형 축사 2 측면도]

3. 안성시 표준 축사

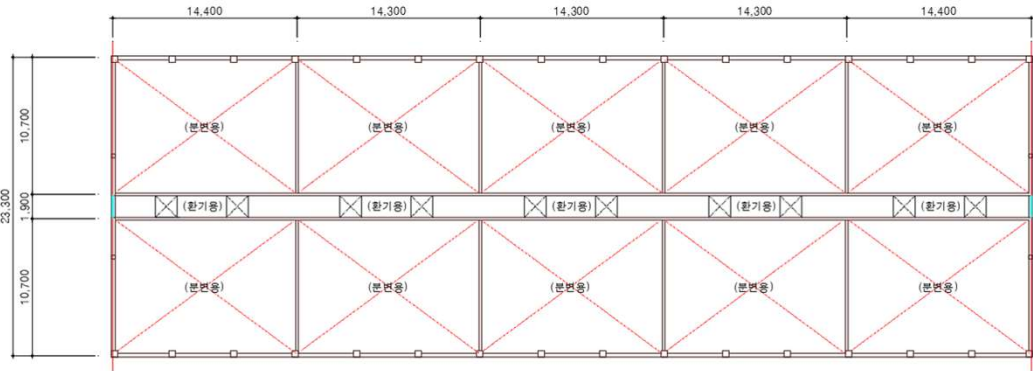
6) 유럽형 축사 3 : v자형 중천장, 측벽 입기



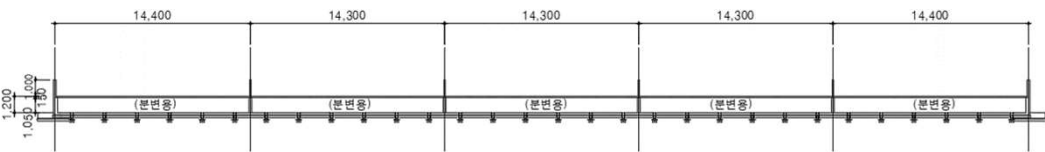
[유럽형 축사 3 정면도]



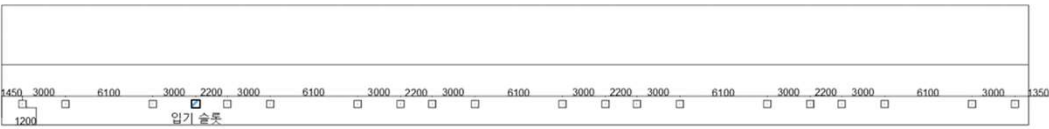
[유럽형 축사 3 평면도]



[유럽형 축사 3 슬러리 PIT 평면도]



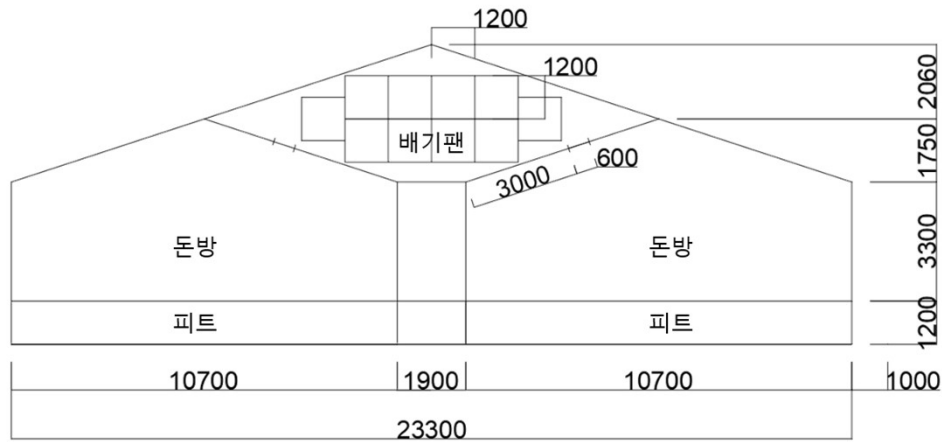
[유럽형 축사 3 슬러리 PIT 측면도]



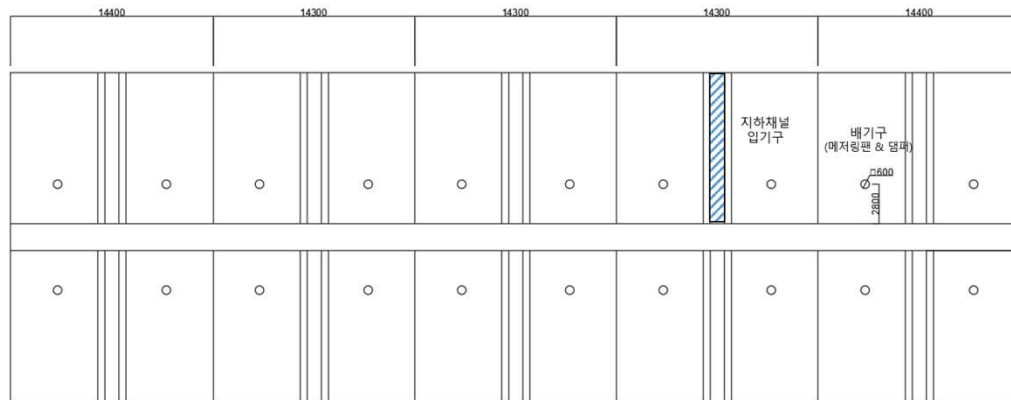
[유럽형 축사 3 측면도]

3. 안성시 표준 축사

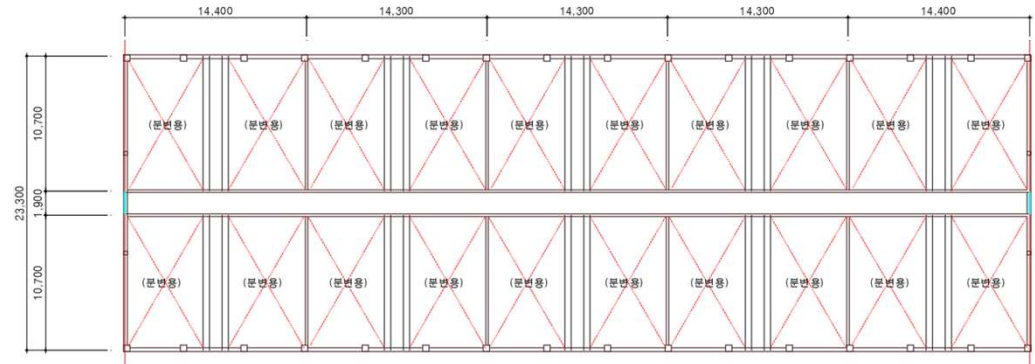
6) 유럽형 축사 4 : v자형 중천장, 지하채널입기 2



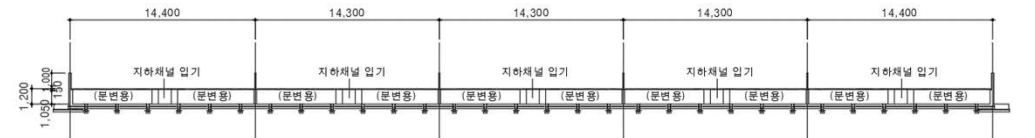
[유럽형 축사 4 정면도]



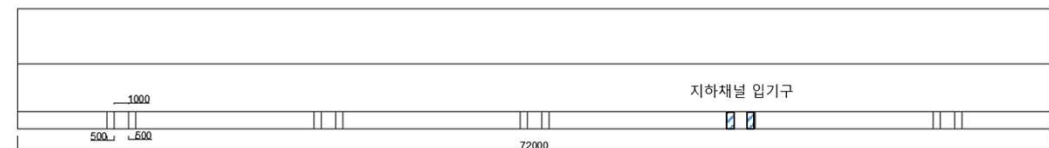
[유럽형 축사 4 평면도]



[유럽형 축사 4 슬러리 PIT 평면도]



[유럽형 축사 4 슬러리 PIT 측면도]



[유럽형 축사 4 측면도 예시]

3. 안성시 표준 검사

7) 안성시 표준 검사의 설계 요인 및 장점

• 안성시 표준 검사의 특징

- 안성시 기상분석 결과 반영.
- 검사의 환기 및 에너지에 대한 정량적 분석 결과 반영.
- 정량적 분석을 기반한 구조 개선안 결과 반영.
- 실제 검사의 내부 압력부하를 고려한 배기팬, 중천장 덕트 단면 등의 설계 반영.



- 01 기상 분석 결과**
 - 안성시 기상 분석 (TAC 1%) 결과 적용
- 02 환기 및 에너지 분석 결과**
 - 구조개선안에 대한 정량적 비교 분석
 - 검사 내부 적정 환경 조성 분석
 - 검사의 에너지부하 분석
- 03 구조개선안 분석 결과**
 - 중천장 형태, 입기형태에 따른 차이 분석
 - 전실 및 쿨링패드 설치에 따른 효과 분석
- 04 중천장 덕트 단면 설계**
 - 필요환기량 고려
 - 설계 기준에 맞는 단면 설계 (중천장 내부 유속 3 m s^{-1} 이내)
- 05 검사 내부 압력 고려 및 배기팬 설계**
 - 고압력팬 사용 권장
 - 메저링팬 및 댐퍼를 활용한 자동제어 제안
 - 배기팬의 적성 설치 수 선정 & 배기팬 배치 설계

[안성시 표준 검사의 특징]

• 한국형 검사 대비 안성시 표준 검사의 장점 및 효과

- 안성시 기상에 적합한 환기 구조.
- 가축 사육을 위한 검사 내부 환경의 적정성 증가.
- 악취 세정장치 설치 및 관리에 용이.
- 검사 내부 돈군에서의 환기 효율성 증가.
- 검사 에너지 비용 절감.
- 장기적인 관점에서 악취 민원 문제 해결에 기여.



[안성시 표준 검사의 장점 및 효과]

4. 축산 악취 저감 시설

1) 축산 악취

- 돈사 시설의 악취는 주로 피트 내 분뇨 및 사료의 부패로 인해 발생함.
- 축산 악취의 78%가 축산 농가에서 발생하며, 가축분뇨처리 시설에서 8%, 액퇴비 살포지에서 12% 발생함.
- 악취 물질은 높은 온도에서 더 많이 발생하여 겨울보다 여름에 더 많은 악취가 발생함.

2) 주요 축산 악취 저감 시설

- 사료 첨가제
 - 미생물제제를 가축의 장내에서 유해성 미생물의 증식을 억제시켜 미생물 균형을 개선하여 가축의 성장을 촉진하고, 악취 물질의 배출을 억제하는 방법.
 - 간편하지만 한계점이 명확한 단점을 가짐.
 - 암모니아를 저감하는 효과를 가짐.
- 가스 흡착
 - 밀폐형 축사에서 흡착 시설을 설치하여 산성 흡착제를 이용하여 악취 물질을 제거하는 방법.
 - 악취 물질 제거 효율은 높게 나타나지만, 처리시설의 유지 및 관리 비용이 크게 나타남.
- 오존 처리
 - 강한 산화제인 오존을 이용하여 악취 물질을 산화처리하여 제거하는 방법.
 - 암모니아 및 황화수소를 산화 처리 함.
- 바이오커튼
 - 배출되는 공기를 바이오 커튼 내부로 포집하고 세정수를 이용하여 악취 물질을 제거하는 방법으로, 세정수로 차아염소산, 오존, 이산화염소 등이 사용됨.
 - 설치비용이 저렴하지만, 압력부하를 발생시킴
 - 악취 저감 효과가 상대적으로 낮음.

• 안개분무

- 돈사 내부에 이산화염소 가스 등을 이용한 가스 분무 노즐을 설치하여 악취 물질 및 먼지를 제거하는 방법.
- 간편한 방법으로 악취를 저감시킬 수 있지만, 돈사 내부 습도 관리가 어려워짐.

• 바이오필터

- 대기 중의 오염 물질을 제거하기 위하여 다공성 담체에 미생물을 이용하는 방법.
- 비용도 저렴하고, 종합적으로 좋은 효과를 가지지만, 충전재 수급이 어렵고, 과도한 압력 부하를 발생 시킴.

• 방풍림

- 바람을 막기 위해 설치하지만, 축산 악취 확산 및 희석에 도움을 줄 수 있음.

