

مدیریت مخاطرات آب و هوایی

تألیف

دکتر منوچهر فرج زاده

استاد دانشگاه تربیت مدرس

پرستو باغبانان



❖ سرشناسه: فرج‌زاده، منوچهر، ۱۳۹۶ - عنوان و نام پدیدآورنده: مدیریت مخاطرات آب و هوایی آلودگی‌ها
فرج‌زاده، پرسنو پالیسان. ❖ مشخصات نشر: تهران: نشر انجمن، ۱۳۹۷. ❖ مشخصات ظاهری: ۸۸ اس، تصویر
جدول شومار.

ISBN: 978-622-6079-26-6

❖ وضعیت فهرست‌نویسی: فید ❖ یادداشت‌کنندگی: کتابشناسی ۱۸۳ ❖ موضوع: بلایای طبیعی -- مدیریت
❖ موضوع: Natural Disaster - Management ❖ موضوع: آلودگی -- کنترل -- مدیریت ❖ موضوع:
❖ موضوع: Pollution control industry - Management ❖ موضوع: بلایای طبیعی -- خطرشناسی ❖ موضوع:
❖ Natural Disaster Risk assessment ❖ شناسه الیونود: پالیسان، پرسنو، ۱۳۹۷ - رده‌بندی کنگره
۱۳۹۷:۴۲۴:GH۵-۱۸:۴۲۴ ❖ رده‌بندی دیویی: ۳۳۷.۳۳ ❖ شماره کتابشناسی ملی: ۵۵۶-۵۲۸



نشر انجمن

نشر کتابخانه دانشگهی

مدیریت مخاطرات آب و هوایی

دکتر منوچهر فرج‌زاده - پرسنو پالیسان

[سردبیر: مجتهد مهر] [چاپ و انتشار: مجتهد مهر]

[نشر: اردیبهشت ۱۳۹۷] [شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۷-۲۶۶]

[شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۷-۲۶۶]

حق چاپ محفوظ است

شماره ۱۲، فروردین، ماهیان شهدای ولادیمیر، شماره ۱۱۶، طبقه چهارم

www.nashrentekhab.com

nashrentekhab@gmail.com

مدیریت مخاطرات آب و هوایی

تألیف

دکتر منوچهر فرج زاده
استاد دانشگاه تربیت مدرس

پرستو باغبانان



نشر انتخاب
ناشر دانشگاهی و عمومی

مدیریت مخاطرات آب و هوایی
دکتر منوچهر فرج زاده اصل - پرستو باغبانان

| حرفچینی نوژن گرافیک | چاپ و صحافی مؤسسه مهر |

| چاپ اول ۱۳۹۷ | شمارگان ۱۰۰ جلد |

| شابک ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۷۹-۲۶-۶ |

حق چاپ محفوظ است

خیابان ۱۲ فروردین، خیابان شهدای ژاندارمری، شماره ۱۲۶، طبقه چهارم

nashreentekhab.com
nashreentekhab@gmail.com

پیش گفتار

رخداد مخاطرات آب و هوایی از مهم‌ترین بحران‌های زیست محیطی جهان محسوب می‌شود که اثرات منفی بسیاری بر سلامت انسانی، گیاهی و جانوری گذاشته و خسارت‌های جبران ناپذیری را ایجاد می‌کند. انواع مختلفی از مخاطرات آب و هوایی وجود دارد که رخداد آنها در مناطق مختلف جغرافیایی در رابطه با شرایط جغرافیایی از تفاوت‌های فاحشی برخوردار می‌باشد. بدین عبارت که هر منطقه جغرافیایی نوع مشخصی از آن را تجربه می‌کند که در این میان شرایط کشور ایران به گونه‌ای است که انواع مختلف آن در مناطق جغرافیایی کشور به وقوع می‌پیوندد و به همین جهت همه ساله شاهد خسارت‌های زیادی از آنها در کشور هستیم. به طور مسلم مقابله با رخداد مخاطرات آب و هوایی با توجه به سطح دانش و تکنولوژی بشر امروزی غیر ممکن بوده و تنها راه جلوگیری سازگاری و یا کاهش اثرهای آن می‌باشد تا بتوان تا حد ممکن از شدت خسارت‌ها کاست. با توجه با این موضوع هدف کتاب حاضر تهیه فهرستی از راهکارهای متعدد متناسب با نوع مخاطره می‌باشد تا با بکارگیری آنها پیش، حین و یا بعد از رخداد مخاطره آب و هوایی از شدت اثر کاست. بر همین اساس کتاب حاضر سعی نموده مهم‌ترین مخاطرات آب و هوایی کشور را مورد توجه قرار داده و خطوط اصلی برای کاهش اثرهای آنها را تبیین نماید.

کتاب حاضر در ده فصل تدوین یافته که فصل اول آن به تبیین مفاهیم اصلی در زمینه مخاطرات آب و هوایی پرداخته است. در فصل دوم راهکارهای مدیریتی برای مقابله با اثرهای تشعشعات فرابنفش پرداخته و در فصل سوم و چهارم نیز به ترتیب مدیریت امواج گرمایی و امواج سرمایی را مورد توجه قرار داده و در فصول پنجم و ششم به مدیریت شرایط کم باران و پر باران یعنی خشکسالی و بارش‌های شدید و سیلاب‌ها می‌پردازد. چهار فصل آخر یعنی فصول هفتم، هشتم، نهم و دهم به ترتیب به مدیریت طوفان‌ها، آلودگی هوا، تندرهای و تگرگ می‌پردازد.

بدون شک مخاطرات آب و هوایی محدود به موارد فوق‌الذکر نشده بلکه موارد متعدد دیگری نیز وجود دارند که می‌تواند مورد توجه قرار گیرند ولی موارد مورد بحث از جمله مهم‌ترین آنها می‌باشند که دارای فراوانی زیادی در اقصی نقاط جهان می‌باشد و همه ساله خسارت‌های زیادی از جانب آنها جوامع بشری را تهدید می‌کند.

در خاتمه اعلام می‌دارد که کتاب حاضر به طور قطع خالی از نقص نبوده و پذیرای نقطه نظرات ارزشمند خوانندگان می‌باشیم تا در چاپ‌های بعدی مورد توجه قرار گیرد.

دکتر منوچهر فرج زاده- پرستو باغبانان

پاییز ۱۳۹۷

فهرست مطالب

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| فصل اول - مفاهیم پایه..... | ۹ |
| ۱-۱- مقدمه..... | ۹ |
| ۲-۱- تعریف و مفهوم مخاطره، بلا و مدیریت مخاطرات اقلیمی..... | ۹ |
| ۳-۱- مفهوم ریسک یا خطر پذیری مخاطرات..... | ۱۰ |
| ۴-۱- انواع آسیب پذیری..... | ۱۰ |
| ۵-۱- مفهوم کاهش خطر..... | ۱۱ |
| ۶-۱- زمانبندی اقدامات مدیریت مخاطرات اقلیمی..... | ۱۲ |
| ۷-۱- چهارچوب کاری برای مدیریت خطر پذیری مخاطرات..... | ۱۳ |
| فصل دوم- راهکارهای مدیریت آسیب‌های ناشی از اشعه فرابنفش..... | ۱۶ |
| ۱-۲- مقدمه..... | ۱۶ |
| ۲-۲- ویژگی‌های طیف الکترومغناطیسی و لایه ازن..... | ۱۶ |
| ۳-۲- اثرات پرتو فرابنفش..... | ۲۳ |
| ۴-۲- اقدامات کنترلی و راهکارهای مدیریتی در مواجهه با پرتو فرابنفش..... | ۲۵ |
| ۵-۲- اشعه فرابنفش و سازه‌ها..... | ۳۳ |
| فصل سوم- راهکارهای مدیریت امواج گرمایی..... | ۳۴ |
| ۱-۳- مقدمه..... | ۳۴ |
| ۲-۳- مفهوم امواج گرمایی..... | ۳۴ |
| ۳-۳- طراحی و سیستم‌های هشدار امواج گرمایی..... | ۳۵ |
| ۴-۳- مدیریت بیماری‌های انسانی ناشی از امواج گرما..... | ۳۶ |
| ۵-۳- تأثیر امواج گرمایی بر گیاهان و راهکارهای مدیریت آن..... | ۳۸ |
| ۶-۳- اثر امواج گرمایی در زندگی حیوانات و راهکارهای مدیریت آن..... | ۴۱ |
| ۷-۳- راهکارهای سازه‌ای برای مدیریت امواج گرما..... | ۴۲ |
| فصل چهارم- راهکارهای مدیریت یخبندان‌ها و سرماهای شدید..... | ۴۹ |
| ۱-۴- مقدمه..... | ۴۹ |

| | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|
| ۴۹ | ۲-۴- اثرات سرماهای شدید بر سلامت انسانی و راهکارهای مدیریت |
| ۵۲ | ۳-۴- اثر سرماهای شدید بر زراعت و باغبانی و راهکارهای مدیریت آن |
| ۷۰ | ۴-۴- راهکارهای مقابله با یخبندان در امور عمرانی |
| ۷۸ | فصل پنجم- راهکارهای مدیریت اثرهای خشکسالی |
| ۷۸ | ۱-۵- مقدمه |
| ۷۹ | ۲-۵- اثرهای رخداد خشکسالی |
| ۸۰ | ۳-۵- اصول اولیه در مدیریت خشکسالی |
| ۸۰ | ۴-۵- راهکارهای پیش از بحران |
| ۸۴ | ۵-۵- راهکارهای حین بحران خشکسالی |
| ۸۶ | ۶-۵- راهکارهای بعد از وقوع بحران |
| ۸۸ | فصل ششم- راهکارهای مدیریت بارش‌های شدید و سیلاب‌های ناشی از آن |
| ۸۸ | ۱-۶- مقدمه |
| ۸۸ | ۲-۶- طبقه‌بندی سیلاب‌ها |
| ۸۹ | ۳-۶- اثرات بارش‌های شدید و سیلاب‌ها |
| ۹۲ | ۴-۶- روش‌های غیر سازه‌ای مقابله با سیلاب |
| ۹۷ | ۵-۶- مدیریت حوضه و حفاظت آبخیز |
| ۹۸ | ۶-۶- روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب |
| ۱۰۳ | ۷-۶- سیستم پیش بینی و هشدار سیل |
| ۱۰۴ | ۸-۶- تهیه و تدوین نظام‌نامه مدیریت سیل و طرح عمل در مواقع بحران |
| ۱۰۵ | فصل هفتم- راهکارهای مدیریت بادها و طوفان‌های شدید |
| ۱۰۵ | ۱-۷- مقدمه |
| ۱۰۵ | ۲-۷- مفهوم طوفان و انواع آن |
| ۱۰۷ | ۳-۷- اثرها و خسارت‌های ناشی از بادها و طوفان‌های شدید |
| ۱۰۸ | ۴-۷- اصول اولیه برای مقابله با اثر بادها و طوفان‌های شدید |
| ۱۰۸ | ۵-۷- بیمه محیط زندگی |

| | |
|-----|------------------------------------------------------------|
| ۱۰۹ | ۶-۷- تهیه نقشه‌های ریسک |
| ۱۰۹ | ۷-۷- مقابله با باد و پیشروی بادرفتها |
| ۱۱۱ | ۸-۷- ایجاد سامانه پایش و هشدار طوفان |
| ۱۱۲ | ۹-۷- راهکارهای سازه‌ای |
| ۱۱۲ | ۱۰-۷- احداث پناهگاه‌های عمومی |
| ۱۱۲ | ۱۱-۷- راهکارهای محافظت از گیاهان در برابر باد و طوفان شدید |
| ۱۱۴ | ۱۲-۷- احداث بادشکن |
| ۱۱۷ | ۱۳-۷- طرح‌های نو برای افزایش مقاومت شهرها در برابر طوفان |
| ۱۱۹ | فصل هشتم- راهکارهای مدیریت آلودگی هوا |
| ۱۱۹ | ۱-۸- مقدمه |
| ۱۲۰ | ۲-۸- اهم دلایل آلودگی هوا و منابع اساسی آلودگی هوا |
| ۱۲۲ | ۳-۸- انواع آلاینده‌های هوا |
| ۱۲۷ | ۴-۸- استانداردهای تعیین آلودگی هوا |
| ۱۲۹ | ۵-۸- راهکارهای کاهش آلودگی هوا ناشی از سیستم حمل و نقل |
| ۱۳۰ | ۶-۸- راهکار اقتصادی مقابله با آلودگی هوا در کلان شهرها |
| ۱۳۱ | ۷-۸- استفاده از انواع انرژی‌های پاک |
| ۱۳۱ | ۸-۸- کنترل آلودگی در محیط‌های بسته |
| ۱۳۳ | ۹-۸- روش‌های مدیریت ذرات گرد و غبار |
| ۱۳۵ | ۱۰-۸- استفاده از گیاهان برای کاهش آلودگی هوا |
| ۱۳۹ | ۱۱-۸- راهکارها و تکنولوژی‌های نو برای مقابله با آلودگی هوا |
| ۱۴۵ | فصل نهم- راهکارهای مدیریت صاعقه |
| ۱۴۵ | ۱-۹- مقدمه |
| ۱۴۵ | ۲-۹- صاعقه و نحوه‌ی تشکیل آن |
| ۱۴۷ | ۳-۹- خسارات صاعقه |
| ۱۴۸ | ۴-۹- فواید صاعقه |

| | |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۴۹ | ۵-۹- روش‌های حفاظت در برابر صاعقه..... |
| ۱۵۲ | ۶-۹- اجزاء یک صاعقه‌گیر..... |
| ۱۵۳ | ۷-۹- انواع صاعقه‌گیر..... |
| ۱۵۵ | ۸-۹- بهترین مکان‌های نصب صاعقه‌گیر..... |
| ۱۵۷ | ۹-۹- سطوح حفاظتی در برابر صاعقه..... |
| ۱۵۷ | ۱۰-۹- مخروط امنیت برای مقابله با صاعقه..... |
| ۱۶۰ | فصل دهم- راهکارهای مدیریت تگرگ..... |
| ۱۶۰ | ۱-۱۰- مقدمه..... |
| ۱۶۰ | ۲-۱۰- تگرگ و چگونگی ایجاد آن..... |
| ۱۶۲ | ۳-۱۰- خسارات ناشی از تگرگ..... |
| ۱۶۴ | ۴-۱۰- روش‌های مقابله با خسارت تگرگ..... |
| ۱۶۴ | ۵-۱۰- رعایت نکات ایمنی حین بارش تگرگ..... |
| ۱۶۵ | ۶-۱۰- مدیریت خسارات ناشی از تگرگ در بخش کشاورزی و گیاهان..... |
| ۱۷۶ | ۷-۱۰- مدیریت خسارات ناشی از تگرگ در بخش ابنیه و ساختمان‌ها..... |
| ۱۷۹ | ۸-۱۰- مدیریت خسارات تگرگ در بخش تجهیزات..... |
| ۱۸۱ | منابع..... |

فهرست جداول

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| جدول ۱-۲- طبقه‌بندی شاخص فرابنفش | ۲۱ |
| جدول ۲-۲- توصیه‌های سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در ارتباط با حدود مختلف شاخص اشعه فرابنفش | ۲۲ |
| جدول ۳-۲- مشخصات و ویژگی‌های اشعه فرابنفش | ۲۳ |
| جدول ۴-۲- درصد محافظت پوشاک در برابر اشعه فرابنفش | ۲۷ |
| جدول ۵-۲- spf ضد آفتاب برای انواع پوست | ۳۲ |
| جدول ۱-۳- شاخص محاسبه امواج گرمایی | ۳۵ |
| جدول ۲-۳- راهکارهای مدیریتی برای انواع بیماری‌های حاصل از گرما | ۳۷ |
| جدول ۱-۴- اثرات پدیده‌های هواشناسی بر کشاورزی و خسارات آن | ۵۴ |
| جدول ۲-۴- درجه حرارت‌های بحرانی و آستانه‌های دمایی مورد پذیرش گیاهان | ۵۷ |
| جدول ۱-۶- خسارات سیلاب | ۹۱ |
| جدول ۱-۷- مقیاس طوفان شیفِر-سیمپسون | ۱۱۱ |
| جدول ۱-۸- ارزیابی وضعیت کیفی هوا بر اساس شاخص کیفیت هوا | ۱۲۷ |
| جدول ۱-۱۰- خسارات تخمینی طوفان تگرگ بر حسب شدت مقیاس طوفان تگرگ | ۱۶۳ |

فهرست اشکال

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| شکل ۱-۶- دلایل و انواع سیلاب | ۸۹ |
| شکل ۲-۶- رخداد سیلاب در دشت سیلابی در دوره‌های زمانی | ۹۳ |
| شکل ۳-۶- پهنه‌بندی مسیر رودخانه از نظر سیلاب به همراه کاربری مناسب هر منطقه | ۹۷ |
| شکل ۱-۹- مخروط امنیت صاعقه و یک سوم میانی (محدوده مناسب برای استقرار موقت) | ۱۵۸ |
| شکل ۱-۱۰- دستگاه ضد بارش تگرگ | ۱۶۶ |

فصل اول

مفاهیم پایه

۱-۱- مقدمه

رخداد مخاطرات آب و هوایی از چالش‌های اساسی جامعه بشری در دوران اخیر شده است و هریک از مناطق جغرافیایی دنیا با شدت‌های مختلف آثار آن را تجربه می‌کنند. اصولاً بشر امروزی توانایی مقابله با این مخاطرات را علیرغم توسعه فناوری‌های پیشرفته نداشته و از این رو سیاست کلی برای مواجهه با مخاطرات آب و هوایی، کاهش اثر آنها و اتخاذ روش‌های سازگاری با آنها است. بر این اساس مدیریت مخاطرات آب و هوایی از بحث‌های روز دنیا محسوب شده و تقریباً همه کشورها با تشکیل کارگروه‌های مختلف سعی دارند متناسب با ویژگی‌ها و نوع مخاطره آب و هوایی تأثیرگذار، سیاست‌های مختلفی را به مورد اجرا بگذارند تا حد امکان از اثرهای سوء آن بکاهند. در این راستا فصل حاضر به تدوین چهارچوب کلی در تبیین ویژگی‌ها و مفاهیم بنیادین مدیریت مخاطرات آب و هوایی پرداخته تا بر اساس آن بتوان در فصول آتی به تبیین راهکارهای مختلف در مواجهه با انواع خاص مخاطرات آب و هوایی پرداخت.

۱-۲- تعریف و مفهوم مخاطره، بلا و مدیریت مخاطرات اقلیمی

مخاطره و بلا هر چند که در برخی مواقع به جای هم مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای دو مفهوم کاملاً جداگانه هستند. اصطلاحاً "مخاطره" به احتمال یا پتانسیل رخداد یک پدیده خطرآمیز اطلاق می‌شود؛ درحالیکه اصطلاح بلا در مواقعی بکار می‌رود که رخداد پدیده باعث اثر بزرگ، روی جامعه شود (توبین و مونتز، ۱۹۹۷). مخاطرات بر اساس عامل شکل‌گیری به گروه‌های مخاطرات زمین‌شناسی، آب و هوایی و هیدرولوژیک، تکنولوژیک و انسانی تقسیم‌بندی می‌شوند که تمرکز این کتاب صرفاً بر روی مخاطرات آب و هوایی می‌باشد.