• 공기정화포집 시스템

- 축사의 오염된 공기를 세정수와 접촉시켜 암모니아 가스를 물에 녹이고, 바이오 필터를 설치하여 미생물이 암모니아 가스를 분해하는 방법.
- 설계나 운영 방식에 따라 효과가 상이함.
- 세정수의 종류 및 관리에 따라 효과가 상이함



4. 축산 악취 저감 시설

3) 주요 축산 악취 저감 시설 비교

- 랩실험, 현장실험을 통해 산정된 악취 저감시설의 효과

[문헌조사를 통한 악취 저감 시설의 악취 저감율]

악취 저감 시설	저감율(%)		참고 문헌
	암모니아	황화수소	
바이오필터	18-96	24-42	Liu et al., 2014
	18-46	23-94	Liu et al., 2012
	32		축산환경관리원 (2020)
에어 스크러버	79-90	-	Liu et al., 2014
Barrier	25-96	-	Aarnink et al., 2011
방풍림	<50	<85	Liu et al., 2014
사료 첨가제	28-79	-	Sutton et al., 1999
	70	-	Aaenik et al., 2007
	12	11	축산환경관리원 (2020)
	25	-	축산환경관리원 (2020)
Oil spray	30	27	Liu et al., 2014
	36	18	Pazek et al., 2001
Ventilation	0-20	0-20	Jacobson et al., 2008
	40	-	Chastain et al., 1999
자외선 차단	3-98	-	Rockafellow et al., 2012
	-	10-100	Koziel et al., 2008
개선재 살포	50-78	50-75	상지대, 2021
	23-34	30-62	Nam et al. (2016)
	0.1-36	2-20	Kim et al. (2008)
액비순환시스템	50	50	Ha and Kim (2015)
	47	87	축산환경관리원 (2020)
	28-46	-	Wei et al. (2019)

- 현장실험을 통한 축산 악취 시설의 성능 평가
 - 바이오커튼
 - 복합 악취의 저감 효율 : 평균 38.1 %
 - 암모니아, 황화수소의 저감 효율 : 평균 17.8 %, 21.6 %
 - 에어 스크러버 시스템
 - 복합 악취의 저감 효율 : 평균 58.8 %
 - 암모니아, 황화수소의 저감 효율 : 평균 47.4 %, 38.1 %

[축산 악취 저감 시설 비교]

구분	시설명	축사악취차단		NH ₃ 저감	분진 저감	복합 악취 저감	장 점	단 점
		내부	외부					
복합적	공기정화 포집 시스템	-	○	○	○	○	종합 저감, 관리 용이	초기 설치비용이 큼
생물학적	미생물 살포	○	○	○	-	○	간편한 방식	한계점이 명확함
	액비순환 시스템	○	○	○	-	○	악취 저감 발생원에 대한 근본적인 처리	초기 설치 비용, 유지 관리에 따른 효과 차이
물리적	안개분무시설	○	○	○	○	○	간편한 방식	낮은 악취 저감 효과, 습도 관리의 어려움
	바이오커튼	-	○	○	○	○	설치비용 저렴함	낮은 악취 저감 효과, 압력부하 발생
	바이오필터	-	○	○	○	○	종합 저감, 비용 저렴	충진재 수급 어려움, 과도한 압력부하 발생
화학적	산업용 스크러버	-	○	○	○	○	종합 저감, 고성능	설치 및 관리비용이 큼

5. 유럽형 축사의 에어 스크러버

1) 에어 스크러버 설치 농가 자료 조사 및 설치 용량 설계

- 유럽형 축사는 환기되는 공기가 중천장 덕트를 통해 모여 축사 한쪽 끝벽으로 배기되기 때문에 에어 스크러버 설치 및 유지, 관리 용이.
- 축사에서 배출되는 악취 공기의 양보다 스크러버의 용량이 적다면, 악취 공기를 적절히 세정할 수 없으며, 반대로 스크러버의 용량이 클 경우, 과다설계로써 시공에 드는 비용이 커져 경제성이 떨어짐.
- 에어 스크러버는 일반적으로 EBRT(스크러버 내 공기 지체 시간)가 커질수록 악취 공기가 스크러버 안에 머무르며 세정되는 시간이 길어져 악취 공기의 세정 효율이 증가하는 경향을 보임.
- 실제 농가에서는 약 2.2 ~ 6.1초의 EBRT로 설치하였고, 농림축산부의 2021년 연구에 따른 OO 업체에서 개발한 에어 스크러버의 EBRT는 1.25초 이하의 값을 나타내며, 평균 50.9%의 복합 악취 저감효과를 나타냄.



[유럽형 축사와 연결되는 압력실 및 에어 스크러버 설계 예시]

농장	종류	에어 스크러버 체적 (m ³)	환기량 (m ³ s ⁻¹)	최대 환기 기준 EBRT (초)	사육두수 (마리)	면적 (m ²)
R 농장	임신사	120	33	3.6	480	1,570
	종부 대기돈	120	48.6	2.5	700	1,840
	분만사	140	28.6	5.2	294	1,957
	자돈사	140	67.2	2.2	5,376	2,180
H 농장	비육돈사	457	89.0	5.1	1,580	2,357
	자돈사	82.7	14.3	5.8	859	638
Y 농장	모돈, 자돈	80.3	13.2	6.1	1,514 (자돈 1,047, 분만돈 37, 포유자돈 430)	1,670

[실제 농가에 설치된 에어 스크러버 제원 조사 결과]

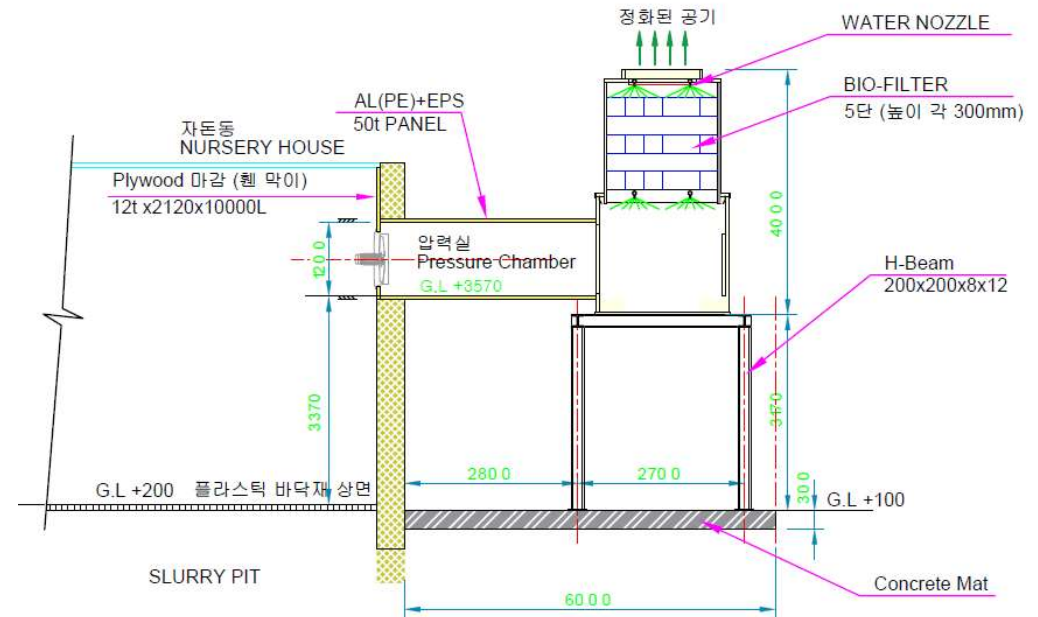
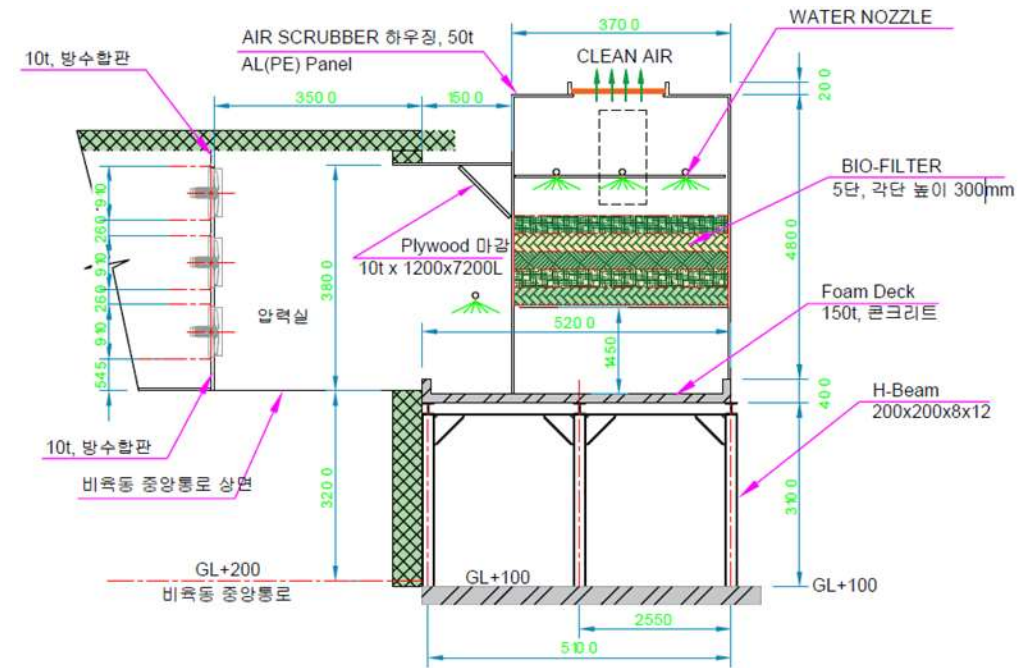
5. 유럽형 축사의 에어 스크러버

2) 다양한 형태의 에어 스크러버

- 일반적으로 유럽형 축사의 배출구와 에어 스크러버까지의 거리가 가까우면, 내부 압력 부하가 크게 작용하여 배기팬의 환기량 및 에어 스크러버의 세정 효과에 영향을 줌.
- 압력실의 크기, 배기팬과 스크러버까지의 거리, 압력실 내부 유동 및 압력 분포 등을 설계해야함.
- 스크러버 및 압력실 내부의 압력부하를 고려하여 배기팬과 세정 장치 사이의 거리는 2 ~ 5m 정도 거리를 두고 설치됨.
- 실제 유럽형 축사가 설치되는 농장의 부지, 스크러버의 크기 및 세정 효율, 스크러버 내부의 필터 종류, 내부 유동 분포 및 환기 구조 등을 고려해서 설계해야함.

농장	종류	에어 스크러버의 체적 (m³)	압력실 체적 (m³)	배기팬과 스크러버의 거리 (m)
R 농장	임신사	279.5	264	2.9
H 농장	비육돈사	457	139.5	5
	자돈사	82.7	33.84	3
	모돈사	100	16.8	2
Y 농장	모돈, 자돈	80.3	60	4

[실제 농가에 설치된 에어 스크러버의 제원 조사 결과]



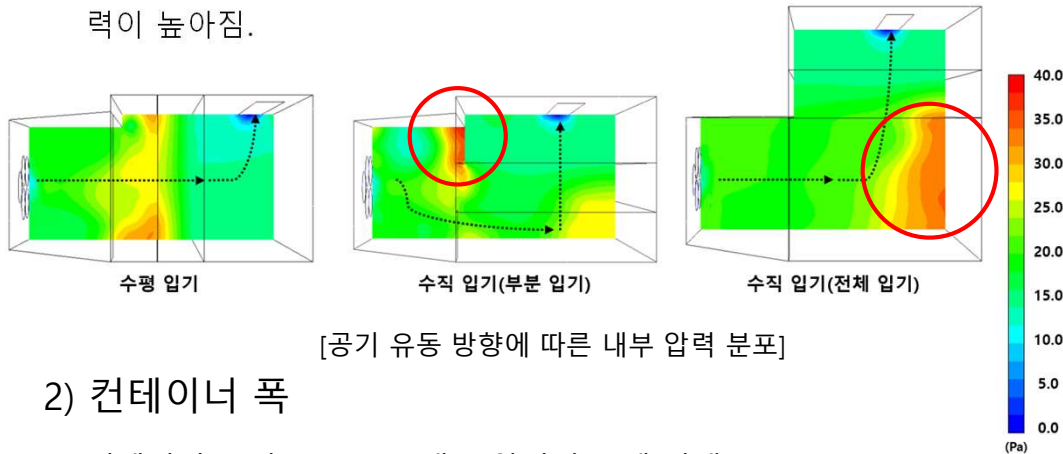
[유럽형 축사와 연결되는 압력실 및 악취 세정장치 설치 예시]

5. 유럽형 축사의 에어 스크러버

실제 설치된 에어 스크러버의 구조에 따른 효과를 비교하기 위해 공기의 유동 방향과 컨테이너의 폭에 따른 내부 압력을 분석하여 에어 스크러버의 설계 방향을 제시함.