مدیریت اصطلاحی کلی است که به مجموعه شیوه‌های شناخت و راهکار حل مسئله اطلاق می‌شود و در واقع می‌توان ذکر نمود که سیاست‌گذاری و ارائه طرح از جنبه‌های مهم مدیریت، یک مسئله محسوب می‌شود. در کل مجموع اقداماتی که به منظور پیشگیری، کاهش اثرهای زیانبار

مخاطرات آب و هوایی صورت می‌گیرد تحت عنوان مدیریت مخاطرات آب و هوایی نامیده می‌شود. به همین منظور برای انجام اقدامات عملی باید ابتدا ویژگی‌های مخاطره را شناسایی و سپس نسخه درمانی مناسب را ارائه نمود.

۱-۳- مفهوم ریسک یا خطر پذیری مخاطرات

برای تبیین مفهوم خطر پذیری مخاطرات لازم است دو عنصر بسیار مهم و کلیدی "احتمال بروز مخاطره" و "آسیب پذیری" را تحلیل و تفسیر نمود. احتمال بروز مخاطره یعنی در یک نقطه از یک مکان جغرافیایی احتمال رخداد یک مخاطره چقدر است؟ به عنوان مثال احتمال رخداد مخاطره‌ای مانند طوفان در شهر تهران چقدر است و با چه شدت و احتمالی در آینده رخ خواهد داد. آسیب پذیری یعنی مکان مورد نظر در صورت رخداد واقعه به چه میزان آسیب خواهد دید. برای مثال در کشور ما احتمال وقوع زلزله به عنوان یک مخاطره زمین شناسی با بزرگای ۷ یا ۸ ریشتر حدوداً ۷۰ یا ۸۰ درصد می‌باشد درحالیکه در کشور ژاپن زلزله‌هایی با این شدت، بیشتر مواقع روی می‌دهد، با وجود این موضوع، آسیب پذیری ایران به علت عدم آمادگی در برابر این مخاطره بیشتر از ژاپن است در حالیکه در ژاپن حتی با وجود وقوع زلزله ۸ ریشتری آمادگی فوق‌العاده خوبی در برابر آن وجود دارد.

مفهوم دیگری که در این زمینه مطرح می‌شود ریسک یا خطر پذیری است که عبارت است از حاصل ضرب مخاطره و آسیب پذیری (توبین و مونتز، ۱۹۹۷)

$$\text{آسیب پذیری} * \text{احتمال بروز مخاطره} = \text{خطر پذیری یا ریسک}$$

با این فرمول می‌توان مقدار خطر پذیری و ریسک مخاطرات را مورد محاسبه قرار داد.

۱-۴- انواع آسیب پذیری

به‌طور کلی سه نوع آسیب پذیری وجود دارد:

- آسیب پذیری اجتماعی انسانی^۱
- آسیب پذیری اقتصادی^۲
- آسیب پذیری محیطی^۳

که در مطالب زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- **آسیب پذیری اجتماعی انسانی:** آسیب پذیری اجتماعی-انسانی ناظر بر توانمندی و تاب آوری عناصر و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی در برابر رویداد یک مخاطره است. به طور کلی آسیب پذیری اجتماعی آمد نقصان و یا ضعف در زمینه‌های علمی و اطلاعاتی، شرایط

¹ social and human vulnerability

² economic vulnerability

³ environmental vulnerability

سیاسی، شبکه‌های قدرتمند اجتماعی مانند سازمان‌های غیر دولتی، فرهنگ، سن و جنس، زیرساخت‌ها، نژاد و وضعیت اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. به طور مشخص برخی گروه‌های اجتماعی همچون سالمندان و کودکان خطر پذیری و آسیب پذیری بیشتری دارند و در صورتیکه در جامعه‌ای این دو قشر زیاد باشند نیازمند توجه بیشتری از سوی مسئولین می‌باشد، در حالیکه اگر قشر جوان بیشتر باشند می‌توان از آنها برای فعالیت‌های مدیریتی استفاده نمود.

- **آسیب پذیری اقتصادی:** آسیب پذیری اقتصادی ناظر بر توان اقتصادی در پذیرش فاجعه و تاب‌آوری در برابر آن است. برای مثال سه تفاوت عمده در آسیب پذیری افراد غنی و فقیر وجود دارد: افراد غنی در مقایسه با فقرا کمتر دچار و درگیر موضوع آسیب پذیری‌اند. بدین معنی که ثروت می‌تواند امنیت نسبی برای زندگی در محیط نا امن را فراهم آورد؛ اغنیا اقامت در نواحی نا امن را انتخاب نموده و لیکن فقرا مجبوراً در آن ساکن شده‌اند؛ آسیب پذیری برای اغنیا قابل هضم و برای فقرا فاجعه‌بار است. در حقیقت آسیب پذیری اقتصادی به توان اقتصادی جامعه در پذیرش فاجعه و تاب‌آوری اشاره می‌کند. در تحلیل میزان آسیب پذیری اقتصادی علاوه بر شناخت و تحلیل شرایط شغلی و ماهیت اقتصادی محلی، بررسی و تحلیل زیر ساخت‌های اقتصادی تأثیرگذار در آسیب پذیری مورد تأکید است که در همین زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تحلیل توانمندی و تاب‌آوری شبکه رفت و آمدی (راه‌ها، پل‌ها، فرودگاه‌ها، راه‌آهن و ...)
- تحلیل تاب‌آوری زیر ساخت‌های فوریتی (بیمارستان‌ها، آتش‌نشانی و ...)
- تحلیل تاب‌آوری زیرساخت‌ها (بازارها، زندان، شبکه آب، برق و گاز، نواحی صنعتی و ...)

آسیب پذیری محیطی: آسیب پذیری محیطی ناظر به توان بازگشت و احیا پذیری محیط در برابر یک رویداد مخاطراتی است. قوانین زیست محیطی پنج فاکتور سلامت سیستم محیطی، ریسک و استرس محیطی، آسیب پذیری انسانی از محیط، ظرفیت مؤسسات اجتماعی، همکاری و همگرایی جهانی را برای سنجش پایداری محیط معرفی می‌نمایند.

۱-۵- مفهوم کاهش خطر

عبارت است از هر گونه فعالیت‌هایی که خطرات بلند مدت ناشی از مخاطرات را از زندگی انسان حذف یا کاهش می‌دهد، به عنوان مثال اگر ۴۰ مخاطره در یک مکان وجود داشته باشد باید ۴۰ طرح مدیریتی برای هریک از مخاطرات تهیه نمود که در صورت وقوع هر یک بتوان آنها را مدیریت نمود.

در کاهش مخاطرات باید موارد زیر مدنظر قرار گیرد:

الف) آمادگی-واکنش: مشکلات کوتاه مدت و آماده ساختن انسان‌ها برای واکنش

ب) کاهش دادن: مشکلات طولانی مدت و توانایی کاهش خسارت و انجام پروژه‌ها و برنامه‌هایی که بهترین جواب را در پی دارند.

مراحل اجرای طرح کاهش مخاطرات شامل موارد زیر هستند (درایک و هواتمر، ۱۳۸۳):

۱- طراحی فرایند برنامه‌ریزی

۲- ارزیابی ریسک (خطر)

۳- برنامه کاهش خطر

۴- حفظ و نگهداری از برنامه

در طراحی فرایند موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

- چگونه برنامه‌ریزی می‌شود و پلان تهیه می‌گردد.
- چه مراحل برای پیشبرد و تهیه برنامه باید انجام شود.
- کدام منابع از اطلاعات موجود باید بازنگری شوند.
- چه کسانی در برنامه‌ها نقش دارند و درگیر این کار هستند.

برآورد خطر به دو قسمت مخاطره و آسیب پذیری تقسیم می‌گردد. در مورد مخاطره، ترسیم وسعت تأثیرگذاری مخاطرات و شرح رخداد مخاطره قبلی دارای اهمیت زیادی است. تأثیرهای ناشی از مخاطرات که می‌تواند روی مشاغل جامعه، محیط پیرامون، ساختارها و مهارت‌های مهم اشخاص اثرگذار باشند باید بررسی شوند. لازم است خسارات احتمالی مشخص شوند. در این قسمت مطالعه آسیب پذیری نیز باید انجام گیرد که در آن بیشترین ساختارهای آسیب پذیر جامعه، جمعیت و تأثیرات بنیادی مخاطرات مطالعه می‌گردد.

در برنامه کاهش خطر لازم است اهداف پروژه‌هایی که باعث کاهش آسیب پذیری مناطق مورد نظر می‌شوند، منابع موجود، محدوده‌ی زمانی و.. در جزئیات مدیریت پروژه‌ها در نظر گرفته شوند. همچنین باید به پروژه‌های کاهش خطری که مقرون به صرفه هستند اولویت تعلق گیرد. در مورد حفظ و نگهداری از برنامه باید چگونگی ایجاد برنامه برای به روزرسانی مدارک مورد نیاز و انجام آن مورد توجه قرار گیرد.

۱-۶- زمان‌بندی اقدامات مدیریت مخاطرات اقلیمی

اقدامات پیش از بحران: همچون تجهیز نمودن ساختمان‌ها، ذخیره مواد غذایی و آب در مناطقی که پتانسیل خطر وجود دارد. در همین زمینه لازم است قبل از برنامه‌ریزی، از استقرار جمعیت، صنایع و فعالیت‌های اقتصادی در مناطق پر خطر جلوگیری شود و حتی‌الامکان مناطق، تحت پوشش بیمه قرار گیرند.

اقدامات در حین بحران: منظور از آن، فعالیت‌های مدیریتی در زمان وقوع بحران در منطقه می‌باشد.

اقدامات پس از بحران: منظور احیاء و بازسازی مناطق بعد از بحران می‌باشد. این سه جنبه در تمامی مخاطرات وجود دارد و با توجه به آن می‌توان تمامی مخاطرات را مدیریت نمود، لذا شیوه کار در هریک از مخاطرات متفاوت می‌باشد که در فصول مربوطه تشریح خواهد گردید.

۱-۷- چهارچوب کاری برای مدیریت خطر پذیری مخاطرات^۱

چهارچوب اجرایی برای مدیریت خطر ناشی از مخاطرات شش گام کاری است که در مطالب زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- فراهم‌آوری زمینه‌ها^۲

در این مرحله تبیین و فراهم‌آوری چهارچوب منطقی از کارکرد سازمانی، نهادی، اقتصادی و گروه‌های ذینفع از طریق فرایندهای زیر صورت می‌گیرد:

- تبیین بافت و پیش زمینه سازمانی و اجتماعی^۳: (شناخت زمینه، بافت و ماهیت سازمان‌ها و جوامع مبتنی بر کارکردی اجتماعی، اقتصادی، محیطی و ...)، در این مرحله باید ساختارها و نهادها را هماهنگ کرد و زمینه‌ای را فراهم نمود تا با همکاری یکدیگر به فعالیت پردازند تا زمانیکه بحران اتفاق افتاد، بتوان خسارات را جبران نمود.

- شناخت و تبیین گروه‌های درگیر^۴: (شناسایی مردم؛ جوامع و مؤسسه‌هایی که می‌توانند در مدیریت خطر پذیری تأثیرگذار باشند به همراه طراحی استراتژی برای مؤثرسازی حداکثری اقدامات مدیریتی از طریق حذف موانع)، اگر هر قسمت کار خود را بدون هماهنگی با دیگری انجام دهد، کار به خوبی پیش نمی‌رود باید از نظر ساختاری بتوان گروه‌های ذینفع را درگیر کرد، که این موارد از طریق: تبیین بافت و پیش زمینه‌سازی و بررسی‌های اجتماعی و شناخت و تبیین گروه‌های درگیر انجام می‌شود، لذا باید به شناسایی مردم و جوامع و مؤسسات تأثیرگذار در مدیریت خطر پذیری پرداخت.

- تبیین اهداف: هدف‌گذاری برای برنامه مدیریت خطر پذیری مبتنی بر کارکردهای دو گانه فوق صورت می‌گیرد.

۲- شناخت مخاطره^۵

در این مرحله فهرستی از مخاطراتی که می‌توانند بر جوامع و سازمان‌ها تأثیرگذار باشند فراهم می‌گردد که طی مراحل زیر صورت می‌گیرد:

¹ HRM framework

² establish the context

³ organizational/community context

⁴ stakeholder involvement

⁵ identify the hazards

- شناسایی جامع مخاطرات^۱ : شناخت جامع مخاطراتی که مستقیم و غیر مستقیم بر جوامع و سازمان‌ها اثرگذار هستند در این مرحله صورت می‌گیرد. استراتژی شناسایی مخاطره بر مبنای منابع خطر در پیرامون^۲ (شناسایی مردم، جوامع و مؤسساتی که در معرض مخاطره قرار داشته و خطر پذیری آنها می‌تواند بر این ناحیه تأثیر بگذارد) انجام می‌شود.

- دسته‌بندی مخاطرات (شناسایی منفرد و ترکیبی انواع مخاطرات): برای انجام مدیریت باید فهرستی از مخاطرات تأثیرگذار را تهیه نمود. برای مثال برای شناسایی مخاطرات شهر تهران لازم است نوع و شدت مخاطرات و مکان‌های وقوع آن تشخیص داده شود، زلزله، طوفان شدید، سیل، بارش شدید، خشکسالی، طوفان گرد و خاک، آلودگی هوا، سرما و گرما و ... همه در تهران اتفاق می‌افتند، البته شدت تأثیر هر یک از آنها متفاوت است. در این شرایط باید دید منطقه مورد مطالعه در برابر کدام یک از مخاطرات مورد اشاره آسیب پذیرتر هستند؛ سپس دسته‌بندی و الویت‌بندی مخاطرات انجام می‌شود.

۳- ارزیابی خطر پذیری مخاطرات^۳

ارزیابی خطر پذیری ناشی از هر یک از مخاطرات محتمل و تبیین گروه‌ها و زیر ساخت‌های درگیر در آن است.

۴- رده‌بندی مخاطرات بر اساس مقادیر خطرزایی^۴

رده‌بندی و گروه‌بندی خطر پذیری بر اساس درجات خطر محتمل، مبتنی بر اقدامات بند ۳ و قراردادی گروه‌ها در درجات خطر پذیری از کم تا زیاد است. استراتژی برای رده‌بندی خطر پذیری مخاطرات متفاوت می‌باشد و شیوه‌های مختلف طبقه‌بندی برای آن وجود دارد، مثلاً می‌توان بر اساس بزرگی، شدت، دوره تداوم طبقه‌بندی انجام داد. انجام رده‌بندی مخاطرات به‌صورت انفرادی و حتی الامکان پرهیز از گروه‌بندی‌های نزدیک به هم است.

۵- تجزیه و تحلیل خطر پذیری ناشی از هر مخاطره^۵

تحلیل خطرزایی ناشی از هر مخاطره مبتنی بر نوع مخاطره و درجات خطر پذیر و تبیین نتیجه احتمالی حاصل از آن به همراه درک همزادی و تأثیرگذاری خطر پذیری ناشی از یک مخاطره، با مخاطره دیگر صورت می‌گیرد.

¹ comprehensive hazard identification

² hazard identification strategy—organization/community resources

³ assess the hazard risk

⁴ sort the hazards by risk magnitude

⁵ analyze the risks from each hazard

۶- گروه‌بندی و اولویت‌گذاری خطر پذیری مخاطرات و چگونگی مدیریت و مداخله در آن^۱

فرایند گروه‌بندی خطر ناشی از رخداد پی در پی مخاطرات، مسئله دسته‌بندی و اولویت‌گذاری خطر ناشی از رخداد آن را به‌منظور اتخاذ تصمیمات خاص ضرورت می‌بخشد. برای مثال وجود تأسیسات قابل انفجار و همچنین مواد مشتعل شونده در زمان نزدیک شدن یک طوفان که احتمال کشتار دارد مهم می‌باشد. اولویت‌بندی خطر ناشی از سوی مخاطرات به‌همراه اتخاذ تصمیمات از طریق اولویت‌گذاری خطرات ناشی از آن و دور کردن مردم و حفظ جان آنها و تلاش برای تعدیل خسارت از طریق آماده باش لازم و انجام اقدامات فوریتی صورت می‌گیرد.

در طی این مراحل باید سعی نمود مخاطره، ویژگی‌ها و احتمال وقوع آنها را بررسی کرده و آن را از کم تا زیاد رده‌بندی کرد، پس از آن چگونگی مدیریت و مداخله در آن انجام می‌گیرد. برای انجام مداخله ابتدا باید در انجام کارها اولویت‌بندی صورت گرفته، به عنوان مثال اگر هم اکنون بحران اتفاق بیفتد، پس از آن شبکه امداد اعزام شده و به مناطقی که احتمال آتش‌سوزی در آنها وجود دارد توجه بیشتری می‌شود و در اسرع وقت منطقه را تخلیه می‌نمایند.

قبل از وقوع مخاطره باید لزوماً دستورالعملی وجود داشته باشد تا زمان رخداد با توجه به آن دستورالعمل به ترتیب عمل کرد، به‌همین منظور لازم است نیروها برای داشتن آمادگی در مواقع خطر، آموزش دیده باشند تا بتوانند بحران را به خوبی مدیریت نمایند.

برای اینکه بتوان میزان خطر پذیری و ریسک را تعیین نمود باید آن را در ۴ گروه، کم، متوسط، زیاد و بحرانی طبقه‌بندی کرد.

¹ group and prioritize the hazard risks and consider risk management interventions

فصل دوم

راهکارهای مدیریت آسیب‌های ناشی از اشعه فرابنفش

۱-۲- مقدمه

خورشید مانند هر ستاره دیگری در کیهان، منبع کامل تولید امواج الکترومغناطیسی است. یعنی طیف کاملی از امواج رادیویی تا اشعه ایکس و گاما از خورشید تابیده می‌شوند. به لطف سپرهای تدافعی متعددی، زمین در برابر امواج خطرناک این طیف وسیع مصون است و تنها نور مرئی و امواج رادیویی اجازه عبور از سپر جو زمین را دارند، در ارتفاع ۱۰ تا ۱۶ کیلومتری از سطح زمین، لایه ازن مانند یک صافی، پرتوهای فرابنفش خطرناک ارسالی از خورشید را می‌گیرد و مانع از رسیدن آن به زمین می‌شود. دانشمندان بر این باورند که لایه ازن در حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش شکل گرفته و تا سال‌های نزدیک به دوران اخیر تقریباً آسیب ندیده است.

هدف فصل حاضر تشریح ویژگی‌ها، اثرها و راهکارهای جلوگیری از تأثیرهای منفی اشعه فرابنفش می‌باشد.

۲-۲- ویژگی‌های طیف الکترومغناطیسی و لایه ازن

امواج الکترومغناطیس به امواجی گفته می‌شود که حامل انرژی باشند. تابش الکترومغناطیسی یا انرژی الکترومغناطیسی بر اساس تئوری موجی، نوعی موج است که در فضا انتشار می‌یابد و از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ساخته شده است. طیف الکترومغناطیس بر اساس طول موج و فرکانس به قسمت‌های مختلفی طبقه‌بندی و نام‌گذاری می‌گردد. امواج الکترومغناطیسی از طولانی‌ترین موج رادیویی، با طول موج‌های معادل چندین کیلومتر، شروع شده، پس از گذر از موج رادیویی متوسط و کوتاه تا نواحی موج مادون قرمز و مرئی امتداد می‌یابد. بعد از ناحیه مرئی، فرابنفش قرار دارد که خود منتهی به نواحی اشعه ایکس، اشعه گاما و پرتوی کیهانی می‌شود. اهم این طبقات عبارتند از:

طیف مادون قرمز: این طیف ۵۳ درصد از انرژی خورشیدی را شامل می‌شود و باعث تابش گرمای سطح خورشید به محیط پیرامون می‌شود. دامنه طول موج آن مابین نور مرئی تا امواج رادیویی را در بر می‌گیرد. دامنه طول موج آنها تقریباً از ۱ میلی‌متر الی ۷۵۰ نانومتر متغیر است.

نور مرئی: ۴۴ درصد از انرژی خورشیدی در این طول موج تابش می‌نماید و وظیفه اصلی آن روشن نگه داشتن جهان هستی است. طول موج این اشعه از ۳۸۰ نانومتر الی ۷۵۰ نانومتر در تغییر است.

اشعه فرابنفش: تنها ۳ درصد از انرژی خورشیدی را شامل می‌شود و علیرغم درصد کم، اهمیت بسیاری در زندگی موجودات زنده دارد. طبق توصیه پزشکان روزانه ۱۰-۱۵ دقیقه تابش آن برای انسان‌ها ضروری است و مهم‌ترین منبع جذب ویتامین D و جلوگیری از پوکی استخوان برای انسان‌ها محسوب می‌شود. علاوه بر این مؤثرترین منابع میکروبی‌زدایی از محیط بوده ولی تابش بیشتر و مداوم آن منجر به بروز عوارضی از قبیل آب مروارید چشم، سرطان، سوختگی و افتادگی پوست برای انسان و رنگ و رو رفتگی و پوسیدگی اشیا و لوازم شخصی می‌شود.

اشعه فرابنفش طول موجی بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر دارد. اشعه فرابنفش نور خورشید به ۳ دسته امواج فرابنفش A، B و C با طول موج‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شود؛

- **ناحیه نزدیک امواج فرابنفش A:** این ناحیه با طول موج ۳۲۰ تا ۴۰۰ نانومتر به ناحیه فلورسانس معروف است. نسبت این اشعه در نور آفتاب قوس الکتریکی چراغ‌های الکتریکی معمولی، زیاد است.

- **ناحیه متوسط امواج فرابنفش B:** این ناحیه دارای طول موج ۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر است. این اشعه در نور چراغ بخار جیوه و قوس الکتریکی با الکترودهای فلزی وجود دارد. این ناحیه از نظر آسیب‌های زیست‌شناختی فعال بوده و به‌طور طبیعی از خورشید به زمین می‌رسد.

- **ناحیه دور امواج فرابنفش C:** این ناحیه با طول موج بین ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر فقط در قوس الکتریکی وجود دارد و کاربرد آن در ضد عفونی کردن و از میان بردن باکتری‌ها است.

نام ازن از کلمه یونانی ازی^۱ به معنای بو کردن به ویژه بوی تند گرفته شده است. ازن در سال ۱۸۳۹ در هنگام تخلیه الکتریکی توسط شونباین^۲ کشف شده است. ازن مولکولی سه اتمی است که از اتصال سه اتم اکسیژن تشکیل شده است و آن را با فرمول شیمیایی O₃ نشان می‌دهند. این گاز در ۳/۱۶ درجه کلوین می‌جوشد، در ۴/۸۰ درجه کلوین ذوب می‌شود و در حالت مایع، آبی پررنگ و در حالت جامد، به رنگ بنفش تیره است. لایه ازن منطقه‌ای از استراتوسفر در هواکره است که غلظت نسبتاً بالایی از آن در ارتفاع ۱۹ تا ۴۸ کیلومتری از سطح زمین واقع شده است. حدود ۹۰ درصد ازن

¹ ozein

² fc schonbein

میان ۱۰ تا ۱۷ کیلومتری از سطح زمین قرار گرفته و تا ۵۰ کیلومتری گسترش می‌یابد. مولکول‌های ازن که در این بخش از هواکره قرار دارند لایه ازن را تشکیل می‌دهند. بقیه مولکول‌های ازن در لایه تروپوسفر هواکره قرار دارد.

این گاز نقش بسیار مهمی در جذب تابش‌های فرابنفش خورشیدی به عهده دارد. این گاز لایه فیلترمانندی که از ورود اشعه فرابنفش خورشید جلوگیری می‌کند تشکیل می‌دهد. ازن مخصوصاً در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری سطح زمین بر اثر واکنش‌های مختلف فتوشیمیایی به وجود آمده یا از بین می‌رود. فعل و انفعالات مذکور بر اثر انرژی تابش فرابنفش صورت می‌گیرد و در نتیجه مانع از رسیدن این تابش خطرناک به زمین می‌گردد.

مقدار ازن معمولاً روند مشخص فصلی دارد به طوری که حداکثر آن در بهار و حداقل آن در پاییز مشاهده می‌شود و توزیع جغرافیایی آن نیز حاکی از حداقل آن در نواحی استوایی و غلظت بیشتر آن در حوالی عرض جغرافیایی ۶۰ درجه است. همچنین مقدار ازن در حوالی پرفشار کمتر و در حوزه‌های کم‌فشار زیادتر است (علیچانی و کاویانی، ۱۳۸۷).

میزان ازن در بالای سطح کره زمین به وسیله مقیاسی به نام دابسون^۱ اندازه‌گیری می‌شود. اگر تمامی ازن موجود در جو، در یک ستون عمودی در دما و فشار شرایط استاندارد یعنی فشار ۱ اتمسفر و دمای صفر درجه سانتیگراد فشرده شود، لایه‌ای نازک به ضخامت تنها ۳ میلی‌متر از ازن تشکیل خواهد شد که برابر ۳۰۰ واحد دابسون است.

اندازه‌گیری ازن با شیوه‌های زیر صورت می‌گیرد:

• **ازن عمودی^۲**: اندازه‌گیری مقادیر ازن جو در یک پروفایل عمودی جو از سطح زمین تا ارتفاع ۳۰ کیلومتری انجام می‌شود.

• **ازن کلی^۳**: اندازه‌گیری مقادیر ازن کلی جو در ایستگاه‌های زمینی بر اساس دو روش طیفی و شیمیایی صورت می‌گیرد. در روش طیفی، با مقایسه میزان جذب تابش خورشید توسط ازن جوی و میزان تابش رسیده به سطح زمین، مقدار ازن کلی محاسبه می‌شود. در روش شیمیایی بر اساس واکنش الکتروشیمیایی بین ازن موجود در هوا و محلول الکترولیت و میزان الکترونی که در حین این واکنش آزاد می‌شود غلظت ازن محاسبه می‌شود.

• **طیف سنج بروئر^۴**: این دستگاه برای اندازه‌گیری مقدار ازن کلی جو، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و تابش فرابنفش خورشید طراحی شده است و توانایی اندازه‌گیری پارامترهای یاد شده را با استفاده از نور مستقیم و پراکنده خورشید دارد.

¹ DU (Dobson units)

² vertical ozone

³ Total Ozone

⁴ Spectrophotometer Brewer

• **طیف سنج دابسون^۱**: طیف سنج دابسون قدیمی‌ترین نوع دستگاه‌های سنجنده ازن به روش طیفی است و در دهه ۱۹۲۰ توسط پروفسور دابسون در دانشگاه آکسفورد انگلستان طراحی و ساخته شد و به مرور با استفاده از سیستم‌های الکترونیکی ارتقا داده شد.

• **ازن سوند^۲**: دستگاهی است که از طریق واکنش‌های شیمیایی مقدار گاز ازن در یک پروفایل عمودی از سطح زمین تا ارتفاع ۳۰ کیلومتری اندازه‌گیری می‌شود.

قسمتی از لایه ازن که از کمترین غلظت برخوردار است، به‌عنوان «حفره ازن» شناخته می‌شود. فرایند تخریب بدین شکل رخ می‌دهد که پرتو خورشید باعث شکسته شدن بسیاری از گازهای حاوی کلروبرم و تولید رادیکال‌های آنها در استراتوسفر می‌شود. رادیکال‌ها یک رشته واکنش‌های زنجیره‌ای تخریب‌کننده را تشدید می‌کنند و باعث شکسته شدن گازهای موجود در اتمسفر از جمله ازن می‌شوند. عوامل مهمی که منجر به تخریب لایه ازن می‌شوند شامل: آزمایش بمب‌های اتمی در جو زمین، نوسان شبه دو ساله‌ی فوران آتشفشانی، شار اندک ذراتی از خورشید که با دوره ۱۱ ساله لکه‌های خورشیدی متناظر است، مصرف متوالی کلروفلوئوروکربن. گازهای کلروفلوئوروکربن که در حکم حلال در انواع افشانه‌ها بکار می‌روند، تحت نام کلی CFC معروفند، گاز فرئون یخچال‌ها، انواع افشانه‌های آرایشی و بسیاری از صنایع شیمیایی از جمله این گازها محسوب می‌شوند. تخریب و سوراخ شدن لایه ازن باعث عبور غیر قابل کنترل تابش فرابنفش خورشیدی می‌شود، همچنین از اثرات دیگر آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: افزایش دمای زمین، ذوب یخ‌های قطبی و افزایش آب دریاها که در نهایت به زیر آب رفتن خشکی‌ها می‌انجامد، همچنین موجب سوختگی پوست، ابتلا به سرطان پوست و بیماری‌های چشمی و وارد آمدن خسارت عمده به جانوران و گیاهان می‌شود و در نهایت باعث انقراض زندگی تمام موجودات می‌شود.

میزان اشعه فرابنفش در هر مکان متأثر از عوامل ذیل است:

- **میزان نور خورشید**: میزان اشعه فرابنفش متأثر از زمان روز و سال است. میزان اشعه فرابنفش در حدود ظهر (در طول شبانه روز) و در فصل تابستان بیشترین مقدار است.
- **عرض جغرافیایی**: با نزدیکی به خط استوا میزان اشعه فرابنفش افزایش می‌یابد.
- **میزان ابرناکی**: با کاهش میزان ابرناکی اشعه فرابنفش افزایش می‌یابد هر چند با وجود ابری بودن آسمان امکان بالا بودن میزان اشعه فرابنفش وجود دارد.
- **ارتفاع**: با افزایش ارتفاع در سطح زمین و با رقیق شدن هوا میزان اشعه فرابنفش افزایش می‌یابد، به طوریکه هر هزار متر ارتفاع میزان اشعه فرابنفش ۱۰ تا ۱۲ درصد افزایش می‌یابد.

¹ Spectrophotometer Dobson

² Ozonesonde

- **ازن:** ازن باعث جذب اشعه فرابنفش می‌گردد که میزان آن در طول سال و در ساعات شبانه روز متغیر است.
- **انعکاس در سطح زمین:** انواع مختلف پوشش سطح زمین میزان متفاوتی از اشعه فرابنفش را منعکس می‌کند. به طور مثال پوشش برف تا ۸۰ درصد، شن ساحلی خشک ۱۵ درصد و سطح آب دریا ۲۵ درصد، اشعه فرابنفش را منعکس می‌کنند.
- **زاویه اوج خورشید:** هرچه زاویه خورشید به ۹۰ درجه نزدیک‌تر باشد، میزان دریافت اشعه بیشتر می‌گردد، به طوریکه اوج دریافت اشعه در ساعات ۱۰ صبح تا ۱۴ بعد از ظهر می‌باشد.
- **میزان اشعه:** حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد پرتوهای فرابنفش روزانه در طول ۱ ساعت در میانه روز در ظهر در تابستان به ما می‌رسد به طوریکه ۷۵ درصد آن بین ساعت‌های ۹ صبح تا ۱۵ بعد از ظهر است که متأثر از روز و سال است.
- **میزان ذرات معلق در هوا:** ذرات سبب پراکندگی اشعه می‌شوند، درحالیکه آلاینده‌های هوا از قبیل دی‌اکسید گوگرد، اشعه فرابنفش را جذب و پراکنده می‌سازد.
- **رطوبت:** میزان نفوذ فرابنفش در پوست مرطوب ۴ برابر بیشتر از پوست خشک است.
- **فصل:** در مناطق گرم آسیب‌های رسیده از فرابنفش به زمین به شدت وابسته به فصل است. شاخص تابش فرابنفش توسط سازمان بهداشت جهانی و با همکاری سازمان هواشناسی جهانی، سازمان عمران محیط زیست سازمان ملل و کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر تابش‌های غیر یونی (ICNIRP) و اداره حفاظت تابشی فدرال آلمان در بین کشورهای دنیا ارائه شده است.
- شاخص فرابنفش یک عامل مهم در بالا بردن سطح آگاهی عمومی در مورد اثرات تماس بیش از حد با اشعه فرابنفش و هشدار به آنها در مورد بکارگیری مکانیزم‌های محافظتی در برابر خورشید محسوب می‌شود. این شاخص مقدار اشعه فرابنفش خورشید را در سطح زمین نشان می‌دهد. همچنین ریسک‌های مورد انتظار تماس بیش از حد با اشعه خورشید را به صورت روزانه پیش‌بینی می‌کند و سطح غلظت فرابنفش را در مقیاس ۱ تا ۱۱ + نشان می‌دهد. هرچه مقدار این شاخص بیشتر شود، قدرت تخریب پوست و چشم بیشتر است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۹).
- این شاخص میزان انعکاس اشعه فرابنفش را در سطح زمین نشان می‌دهد. میزان این شاخص از صفر به بالا بوده و افزایش آن باعث تشدید اثرات نامطلوب اشعه فرابنفش بر پوست و چشم می‌شود. مطابق جدول ۱-۲ طبقه‌بندی شاخص فرابنفش بر اساس استاندارد جهانی ارائه شده است.

جدول ۱-۲: طبقه‌بندی شاخص فرابنفش

| رنگ | مدت زمان سوختگی پوست بدن (دقیقه) | میزان تابش دریافتی فرابنفش | مقدار شاخص فرابنفش |
|--------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| سبز | بیشتر از ۶۰ | کم | ۲ و کمتر |
| زرد | ۴۵ | متوسط | ۳-۵ |
| نارنجی | ۳۰ | زیاد | ۶-۷ |
| قرمز | ۱۵ | بسیار زیاد | ۸-۱۰ |
| بنفش | کمتر از ۱۰ | شدید | ۱۱ و بیشتر |

سازمان حفاظت از محیط زیست امریکا توصیه‌هایی در خصوص حدود مختلف شاخص اشعه فرابنفش ارائه نمودند که در جدول ۲-۲ مطرح می‌گردد.

جدول ۲-۲: توصیه‌های سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در ارتباط با حدود مختلف شاخص اشعه فرابنفش

| میزان اثر | شاخص فرابنفش | توصیه‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA) |
|------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| کم | ۲-۱ | <ul style="list-style-type: none"> • در طول روز از عینک آفتابی استفاده گردد. • در فصل زمستان، انعکاس برف می‌تواند میزان اثر اشعه فرابنفش را دو برابر افزایش دهد. • افراد حساس به نور خورشید از پوشش و ضد آفتاب استفاده کنند. • برف و آب، نور خورشید را منعکس می‌نمایند. لذا شناگران و اسکی‌بازان توصیه‌های ایمنی را رعایت کنند. • استفاده از عینک آفتابی و ضد آفتاب با SPF بالاتر از ۱۵ توصیه می‌شود. • قسمت‌های چانه و بینی بیش از بقیه اعضای صورت در معرض فرابنفش قرار دارند، محافظت از این قسمت‌ها را در نظر بگیرید. |
| متوسط | ۳-۵ | <ul style="list-style-type: none"> • از پوشش مناسب و ضد آفتاب استفاده شود و در نیمروز که اشعه نور خورشید و فرابنفش افزایش می‌یابد در سایه فعالیت گردد. • یک راه ساده برای تعیین میزان مواجهه با اشعه فرابنفش نگاه کردن به سایه خود است، اگر سایه فرد از خود فرد بلندتر باشد (اوایل صبح و اواخر بعد از ظهر) در معرض میزان کمی از اشعه فرابنفش قرار دارد. اگر سایه از خود فرد کوتاه‌تر است، شخص در معرض میزان بالایی از اشعه فرابنفش قرار دارد، بنابراین از محافظ برای چشم و پوست استفاده شود. |
| زیاد | ۶-۷ | <ul style="list-style-type: none"> • در این شرایط لزوم محافظت از آفتاب سوختگی ضروری است. • فعالیت در معرض نور خورشید در ساعات ۱۱ صبح الی ۴ بعد از ظهر محدود گردد و در صورتیکه در این ساعات فرد در معرض نور خورشید قرار دارد، از کلاه، پوشش، عینک آفتابی و ضد آفتاب استفاده گردد. |
| بسیار زیاد | ۸-۱۰ | <ul style="list-style-type: none"> • اقدامات احتیاطی مضاعف انجام شود. • قسمت‌هایی از پوست که پوشش نداشته باشند به سرعت آسیب دیده و می‌سوزند. • سعی شود، در ساعات ۱۱ صبح الی ۴ بعد از ظهر از قرارگرفتن در معرض نور خورشید اجتناب نموده و در صورتیکه شخص در معرض نور خورشید قرار دارد از کلاه، پوشش، عینک آفتابی و ضد آفتاب استفاده کند. • طی فعالیت‌های روزمره در فضای باز، ورزش، باغبانی و ... به ویژه در ساعات اوج ۱۰ صبح الی ۴ بعد از ظهر از عینک آفتابی و ضد آفتاب استفاده گردد. |
| خطرناک | +۱۱ | <ul style="list-style-type: none"> • تمامی اقدامات احتیاطی رعایت گردد. • قسمت‌هایی از پوست که پوشش نداشته باشند در عرض ۱ دقیقه آسیب دیده و می‌سوزند. • شن و ماسه سفید و سطوح صاف و آب، اشعه فرابنفش را منعکس می‌کنند بنابراین شناگران در معرض میزان بیشتری از اشعه فرابنفش قرار دارند. • از قرارگرفتن در معرض نور خورشید از ساعات ۱۱ صبح الی ۴ بعد از ظهر اجتناب گردد. • از پوشش مناسب، کلاه، ضد آفتاب استفاده شود. • از عینک‌های آفتابی با قدرت حذف ۹۹-۱۰۰٪ اشعه فرابنفش استفاده گردد. |

۲-۳- اثرات پرتو فرابنفش

ویژگی‌های مختلف اشعه فرابنفش در جدول ۲-۳ مورد بررسی قرار گرفته است. همان طوریکه جدول مذکور نشان می‌دهد از گروه A به B شدت و اثرات آن کاهش پیدا می‌کند.