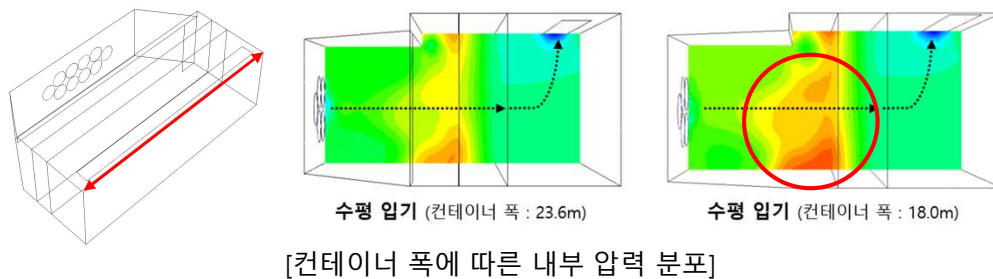
1) 공기 유동 방향

- 스크러버에 수직으로 공기가 들어가는 경우 부분 입기 시 입기구 상단 벽에 압력이 높게 분포함.
- 스크러버에 수직으로 공기가 들어가는 경우 풍향이 꺾이는 부분에서 압력이 높아짐.



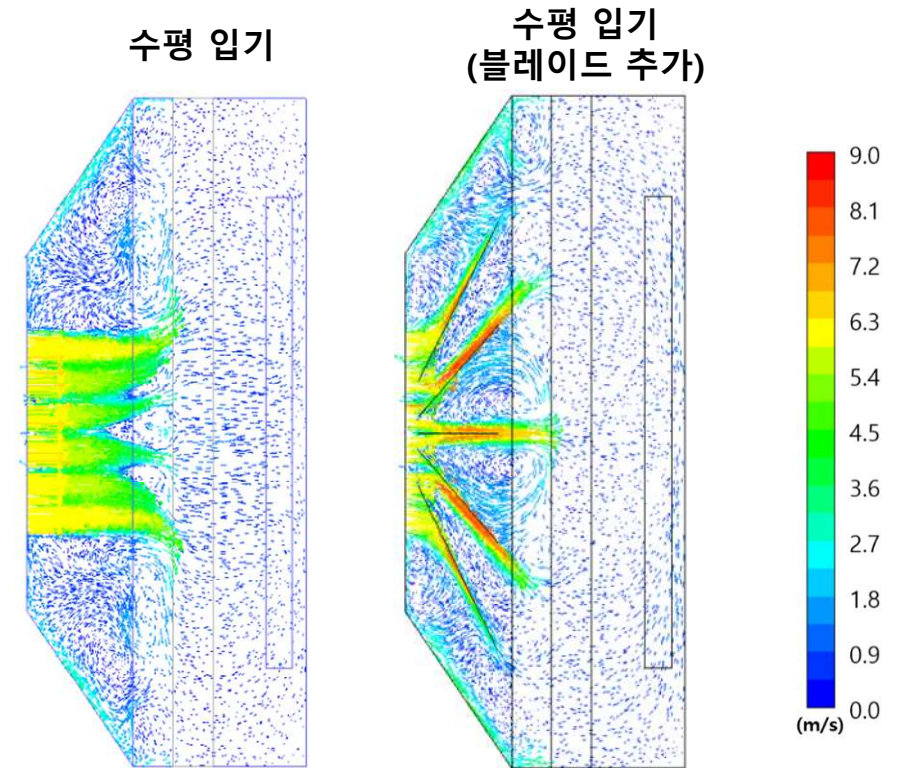
2) 컨테이너 폭

- 컨테이너 폭이 좁을수록 내부 압력이 높게 발생.
- 일정한 양의 공기가 돈사에서 배출되어 컨테이너 안으로 들어오기 때문에 체적이 좁을수록 압력이 높게 분포함.



3) 에어 스크러버 설계

- 스크러버에 수평으로 공기가 들어오고, 스크러버의 컨테이너 폭이 넓을수록 에어 스크러버 내부 공기 유동이 효율적임.
- 농장 내부 공간적 여유, 설치 및 유지 보수 비용, 저감 효율을 고려하여 입기 방향, 컨테이너 규격을 설정 해야함.

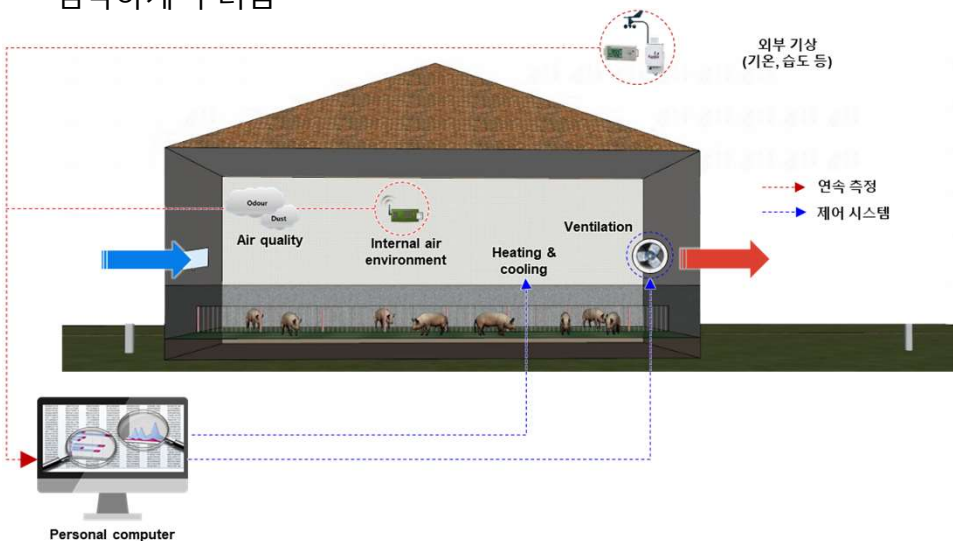


- 블레이드 설치를 통해 농가의 배출 공기가 스크러버 내부로 고르게 퍼져 나가도록 유도할 수 있음.

6. 공기 재순환 시스템

1) 기존 축산 시설의 환기시스템 및 운영

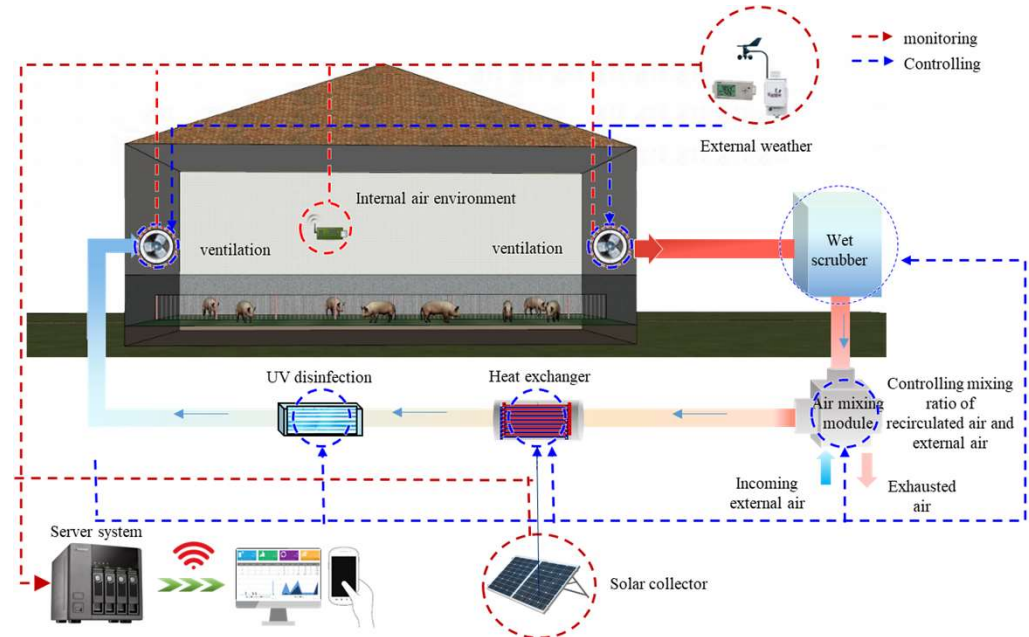
- 우리나라는 계절별로 사육환경이 열악하여 생산성 저하 및 복지 축산 구현의 어려움
- 공기사육환경 열악으로 인하여, 센싱/모니터링 시스템들의 내구성이 현저히 낮음
- 에너지 비용의 부담으로 인하여 적절한 환경 조절이 이루어지지 못하고 있는 실정임
- 최근에 기후변화 등으로 인하여 질병 유·출입의 차단 방벽이 더욱 중요함
- 축산 시설의 악취 배출로 인한 민원, 법적 분쟁은 축산 산업 발전에 큰 저해 요인임
- 축산 악취 저감시설들의 지하수 이용에 따른 지하수, 토양 오염 등이 심각하게 우려됨



[국내 일반적인 축사의 환기시스템 및 운영]

2) 공기 재순환 시스템이란?

- 공기재순환 시스템은 외부의 공기 유입을 최소화하고 대신에 내부의 공기를 **정화하여 재공급**하는 방법
- 공기재순환 기술을 축산 시설에 접목한다면 질병의 직접 전파와 공기 중 전파를 차단할 수 있음
- 환기량을 크게 증가하여, 적정 온도를 유지함과 동시에 분진, 가스, 복합 악취 등 사육환경을 개선할 수 있음
- 또한, 공기 세정을 통하여 악취 배출을 최소화할 수 있고, 환기를 통하여 배출되는 열에너지를 회수하여 에너지 부하를 절감할 수 있음
- ICT 기반의 제어시스템을 통해 효율적인 자동 제어 가능

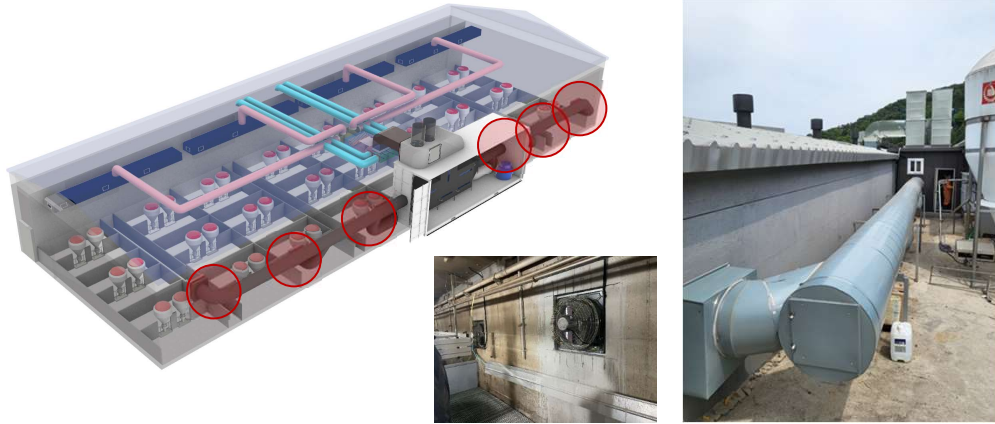


[축사의 공기 재순환 시스템의 모식도]