جدول ۲-۳: مشخصات و ویژگی‌های اشعه فرابنفش

| انواع اشعه فرابنفش | منابع | نفوذ | اثرات |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UV-A طول موج: ۳۱۵-۴۰۰ نانومتر انرژی کمتر به ازای فوتون | - خورشید (۹۵٪ اشعه فرابنفش نزدیک به سطح زمین) - لامپ‌های نوری سیاه - لامپ‌های میکروب کش - تجهیزات جوشکاری - لامپ‌های تخلیه کننده با شدت بالا - لامپ‌های درمانی - دستگاه‌های برنزه نمودن | - توسط ازن جذب نمی‌شود - نسبت به سایر انواع اشعه UV عمیق‌تر در پوست نفوذ می‌کند | - سوختگی فوری در پوست - تشدید برخی اثرات سرطانزایی UV-B - سوختگی‌های حرارتی - آفتاب سوختگی، تضعیف سیستم ایمنی، تخریب سلولی، حساسیت نوری، آب مروارید و ناخنک چشم |
| UV-B طول موج: ۲۸۰-۳۱۵ نانومتر انرژی متوسط به ازای فوتون | - خورشید (۵٪ اشعه فرابنفش نزدیک به سطح زمین) - لامپ‌های میکروب کش - تجهیزات جوشکاری - لامپ‌های تخلیه کننده با شدت بالا - لامپ‌های درمانی - لیزرهای پزشکی و صنعتی | - عمدتاً توسط ازن موجود در اتمسفر بالا جذب می‌شود - به غشای میانی پوست نفوذ می‌کند | - ساخت ویتامین D - بیشترین تأثیرات در ایجاد اثرات مضر حاد و مزمن - آفتاب سوختگی، تضعیف سیستم ایمنی، تخریب سلولی، سرطان پوست، سوزش، آب مروارید و ناخنک چشم. |
| UV-C طول موج: ۱۰۰-۲۸۰ نانومتر انرژی بیشتر به ازای فوتون | - لامپ‌های میکروب کش - تجهیزات جوشکاری - لامپ‌های تخلیه کننده با شدت بالا | - جذب فوتون‌های با طول موج ۱۰۰ الی ۲۰۰ نانومتر در هوا - توسط کراتین‌های موجود در سطح پوست جذب می‌شود و به غشاء میانی نفوذ نمی‌کند | - تخریب DNA در سلول‌های بدون پوشش از قبیل پوست، قرنیه و باکتری‌ها. |

۲-۳-۱- تأثیر بر روی سلامتی انسان

پرتوهای آفتاب در پوست و بافت‌های بدن نفوذ می‌کنند و با تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن باعث آسیب و تخریب سلول‌ها می‌شوند. ادامه این تخریب‌ها در دراز مدت باعث تغییر شکل و گاه سرطانی شدن سلول‌ها می‌شوند. آسیب‌های مهم ناشی از آفتاب را می‌توان این چنین بیان کرد (دی اچ، ۲۰۱۱ و کوپه و همکاران، ۲۰۰۴):

(۱) آسیب به پوست

(۲) آسیب به چشم

(۳) ایجاد و تسهیل ابتلا به سرطان‌های پوست

(۴) آسیب به مو

(۵) تشدید بعضی از بیماری‌ها

مهم‌ترین و خطرناک‌ترین تأثیر نور خورشید، زمینه‌سازی ایجاد سرطان پوست است. آثار اشعه فرابنفش به تدریج در مواجهه‌های کوتاه و مداوم طی زندگی جمع شده و باعث آسیب دراز مدت بافت‌های بدن و افزایش ریسک ابتلا به سرطان می‌شود. این آسیب‌ها به خصوص برای کسانی که به طور مداوم در معرض مقادیر اندک اشعه قرار دارند بسیار بیشتر است.

۲-۳-۲- تأثیر بر جانوران

در حیوانات اهلی، تومورهای پوستی و سرطان لایه خارجی مشاهده شده که آن را به تابش خورشید نسبت می‌دهند. قرارگیری در معرض اشعه فرابنفش منجر به حساسیت‌های شدید تماسی و یا سایر واکنش‌های دیگر از نوع تأخیری شده، که این امر نیز سیستم ایمنی را سرکوب می‌کند. تابش مقادیر زیر اریتمی^۱ فرابنفش، عفونت‌های مختلفی را در مدل‌های جوندگان تشدید می‌کند و بیماری عفونی را که در محل تابش فرابنفش و محل‌های دورتر آغاز می‌شود تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین از بروز ایمنی حفاظتی علیه این عفونت‌ها ممانعت می‌کند (عبدی و علیزاده، ۱۳۸۸).

۲-۳-۳- اثرات فرابنفش بر گیاهان

تابش فرابنفش B اثر مستقیمی بر روی فتوسنتز دارد. کاهش فتوسنتز اغلب تغییراتی در آناتومی و ضخامت برگ ایجاد می‌کند؛ به طوریکه ضخامت برگ افزایش می‌یابد و فعالیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد (عبدی و علیزاده، ۱۳۸۸). رشد بسیاری از گونه‌های گیاهان با افزایش مقادیر UVB کاهش می‌یابد. بیماری‌های به خصوصی در گیاهان وقتی در معرض مقادیر زیادی UVB قرار می‌گیرند شدت می‌یابد. باید به این نکته نیز توجه کرد که اثرات UVB نسبت به کشت، زمان‌بندی پرتوگیری UVB و سن گیاه فرق می‌کند (عبدی و علیزاده، ۱۳۸۸).

^۱ Arrhythmia

۲-۳-۴- اثرات بر اکوسیستم آبی

اکوسیستم‌های آبی، ماده حیاتی بیشتری را نسبت به کلیه اکوسیستم‌های زمینی موجود به خود اختصاص می‌دهند. فیتوپلانکتون‌ها در یک ستون آبی در منطقه قطب جنوب با استفاده از عوامل خارجی مسیر خود را جهت‌یابی می‌کنند که مکانیسم جهت‌یابی و قابلیت تحریک آنها با قرار گرفتن در معرض امواج فرابنفش B صدمه می‌بیند. هرگونه افزایش در میزان UVB می‌تواند رشد و تکثیر پذیری این موجودات را کاملاً کاهش داده و متعاقباً بر کلیه ترازهای غذایی بالاتر در زنجیره غذایی آبی تأثیر بگذارد. فیتوپلانکتون دریایی جاذب عمده دی‌اکسید کربن اتمسفر محسوب می‌شوند. هرگونه کاهش این توده گیاهی به کاهش جذب دی‌اکسید کربن منجر شده و بنابراین اثر گلخانه‌ای را تشدید می‌کند (عبدی و علیزاده، ۱۳۸۸).

۲-۴- اقدامات کنترلی و راهکارهای مدیریتی در مواجهه با پرتو فرابنفش

اقدامات کنترلی بایستی در هر موقعیت مورد ارزیابی قرار گیرد به طوریکه راهکارهای مناسبی به منظور جلوگیری از مواجهات انجام شود تا اطمینان حاصل شود که این شرایط باعث ایجاد سایر خطرات برای سلامتی نمی‌شوند. روش‌ها و اقدامات کنترلی در مواجهه با پرتو فرابنفش در حالت کلی به گروه‌های کلی زیر تقسیم‌بندی و مطرح می‌گردد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸):

الف) کنترل طبیعی

کنترل طبیعی اشعه فرابنفش توسط لایه ازن انجام می‌گیرد که در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری سطح زمین، قسمت اعظم این پرتو در جو از دست می‌رود.

ب) کنترل مهندسی

حصارهای پرتو فرابنفش بایستی در تمامی اوقات مورد استفاده قرار گیرند. این اشعه به راحتی توسط مواد مات مانند فلزات، چوب و مقوای نازک حفاظ‌گذاری می‌گردد. همچنین مواد پلی‌کربناته نیز به‌عنوان یک سپر مناسب برای اشعه فرابنفش می‌باشند. برخی از انواع شیشه شفاف ممکن است مقادیر قابل ملاحظه‌ای از تشعشعات امواج فرابنفش A را عبور دهند و نباید برای حفاظت پرتو فرابنفش قابل اعتماد باشند. مگر آنکه سپرگذاری پرتو اشعه فرابنفش ثابت شده باشد.

ج) کنترل مدیریتی

زمانیکه اقدامات کنترل مهندسی نمی‌تواند حفاظت مناسبی برای افراد تهیه نماید باید با روش‌هایی از طریق به حداقل رساندن زمان مواجهه و افزایش فاصله میان افراد و منبع پرتو، اثرات کاهش یابد. همچنین باید از ورود افراد غیر مجاز به منطقه تشعشعات اشعه فرابنفش جلوگیری نمود. مقدار

اشعه فرابنفش بین ساعت های ۱۰ صبح تا ۴ بعد از ظهر به بیشترین میزان خود می‌رسد. لذا بهتر است در صورت امکان افراد در ساعات فوق‌الذکر در معرض خورشید قرار نگیرند.

د) برچسب‌گذاری تجهیزات و مکان‌ها

هرگونه وسیله‌ای که پرتو فرابنفش ساطع می‌کند و همچنین محل‌هایی که این تجهیزات در آن واقع شده‌اند باید توسط برچسب‌های هشداردهنده مناسب این پرتو مشخص شده باشند.

ه) آموزش

افرادی که با منبع پرتو فرابنفش مواجهه دارند باید آموزش‌های ایمنی در خصوص این پرتو را دیده باشند و با روش‌های کار ایمن با آن آشنایی داشته باشند.

و) استفاده از وسایل حفاظت فردی

عنصر کلیدی در این نوع از حفاظت عبارتست از حفاظت یک مانع جاذب بین منبع پرتو، چشم و پوست. در این زمینه لازم است با استفاده از وسایل حفاظت فردی شامل: عینک‌های ایمن اشعه فرابنفش، سپرهای صورت اشعه فرابنفش، پوشاک آستین بلند، کلاه و دستکش حفاظت لازم را انجام داد که در زیر برخی از مهم‌ترین وسایل حفاظت فردی مطرح شده است:

۱- استفاده از پوشاک مناسب

اگرچه ممکن است اولین چیزی که به ذهن مردم برای مقابله با این اشعه برسد استفاده از کرم‌های ضد آفتاب است، اما در حقیقت استفاده از کرم‌ها به دلیل اینکه ثابت شده برای محافظت خیلی هم قابل اتکا نیستند در آخرین قسمت زنجیره محافظت قرار می‌گیرند. مردمان ساکن صحرا نه تنها از موادی مثل روغن نارگیل روی پوست خود استفاده می‌کنند بلکه کاملاً خود را می‌پوشانند. همچنین لباس‌ها نیز فاکتوری برای محافظت بدن در مقابل نور خورشید دارند و به این علت است که اغلب تولید کنندگان پوشاک، این مطلب را برای محصول خود ارائه نمی‌کنند. در عین حال برخی از تولید کنندگان پوشاک میزان محافظت در برابر نور خورشید را برای محصولاتشان اعلام می‌کنند. این خاصیت مربوط به پوشاک لایه اول می‌باشد این خاصیت را برای لباس‌ها هم با واحد SPF^۱ نمایش می‌دهند و معمولاً این لباس‌ها دارای SPF 30 هستند. الیاف مختلف قدرت محافظت مختلفی دارند مثلاً الیاف صد در صد پلی‌استر نسبت به سایر الیاف، ۲ تا ۳ برابر محافظت بیشتری انجام می‌دهند، اما نکته مهم‌تر از جنس الیاف، نحوه بافت و تراکم الیاف است به این معنی که هر چه در تهیه لباس تراکم بافت الیاف بیشتر و محکم‌تر باشد قدرت محافظت نیز بیشتر می‌شود. هر چه لباس تنگ‌تر باشد بیشتر از

^۱ Sun protection factor

پوست محافظت می‌کند. واضح است که زمانی که دو لباس روی هم پوشیده شود میزان محافظت بدن دو برابر می‌گردد. نکته مهم دیگر رنگ لباس است. مطالعات نشان می‌دهد که رنگ‌های تیره محافظت بیشتری دارند. رنگ مشکی ۵ برابر نسبت به رنگ سفید محافظت بیشتری دارد. هنگامیکه لباس خیس باشد میزان حفاظت آن تا ۳ برابر کاهش می‌یابد. در همین زمینه استفاده از کلاه نقاب‌دار برای محافظت بیشتر صورت و استفاده از پارچه برای محافظت گردن و گوش‌ها مهم می‌باشد.

پوشیدن پیراهن یقه‌دار که حداقل ۳/۴ طول بازو و آستین را بپوشاند و پیراهنی که آستین و یقه‌اش بلند باشد نسبت به پیراهن‌های آستین کوتاه بسیار مناسب‌تر است.

طبق استاندارد UPF نوع پوشش یا لباس هم در زمینه قدرت جلوگیری از تابش‌های باند نزدیک و متوسط مؤثر بوده و بر حسب توان مقاومتشان دسته‌بندی می‌شوند. بنابراین نوع لباس پوشیدن هم در حمایت از نسوج بدن مؤثر است. برای مثال UPF,20 تنها اجازه عبور ۵ درصد اشعه فرابنفش را به سطح پوست برسد و UPF,50 تنها اجازه عبور ۲ درصد از اشعه فرابنفش را به سطح پوست می‌دهد. درصد محافظت پوشاک در برابر اشعه فرابنفش در جدول ۴-۲ ارائه شده است.

جدول ۴-۲: درصد محافظت پوشاک در برابر اشعه فرابنفش

| محدوده UPF | کیفیت محافظت | درصد محافظت از اشعه فرابنفش |
|-----------------|--------------|-----------------------------|
| ۲۰، ۱۵ | خوب | ۹۳/۳-۹۵/۹ |
| ۳۵، ۳۰، ۲۵ | خیلی خوب | ۹۷/۴-۹۶ |
| ۵۰+، ۵۰، ۴۵، ۴۰ | بسیار عالی | بیش از ۹۷/۵ |

۲- استفاده از کلاه و دستکش

برای محافظت از پوست و چشم‌ها در برابر اشعه توصیه می‌شود که از کلاه لبه‌دار استفاده شود. بهترین کلاه‌ها، کلاه لبه‌دار هستند. کلاه‌های حصیری و خنک به علت اینکه نور از منافذ آن عبور می‌کنند مناسب نیستند. کلاه بیس‌بالی نیز محافظت چندانی ندارد. پوشیدن کلاه لبه‌دار که بر روی چشم‌ها سایه بیندازد تا ۵۰ درصد خطر تابش اشعه فرابنفش را کم می‌کند. حداقل پهنای لبه کلاه باید ۷/۵ سانتیمتر باشد. لازم است برای کودکان کلاه مناسب انتخاب کرد که پهنای آن ۶ سانتیمتر باشد در صورت استفاده از کلاه لبه‌دار برای کودکان احتمال استفاده نکردن از کلاه به علت ناخوشایند بودن پوشیدن کلاه وجود دارد. پوشیدن کلاه با لبه‌ی پهن، روش حفاظتی مناسبی برای چشمان، گوش‌ها، صورت و پشت گردن، در برابر خورشید به شمار می‌رود. کلاه سطلی، گزینه مناسبی برای استفاده در برابر خورشید نیست و این کلاه‌ها بیشتر برای استفاده در سایه‌ها می‌باشد. کلاهی که حالت کلاه

سربازی را داشته باشد، گزینه مناسبی می‌باشد. استفاده از دستکش‌های مناسب با فاکتور محافظت در برابر اشعه فرابنفش نیز جهت حفاظت از دست‌ها توصیه می‌گردد.

۳- استفاده از عینک

اهمیت محافظت از چشم‌ها در برابر اشعه فرابنفش و داشتن دیدی خوب به هنگام فعالیت بر کسی پوشیده نیست. بین کارایی و قابلیت یک عینک با ظاهر و قیافه آن تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. در این زمینه عینکی مناسب است که خیلی خوب روی صورت بنشیند، تمامی چشم را بپوشاند و از چشم در برابر خورشید به خصوص در ارتفاعات محافظت کند و دارای استاندارد CE اروپا نیز باشد. این استاندارد شامل محافظت از اشعه‌های فرابنفش A، B، C که باید ۱۰۰ درصد باشد همان UV400 و دیگری مقدار نور عبور داده شده توسط عینک است که با طبقه صفر که بیشترین نور را عبور می‌دهد تا طبقه ۴ که برای کوهنوردی طولانی مدت در ارتفاعات بلند و هیمالیایانوردی کاربرد دارد مشخص می‌شود. برای کوهنوردی عینک با طبقه ۳ و ۴ مناسب است که با عبارت مختصر شده Cat نیز بیان می‌شود.

Cat ۳: ۸ تا ۱۸ درصد نور مرئی را عبور می‌دهد. برای اکثر کاربردهای عمومی نیز مناسب است. برای کوهنوردی هم خوب است اما به شرطی که شخص در ارتفاعات خیلی بلند به مدت طولانی نماند.
Cat ۴: ۳ تا ۸ درصد نور مرئی را عبور می‌دهد. برای استفاده طولانی در ارتفاعات بلند نیز مناسب است. برای سایر موارد و استفاده روزمره بسیار تاریک و نامناسب است و برای رانندگی خطرناک و حتی خلاف قانون است.

رنگ و لایه‌های مختلف موجود در شیشه عینک‌های ضد آفتاب با توجه به کاربرد آن طراحی می‌شود. معمولاً شیشه عینک از لایه‌های زیر ساخته شده است:
شیشه رنگی، فیلتر پلاریزه کننده، لنز فتوکرمیک، پوشش ضد انعکاس، پوشش ضد خش، لایه آینه ای، پوشش جذب کننده نور فرابنفش.

لایه رنگی بخشی از رنگ‌های طیف نور را جذب می‌کند و باقی آن را از خود عبور می‌دهد. سازندگان، عینک‌هایی با رنگ‌های مختلف برای شرایط مختلف را به بازار عرضه می‌کنند.

-خاکستری: این عینک‌ها شدت نور را در تمامی رنگ‌ها به طور یکسان کم کرده و کمترین اختلال را در دید رنگی ایجاد می‌کنند. این لنزها نور منعکس شده از سطوح درخشان را جذب می‌کنند و به همین دلیل برای رانندگی و سایر کاربردهای روزمره مناسبند.

-زرد طلایی: چون فرکانس نور آبی بیشتر از نورهای دیگر است، انرژی بیشتری دارد. بنابراین بیشتر سطوح می‌توانند آن را منعکس و منتشر کنند. عینک‌های زرد بخش آبی طیف را جذب می‌کنند، پس هنگام استفاده از آنها اشیا با وضوح بیشتری مشاهده خواهند شد.

-**قهوه‌ای و کهربایی:** علاوه بر جذب بهتر نور آبی و فرکانس‌های بالا اشعه فرابنفش را هم بیشتر جذب می‌کند. استفاده از این عینک‌ها هم مانند لنزهای زرد در تشخیص رنگی تأثیر منفی دارد اما وضوح و تمایز تصویر را بهبود می‌بخشد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸).

-**سبز:** این رنگ بخشی از نور آبی را فیلتر کرده و درخشندگی سطوح را کاهش می‌دهد. چون رنگ سبز بهترین تفکیک تصاویر و بیشترین دقت را در میان لنزهای رنگی دارد، به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

-**قرمز ارغوانی:** این عینک‌ها بیشتر برای شکار، اسکی روی آب و کارهایی مناسب هستند که در محیط‌های آبی یا سبز انجام می‌شود؛ زیرا وقتی پس زمینه به رنگ آبی یا سبز باشد، واضح‌ترین تصاویر با شیشه‌های قرمز یا ارغوانی دیده می‌شوند.