6. 공기 재순환 시스템

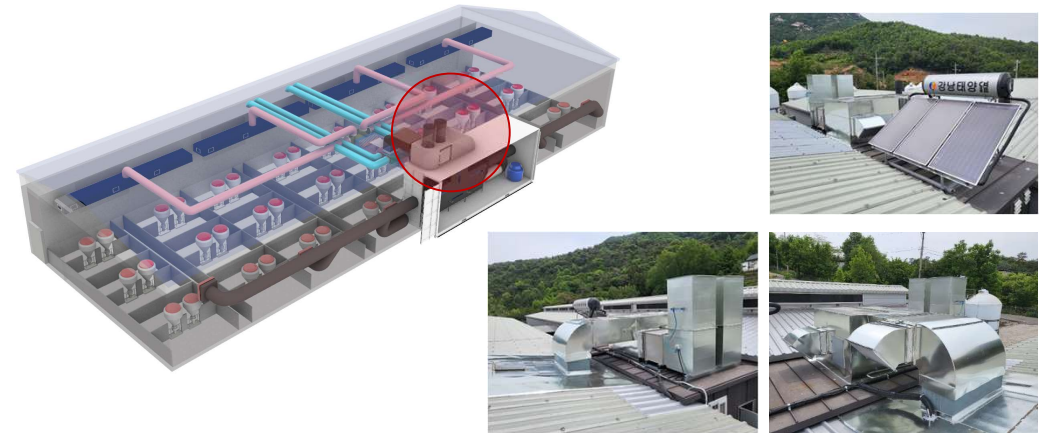
3) 재순환기시스템의 실험 농가 설치

- 측벽 배기팬 및 측벽 배출 덕트



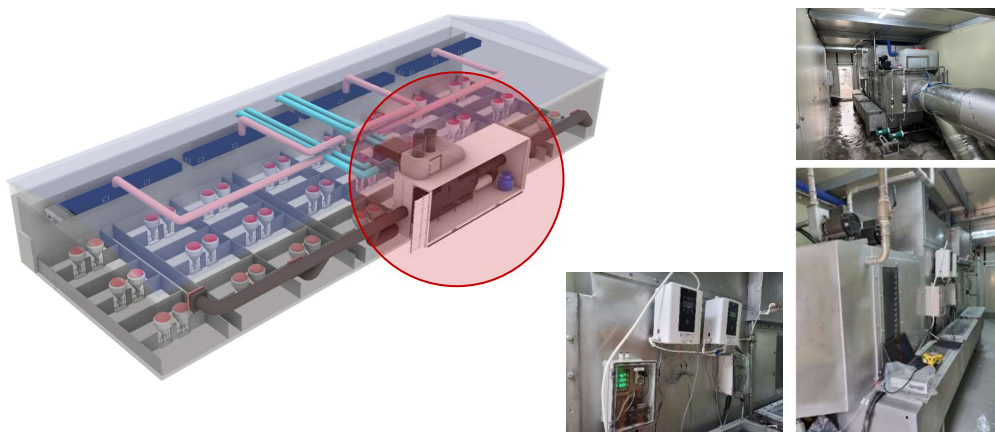
[공기재순환 환기시스템의 측벽 배출 덕트 설계 및 구성]

- 외부 공기 혼합존 및 태양열 이용



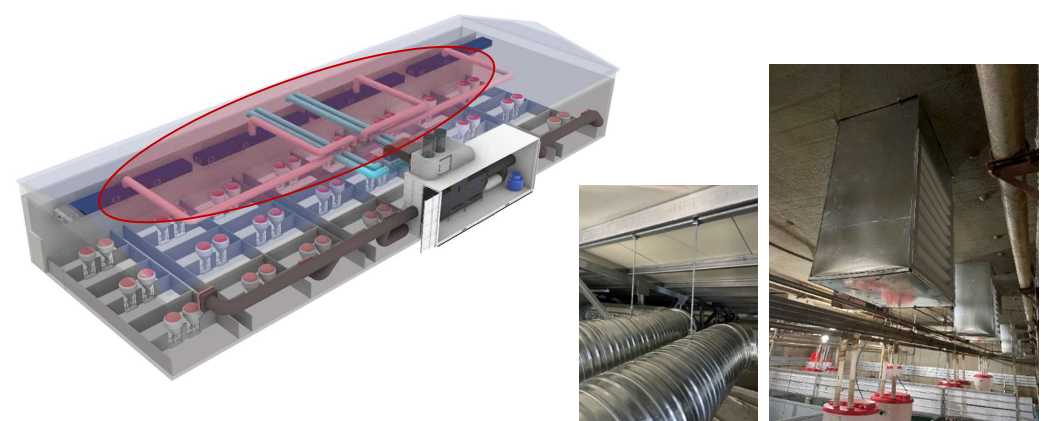
[공기재순환 환기시스템의 외부 공기 혼합구역 및 태양열 모듈 설치]

- 공기세정장치



[공기재순환 환기시스템의 공기세정장치]

- 내부 입기 덕트



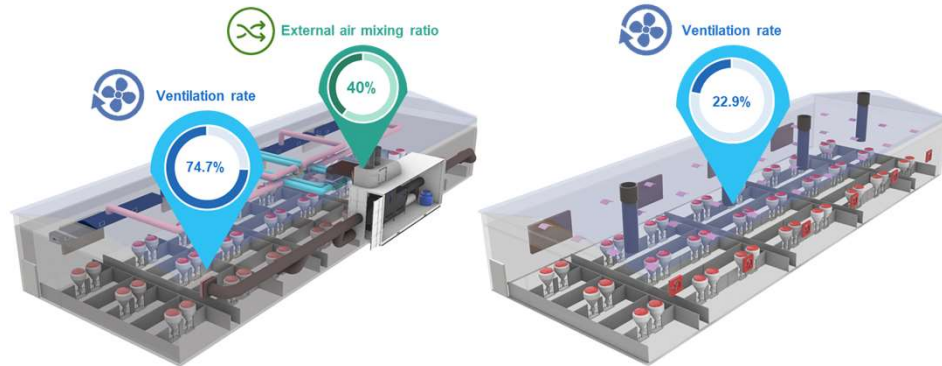
[공기재순환 환기시스템의 내부 입기 덕트]

6. 공기 재순환 시스템

4) 동절기 (1~2월) 공기 재순환 시스템의 효과

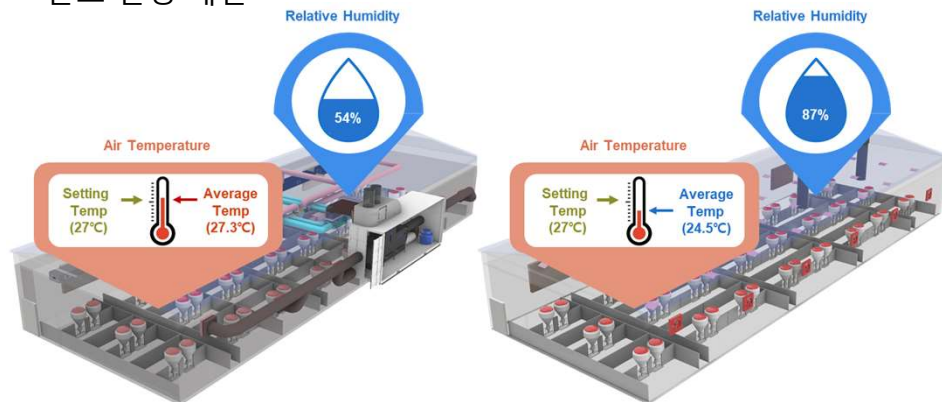
- 분석을 위한 환경 조건
 - 돼지 주령 : 8주령 (980두)
 - 외부 기온 : 5.3℃, 외부 습도 : 41%

• 환기량 개선



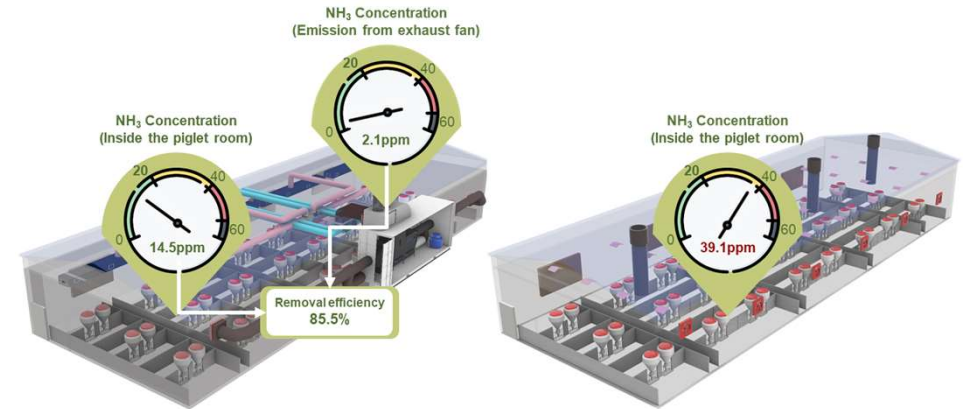
[공기 재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

• 온도 환경 개선



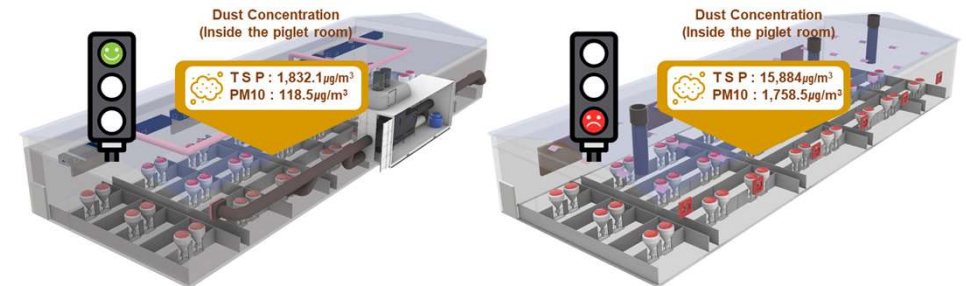
[공기 재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

• 암모니아 가스 환경 개선



[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

• 분진 환경 개선



[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

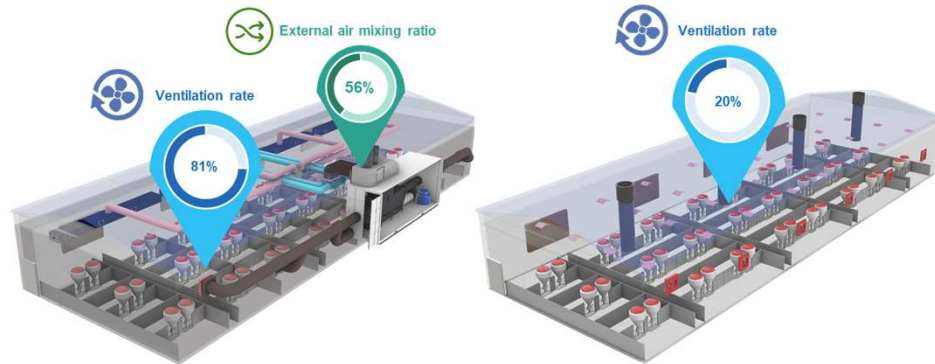
[동절기 공기 재순환 시스템의 효과]

- 축사 내부 환기량 개선 : 약 3.5배 증가
- 온도 환경 개선 : 약 3℃ 증가로 적정 환경 유지
- 암모니아 가스 환경 개선 : 약 25 ppm 저감
- 분진 환경 개선 : TSP 약 90% 저감, PM10 약 93% 저감

6. 공기 재순환 시스템

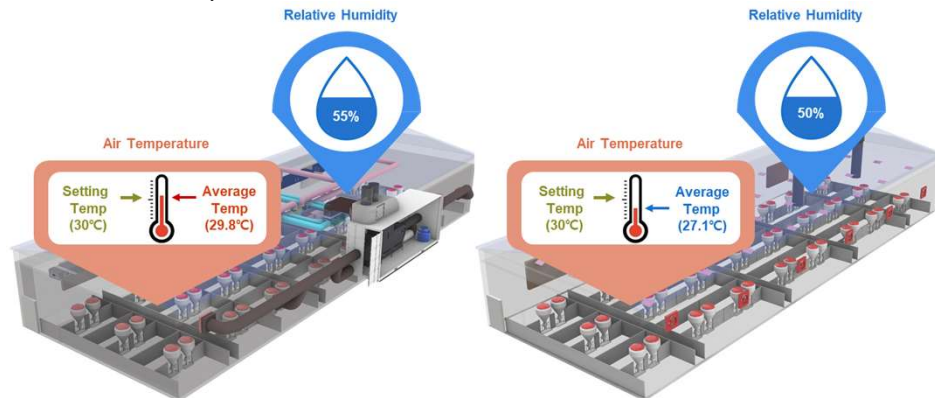
5) 환절기 (5~6월) 공기 재순환 시스템의 효과

- 분석을 위한 환경 조건
 - 돼지 주령 : 8주령 (980두)
 - 외부 기온 : 22.5℃ , 외부 습도 : 51%
- 환기량 개선



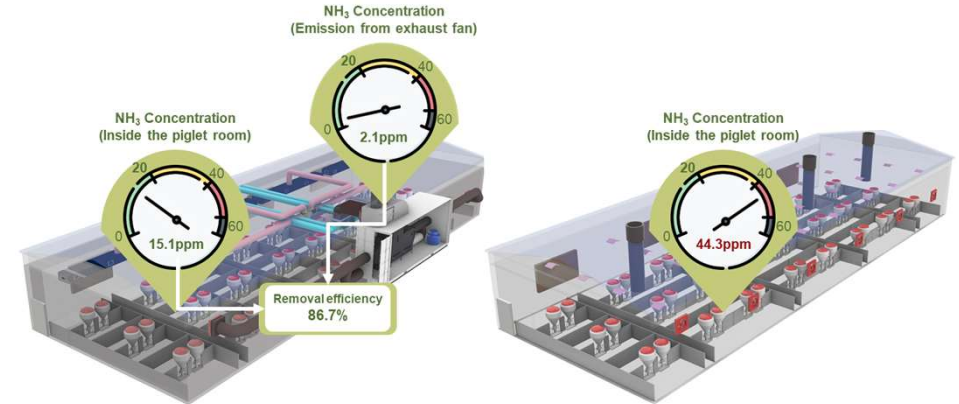
[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

- 온도 환경 개선



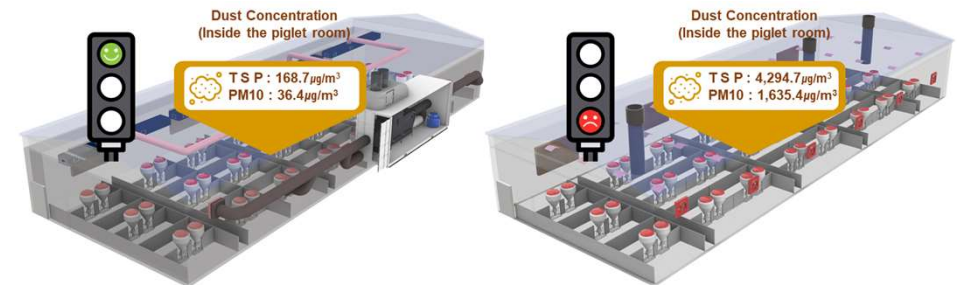
[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

- 암모니아 가스 환경 개선



[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

- 분진 환경 개선



[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

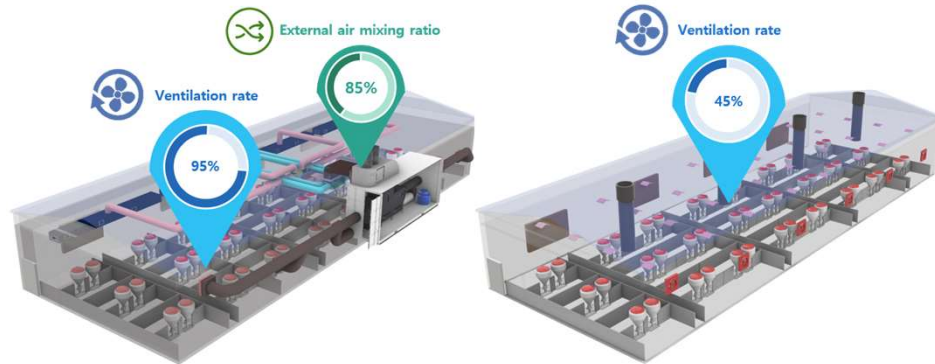
[환절기 공기 재순환 시스템의 효과]

- ✓ 축사 내부 환기량 개선 : 약 4배 증가
- ✓ 온도 환경 개선 : 약 2℃ 증가로 적정 환경 유지
- ✓ 암모니아 가스 환경 개선 : 약 29 ppm 저감
- ✓ 분진 환경 개선 : TSP 약 96% 저감, PM10 약 97% 저감

6. 공기 재순환 시스템

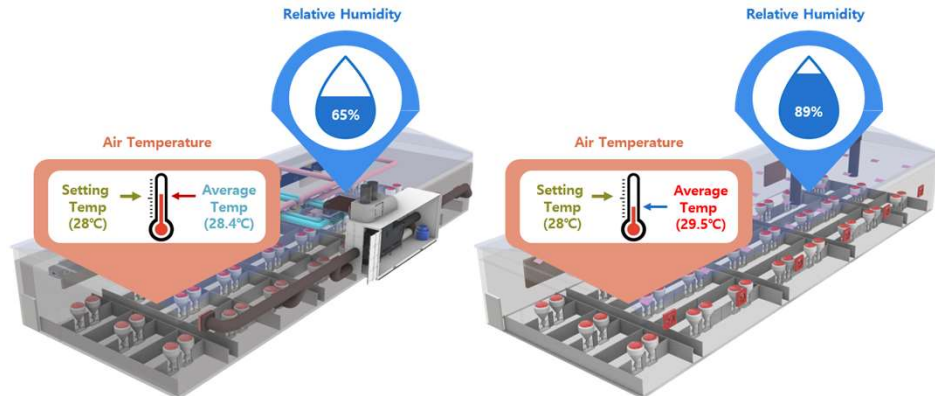
6) 하절기 (7~8월) 공기 재순환 시스템의 효과

- 분석을 위한 환경 조건
 - 돼지 주령 : 7주령 (980두)
 - 외부 기온 : 32.3℃, 외부 습도 : 95%
- 환기량 개선



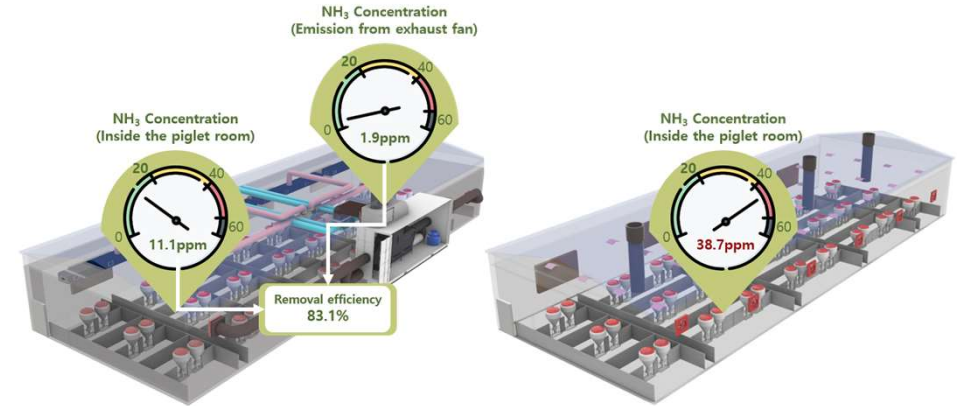
[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

- 온도 환경 개선



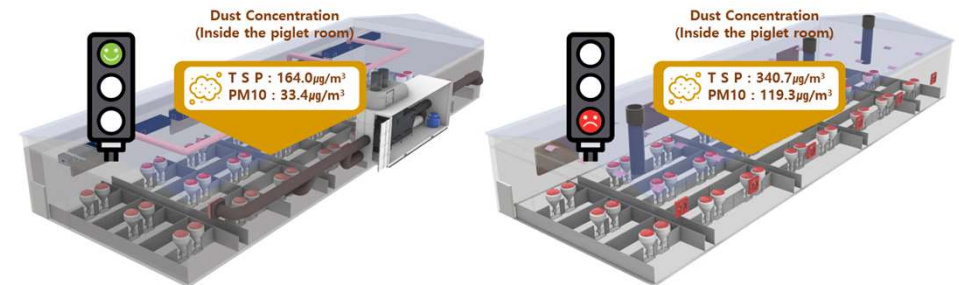
[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

- 암모니아 가스 환경 개선



[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

- 분진 환경 개선



[공기재순환 환기시스템 적용 실험군 돈사] [기존 환기시스템 대조군 돈사]

[환절기 공기 재순환 시스템의 효과]

- ✓ 축사 내부 환기량 개선 : 약 2배 증가
- ✓ 온도 환경 개선 : 약 1℃ 감소로 적정 환경 유지
- ✓ 암모니아 가스 환경 개선 : 약 28 ppm 저감
- ✓ 분진 환경 개선 : TSP 약 52% 저감, PM10 약 72% 저감

6. 공기 재순환 시스템

7) 대표적인 축산 현안의 해결책

- 축사에서 배출되는 복합악취 및 단일가스를 80-90% 이상 저감.
- 전 시스템 자동화를 통한 시스템 유지 및 관리 부하 최소화.
- 축사 내 센싱 내구성 향상을 통한 전 시스템 ICT 구현 가능.
- 환기량 증가로 인한 가스 및 분진 저감 및 적정 온습도 유지.
- 3단계 방역 시스템을 통한 가축 질병 유출입 차단.
- 세정수의 재이용을 통한 지하수 및 토양 오염 차단.
- 에너지 회수율 향상을 통한 에너지 부하 저감.
- 사육 기간 단축을 통한 경제적 이익 실현.



[공기 재순환 환기시스템의 효과]

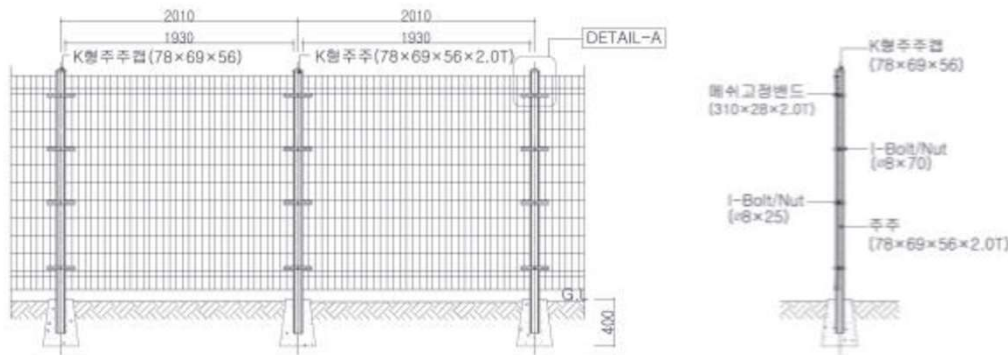
7. 농장 차단방역 시설

‘가축 전염병 예방법 시행 규칙’에 따른 방역시설 운영 필요



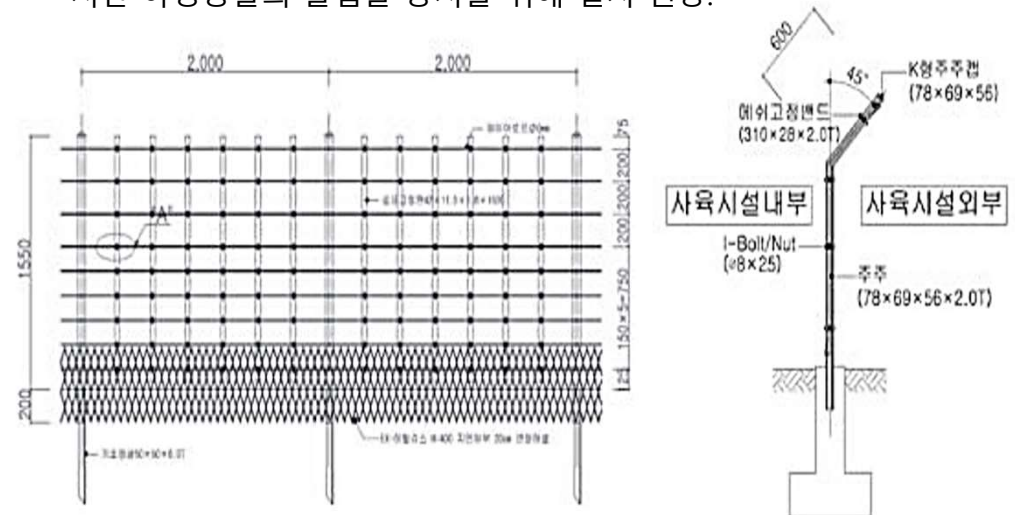
1) 외부, 내부 울타리 또는 담장

- 내부 울타리 안으로 차량이 진입하지 못하는 구조로 설치.
- 내부 울타리위치는 사육시설과 1.2m 이상의 거리를 두어야 하고, 사료보관통(사료빈)과 직접 닿지 않도록 설치.