به عینک‌های طبی یا آفتابی که با قرار گرفتن در نور خورشید تیره می‌شوند فتوکرومیک می‌گویند. در این لنزها میلیون‌ها مولکول کلرید نقره یا نمک‌های نقره یا دیگر هالوژن‌ها قرار دارد. وقتی نور اشعه فرابنفش به شیشه عینک برسد، ساختار مولکول‌ها تغییر می‌کند. این ساختار جدید بخشی از نور مرئی را جذب کرده و باعث می‌شود لنز تیره شود. هرچه شدت نور امواج فرابنفش بیشتر باشد لنز تیره‌تر می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸). اما یک نقطه ضعف کوچک دارد، وقتی نور از شیشه عبور می‌کند نور فرابنفش جذب می‌شود. برای حل این مشکل معمولاً یک پوشش رنگی روی لنزها قرار می‌دهند.

بعضی از عینک‌های آفتابی مانند آینه به نظر می‌رسند. روی این عینک‌ها یک لایه بسیار نازک از مواد منعکس کننده نور قرار داده شده است که این مولکول‌ها نور را منعکس می‌کنند، اما چون با فاصله از هم، روی سطح شیشه قرار داده شده‌اند فقط بخشی از نور که به آنها برخورد می‌کند بازتابانده می‌شوند و باقی نور از بین این مولکول‌ها عبور می‌کند و به چشم می‌رسد و با این روش نوری که به چشم می‌رسد کاهش می‌یابد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸).

برای اینکه مطمئن شویم عینک مورد نظر ۱۰۰ درصد امواج فرابنفش را جذب می‌کند باید از دستگاهی به نام فتومتر استفاده کرد. این دستگاه مقدار گذردهی امواج فرابنفش را اندازه‌گیری می‌کند. مقدار گذردهی عینک مناسب باید در بازه صفر تا ۱ درصد باشد. عینک مناسب علاوه بر اینکه باید از ورود اشعه فرابنفش جلوگیری کند، بهتر است ۷۵ تا ۹۰ درصد از نور مرئی را جذب کند تا از چشم در برابر شدت نور زیاد محافظت کند.

اگر فتومتر در اختیار نباشد یک راه ساده برای اطمینان از ضد امواج فرابنفش بودن عینک استفاده از یک عینک فتوکرومیک است. عینک مورد نظر خود را روی عینک فتوکرومیک قرار داده و روبروی خورشید بگیرید، پس از ۱ الی ۲ دقیقه عینک را برداشته و عینک فتوکرومیک را نگاه کنید، قسمتی که زیر عینک شما بوده نباید تیره شده باشد و یا در حد بسیار کم تیره شده باشد. اگر عینک

مورد نظر تیره باشد به دلیل تیره بودن باعث می‌شود مردمک چشم باز شود که در این صورت امواج فرابنفش بیشتری وارد چشم می‌شود. بنابراین چشم در معرض خطر بیشتری قرار خواهد گرفت (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸).

۴- پرده‌های آفتاب‌گیر

پرده‌های آفتاب‌گیر نمونه‌های تهیه شده شیمیایی و فیزیکی هستند که عبور امواج فرابنفش را به داخل پوست با جذب، انعکاس یا پراکندن تضعیف می‌کنند. پرده‌های آفتاب‌گیر که بر مبنای جاذب‌های شیمیایی باشند، شامل یک یا بیش از یک نوع ذره بی‌رنگ جاذب امواج فرابنفش می‌باشند که عموماً امواج فرابنفش C را خیلی قوی‌تر از امواج فرابنفش B جذب می‌کنند. پارامتری که به طور معمولی برای ارزیابی کارایی انواع پرده‌های آفتاب‌گیر پذیرفته شده فاکتور حفاظت در برابر خورشید یا ضریب SPF است که بنابه تعریف عبارتست از حداقل مقدار امواج فرابنفش لازم جهت ایجاد حداقل اریتم بعد از بکارگیری مقدار استاندارد از پرده آفتاب‌گیر روی پوست به مقداری که نیاز است همان میزان اریتم را بدون به کار بردن پرده ایجاد کند. پرده‌های آفتاب‌گیر هشدارهای طبیعی پرتوگیری زیاد نظیر اریتم و آفتاب سوختگی را سرکوب کرده ولی جلوی پرتوگیری مازاد حاصل از طول موج‌های نور خورشید را سد نمی‌کنند. در اثر فقدان این هشدارهای طبیعی پرده‌ها احساس امنیت کاذب را ایجاد نموده و افراد تمایل به ماندن در زیر نور آفتاب به مدت‌های طولانی‌تری پیدا می‌کنند (عبدی و علیزاده، ۱۳۸۸).

۵- کرم‌های ضد آفتاب

برخی از کرم‌ها با استفاده از ترکیب‌های شیمیایی مثل اکسیبنزن اشعه فرابنفش را جذب کرده مانع رسیدن آن به پوست می‌شوند (طوسی و همکاران، ۱۳۷۸). برخی از کرم‌ها نیز نور را منعکس می‌کنند که در ترکیب آنها موادی چون اکسید تیتانیوم یا اکسید روی وجود دارد. کرم‌هایی هم هستند که به صورت ترکیبی از هر دو روش استفاده می‌کنند و برخی از افراد هم خود با ترکیب اکسید روی با کرم‌های ضد آفتاب رایج قابلیت دوم را به کرم خود اضافه می‌کنند.

کرم‌های ضد آفتاب به دو دسته تقسیم می‌گردند:

الف) ضد آفتاب‌های آلی (شیمیایی): این گروه تشعشعات فرابنفش را جذب کرده و به انرژی گرمایی تبدیل می‌کنند و با این مکانیسم از رسیدن این پرتو به لایه‌های عمقی پوست جلوگیری می‌شود. این گونه ضد آفتاب‌ها در انواع بی‌رنگ پودری موجودند. در ترکیب این ضد آفتاب‌ها از موادی مانند PABA، سایشیلات‌ها و سینامات‌ها، بنزوفنون‌ها و دی‌بنزوتیل متان‌ها که جلوی اشعه فرابنفش را می‌گیرند، استفاده می‌شوند.

ب) **ضد آفتاب‌های غیرآلی (فیزیکی):** از جمله ترکیبات این ضد آفتاب‌ها می‌توان به موادی نظیر اکسید روی، تیتانیم دی‌اکساید و پترولاتوم سرخ اشاره نمود. این گروه با انعکاس اشعه فرابنفش از رسیدن آن به پوست جلوگیری می‌کنند. پایه این کرم‌ها پودر بسیار نرم روی است که معمولاً برای کودکان و افرادی که پوست آنها بسیار حساس و تحریک پذیر است این نوع ضد آفتاب توصیه می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸).

فاکتور محافظت کرم‌ها با Sun Protection Factor (SPF) مشخص می‌شود. SPF کرم‌ها می‌تواند عددی از ۲ تا بالای ۶۰ هم باشد. این عدد به این صورت محاسبه می‌شود و معنی پیدا می‌کند. با مقایسه زمانیکه پوست با محافظت توسط کرم دچار سوختگی شده یا اصطلاحاً قرمز شده با زمانی که پوست بدون استفاده از کرم دچار سوختگی می‌شود این عدد به دست می‌آید. به عنوان مثال اگر پوست در مدت ۱۰ دقیقه در معرض آفتاب بودن در محلی قرمز شده و دچار سوختگی می‌شود، حال با استفاده از کرمی که SPF آن ۲ است پوست پس از ۲۰ دقیقه در همان شرایط دچار سوختگی می‌شود و یا با استفاده از کرمی با SPF 15 این زمان ۱۵ برابر شده یعنی پس از ۱۵۰ دقیقه پوست دچار سوختگی خواهد شد به عبارت دیگر می‌توان گفت عدد SPF به صورت یک ضریب، مقاومت پوست را در برابر آفتاب سوختگی بالا می‌برد (طوسی و همکاران، ۱۳۷۸).

عددی که به عنوان SPF روی ضد آفتاب نوشته می‌شود نمایانگر میزان حفاظت پوست از اشعه فرابنفش B است و هرچه بزرگ‌تر باشد نشانه حفاظت بیشتر آن فرآورده ضد آفتاب است اما این عدد نشانگر خوبی برای مدت زمان قرار گرفتن در معرض آفتاب نیست، مثلاً وقتی ضد آفتاب با SPF 30 مصرف می‌شود به این معنی نیست که نسبت به مواقعی که ضد آفتاب با SPF 15 زده می‌شود زمانی معادل دو برابر در معرض آفتاب باشد، در واقع SPF 15 حدود ۹۳ درصد از اشعه فرابنفش B را فیلتر می‌کند و SPF 30 حدود ۹۷ درصد از اشعه فرابنفش B را فیلتر می‌کند این درحالی است که اثر بیشتر SPF بالاتر برای مدت زمان مساوی برای هر دو مورد در نظر گرفته شده است، البته پس از چند ساعت اثر هر دو SPF به شدت کاسته می‌شود. در جدول ۵-۲، SPF ضد آفتاب برای انواع پوست‌ها ارائه شده است.

جدول ۵-۲: SPF ضد آفتاب برای انواع پوست

| SPF | عکس العمل پوست | رنگ چهره و مو | نوع پوست |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ۳۰-۵۰ | بسیار کم برنزه می‌شود یا اصلاً رنگ نمی‌گیرد و به سرعت دچار سوختگی در دناک می‌شود. | بلوند بور، پوست بسیار روشنی که در حالت عادی سفید است. چشمان آبی، کک مک | ۱ |
| ۳۰-۵۰ | به مقدار کم برنزه می‌شود و پوست می‌اندازد و به سرعت دچار سوختگی در دناک می‌شود. | بلوند، قهوه‌ای روشن یا سرخ مو، پوست در حالت عادی سفید است. | ۲ |
| ۱۵-۲۰ | در حد معمول برنزه می‌شود و سوختگی متوسطی دارد. | نژاد آسیای میانه یا هند و اروپایی. پوست در حالت عادی سفید است. | ۳ |
| ۶-۱۵ | به راحتی رنگ می‌گیرد و حداقل میزان سوختگی را دارد. | رنگ معتدل. معمولاً با چشم و موی تیره. پوست در حالت عادی سفید یا قهوه‌ای بسیار روشن است. | ۴ |
| ۲-۱۰ | به راحتی رنگ می‌گیرد و به ندرت دچار سوختگی می‌شود. | تیره. پوست در حالت عادی قهوه‌ای است. | ۵ |
| ۲-۱۰ | بسیار تیره‌تر می‌شود و هرگز دچار سوختگی نمی‌شود. | بسیار تیره. پوست در حالت عادی سیاه است. | ۶ |

درصد اشعه‌ای که به پوست می‌رسد در SPF های مختلف تفاوت کمی با یکدیگر دارند مثلاً SPF 15 باعث محافظت ۹۳ درصدی و SPF 30 باعث محافظت ۹۷ درصدی و SPF 2 باعث محافظت حدود ۵۰ درصدی در برابر اشعه می‌شوند. منظور این نیست که به SPF های بالا نیازی نیست بلکه هرچه SPF کرم بالاتر برود قیمت کرم نیز افزایش می‌یابد و برای کوهنوردان کرم با حداقل SPF 15 توصیه می‌شود.

همان طور که مطرح گردید امواج فرابنفش A یکی از عوامل خطرناک ایجاد سرطان است. حدود ۶۵ درصد سرطان پوستی ملانوما و ۹۰ درصد سایر سرطان‌ها مربوط به تابش بیش از حد اشعه فرابنفش است اما هنوز دانشمندان نمی‌دانند که امواج فرابنفش A چه قدر در این سرطان‌ها نقش دارد اما محققان استرالیایی متوجه آسیب‌های DNA در سلول‌های عمق پوست توسط امواج فرابنفش A شده‌اند و این قسمت از سلول‌های پوست همان جایی است که پوست ساخته می‌شود و هرچه تخریب در این بخش بیشتر شود احتمال بروز سرطان پوستی افزایش می‌یابد.

برای لب‌ها نیز باید از کرم‌های ماتیکی با SPF حداقل ۱۵ استفاده گردد چون کرم‌های ضد آفتاب به راحتی از روی لب پاک می‌شوند.

۱۵ تا ۲۰ دقیقه قبل از رفتن به فضای باز باید روی پوست خشک کرم زده شود. تحقیقات نشان داده چنانچه فرد در ۱۸ سال اول عمر به نحو درست در برابر خورشید خود را محافظت کرده باشد ۸۷ درصد احتمال مبتلا شدن به سرطان پوست در وی کمتر است.

۲-۵- اشعه فرابنفش و سازه‌ها

در ساختمان‌ها به تازگی از شیشه‌های بازتاب‌کننده استفاده می‌کنند که از جهاتی خوب و از جهاتی مناسب نیست، به عنوان مثال استفاده از این شیشه‌ها در مناطق سرد مناسب نیست زیرا مانع از این خواهد شد که از نور خورشید استفاده لازم شود. البته این شیشه‌ها به دلیل حالت همگرایی و کانونی بودن می‌توانند تمام انرژی خورشید را در یک نقطه متمرکز کرده و از انرژی آن برای نیروگاه‌ها استفاده نمایند.

اولین مسئله در سازه در برابر اشعه فرابنفش این است که با وسایل خاصی جلوی اشعه گرفته شود ولی همین امر ممکن است باعث شود که دیگر تشعشعاتی برای گرم کردن ساختمان‌ها وجود نداشته باشد. به تازگی سازه‌هایی به نام خانه‌های سبز ایجاد شده‌اند که سعی می‌کنند انرژی مورد نیاز خودشان را تأمین کنند و از کمترین میزان سوخت فسیلی استفاده نمایند. به همین دلیل همه‌ی قسمت‌های خانه، شیشه‌کاری شده و در صورت لزوم از پرده برای محافظت استفاده می‌شود. در این سازه‌ها باتری‌ها و فتوسل‌های خورشیدی کار گذاشته شده است که کنترل‌هایی را در داخل سازه قرار می‌دهند که بیانگر این است که ساختمان در چه شرایطی از نظر میزان انرژی قرار دارد، مثلاً می‌توانند با استفاده از انرژی خورشید آب گرم تولید کنند یا خیر.

فصل سوم

راهکارهای مدیریت امواج گرمایی

۳-۱- مقدمه

امواج گرمایی از مهم‌ترین بلایای آب و هوایی بوده که هر ساله پیامدهای زیست محیطی مخربی را در طبیعت به جای می‌گذارند و باعث بروز بیشترین میزان مرگ و میر نسبت به دیگر رخدادهای اقلیمی می‌شوند. رخداد و شدت موج‌های گرمایی در سال‌های اخیر در بخش‌هایی از جهان افزایش یافته و فعالیت‌های پژوهشی در طول قرن بیستم با تمرکز بر پدیده‌های آب و هوایی فرین، از جمله امواج گرمایی، به علت تأثیر معنی‌دار آنها بر اکوسیستم‌ها و جامعه‌ی انسانی انجام گرفته است. اثراتی که امواج گرمایی دارند را می‌توان در دو گروه سلامت انسانی و جانوری و سلامت گیاهان چه در پوشش‌های جنگلی و مرتعی و چه در کشاورزی طبقه‌بندی نمود. در زمینه اثرات انسانی مطالعات بسیاری انجام شده است در حالیکه در مورد سلامت حیوانی و گیاهی بررسی‌های زیادی صورت نگرفته است. در این فصل به بررسی مهم‌ترین راهکارهایی پرداخته می‌شود که می‌توان در حوزه‌های مختلف از طریق آنها مدیریت امواج گرمایی را انجام داد تا بدین وسیله بتوان حتی‌الامکان از اثرات و خسارات زاینبار آن کاست.

۳-۲- مفهوم امواج گرمایی

به طور کلی امواج گرمایی زمانی رخ می‌دهد که میزان حرارت محیط بیشتر از آستانه تحمل انسانی باشد. محققین مختلف برای تبیین آستانه‌های دمایی از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند. جدول ۳-۱ نشان‌دهنده یکی از شاخص‌های محاسبه امواج گرمایی می‌باشد که همراه با دما و رطوبت بررسی می‌شود. همانگونه که ملاحظه می‌گردد در صورتیکه دما ۳۰ درجه سانتیگراد با ۷۰ درصد رطوبت باشد، محدوده گرمایی ۳۵ است که در محدوده احتیاط قرار می‌گیرد. در قسمت رنگ نارنجی

وضعیت خطر و در رنگ قرمز شرایط بسیار خطرناک می‌باشد و خطر قریب‌الوقوع گرمزدگی وجود دارد. از این جدول می‌توان برای فعال‌سازی سیستم‌های هشدار استفاده نمود.

جدول ۱-۳: شاخص محاسبه امواج گرمایی

| رطوبت نسبی به درصد- دما به سانتیگراد | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ |
|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------|
| ۲۸ | ۲۸/۴ | ۲۹/۴ | ۳۰/۷ | ۳۲/۱ | ۳۳/۷ | ۳۵/۶ |
| ۲۹ | ۲۹/۷ | ۳۱ | ۳۲/۷ | ۳۴/۷ | ۳۷/۱ | ۳۹/۷ |
| ۳۰ | ۳۱ | ۳۲/۸ | ۳۵ | ۳۷/۷ | ۴۰/۷ | ۴۴/۲ |
| ۳۱ | ۳۲/۶ | ۳۴/۸ | ۳۷/۶ | ۴۰/۹ | ۴۴/۷ | ۴۹ |
| ۳۲ | ۳۴/۴ | ۳۷/۱ | ۴۰/۴ | ۴۴/۴ | ۴۹ | ۵۴/۲ |
| ۳۳ | ۳۶/۳ | ۳۹/۵ | ۴۳/۵ | ۴۸/۱ | ۵۳/۵ | ۵۹/۷ |
| ۳۴ | ۳۸/۴ | ۴۲/۲ | ۴۶/۸ | ۵۲/۲ | ۵۸/۴ | ۶۵/۵ |
| ۳۵ | ۴۰/۷ | ۴۵/۱ | ۵۰/۳ | ۵۶/۵ | ۶۳/۷ | ۷۱/۷ |
| ۳۶ | ۴۳/۱ | ۴۵/۱ | ۵۴/۲ | ۶۱/۲ | ۶۹/۲ | ۷۸/۲ |
| احتمال گرفتگی عضلات و خستگی | | | | | | احتیاط زیاد |
| خطر خستگی | | | | | | خطرناک |
| خطر قریب‌الوقوع گرمزدگی | | | | | | بسیار خطرناک |

در عناوین زیر مهم‌ترین راهکارهای کاهش اثرهای زیانبار امواج گرمایی پرداخته می‌شود.

۳-۳- طراحی و سیستم‌های هشدار امواج گرمایی

همان طوریکه گفته شد، بر اساس استانداردهای متعدد می‌توان خطر گرما را با توجه به دما و رطوبت محیط ارائه نمود و پس از مشخص شدن شرایط، روش‌های مختلف کاهش دما را انجام داد. سیستم‌های هشدار از اولین اقدامات مقابله با اثرات امواج گرمایی محسوب می‌شوند. به طور مثال اگر دمای محیط در حالت شرایط قرمز و خطرناک باشد سریعاً سیستم‌های هشدار فعال شده تا افراد حساس بیرون نروند و بیشتر مراقب باشند.

۳-۴- مدیریت بیماری‌های انسانی ناشی از امواج گرما

انسان در هر شرایطی متأثر از درجه حرارت محیط اطراف خویش است، حرارت زیاد موجب ضایعات متابولیک و در مواردی خشکی تنفس می‌گردد، زیرا حرارت تولید شده در بدن که نتیجه سوخت و ساز داخلی است باید به نحوی از بدن خارج و دور شود. چنانچه تبادل حرارتی با مشکلاتی مواجه شود این‌گونه اعمال به آسانی امکان‌پذیر نمی‌باشد، موجود زنده دچار ضعف ناتوانی شده و در نتیجه آماده ابتلا به بیماری‌های مختلف خواهد شد.

بدن انسان دارای سیستم متعادل کننده می‌باشد تا در شرایط غیر معمول دمایی، با گردش خون سریع‌تر و انتقال خون به زیر پوست تعادل گرمایی ایجاد کرده و آن را تا حدودی کنترل می‌کند اگر دما بالاتر یا پایین‌تر از حد معمول باشد، بدن نمی‌تواند خود را با شرایط تطبیق دهد و در نتیجه بیماری روی می‌دهد. انسان در شرایط ضعف، قدرت لازم مقابله با عوامل بیماری‌زا را نخواهد داشت، برعکس زمانی که درجه حرارت متعادل باشد، به راحتی می‌تواند با محیط تبادل حرارتی نماید، در نتیجه در آسودگی بیشتری زندگی خواهد کرد و بازده کارش چشمگیرتر است.

بیماری‌های ناشی از گرما در فصول گرم سال از بیماری‌های رایج در مناطق گرم و خشک و مناطق گرم و مرطوب هستند. در کل بیماری‌های ناشی از گرما به بیماری‌های گفته می‌شود که بدن نمی‌تواند خود را با افزایش دمای محیط تطبیق دهد. اولین مجموعه بیماری‌هایی که در این زمینه وجود دارد فشار یا تنش گرمایی می‌باشد که در صورت برهم خوردن تعادل حرارتی بدن، دمای داخلی بدن افزایش یافته و ممکن است اختلالات ناشی از گرما بروز نماید.

علائمی که به عنوان نشانه‌های ناشی از امواج گرمایی می‌باشد ابتدا با درد ماهیچه‌ای آغاز می‌گردد و سپس تعریق بیش از حد ایجاد می‌شود. بیماری‌های ناشی از امواج گرما انواع مختلفی دارند که متناسب با نوع آن می‌توان روش‌های مدیریتی مناسب اعمال نمود البته ابتدا باید نوع بیماری به خوبی تشخیص داده و سپس روش درمانی مورد نظر را ارائه نمود. انواع بیماری‌های ناشی از افزایش حرارت بدن که به دلیل امواج گرما ایجاد می‌شوند شامل ادم گرمایی^۱، عرق سوز^۲، گرفتگی عضلانی ناشی از گرما^۳، تتانی ناشی از گرما^۴، سنکوپ گرمایی^۵، ضعف و خستگی مفرط حاصل از گرما^۶، گرم‌زدگی^۷ و پاتوفیزیولوژی^۸ می‌باشند. در مطالب زیر راهکارهای درمان مهم‌ترین بیماری‌های ناشی از گرما مطرح گردیده است:

¹ Heat Edema

² Heat Rush

³ Heat Cramp

⁴ Heat Tetany

⁵ Heat Syncope

⁶ Heat Exhaustion

⁷ Heat Stroke

⁸ Pathophysiology

جدول ۲-۳ بیانگر انواع مهم بیماری‌های ناشی از گرما و روش‌های درمان آن می‌باشد.

جدول ۲-۳: راهکارهای مدیریتی برای انواع بیماری‌های حاصل از گرما

| عرق جوش | |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| علت یا انگیزه | گرما و مرطوب بودن (شرجی بودن هوا)، محیط زیست (شرایط محیطی) و غدد عرق متصل |
| نشانه‌ها | جوش‌هایی به صورت قرمز رنگ و توأم با خارش شدید |
| درمان یا معالجه | عوض کردن لباس‌ها با لباس‌های خشک و تمیز و دوری کردن از گرما |
| پیشگیری | پوست بدن را به طور مرتب شستن، تمیز و خشک نگه داشتن |
| گرمازدگی | |
| علت یا انگیزه | عرق کردن زیاد و فعالیت‌های شدید بدنی موجب تخلیه نمک و مایعات از بدن فرد می‌گردد که تنها با آشامیدن آب نمی‌توان آن را جایگزین نمک از دست رفته که از طریق عرق کردن زیاد از دست رفته است نمود. گرمازدگی در نتیجه عدم تعادل نمک و نارسایی عضلات اتفاق می‌افتد. |
| نشانه‌ها | گرفتگی دردناک معمولاً در اکثر عضلات مانند (بازوها - پاها - و یا معده) رخ می‌دهد. این گرفتگی می‌تواند به‌طور ناگهانی در محل کار و یا در خانه اتفاق بیفتد. انقباض عضلات حرارتی (گرمایی) جدی می‌باشد و می‌تواند یک هشدار جدی و خطرناک برای بیماری ناشی از گرمازدگی باشند. |
| درمان یا معالجه | انتقال بیمار به یک منطقه سرد و خنک - شل و سبک کردن لباس‌ها و دادن ماساژهای آرام و کشش عضلات آسیب دیده و نوشیدن آب شور سرد (۱/۵ تا ۲/۵ میلی‌لیتر نمک در یک لیتر آب) و یا متعادل آن نوشیدنی‌های تجاری که جایگزین الکترولیت گردد. |
| پیشگیری | نوشیدن مایعات به طور منظم و کاهش میزان فعالیت‌ها و همچنین دوری و در معرض قرار گرفتن مستقیم گرما |
| ضعف یا غش ناشی از گرما | |
| علت یا انگیزه | از دست دادن آب بدن و مصرف آب ناکافی و ایستادگی موجب کاهش جریان خون و آسیب به مغز می‌گردد. این عمل معمولاً در افراد unacclimatized رخ می‌دهد. |
| نشانه‌ها | غش بعد از دو ساعت کار کردن، پوست سرد مرطوب و نبض ضعیف |
| درمان یا معالجه | انجام و دریافت مراقبت‌های پزشکی: ارزیابی نیازهای قلبی و احیای ریوی (CPR)، حرکت دادن به محل سرد و خنک، شل کردن لباس‌ها، خواباندن فرد به حالت دراز کش و چنانچه فرد هوشیار و آگاه است، دادن و خوردن آب سرد. |
| پیشگیری | کاهش سطح فعالیت و یا قرار گرفتن در معرض گرما، نوشیدن مایعات به‌طور منظم، حرکت در اطراف و جلوگیری از ایستادن در یک مکان برای مدت زمان طولانی، در ضمن کارگران می‌بایستی کمک قبل از پیش‌آمد گرمازدگی را بررسی کنند. |
| خستگی ناشی از گرما | |
| علت یا انگیزه | مصرف آب و مایعات به اندازه کافی برای شروع تجزیه نمک و عامل و سیستم خنک کننده‌ای در بدن فرد است. |
| نشانه‌ها | عرق کردن زیاد، سرد و مرطوب شدن پوست، درجه حرارت بیش از ۳۸ درجه بدن: نبض‌های ضعیف، فشار خون طبیعی یا پایین، حالت خستگی و ضعف در فرد، تهوع و استفراغ، حالت تشنگی زیاد و نفس‌نفس‌زدن‌های زیاد ممکن است از چشم اندازه‌های مهم گرمازدگی باشد. |
| درمان یا معالجه | دریافت مراقبت‌های پزشکی: گرمازدگی در یک فرد بیمار می‌تواند به سرعت به مرگ منجر شود، حمل فرد بیمار به یک منطقه خنک و سایه‌دار، سبک کردن فرد و خارج کردن لباس‌های اضافی و تأمین آب خنک برای نوشیدن فرد و ایجاد فضای خنک با فن و اسپری آب سرد، ترک و خلوت کردن اطراف فرد بیمار. |
| پیشگیری | نوشیدن مایعات به‌طور منظم و کاهش میزان فعالیت‌ها و همچنین دوری از در معرض قرار گرفتن در گرما |
| سکته‌های ناشی از گرمای زیاد | |
| علت یا انگیزه | اگر بدن شخص تمام آب و ذخیره نمک را با عرق کردن استفاده کند و این کار متوقف نگردد ممکن است حرارت بدن بالا رود و شوک گرمایی به طور ناگهانی توسعه یافته و در اثر حرارت، خستگی مفرط ایجاد شود. |
| نشانه‌ها | درجه حرارت بالای ۴۱ درجه و یا هر یک از موارد زیر در یک شخص ضعیف مانند ناراحتی و یا حرکات عجیب و غریب اشتباه گرفته شود. داشتن گرما، خشکی و پوست قرمز و نبض تند، سرد و سرگیجه و در مرحله بعدی عبور از تشنج ممکن است در یک فرد باشد. |
| درمان یا معالجه | با اورژانس (آمبولانس) تماس بگیرید. لباس‌های اضافی را از بدن فرد خارج کنید او را باد زده و به وسیله آب سرد او را اسپری کنید و اگر فرد هوشیار می‌باشد به او مقداری آب خنک (سرد) بدهید و فرد مبتلا را تنها نگذارید، زیرا این وضعیت می‌تواند موجب مرگ یک فرد شود. |
| پیشگیری | نوشیدن مایعات به طور منظم و کاهش میزان فعالیت‌ها و همچنین دوری از در معرض قرار گرفتن در گرما. |

۳-۵- تأثیر امواج گرمایی بر گیاهان و راهکارهای مدیریت آن

امواج گرمایی باعث وارد شدن استرس به گیاهان و پژمردگی گیاهان می‌گردد. در نقاط مختلف دنیا روش‌های مختلفی برای مقابله با اثرات آن وجود دارد. تنش گرمایی در گیاهان عبارتست از افزایش دما به بالاتر از سطح آستانه برای یک دوره‌ی زمانی که موجب اثراتی در رشد و نمو گیاه شود. در دماهای خیلی بالا ممکن است در چند دقیقه آسیب شدید سلولی و مرگ سلول‌ها اتفاق بیفتد که دلیل آن به هم خوردن ساختار سلولی است. خسارت مستقیم بر اثر تنش گرما شامل به هم ریختن ساختار پروتئین‌ها و افزایش سیالیت غشاهای سلولی، خسارت غیر مستقیم می‌باشد. نتیجه این اختلال‌ها وارد شدن خسارت به گیاه از جمله ممانعت از رشد گیاه می‌باشد (احمدی و میرحاجی، ۱۳۹۱).

هوای خنک به آن اندازه‌ای که برای زندگی انسان ضروری است برای گیاهان ضرورت ندارد. معذالک گیاه هم احتیاج به هوا دارد به خصوص که هوا اغلب همراه رطوبت است. حرارت زیاد که هوای مرطوب را از بین می‌برد باعث اکثر ناراحتی‌های گیاه می‌گردد.

محیط رشد و نمو گیاهان زراعی و باغی مجموعه‌ای از عواملی را در برمی‌گیرد که گیاهان به طور مستقیم و غیر مستقیم تحت تأثیر آنها قرار می‌گیرند، اکثر گیاهان برای کامل نمودن چرخه زندگی خود به تجمع مقدار مشخصی از گرما نیاز دارند. بدیهی است که گرمای مورد نیاز باید در محدوده مناسب رشد و نمو گیاه باشد. به عنوان مثال، درجه حرارت‌های بالاتر از ۲۰ درجه سانتیگراد در شب می‌تواند با تشدید تنفس و کاهش انتقال مواد آلی از اندام هوایی به اندام ذخیره‌ای، کندی رشد و در نتیجه نقصان عملکرد در واحد سطح را فراهم سازد و یا درجه حرارت‌های بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد می‌تواند بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز را در روز به ویژه در گیاهان سه کربنه C3 به همراه داشته باشد و یا باعث پیدایش کمبود آب در گیاه گردد.

درجه حرارت‌هایی که تنش‌های حرارتی را موجب می‌گردند از طریق تشدید تعرق و آسیب مستقیم به سیستم‌های حیاتی گیاهان زراعی و باغی و تداوم تعرق به ویژه در شرایط کم‌آبی اغلب باعث بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌گردند. اختلال در فتوسنتز، کاهش رشد و در نتیجه افت عملکرد در واحد سطح را به همراه دارد. تنش‌های حرارتی که در اثر افزایش درجه حرارت هوا و گذر از حدود بحرانی حاصل می‌شود، در پژمرده شدن، زرد شدن و خشک شدن برگ و دیگر اندام‌های گیاه مؤثر واقع می‌گردد. این گونه تنش‌ها در صورتیکه با مراحل حساس زایشی همزمان گردند، قادرند در گرده افشانی و تلقیح دانه‌ها اختلال ایجاد نموده و باعث عقیم شدن و ریزش گل، دانه و میوه گردند. با توجه به اینکه گیاهان زراعی بهاره مانند چغندر قند، پنبه، آفتابگردان، ذرت و سیب‌زمینی و درختان میوه مانند سیب، گلابی، انگور، گردو، انجیر و انار در تیر ماه هر سال بسته به نوع اقلیم منطقه مراحل مختلفی را سپری می‌سازند اثرات سوء تنش‌های گرمایی بر آنها متفاوت است.

بدیهی است که بیشترین خسارت به گیاهان زراعی و باغی معمولاً در مراحل حساس زایشی و یا مراحل پر شدن اندام‌های ذخیره‌ای حاصل می‌شود. یکی از مهم‌ترین اثرات ثانوی تنش‌های حرارتی توسعه تنش‌های رطوبتی (کمبود آب) می‌باشد، بنابراین افزایش دمای محیط و گذر از حدود بحرانی گرمایی تیر ماه، خسارت‌های مضاعفی را به گیاهان وارد می‌سازد.

درجه حرارت‌های بحرانی گرما گر چه اثر سوپی بر رشد و نمو گیاهان دارند ولی این اثرات سوء در صورتی تشدید می‌شوند که از تداوم نسبی بالایی برخوردار باشند. به عنوان مثال، در شرایطی که در یک مرحله نمو تعداد روزهای با درجه حرارت‌های بالاتر از ۳۵ درجه سانتیگراد زیاد باشد، خسارت‌های ناشی از آن نیز سنگین‌تر است. بر عکس، در صورتیکه وقوع چنین درجه حرارت‌هایی در محیط کمتر اعمال گردد شدت خسارت‌ها نیز ناچیز می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۲).

در یک تقسیم‌بندی کلی، گیاهان را به ۳ دسته: سردادوست، گرمادوست و حد واسط تقسیم بندی می‌کنند. در زمان وقوع تنش گرما وجود آب در بافت‌های گیاهی خیلی مهم است و به دو دلیل عمده با از دست دادن آب، تحمل به گرما در گیاه کم می‌شود:

۱- غالباً وقتی گیاه آب را از دست می‌دهد یا در حال خواب است و به سمت غیر فعال شدن می‌رود و یا از طریق مکانیزم تنظیم اسمزی و برخی ترکیبات محافظت کننده از اجزاء سلولی محافظت می‌شود، خسارت کمتری می‌بیند.

۲- وقتی بافت‌های گیاه آب دارند، غشاها و اجزاء سلول در حال فعالیت هستند و گرما باعث اختلال در فعالیت‌هایشان می‌شود، ارگانیزم‌های آبیگری شده بیشترین مقاومت را دارند. بافت‌هایی که آبیگری شده‌اند مثل دانه‌های گرده، بذرها و برخی گل‌سنگ‌ها تا ۱۴۰ درجه سانتیگراد را تحمل می‌کنند.

عوامل مختلفی بر تحمل گیاه به گرما مؤثر هستند. به طور کلی دمایی که سبب بروز خسارت در گیاه می‌شود بسته به نوع گیاه و منطقه تکامل گیاه متفاوت است. گیاهانی که در نواحی گرم تکامل یافته‌اند تحمل به گرمای بیشتری نسبت به گیاهان تکامل یافته در مناطق سرد دارند. در نواحی استوایی به دلیل رطوبت نسبی بالاتر و دمای نسبتاً یکنواخت و کمتر بودن حداکثر دما، میزان حداقل و حداکثر تحمل در گیاهان استوایی کمتر از نواحی جنب استوایی می‌باشد. کمترین میزان تحمل به گرما در گیاهان آبی وجود دارد. با افزایش ارتفاع هم تحمل به گرما در گیاهان کاهش پیدا می‌کند.

خسارت اولیه تنش گرما به صورت مستقیم در گیاه بروز می‌کند، اثرات این تنش بسیار سریع و در حد چند ثانیه تا حداکثر ۳۰ دقیقه در گیاه ظاهر می‌شود. بارزترین مشخصه آن اختلال در جریان سیتوپلاسمی و اختلال در فعالیت پروتوپلاسم و غشای سلولی می‌باشد. به عنوان مثال در توتون مشاهده شده که وقتی گیاه در دمای ۴۷/۵ درجه سانتیگراد حتی به مدت ۲ دقیقه قرار گیرد، نشأت الکتروولیت‌ها از سلول‌های برگ شروع شده و با افزایش دما نشأت الکتروولیکی بیشتر شده و در دوره بازیافت، توانایی سلول‌ها برای جذب این مواد کاهش یافته است. در بعضی گیاهان وقتی بذرها در

مرحله آبنوشی در معرض تنش گرما قرار می‌گیرند (حتی در دمای ۳۵ درجه) نشت اسیدهای آمینه مشاهده شد. نشت الکترولیت‌ها در وهله اول به اختلال در غشای سلولی برمی‌گردد. خسارات غیر مستقیم تنش گرما در دو حیطة زیر قابل مشاهده است :

۱- اختلال در رشد و نمو گیاه، مثلاً در یونجه مشاهده شده که بعد از تنش گرما تعداد و طول اندام‌های هوایی نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده و تا ۶ هفته بعد باز یافت گیاه به تأخیر افتاد.

۲- گرسنگی: به طور کلی حساسیت فتوسنتز به افزایش دما نسبت به سایر فعالیت‌های حیاتی گیاه بیشتر است. در دمای بالا فتوسنتز زودتر از تنفس متوقف می‌شود و این امر باعث گرسنگی گیاه می‌شود.

در بررسی‌ها مشاهده شده که افزایش دما سبب اختلال در ساخت کلروفیل می‌شود حتی در مواردی افزایش دما، کلروفیل را از بین می‌برد در چنین مواردی برگ کلروزه می‌شود. مهم‌ترین خسارت گرما برگ‌پاره، خشکی است که سبب افزایش تعرق می‌شود که این افزایش تعرق به دو دلیل صورت می‌گیرد، یکی به دلیل افزایش شیب فشار بخار آب بین برگ و محیط و عامل دوم افزایش تعرق باز شدن روزنه‌ها است که به منظور خنک نمودن گیاه صورت می‌گیرد. خطر خشکی ناشی از تنش گرما وقتی شدید است که آب در زمین کم باشد که معمولاً علائم آن با پلاسمولیز برگ همراه است.

۱- حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های گرمایی در محیط‌های آزاد

در محیط‌های آزاد حفاظت از گیاهان، بس مشکل و نیازمند صرف هزینه‌های بسیار زیاد است که در برخی مواقع کشت گیاهان حساس به گرما را در مناطق آزاد از صرفه اقتصادی خارج می‌سازد. از این‌رو بهتر است از کشت گیاهان حساس به گرما در این مناطق خودداری نمود ولی در عین حال استفاده از سایبان‌های متحرک، استفاده از تجهیزات سرماساز می‌تواند در کاهش خسارت وارده به گیاهان مؤثر باشد.