[내부 울타리 상세도]

- 외부 울타리 또는 담장에 출입문을 설치하고 차량 및 사람과 야생동물 등의 출입을 통제하고 충돌을 견딜 수 있도록 높이 1.5m 이상 높이로 설치.
- 울타리는 매쉬팬스, 철조망, 철판, 콘크리트 또는 벽돌 등을 이용하여 견고하게 설치.
- 주 기둥은 지면에서 빠지지 않도록 지면 아래 50센티미터 이상의 깊이로 콘크리트 등을 매립하여 설치.
- 지주 간격 1.8m 이내, 철선상하간격 25cm 이내로 하고 지주 사이를 X자로 교차하는 철선을 설치.
- 가급적 매쉬팬스를 설치하고 지면에서 이격되지 않도록 함.
- 울타리 내부식성과 내구성 있는 자재로 제작된 제품을 설치.
- 농장의 경계부에 자연적으로 형성된 강과 절벽 등이 있어서 사람이나 동물의 출입이 불가능하다고 생각되는 경우 울타리설치를 생략할 수 있지만 야생동물의 출입을 방지를 위해 설치 권장.



[외부 울타리 상세도]

7. 농장 차단방역 시설



[매쉬팬스]

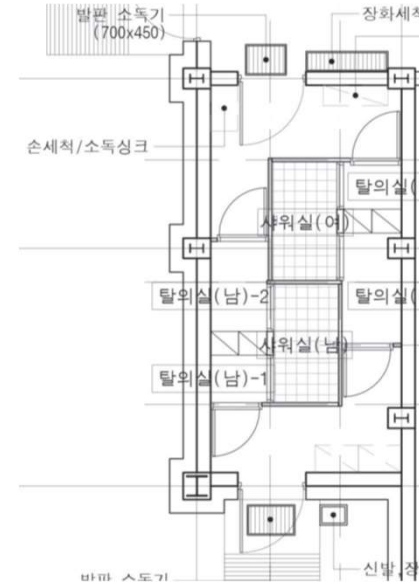


[담장형 울타리]

[울타리의 종류]

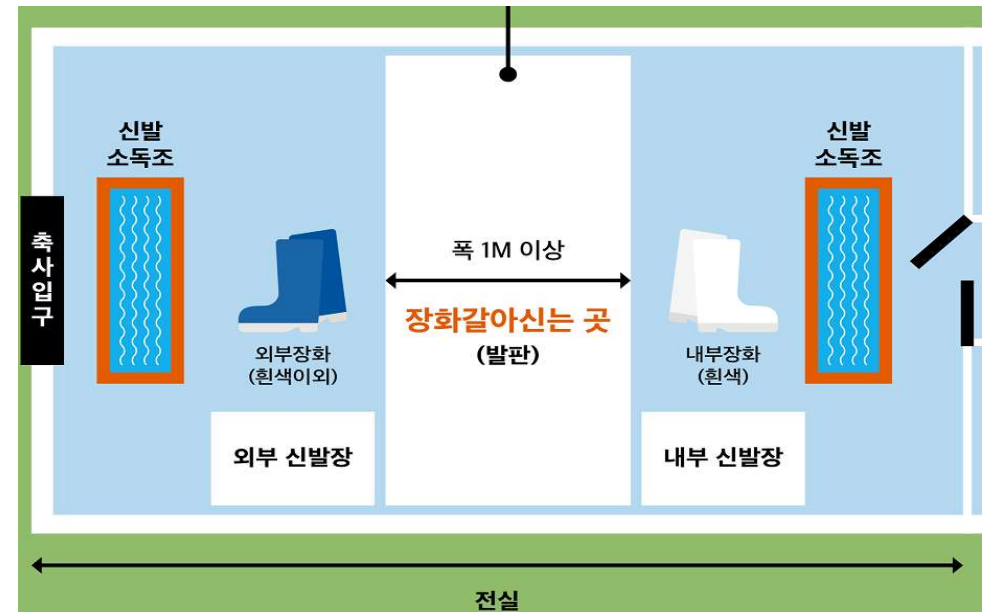
2) 방역복 착용 등을 위한 전실

- 돼지 사육시설 동별로 출입구 앞쪽에 설치.
- 신발 소독 등에 사용되는 소독액이 얼지 않도록 실내와 연결된 공간으로 설치하되, 사육 시설과 구획, 차단 된 별도의 공간으로 설치.
- 전실 내 오염구역과 청결구역이 구분되도록 그 사이에 높이 60cm 이상의 차단벽 또는 가로, 세로 길이가 각각 60cm 이상 인 발판 등 차단 시설을 설치.
- 전실 내 오염구역과 청결구역 입구에 신발장을 설치하고, 신발 소독조 또는 소독 매트를 갖추어 것.
- 오염구역에는 세척용 솔을 갖추며, 청결구역에는 세척용 솔과 사육시설 내부용 장화를 갖추어 둘 것.
- 전실 내 오염구역에는 손을 씻을 수 있는 설비 또는 소독할 수 있는 설비를 설치.



[전실(3m x 6m) 평면도]

- 신발 소독 및 세척
- 탈의실 (남녀 구분)
- 샤워실 (남녀 구분)



[전실 내부]

7. 농장 차단방역 시설

3) 폐사축 저장 및 처리 시설 (설계에서 제외)

- 냉장 또는 냉동 기능을 갖춘 컨테이너 또는 조립식 가설건축물



[사체 처리기]



[사체 냉장고]

4) 출하대

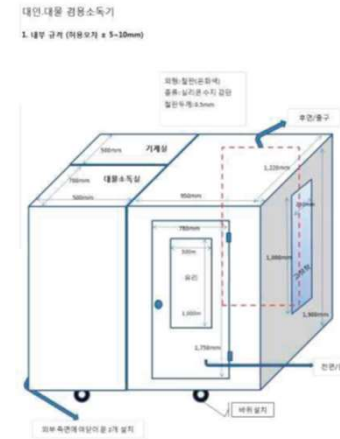
- 가축의 입식과 출하를 위한 입출하대.
- 견고한 재질의 자재를 사용하여 설치.
- 내, 외부 울타리에 연결시켜 차량 진입을 차단할 수 있도록 설치.
- 일방 통행 방식의 경사로 형태로 설치.
- 배수시설 및 세척, 소독이 용이하도록 설치.



[출하대]

5) 물품 반입 시설 (설계에서 제외)

- 컨테이너 또는 조립식 가설 건축물(약품, 소형 기자재 및 그 밖의 소모품 등을 소독)



[물품 반입 시설 소독기]



6) 출입차량 소독시설

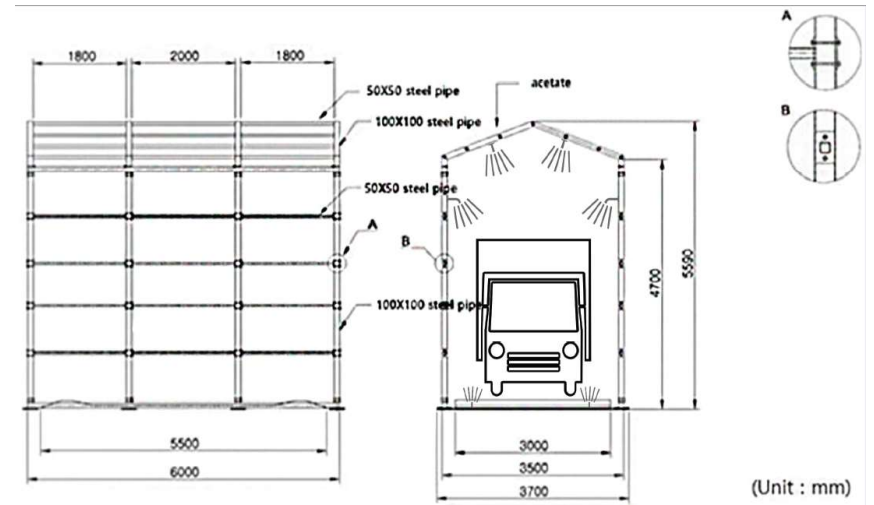


[차량 소독 시스템을 위한 가이드라인]

7. 농장 차단방역 시설

6) 출입차량 소독시설

- 설치 위치는 차량이 출입하는 농장 입구에 설치.
- 터널식 또는 고정식 소독 시설을 설치 하여야 하며 사용하는 자재는 고강도 스테인리스 재질이나 특수 알루미늄을 사용하여 부식이나 수압에 의한 마모를 방지.
- 출입하는 차량의 높이와 길이를 감안하여 벌크차, 건설 중장비, 사료 차량 등은 11톤 트럭을 기준하여 길이는 6,000mm 또는 3,500mm로 하여야 하고 높이는 4,500mm(벌크차 고려) 이상 적용하여 설치.
- 소독시설에서 차량에 15초 이상 소독액이 분무 될 수 있도록 함.
- 분무액이 날리지 않고 겨울철 눈이 쌓이 않기 위하여 지붕이 있는 터널식을 권장.
- 지붕 재질은 투명한 자재를 사용하여 햇빛이 투과되도록 함.
- 분무 노즐은 바닥, 천정, 옆면이 소독될 수 있도록 설치.
- 바닥에 차량 바퀴를 소독 할 수 있는 바닥 소독조를 설치하는 경우에는 바닥 노즐을 생략.
- 노즐 간격을 적절히 유지하여 사각지대가 발생되지 않도록 함.
- 분무 노즐의 형태는 V형보다는 원추형 분사 노즐을 권장.
- 노즐은 정비 및 교체가 용이하도록 조립식으로 체결.
- 분무기 적정 토출 압력은 20kg/cm² 이상이 될 수 있도록 함.



[터널식 소독시설 경계도]



밀폐형 (거점소독시설)



터널형 또는 차단형
(공공, 대형 축산시설)



간이형
(대다수 축산 농가, 도로)



기타
(임시 초소, 사람이 직접 소독)

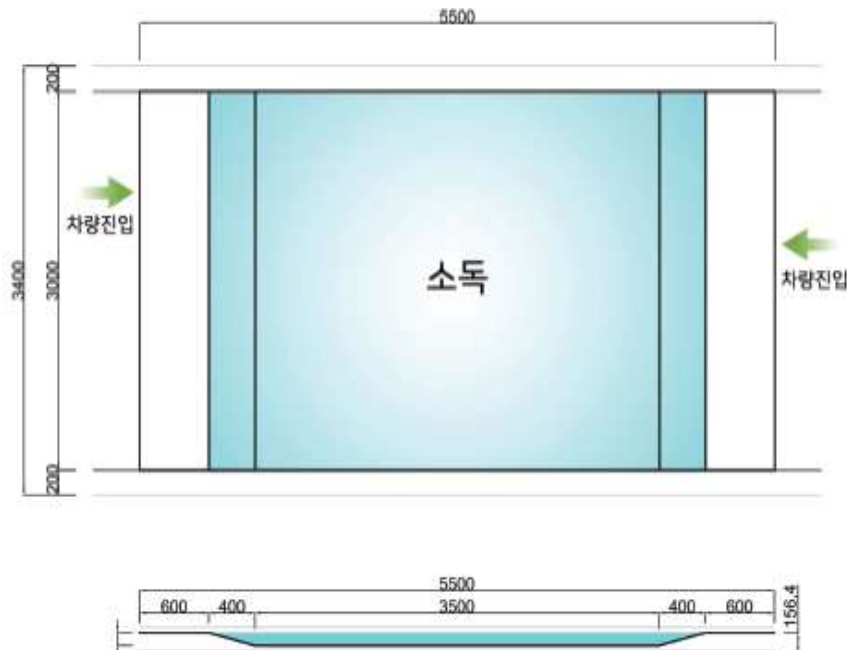
[차량 소독 시스템 유형]