۲- کشت‌های گلخانه‌ای؛ راهکاری برای کاهش اثر تنش‌های گرمایی

گلخانه‌ها فضاهای مصنوعی هستند که در وسعت محدود ایجاد شده و با توجه به کنترل شرایط محیطی مورد نیاز گیاهان در صورت رعایت شرایط، می‌توانند اثرات تنش‌های گرمایی را به حداقل ممکن کاهش دهند. تنظیم درجه حرارت در گلخانه‌ها شرط اولیه برای رشد و نمو بسیاری از گیاهان است. نیاز گیاهان به درجه حرارت، دامنه‌های مختلفی دارد. بعضی از گیاهان به درجه حرارت‌های بالاتری نیاز دارند مثل گیاهان مناطق گرمسیری. بعضی دیگر در درجه حرارت‌های کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد هم به خوبی رشد و نمو می‌کنند، مانند گیاهانی که از مناطق سردسیری منتقل شده‌اند نظیر پامچال که در جنگل‌های شمال دیده می‌شود. گردش هوا در گلخانه ضروری است. وقتیکه یک گیاه در

معرض جریان هوای تازه در خارج از گلخانه باشد، هوای تازه در نزدیکی برگ‌ها تأمین شده و گیاه می‌تواند اکسیژن پس دهد و از دی‌اکسید کربن تازه استفاده نماید. علاوه بر این جریان هوا به پایین ننگه داشتن رطوبت نسبی و کنترل دما در محیط گلخانه کمک می‌نماید. گلخانه‌های تجاری به همه نیازمندی‌های اشاره شده در بالا و حتی بیشتر از آن وابسته‌اند. هدف اصلی گلخانه تجاری سود دهی است؛ برای رسیدن به این هدف، گلخانه باید از لحاظ تأمین شرایط محیطی مطلوب کارآمد باشد. نور و دمای گلخانه باید به طور سخت و جدی کنترل شود. اخیراً سیستم‌های کامپیوتری برای چنین کنترل‌هایی به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. وجود گازهای سمی و ذرات گرد و غبار در گلخانه ممکن است مشکلی جدی باشد. این گازها به طور کلی شامل مونواکسید کربن، اکسید نیتروژن و دی-اکسید نیتروژن می‌باشند، که ممکن است از وسایل حرارتی متصاعد شوند.

برای کاهش دما در فصل گرما روش‌هایی وجود دارد که مرسوم‌ترین و در عین حال ارزان‌ترین آنها روش پد و فن می‌باشد. دمای مطلوب برای گلخانه البته بسته به نوع محصول بین ۲۲ تا ۳۰ درجه سانتیگراد خواهد بود. در نتیجه در مناطقی که حداکثر دمای مطلق آن ۴۳ درجه است، می‌توان با کاهش حدود ۱۵ درجه توسط این سیستم و کاهش حدود ۸ درجه توسط پرده سایه‌بان، به دمای مورد نظر دست یافت. اما این روش در مناطق خشک کارایی خواهد داشت زیرا در این روش علاوه بر برودت، رطوبت نیز تولید شده و اساس عملکرد سرمایشی آن، تبخیر آب از جداره پدها می‌باشد که افت دما را باعث می‌گردد. لذا در مناطق مرطوب چون هوا از رطوبت بالایی برخوردار است، عمل تبخیر نیز به سختی صورت می‌گیرد.

۳-۶- اثر امواج گرمایی در زندگی حیوانات و راهکارهای مدیریت آن

استرس گرمایی موجب تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی زیادی در بدن حیوانات می‌شود که در صورت ادامه به دلیل ضعف بدن، سبب مرگ می‌شود. برای مثال استرس گرمایی عملکرد تولیدی طیور را کاهش داده و سبب کاهش مصرف خوراک می‌شود، از آنجاییکه بیشتر از ۷۵ درصد انرژی قابل متابولیسم مصرف شده توسط جوجه‌های گوشتی به گرما تبدیل می‌شود، منجر به تضعیف سیستم ایمنی و افزایش بیماری می‌گردد. مرگ و میر بیش از ۵۰ درصد در طول مدت گرما و رطوبت ناگهانی مشاهده شده است اما در پرندگانی که به شرایط گرمایی عادت کرده‌اند به‌ندرت به بیش از ۱۰ درصد می‌رسد.

درجه حرارت بدن طیور ۴۱ درجه سانتیگراد می‌باشد. اگر پرندگان به هر دلیلی بین حرارت تولیدی بدن و حرارت از دست رفته بدن نتوانند تعادل ایجاد کنند و گرمای تولیدی بیشتر از گرمای از دست رفته باشد دچار استرس گرمایی می‌شوند. بکارگیری راهکارهای صحیح مدیریتی نقش مهمی در مهار اثرات زیانبار گرما دارد. قبل از شروع گرما باید آمادگی لازم را ایجاد کرد. مهم‌ترین مسئله، آگاهی از توانایی طیور برای مقابله با گرما است. گرمای زیاد به ویژه وقتی که همراه با رطوبت بالا باشد مصرف غذا را

کاهش داده و عملکرد گله‌های مادر نژاد گوشتی را کم می‌کند. بیشترین خسارت استرس گرمایی، افزایش تلفات است اما به طور غیر مستقیم نیز خساراتی را وارد می‌کند که بسیار پر هزینه است، برای مثال تنش گرمایی که باعث عدم دستیابی به وزن مطلوب در دوره پرورش می‌شود، در زمان تولید مشکلاتی را در پی خواهد داشت. در زمانیکه دمای سالن از ۲۷ درجه سانتیگراد بیشتر شود مرغ‌های مادر نژاد گوشتی شروع به لهه زدن می‌کنند که می‌بایست در مقابل این تنش گرمایی مراقبت شوند. تنش گرمایی در مدت تخم‌گذاری، مصرف غذا را کم کرده، تولید تخم مرغ و کیفیت پوسته را کاهش می‌دهد، علاوه بر این تعداد تخم مرغ‌های نابارور و مرگ و میر زودرس جنینی را افزایش داده و کیفیت جوجه‌ها و توانایی زنده ماندنشان را کاهش می‌دهد.

۳-۷- راهکارهای سازه‌ای برای مدیریت امواج گرما

سلسله مراتب طراحی اقلیمی در یک منطقه نقش زیادی در شرایط آسایش محیطی دارد. این موضوع در مناطقی با اقلیم خاص از اهمیت بیشتری برخوردار است. در میان عوامل اقلیمی، جریان باد نقش بسیار مهمی در شکل‌دهی به فرم شهر دارد. جهت‌گیری خیابان، ارتفاع و تراکم ساختمان‌ها، پراکنش ساختمان‌های مرتفع و ... از جمله عناصر طرح شهری است که بر الگوی جریان باد در فضاهای شهری اثر می‌گذارند. اگرچه موضوع تأثیر متقابل طراحی شهری و جریان باد شهری از دهه ۵۰ قرن بیستم مورد توجه ویژه متخصصین قرار گرفته، در ایران با وجود تجربه‌های غنی در شهرهای تاریخی، این موضوع به خوبی مورد کاوش قرار نگرفته است.

در طی فصل تابستان، در کنار فرایند جذب پرتو فرابنفش و گسیل اشعه مادون قرمز، در هر منطقه، سقف ساختمان‌ها، خیابان‌ها و سطوح تیره رنگ، گرما را جذب نموده و با طول موج بالا به هوا گسیل می‌کنند. با توجه به اینکه نزدیک به تمامی سقف‌ها و خیابان‌ها تیره رنگ هستند، این سطوح تیره رنگ، گرمای گسیل شده از سوی خورشید را جذب کرده در خود نگه می‌دارند. این پدیده باعث افزایش دمای مناطق مسکونی از ۲ تا ۱۵ درجه سانتیگراد شده و به نام پدیده جزیره گرمایی شناخته می‌شود. این گرما نه تنها باعث افزایش مصرف انرژی برای خنک کردن ساختمان‌ها می‌شود، بلکه باعث ایجاد آلودگی در جو شده و به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی موادی از جمله گاز ازن و ترکیبات زیانبار گوگردی در سطح زمین تولید می‌شود.

هنگامیکه سطح زمین از انبوه رستنی‌ها و گیاهان سبز پوشیده شده و یا خاک آن مرطوب باشد، گرمای جذب شده با تبخیر آب و فراتراوش (تبخیر و تعرق) گیاهان به سرعت جایگزین می‌گردد و گیاهان از طریق برگ‌ها، آب خود را از دست می‌دهند. برخی از نقاط شهر گرم‌تر از نقاط دیگر آن است، که نمایانگر آن است که در این مناطق گرمای بیشتری آزاد می‌شود. گرمای شهر یک فرارفت بالا رونده ایجاد کرده که حرکت این سیستم کم‌فشار باعث مکش هوای پیرامونی شهر می‌شود. اگر رطوبت کافی

وجود داشته باشد، آن‌گاه شاهد طوفان تندری هم خواهیم بود. در این صورت تشکیل ابر باعث کم شدن دمای شهر و کاهش سرعت فرایند تشکیل ازن خواهد بود.

مواد و مصالح ساختمانی و جاده‌سازی با رنگ روشن، موجب بازتاب بیشتر نور خورشید می‌شوند. کاشت درختان و گیاهان انبوه، ایجاد سایه، خنکی هوا و رها نمودن آب در جو را به دنبال دارد. کاهش دما تا ۱ درجه سانتیگراد، فرایند ایجاد ازن را تا ۹۰ درصد کاهش می‌دهد.

کاشت درختان مناسب و افزایش سپیدایی، کاربرد رنگ روشن در شهرسازی، ساده‌ترین روش جهت خنک کردن سطح شهرها هستند. کاشت درختان سایه‌دار به عنوان نخستین، ساده‌ترین، تمیزترین و زیباترین راه‌حل این روند است. سپیدایی بیشتر ساختارهای شهری باعث افزایش بازتابش نور خورشید شده و می‌تواند دمای ساختمان را پایین آورد.

در شهرها آسفالت، آجر و بتن جایگزین گیاهان شده‌اند. این سطوح توانایی بازتابش کمتری دارند و بنابراین انرژی خورشیدی را جذب و نگهداری می‌کنند. شکل دره مانند شهرها با ساختمان‌های بلند، باعث خروج گرمای کمتری به سوی آسمان می‌شود. این گرما به وضوح در شب‌های تابستان به چشم می‌خورد و گرمای مناطق شهری بسیار بیشتر از مناطق پیرامونی آن است.

۱- کاشت درختان و دیگر گیاهان

یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین راه‌های مقابله با اثر جزیره گرمایی، کاشت درختان و دیگر گیاهان است. گیاهان، به ویژه درختان، با ایجاد سایه در روی سطح زمین، به طور مستقیم، و با رهاسازی رطوبت در جو و افزایش آب در هوا، به طور غیر مستقیم، باعث خنکی شهر می‌شوند. خنکی مناطق مسکونی در تابستان یعنی صرفه‌جویی در هزینه‌های گوناگون و این به غیر از سودمندی‌های دیگری است که درختان باعث آن هستند. ایجاد زیستگاه برای جانداران گوناگون، پیشگیری از آلودگی‌های صوتی با جلوگیری از حرکت امواج صوت، نگهداری و جلوگیری از فرسایش خاک توسط ریشه، گرفتن ضربه ناشی از بارش به ویژه رگبارها و در نتیجه ممانعت از فرسایش خاک، جذب آلاینده‌های گوناگون از هوا و ... از جمله دیگر مزایا هستند. با کاشت علمی درختان مناسب، تا ۴۰ درصد در اثر سایه درختان و ۳۰ درصد به دلیل افزایش رطوبت، کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی را به دنبال دارد و این جدای از تمیزی، زیبایی و طراوتی است که با انبوه درختان به دست می‌آید.

با الگوبرداری از طرح باغ‌های معلق بابل که حدود ۲۷۰۰ سال پیش توسط مهندسان و اندیشمندان ایرانی طراحی و ساخته شده است، می‌توان با اجرای طرح سقف‌های سبز، حدود یک پنجم سطح شهر تهران را به فضای سبز تبدیل کرد. همانگونه که از نام این طرح برمی‌آید، می‌توان با اجرای تدابیر و طرح‌های مناسب، سقف خانه‌ها را با درختچه‌هایی که در خاک تا ژرفای کمی ریشه می‌دوانند، به فضای سبز تبدیل کرد.

۲- توسعه ساختمان‌های آجری

در ساختمان‌های آجری گرمای ویژه بسیار نزدیک به خاک و در ساختمان‌های سیمانی و بتنی گرمای ویژه نزدیک به فلز است. در برابر تغییر و دگرگونی دما، اولی پایدارتر و دومی بسیار ناپایدار است. حتی گنجشک و چلچله در ساختمان‌های سیمانی خانه نمی‌سازند و از آنها می‌گریزند. اما این مورد در ساختمان‌های آجری تهران و شهرستان‌ها بسیار دیده می‌شود. بهتر است که انسان در ساختمان‌های آجری (۳ سانتیمتری)، که زائیده سه هزار سال بررسی، مطالعه و پژوهش معماران و اندیشمندان ایرانی است زندگی کند. سود جستن از ساختمان‌های آجری، با بررسی و در نظر داشتن کلیه عوامل مهندسی، به ویژه ایمنی و زلزله، جدای پیشگیری از برخی مسائل روانی که به دلیل زندگی در ساختار بتنی به وجود می‌آید و خود جای بررسی و بحث بسیار دارد، به دلیل کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش بسیاری از هزینه‌ها خواهد شد. همچنین عایق‌بندی گرمایشی ساختمان‌ها و استفاده از شیشه‌های دوجداره علاوه بر جلوگیری از ورود آلودگی‌های صوتی و هواویزها، کمک بزرگی در جهت کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی شهر تهران خواهد کرد.

مقدار پتانسیل انرژی گرمایی که توسط ساختمان‌ها گردآوری می‌شود، به شرایط گوناگونی بستگی دارد. برای یافتن راه حل بهتری برای آن باید مسئله را هم بهتر درک کرد. کم کردن دما در جزیره گرمایی، به معنای پیشگیری از هدر رفتن سرمایه، ذخیره‌سازی انرژی و پول، جلوگیری از آلودگی هوا و آثار زیانبار آن و در نهایت تندرستی و سلامت جسمی، روحی و روانی جامعه است.

۳- انتخاب سیستم‌های پنجره متناسب با دما

سیستم‌های پنجره متشکل از صفحات شیشه، قاب‌ها و چهارچوب‌های ساختاری، جدا کننده‌ها و درز بندها هستند. در سال‌های اخیر انواع مختلف شیشه، پوشش و قاب‌ها جهت استفاده در سیستم‌های پنجره به طور چشمگیری افزایش یافته‌اند، پس امکان انتخاب بهینه پنجره سازگار با شرایط متفاوت از محیطی به محیط دیگر وجود دارد. تعیین دقیق ویژگی‌های سیستم‌های شیشه و پنجره برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بازدهی انرژی، آسایش و راحتی کلیه ساختمان‌ها لازم و ضروری است. در ساختمان‌های مسکونی با بار سطحی، طراحی بهینه پنجره و شیشه می‌تواند مصرف انرژی را از میزان ۵۰-۱۰ درصد کمتر از حد مقرر و مقدار علمی قابل قبول در اکثر شرایط آب و هوایی کاهش دهد. در ساختمان‌های تجاری با بار داخلی، صنعتی و مؤسساتی، سیستم‌های پنجره‌بندی از پتانسیل لازم برای کاهش هزینه‌های روشنایی، نوردهی، سیستم حرارت‌دهی و تهویه هوا از ۱۰-۴۰ درصد برخوردارند. جهت تعریف و نشان دادن سیستم پنجره لازم است که خصوصیات و مشخصات ضریب انتقال حرارت پنجره، ضریب بهره‌دهی انرژی گرمایی خورشیدی پنجره یا ضریب سایه تعریف شود.

۴- انتخاب سیستم تهویه مناسب

سیستم تهویه طبیعی بر مبنای جریان باد و حرارت به عنوان نیروهای محرکه است و یک پدیده یا اختراع جدید نمی‌باشد. استفاده از نیروی طبیعی به منظور تهویه به مدت هزاران سال برای انسان‌ها و حیوانات از جمله موارد در دسترس برای ایجاد شرایط زیستی مناسب بوده است. استفاده از محرکه مکانیکی مثل فن‌ها برای انجام تهویه طبیعی هوا در طول کانال‌های هواکش، در طی قرن بیستم محقق گشت. سیستم تهویه مکانیکی هوا یک جریان هوای ثابت را ارائه داد، بدین ترتیب امکاناتی برای پاک سازی هوا (مانند تهویه مطبوع) و بازیابی حرارتی نیز فراهم آمد. اما با وجود مزایای سیستم تهویه مکانیکی، سیستم تهویه طبیعی رشد خیلی خوبی داشته است که حتی می‌توان آن را یک دوره تجدید در اواخر دهه ۱۹۹۰ نامید. تهویه هوای اشغال کننده در ساختمان‌ها دو هدف اصلی دارد. یکی از اهداف تهیه کیفیت لازم برای هوای داخل ساختمان است که به طور اساسی بر پایه هوای تازه و دفع یا حذف آلودگی هوای داخل می‌باشد. هدف دیگر ایجاد گرمای مناسب به وسیله مکانیزم انتقال گرما می‌باشد. استفاده از تهویه طبیعی در طول روز تا زمان رسیدن به دمای مناسب سه هدف را دارد:

- خنک‌سازی هوای داخل ساختمان توسط جابه‌جایی یا حذف آن با هوای بیرون از ساختمان تا زمانیکه هوای بیرون سردتر از داخل باشد.
 - خنک‌سازی ساختار ساختمان.
 - تلاش برای خنک‌سازی مستقیم بدن انسان در طول همرفت و تبخیر.
- عملکرد تهویه برای سلامت این است که اکسیژن مورد نیاز برای تنفس ساکنین، جلوگیری از ایجاد بو، جلوگیری از انباشته شدن دی‌اکسید کربن را تأمین کند.
- استفاده از بادگیر در ساختمان نیز به ایجاد تهویه مطلوب کمک شایانی می‌کند. بادگیرها دو کار اساسی را انجام می‌دهند. در وهله اول هوای مطبوع را به طرف پایین هدایت نموده و از طرفی دیگر هوای گرم و آلوده داخل ساختمان را به بیرون هدایت می‌کنند (محمدی، ۱۳۸۵).

۵- استفاده از شکل زمین ساختمان‌های مجاور و گیاهان برای حفاظت در برابر باد زمستان

وجود بوته‌های گیاهی، برآمدگی‌ها و درختان قادر به جلوگیری از باد هستند. در نحوه استقرار واحدهای مسکونی در مجتمع‌های زیستی و توسعه واحدهای طراحی شده می‌توان از مزیت این روش استفاده کرد. بهترین محل‌های محافظت شده در روی شیب‌های سمت پشت باد واقع شده‌اند.

۶- بادشکن‌ها

وقتی ناهمواری‌های روی زمین و تراکم درختان موجود نباشد، می‌توان برای تنظیم باد موانعی به وجود آورد. درختان و درختچه‌ها معمول‌ترین این موانع هستند ولی خاکریزها، حصارها و دیوارها هم می‌توانند مفید باشند. معمولاً هر چه این موانع بلندتر باشند سایه باد بزرگ‌تری ایجاد می‌شود. موانع

سخت یا نفوذ ناپذیر درمقابل باد نامطلوب هستند زیرا درپشت مانع آشفته‌گی ایجاد می‌کنند. مقاومت مؤثر بادشکن مستقیماً از مقدار کاهش باد تبعیت می‌کند.