7. 농장 차단방역 시설

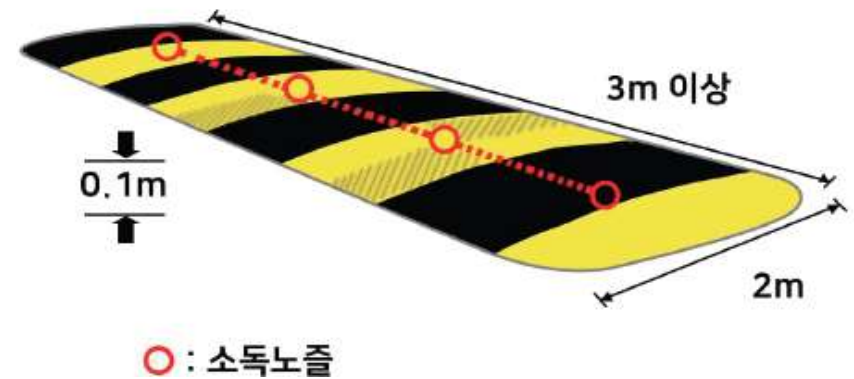
6) 출입차량 소독시설

구분	사양
노즐개수	측면 노즐 - 10개 (1차선기준)
	상부 노즐 - 5개 (1차선기준)
노즐간격	측면 : 560mm
	상부 : 500mm
재질	스테인리스(SUS-304 내식성 동등 이상재질)
형식	원추형 분사방식

[차량 소독 시설 노즐 설치 방법]



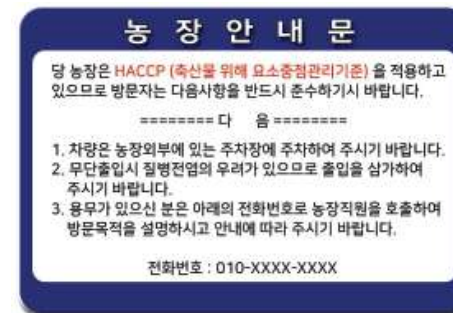
[차량 바퀴 소독조]



[차량 하부 소독 장치]

7) 안내문 및 방역 경고판

- 무심코 출입하지 못하도록 출입통제 방역 경고문을 울타리에 설치.
- 외부 방문자가 방역수칙을 지키도록 안내되어야하며 방문 절차와 전화번호, 주의사항 등이 기입되어야함.
- 비바람, 폭풍 등의 악천후에도 훼손되지 않도록 견고하게 설치되어야함.



농장 안내문



방역 경고문

[방역 안내문의 종류]

8. 폭염 방지 시설

1) 하절기 돈사 냉방

- 여름철 혹서기에 최대 환기량으로 축사내 온도를 낮출 수 없는 경우 별도 냉방장치를 설치하여 돈사 내 온도를 낮추는 방법을 병행.
- 돈사 내 일정한 유속이 발생되어 체감온도를 떨어뜨려 주는 환기.
- 최대 환기량으로 가동될 때 입기구의 면적을 조정하여 적절한 유속이 발생하도록 유지.
- 유속으로 인하여 자돈에 피해를 줄 경우 환기량을 줄여야 함.
- 돈사내 유속이 3m/s가 넘지 않도록 주의 하여야 하며 유속으로 체감온도를 낮출 수 없는 경우 쿨링패드 또는 공조방식(에어컨)들을 사용하여 온도를 낮추어야함.

2) 냉난방기 설치

- 축사 내 냉난방기 설치를 통해 일정한 온·습도 조절 가능.
- 혹서기뿐 아니라 동절기에도 효과를 볼 수 있으며, 사료 효율 향상 등을 목적.



[돈사 냉방기 설치 예시]

3) 안개 분무 장치(축사 내부)

- 질병과 악취의 원인인 돈사 내부에서 발생하는 비산분진의 발생을 최소화하고 돈사 내부 온도를 낮추어주는 효과와 가습 효과.
- 하지만, 최대 환기량으로 축사 내부 온도를 낮추지 못하는 경우 별도의 냉방 장치를 설치하여 돈사 내부 온도 저감이 필요.



[돈사 안개 분무 장치 예시]

8. 폭염 방지 시설

4) 쿨링패드

- 물의 기화열을 직접 활용하여 패드를 적신 뒤 외부 유입 공기가 패드를 지나면서 기화열을 방출하여 온도가 하강하는 방식.
- 동력이 에어컨에 비해 1/10 밖에 소모되지 않으므로 동력 사용면에서 경제적이거나 고온 다습한 기후조건에서 냉방 효과가 떨어짐.
- 0.5m/s의 입기 속도로 50% 정도 통과하여 외기 온습도 조건에 따라 약 5 ~ 7°C의 온도 하강 효과.
- 혹서기에 대비하여 돈사 내 유속을 높여주는 순환팬과 함께 에어컨과 혼용하여야함.



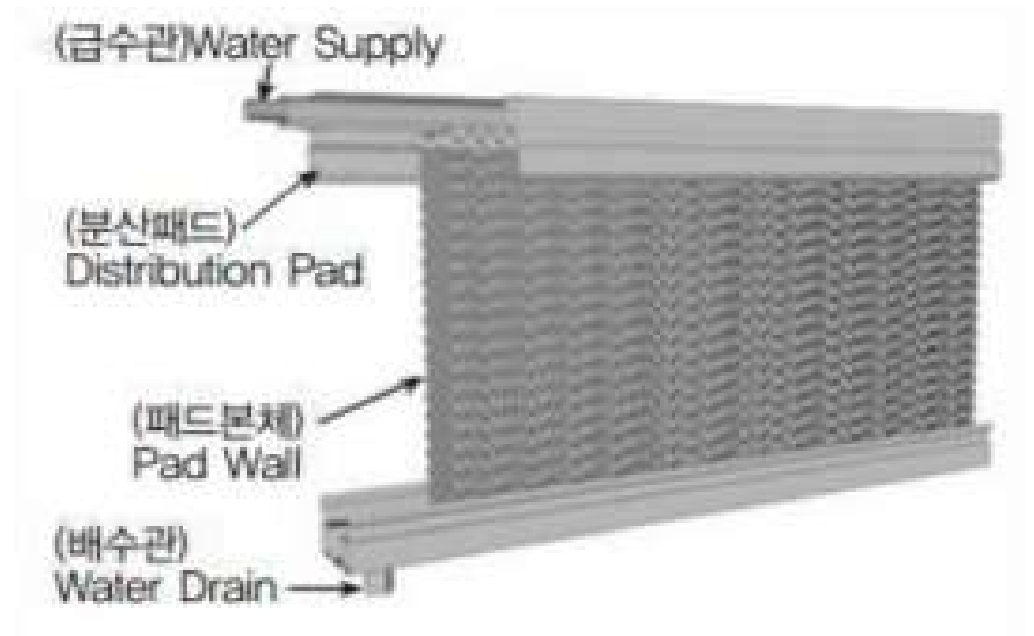
[돈사 쿨링패드 설치 예시]

[재질에 따른 쿨링패드 비교]

페이퍼 (종이 재질) 패드	<ul style="list-style-type: none"> • 가격이 저렴하고 물을 흡수하는 능력이 효과적.
플라스틱 패드	<ul style="list-style-type: none"> • 가격이 페이퍼 재질에 비해 비싸지만 내구성이 있고 재료의 변형이 없으며, 이물질이 끼어도 세척작업 등으로 간단하게 청소가 용이.

• 쿨링패드의 구성

- 쿨링패드는 크게 쿨링패드 본체와 분산패드, 급이 급수 배수관(각종 배관 포함), 수증펌프, 물탱크 및 여과장치(필터)로 구성



[쿨링패드 구성]

8. 폭염 방지 시설

4) 쿨링패드

- 쿨링패드의 면적 산출법은 회사마다 조금씩 차이는 있지만, 결국은 이 산출방법의 범위 안에 모두 있기 때문에 표준으로 삼아도 무방.
- 쿨링패드 면적 산출은 기본적으로 환기량에 비례.
- 지름 500mm 배기팬 (4,920m³/h ~ 9,300m³/h)을 기준으로 하면 입기구 면적은 약 1m (1.36m/s ~ 2.58m/s)를 기준으로 함.
- 패드의 두께는 100mm로 하였을 경우이며, 두께를 150mm로 할 경우 정압손실이 125% 더 발생하므로 감안하여 배기팬의 용량을 가산하여 산출하여야함.

5) 공조 방식

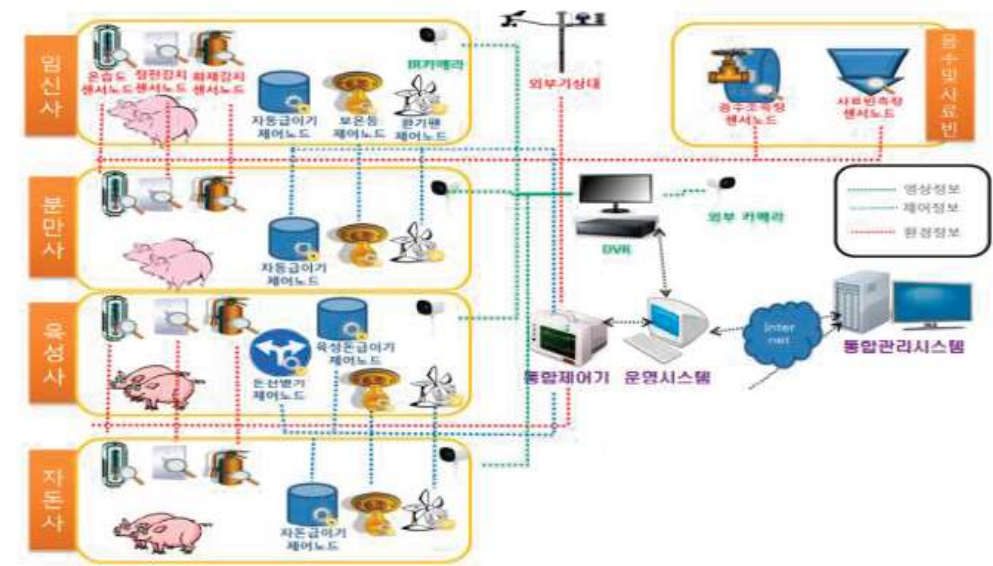
- 쿨링패드는 고온 다습한 기후조건에서 냉방 효과가 많이 떨어지는 단점을 보완하여 에어컨을 사용할 경우 에어컨은 냉매인 액체가 기화하면서 열을 빼앗는 방식으로 동력소모가 많으므로 에어컨을 활용하여 약 25℃로 냉각된 공기를 모돈의 머리 쪽으로 떨어뜨려 주는 국소냉방(존쿨링) 방식을 적용하여 에너지를 절약 하는 방식을 적용함.

8. ICT를 이용한 농장 관리

내부 시설과 외부 시설을 네트워크를 활용하여 연계하고 이를 단일 프로그램으로 제어할 뿐 아니라 농가의 경영관리 프로그램과도 연계하여 실시간으로 농가의 사육 시설에 대한 모니터링 및 제어가 가능하고 생산성을 파악할 수 있는 체계.

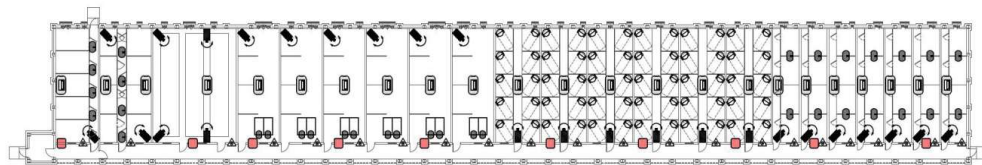
각 장비의 통신은 유선 또는 무선으로 하며 PC와 모바일 간의 연결은 클라우드 당 형태의 시스템을 통해 네트워크에 접속하여 돼지를 관리함.

1) ICT 장비 통합 시스템

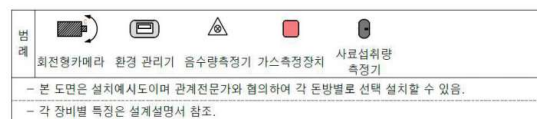
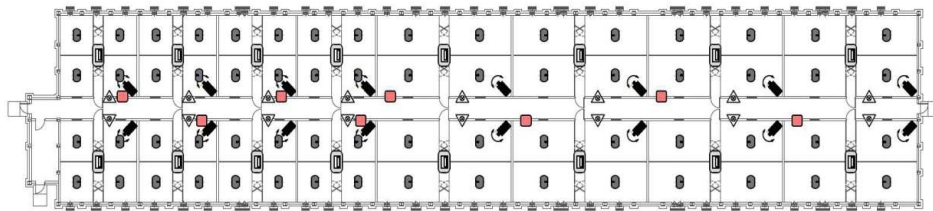


[축산 ICT 통합관리시스템 구성도(자료 : 농림수산식품교육문화정보원)]

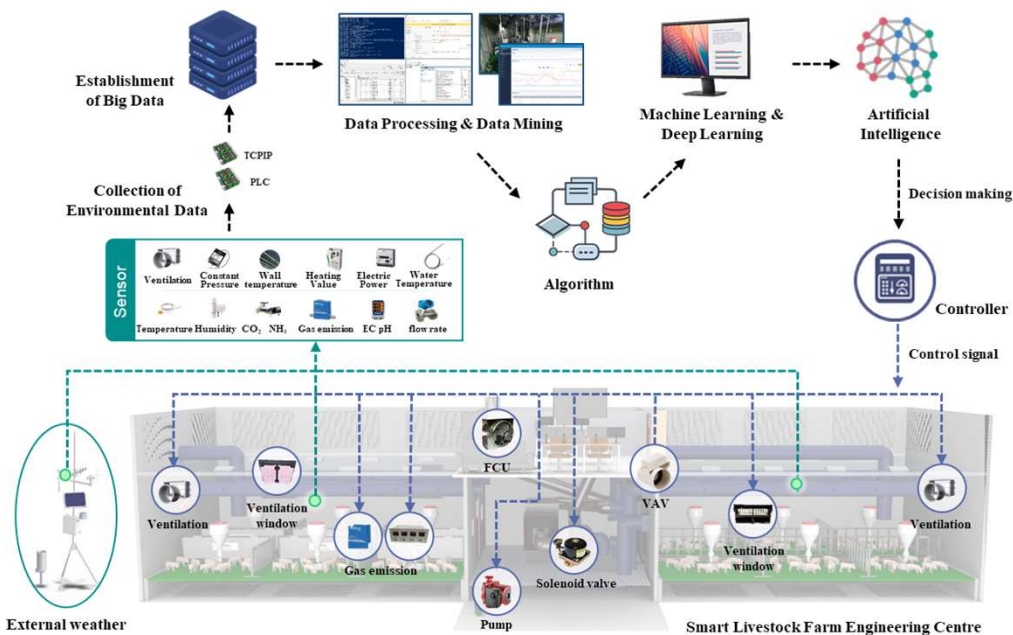
9. ICT를 이용한 농장 관리



[ICT 장비 배치도 (번식 돈사)]



[ICT 장비 배치도 (비육돈사)]



[ICT 활용도]



[ICT 장비 분류]

구성요소		구성내역
돈사 환경관리	내부장비	온도, 습도, co2, 조도, 암모니아, 이산화탄소, 누전(정전)감지 등
	외부장비	온도, 습도, 풍향, 강우, 일사, 풍속 등
제어장비	임신사	발정체크기, 모돈급이기, 사료빈, 음수관리기 등
	분만사	보온등, 모돈급이기, 사료빈, 음수관리기 등
	자돈사	보온등, 사료믹스기, 사료빈, 음수관리기 등
	비육사	돈선별기, 사료믹스기, 사료빈, 음수관리기 등
영상장비		CCTV(웹카메라), DVR 등
생산경영관리시스템		PC, 모니터 등

[돈사 관리에 활용되는 ICT 장비의 종류]

9. ICT를 이용한 농장 관리

1) CCTV

- 카메라는 돼지의 사육 상태를 확인할 수 있는 돈사 내부용 관찰 카메라와 시설물을 관리하기 위한 돈사 외부용 보안 카메라로 구성.
- 관찰 카메라는 돼지의 근접촬영 및 축사 내부 환경을 확인할 수 있는 기능을 제공해야하며, 돼지의 관찰 데이터는 일일 주기별로 녹화장비에 저장되어야함.
- 보안 카메라는 야간촬영 및 식별이 가능하여야하고, 동작감지 장치를 지원해야함.
- 향후 데이터를 확인할 수 있도록 녹화 장비에 저장해야함.

2) 환경 센서

- 온습도뿐만 아니라 암모니아 및 이산화탄소와 같은 유해가스의 농도를 실시간으로 측정하고 데이터로거에 기록하여야함.

3) 정전감시 시스템

- 돈사 전원 차단 유무를 실시간으로 감시하여 벼락이나 갑작스런 정전과 같은 상황에 대비할 수 있도록 관리자에게 실시간으로 알려주어야함.

4) 장비의 기준

- 환경정보 수집 장비에 필요한 센서 노드는 센서와 통신모듈이 결합된 구조로서 측정된 환경정보 값을 제어관리 시스템에 전달함.
- 제어 관리 시스템과 통신할 수 있는 유선 또는 무선 통신모듈을 포함해야하며 상시 전원, 배터리를 통해 전원을 공급할 수 있어야함.

종류	측정 범위	설치 기준
온도센서	•온도:-30~60도(정확도0.2도) •표시정도 : +/-1% rdg +/-1 digit •접씨	농장 돈사 내외부에 설치해야 하며 측정된 값을 제어관리시스템에 보내야 한다.
습도센서	•습도 : 0~99%(정확도 1%) •표시정도 : +/- 3% rdg +/-1 digit	
CO2센서	•CO2 : 0~3000ppm (정확도 ±30ppm ±5%) •단위반응시간(90%) 120sec	농장 돈사 내부에 설치하여야 하며 측정된 값을 제어관리시스템에 보내야한다. (필요시 설치)
풍향/ 풍속센서	•풍속측정범위:0~30m/s •풍속측정시간:5SECm/s •풍향측정범위:0~359° •측정최소시간:5SECm/s	농장 돈사 외부에 설치하여야 하며 측정된 값을 제어관리시스템에 보내야한다. (필요시 설치)
암모니아	•전기화학식(대기확산식) •측정범위 0~5000ppm	농장 돈사 내부에 설치하여야 하며 측정된 값을 제어관리시스템에 보내야한다. (필요시 설치)
정전감지	•220~380V, 정전감지	농장 돈사 내부에 설치하여야 하며 측정된 값을 제어관리시스템에 보내야한다. (필요시 설치)
누전감지	•220~380V, 누전감지	농장 돈사 내부에 설치하여야 하며 측정된 값을 제어관리시스템에 보내야한다. (필요시 설치)

[센서 종류 및 기준]

5) 환경정보 수집장비 장치 설치 시 고려사항

- 무선 통신을 사용하는 센서는 정보의 송수신에 영향이 없도록 함.
- 유선 통신을 사용하는 센서는 이전 설치의 편리성을 고려.
- 정밀한 값을 위해 다수의 센서를 설치할 시 센서 수량을 최적화.
- 돈사 내에서 취급이 용이하고 단순한 방식의 센서를 사용.
- 고장 시 현장에서의 수리가 가능하도록 조치.
- 센서의 측정값과 신호에 영향을 주지 않는 위치에 부착. (출입문 입구, 온풍 난방기 주변, 전자파 및 잡음 영향권, 직사광선을 직접 받는 장소와 진동가능성이 있는 기계 등)
- PC, 스마트폰, 태블릿 등 원거리 모니터링 및 제어가 가능한 설치 권장.
- 타사 제품과 호환이 가능한 장비 권장. (ICT 구동 장비와 시스템 간의 패킷 통신 가능 제품)

9. ICT를 이용한 농장 관리

6) 사료빈 관리

- 사료빈의 사료량 체크로 사료 자동 주문.
- 신선 사료 공급으로 돼지 폐사율 감소.
- 적정량 사료관리로 사료 부패, 허실 등 사료비 절감.
- 사료 효율 분석 등을 통한 농가 사료비 절감.
- 증체중 대비 사료 효율 분석을 통한 생산성 향상 기초 정보로 활용.
- 사료 업체와 연계를 통한 사료 생산 및 공급을 적기에 받으므로 사료 생산비 절감 향상.

7) 음수 관리

- 음수라인 파손 등 안전사고 예방.
- 돈방별 질병조기예찰로 돼지 폐사율 감소.
- 증체중 대비 사료 효율 분석을 통한 생산성 향상 기초정보로 활용.
- 음수라인 파손에 따른 폐수처리비용 절감.

8) 포유모돈 자동급이

- 개체별 사료급이 회수 및 급이량 측정으로 제한 급이 관리.
- 연산성 및 포유능력 향상.
- 자동급이를 통한 인건비 절감.
- 강건한 모돈 관리로 다산 및 포유 능력 향상.
- 모돈 연산성 확보를 통한 농가 소득 향상.
- 개체별 사료 급이 횟수량 측정 및 제한 급여.
- 모든 행동 파악으로 신속한 모돈 상태 파악 및 질병 조기 진단.
- 적용 대상 : 분만 모돈, 교배대기돈, 임신전기모돈

9) 임신돈 군사급이 관리

- 최적의 공간 및 운동량 확보로 모돈 강건성 유지.
- 강건한 모돈으로 최상의 자돈 생산 및 연산성 확보.
- RFID를 활용하여 개체별 급이량 측정 및 제한 급여.
- 모든 행동 파악으로 신속한 모돈 상태 파악 및 질병 조기 진단.
- 적용대상돈군 : 임신중후기돈
- FTA 관련 동물 복지 관련 협상의 경쟁력 확보.
- 수용 두수 : 최대 55두, 적정 40두 이하

10) 출하돈 선별기

- 최적의 사육 공간 확보로 사육두수 증가.
- 체중에 따른 돈 분류로 균일 성장관리로 출하 기간 단축.
- 출하 시 출하돈 선별 기능. (체중, 마리 수)
- 도축 등급 향상. (A, B 등급 출현율 10% 상승)
- 출하 시 선별에 따른 노동력 절감.
- 돼지의 행동파악으로 질병 조기 진단.
- FTA 관련 동물 복지 관련 협상의 경쟁력 확보.

10. 태양광 발전설비

축사의 지붕이나 농장 내 여유 공간을 활용하여 태양광 발전 설비를 설치한다면, 농가의 소득 증대에 기여

1) 태양광 발전시스템의 종류

- 독립형 시스템 (Stand Alone System)
 - 외딴 섬과 같이 전기가 들어오지 않는 지역에서 태양광 발전만으로 전기를 공급하는 시스템. 전기를 발전하는 태양광 모듈, 심야나 악천후에도 전기를 사용하기 위해서 발전된 전기를 저장해두는 축전기(battery), 그리고 방전된 직류를 우리가 사용하는 교류로 변환해주는 변환기(inverter)로 구성.
- 계통 연계 시스템(Grid-Connected System)
 - 태양광 발전으로 얻은 전기와 전력회사에서 공급하는 전기를 함께 쓰는 시스템으로, 심야나 악천후처럼 태양광 발전으로 전기를 공급받을 수 없는 경우에는 기존의 전력시스템으로 전기를 공급받고, 태양광 발전으로 얻은 전기가 남을 경우에는 반대로 전력공급업체인 한국전력으로 전기를 보내, 보낸 전기량에 해당하는 전기료를 소득원으로 취할 수 있음. 따라서 축전기가 불필요.



[축사 지붕 태양광 패널 설치 예시]

2) 태양광 구조물 설치 시 반영 사항

- 지지대 접속부
 - 태양 전지판과 지지대 프레임과 같은 접속 부분은 산화방지용 가스켓을 적용하여 부식을 방지.
- 태양광 어레이
 - 운전유지보수 편의성을 제고하고, 인버터와 최적설계가 되도록 어레이군을 구성하여 태양광 어레이는 연중 태양의 빛을 최대한 많이 받을 수 있도록 설치 각도를 선정하고 지면에서 높이는 약 2m이상 되어야하며, 통풍에 대한 설계를 적용하여 주변 온도가 상승되지 않도록 계획.
- 방위각, 경사각의 설정
 - 태양에너지 효율적으로 활용하기 위해서는 태양전지 어레이의 방위각, 경사각이 중요. 방위각은 일반적으로 태양전지의 발전전력량이 최대가 되는 남향으로 배치하는 것이 좋으며, 경사각은 축사의 경사각(3/10)을 반영.
- 태양광 구조물 설계하중
 - 구조물의 안전성을 위해 내진, 내풍 설계를 수행하여 천재지변에 안전하도록 설계. 본 표준도면 구조설계에는 태양광 관련 구조물에 대한 사항은 반영되지 않았으며, 설치 시 별도의 구조 설계를 통해 안전성을 검토해야함.