۷- کاهش انعکاس زمین و سطوح بیرون از پنجره‌های رو به آفتاب تابستان

از آنجاییکه در طول ماه‌های تابستان مقدار تابش خورشیدی که بر سطوح زمین می‌تابد در حدود دو برابر مقدارتابش بر روی دیوارهای شرقی و غربی است، لذا انعکاس تابش از زمین به پنجره‌ها و دیوارها می‌تواند به مقدار زیادی به میزان خنک‌کنندگی مورد نیاز ساختمان اضافه کند. انتخاب سطوح خارجی با انعکاس کم می‌تواند وسیله‌ای جهت تقلیل میزان بار حرارتی آفتاب باشد. اگر چه قرارگیری یک راه آسفالت در خارج دیوار می‌تواند انعکاس را در پایین‌ترین مقدار نگه دارد ولی حرارت جلب شده به وسیله آسفالت در مقایسه با چمن و بسیاری سطوح دیگر دما را در خارج دیوار بسیار بالاتر می‌برد. بوته‌های گیاهی و چمن جذب نور قابل ملاحظه‌ای دارند و همچنین تأثیر برودت تبخیری هوا را نیز فراهم می‌کنند.

۸- استفاده از ناهمواری‌های روی زمین، ساختمان‌های مجاور و گیاهان برای سایه در تابستان

کنترل موقعیت خورشید و سایه در تمام جنبه‌های طراحی و پیشرفت کار از انتخاب اولیه موقعیت ساختمان و تقسیم‌بندی قطعات زمین تا انتخاب نهایی نوع گیاهان و جزئیات محوطه‌سازی می‌بایست انجام گیرد.

۹- قرارگیری

برای یک خانه معمولی در ملکی که وسعت آن مکان‌های متعددی را جهت استقرار ساختمان امکان پذیر می‌کند، انتخاب محل بنا باید براساس تحلیل سایه طبیعی درختان موجود و شکل زمین باشد. با قرار دادن ساختمان در قسمت شرقی درختان یا تپه‌های موجود در روی زمین می‌توان از شدت حرارت خورشید به ساختمان هنگام بعد از ظهر کم کرد.

۱۰- طراحی محوطه

هنگامیکه موقعیت خانه مشخص شد طراحی جهت سایر اجزاء سایبان خارجی می‌تواند آغاز شود. البته درختان پهن‌برگ بهترین نوع سایبان هستند زیرا ساختمان را در تابستان محافظت می‌کنند و چون برگ‌هایشان را در زمستان از دست می‌دهند، به بنا امکان می‌دهند که از تابش خورشید بهره‌مند شود. در طرف جنوب ساختمان باید درختان بلند انتخاب شود تا بر روی سقف همانند دیوارها سایه بیندازند. درختان انبوه و کوتاه قد و همچنین بوته‌های بلند در قسمت غربی ساختمان مناسب هستند، زیرا جلوی آفتابی که در بعد از ظهر با زاویه کم تابش می‌کند را می‌گیرند. از آنجاییکه خورشید در

زمستان به اندازه تابستان به قسمت‌های شرقی و غربی بنا نمی‌تابد لذا درختان همیشه سبز برای ایجاد سایه روی دیوارهای غربی می‌توانند مناسب باشند خصوصاً اگر جهت باد زمستانی از قسمت غرب و یا شمال غرب باشد عملکرد این درختان دو چندان می‌شود. سایر ابزار ایجاد سایه روی دیوارهای غربی و جنوبی می‌تواند شامل شبکه چوبی بالای ایوان و دیوارهای سایه‌انداز حفاظ باشد. شبکه چوبی می‌تواند یک آلاچیق یا یک چهارچوب سبک باشد تا پیچک‌های بالا رونده را نگه دارد. پارکینگ را می‌توان در قسمت غرب خانه قرار داد به صورتیکه یک مسیر بادگیر یا حیاط سایه‌داری بین خود و خانه به وجود آورد. بهترین راه بستگی به نحوه سازماندهی داخل پلان دارد.

۱۱- اتلاف و کسب انرژی

مقاومت خاک به عنوان یک عایق حرارتی با افزایش ضخامت آن بیشتر می‌شود. ولی در عین حال باید توجه داشت که جریان انرژی حرارتی در زمستان برای رسیدن از دیوارهای زیر زمین به سطح خاک یک مسیر شبه شعاعی را طی می‌کند. حداکثر اتلاف انرژی حرارتی، از یک دیوار واقع در قسمت زیر زمین در زمستان است. به جز در آب و هوای سرد شمالی یعنی در جاییکه زمین در درجه حرارت پایینی قرار دارد معمولاً عایق‌بندی در حدود ۱۰ سانتیمتری بالای دیوار در زیر سطح خاک کافی می‌باشد. پایین‌تر از این عمق، مقاومت حرارتی فراینده خاک به خودی خود برای ادامه کار عایق‌بندی کافی است. در زمستان این اتلاف انرژی در مقایسه با اتلاف انرژی نزدیک سطح زمین ناچیز جلوه می‌کند و ارزش عایق‌بندی را ندارد. در تابستان این سطوح داخلی منبع مناسبی از برودت هستند که ساکنین زیر زمین با این مطلب آشنا هستند. فقط وقتیکه میزان رطوبت هوا و خاک در تابستان بالا می‌رود و جمع شدن ذرات آب در نزدیکی دیوارها و کف به عنوان یک مشکل اساسی مطرح می‌شود، انجام عایق‌بندی لازم و ضروری می‌باشد.

۱۲- موقعیت خورشید

فونداسیون لایه کف ساختمان و خاک مجاور آن منبع ذخیره حرارتی ارزان قیمتی برای ساختمان‌هایی که جهت‌گیری مناسبی نسبت به خورشید دارند می‌باشد. با توجه به مقاومت مورد نیاز برای تحمل فشارهای هیدرواستاتیک و بار اضافه وزن خاک، به طور کلی هزینه خانه‌های زیرزمینی بیش از خانه‌های روی زمین می‌باشد. این نقیصه ممکن است تا حدی با حذف روکار (نازک‌کاری) سطح خارجی ساختمان جبران شود. خانه‌های زیرزمینی در مقابل خسارات ناشی از طوفان در مقایسه با خانه‌های معمولی مقاوم‌تر هستند. بنابراین در نقاط طوفان‌خیز مورد توجه بیشتری واقع می‌شوند.

۱۳- شکل و جهت دادن به بدنه ساختمان برای به حداکثر رساندن استفاده از نسیم تابستان جهت تهویه خانه‌های مسکونی مستطیل شکل بهتر است محور بزرگ‌تر خانه عمود بر جهت بادهای مطلوب باشد. اگر زاویه بین بنا و باد قدری بیشتر یا کمتر از ۹۰ درجه باشد تهویه بهتر صورت می‌گیرد. ولی چون جهت وزش باد غالب از مسیر خود اغلب منحرف می‌شود لذا زاویه‌ای حدود ۹۰ درجه مناسب می‌باشد. اگر ساختمان دارای شکل ساده‌ای نباشد در جهت رو به باد قسمت‌هایی با فشار زیاد و کم ایجاد خواهد شد که می‌تواند جریان هوا از طریق بازشوها را افزایش دهد. اگر جهت باد غالب مشخص نباشد؛ یعنی جریان باد از همه طرف باشد، ساختمان باید طوری طراحی شود که تهویه از طریق هر دو محور میسر باشد. در این حالت پلان مربع شکل با پنجره‌هایی در چهار سمت بنا مناسب می‌باشد. زمانیکه جهت باد غالب مشخص است شکل و جهت بنا باید به گونه‌ای باشد که بتواند جریان هوا را به بهترین نحو از داخل ساختمان عبور دهد. از این لحاظ پلان‌هایی با شکل L مناسب نمی‌باشد. فشار هوا در قسمت‌های رو به باد ساختمان‌های بلند بیشتر است و در نتیجه باد سرعت بیشتری خواهد داشت. قرار دادن عمودی اتاق‌ها روی هم باعث تسهیل در جریان تهویه دو طرفه می‌شود. بام‌های مسطح و یا شیبدار با ارتفاع کم در معرض مکش (بلند شدن) هستند حتی اگر آنها رو به مسیر باد باشند. لذا سطوح این بام‌ها مکان خوبی جهت تعبیه دریچه‌های خروج هوا هستند، ولی برای ورود هوا مناسب نمی‌باشند بام‌های شیبدار مقداری فشار روی سطح رو به باد دریافت می‌کنند ولی این فشار کمتر از فشار روی دیوارهای عمودی می‌باشند و اثر تهویه آن نیز به مراتب کمتر می‌باشد. بادگیر وسیله‌ای برای تهویه هواست که در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد و غالباً مهم‌ترین روش تهویه در داخل بنا می‌باشد ولی این بادگیرها در صورتی مؤثر می‌باشند که ارتفاع آنها زیاد باشد تا در مسیر جریان هوا قرار گیرند. بام‌هایی لبه‌دار و ایوان‌ها اگر رو به جریان باد باشند تهویه از طریق بازشوها را افزایش می‌دهند. این کار به وسیله افزایش و متراکم شدن فشار در زیر بام و خارج بازشوها صورت می‌گیرد.

۱۴- استفاده از مواد منعکس کننده حرارت بر روی سطوح مقابل آفتاب تابستان

معمولاً عقیده بر این است که نقاشی سطوح خارجی یک ساختمان با یک رنگ روشن، آن ساختمان را در تابستان و همچنین در زمستان خنک نگه خواهد داشت. قدرت انعکاسی زیاد برای ساختمان‌های با جرم کم و مقاومت حرارتی ناچیز بسیار مناسب می‌باشد. لذا برای مناطق جنوبی که مقاومت حرارتی دیوارها زیاد نیست استفاده از این روش مفید می‌باشد.

فصل چهارم

راهکارهای مدیریت یخبندان‌ها و سرماهای شدید

۴-۱- مقدمه

مشکلاتی که هر ساله دماهای بسیار سرد و فرین در مناطق مختلف جغرافیایی به وجود می‌آورند، باعث شده که موضوع مطالعه دماهای فرین اهمیت علمی و کاربردی خاصی پیدا کرده و ابعاد و اثرات مختلف تغییرات دمایی به ویژه افت آن که دماهای فرین و در صورت تشدید روزهای آبرسد را به وجود می‌آورند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. کمیسیون اتحادیه اروپا اثر سوانح ناشی از فرین‌های اقلیمی را در پنج بخش که شامل صدمات در بخش‌های جنگلداری و کشاورزی، بوم‌شناختی، توریسم، انرژی، بیمه و حفاظت تأسیسات می‌شود، مورد ارزیابی قرار داده که در چهار بخش از پنج بخش یاد شده عامل ایجاد کننده‌ی صدمه، دما است. اگر دماهای آبرسد در قالب موج سرد با تداوم چند روزه بر یک منطقه مستولی شود به‌طور حتم با مسائل انسانی به ویژه از نظر پزشکی و اقتصادی-اجتماعی در ارتباط بوده و ابعاد زندگی جانداران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه به دلیل اهمیت فراوان و خسارات جبران ناپذیر این پدیده ضرورت مطالعه آن احساس می‌گردد.

درکل راهکارهای مدیریت سرما و یخبندان در سه جنبه اساسی سلامت انسانی، کشاورزی و امور عمرانی در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرند.

۴-۲- اثرات سرماهای شدید بر سلامت انسانی و راهکارهای مدیریت

۴-۲-۱- سرمازدگی عمومی^۱

زمانیکه حرارت بدن انسان به دمای زیر ۳۵ درجه‌ی سانتیگراد می‌رسد، سرمازدگی عمومی یا هیپوترمی به انسان دست می‌دهد. سرمازدگی‌های متوسط را می‌توان به خوبی درمان نمود، اما زمانیکه حرارت بدن به زیر ۳۶ تا ۲۴ درجه سانتیگراد می‌رسد شانس بهبودی بسیار ضعیف می‌باشد. توانایی

^۱ General Hypothermia

بدن در مقابله با سرما بسیار کمتر از توان آن برای مقابله با گرما است و در واقع روش اصلی برای گرم نگه داشتن بدن استفاده از لباس و پوشش مناسب است. کبودی یا سیانوز دور لب و انگشتان، سختی عضلات، تکلم آهسته و مشکل، تلوتلو خوردن در راه رفتن، گیجی و منگی، کاهش تعداد ضربان قلب و تنفس، خستگی مفرط، نبض ضعیف و نامنظم، پوست نیمه سفت، کاهش فشار خون از مهم‌ترین نشانه های سرمازدگی عمومی می‌باشند.

۴-۲-۲- یخ‌زدگی^۱

یخ‌زدگی در پزشکی به معنی آسیب موضعی بخشی از بدن در اثر سرمای شدید است. در اثر یخ‌زدگی بلورهای یخ در بافت‌های اعضای بدن پدید می‌آیند که باعث آسیب زدن به یاخته‌های این بافت‌ها می‌شوند. در دماهای زیر منفی ۱۵ درجه سانتیگراد، رگ‌ها در اندام‌ها و پوست بدن انسان شروع به تنگ شدن می‌کنند. این ساز و کاری است تا بدن گرمای کمتری از دست بدهد. سرماهای شدید و طولانی باعث می‌شود تا این تنگی رگ‌ها باعث کم رسیدن خون به آن اندام یا پوست بشود. همراهی سرمای زیاد و گردش خون پایین می‌تواند باعث نابودی بافت بشود. احتمال آسیب در نقاطی که دورتر از قلب هستند یا سطح بیشتری در معرض سرما دارند بیشتر است. انگشت‌های پا و دست، گوش‌ها و بینی از این گونه اندام‌ها هستند. یخ‌زدگی و سرمازدگی به یکدیگر مربوط هستند ولی تفاوت دارند. یخ‌زدگی اغلب همراه با سرمازدگی عمومی می‌باشد و در طی آن یک یا چند عضو بدن یخ زده و از کار می‌افتند. در جریان یخ‌زدگی مایعات داخل پوست و عمق بدن یخ زده و بلورهای یخ تشکیل می‌شوند. این بلورها به ترتیب لایه‌های یخ را در بین سلول‌های پوست تشکیل داده و جریان خون نیز مسدود می‌گردد (۷۰ درصد بدن انسان از آب تشکیل شده است). احساس سرما در ناحیه‌ی مربوطه، سپس به احساس درد تبدیل می‌شود. کرخت شدن یا بی‌حس شدن در ناحیه‌ی مربوطه رخ داده و احساس مورمور یا سوزن‌سوزن شدن در عضو درگیر به وجود می‌آید و موضع درگیر (در افراد دارای پوست روشن) رنگ قرمز روشن یا صورتی و (در افراد دارای پوست تیره) رنگ خاکستری به خود می‌گیرد و در نهایت قسمت سرمازده رنگ خود را از دست داده و به رنگ سفید تغییر رنگ می‌دهد. بروز تاول و ایجاد تورم، از دست دادن کامل حس، حتی در نواحی که قبلاً دردناک بوده‌اند، تبدیل پوست و اندام صدمه دیده به حالت چرمی شکل یا شبیه موم (زرد یا سفید رنگ)، در نهایت سفت و سخت شدن عضو صدمه دیده که در لمس شبیه چوب یا گوشت یخ زده خواهد شد از مهم‌ترین نشانه‌های یخ‌زدگی می‌باشند. برای درمان یخ‌زدگی به صورت سنتی، تنها درمانی که بیشترین تأثیر را دارد این است که در دمایی که نسبتاً بالاتر از دمای بدن است، همچنین تا جاییکه پوست انعطاف پذیری خود را به دست

^۱ Frostbite

بیاورد، بدن به سرعت دوباره گرم شود. استفاده از ورزش یا مالیدن بدن برای گرم کردن دوباره بدن جایز نیست. محافظت از آسیب بیشتر و پوشاندن همه مناطق بدن نیز ضروری است.

۴-۲-۳- کوری در اثر برف^۱

التهاب و حساسیت چشم در اثر انعکاس اشعه فرابنفش خورشید از برف یا یخ، موجب کوری و ندیدن برف می‌گردد. علائم آن عبارت از: احساس ریگ در چشم، ریزش اشک و قرمزی، ایجاد درد در چشم در اثر حرکات، سردرد، خارش چشم‌ها، حساسیت به نور می‌باشد. علت آن نیز بازتاب نور توسط برف است. برای درمان آن نیز ماندن در داخل خانه، استراحت به چشم‌ها، استفاده از عینک آفتابی که مانع از بازتاب نور آفتاب توسط یخ و برخورد آن به چشم‌ها می‌شود توصیه شده است.

۴-۲-۴- لکه‌های ناشی از سرما^۲

این بیماری ورم‌هایی خارش‌دار، دردناک و به رنگ بنفش مایل به قرمزی هستند که بر روی انگشتان دست و پا ظاهر می‌گردند و در کودکان و افراد مسن شایع‌تر است. لکه‌های سرما در نتیجه باریک‌شدگی بیش از حد عروق خونی زیر پوست در آب و هوای سرد، به وجود می‌آیند. زمانیکه این ورم‌ها در معرض سرما قرار گیرند دردناک شده و به محض گرم شدن دوباره پوست، خارش‌دار می‌شوند. لکه‌های سرما معمولاً بدون درمان ناپدید می‌گردند، اما ممکن است عود کنند. کودکان، افراد مسن یا غیر فعال باید لباس کافی شامل دستکش، جوراب و کلاه بپوشند تا به حفظ گرما و پیشگیری از پیدایش لکه‌های سرما کمک گردد.

۴-۲-۵- سرماخوردگی^۳

سرماخوردگی یک بیماری مسری دستگاه تنفسی فوقانی است که عمدتاً بینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علائم بیماری شامل سرفه، گلو درد، آبریزش بینی (رینوریا) و تب است. علائم بیماری عموماً بین هفت تا ده روز برطرف می‌شود. ولی برخی از علائم ممکن است تا سه هفته طول بکشند. بیش از دوپست ویروس می‌توانند منجر به بروز سرماخوردگی شوند. سرماخوردگی عمدتاً بینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و حلق، سینوزیت‌ها و سینوس‌ها را ملتهب می‌سازد. علائم بیشتر به دلیل واکنش دستگاه ایمنی به عفونت است تا تخریب بافت توسط خود ویروس‌ها. شستشوی دست‌ها روش اصلی پیشگیری از عفونت است. برخی شواهد اثربخشی استفاده از ماسک‌های بینی و دهان را نشان می‌دهند. هیچ درمانی برای سرماخوردگی وجود ندارد، بدن طی ۲ یا ۳ روز شروع به ساختن آنتی‌ویروس و مقابله با آن می‌کند، اما علائم را می‌توان درمان کرد. این بیماری متداول‌ترین بیماری عفونی در انسان می‌باشد.

¹ Snow Blindness

² Chilblains

³ adult cold

بزرگسالان به طور متوسط شش تا دوازده بار در سال به این بیماری دچار می‌شوند. این عفونت‌ها از دوران باستان با انسان همراه بوده است.

۴-۲-۶- آنفلوآنزا^۱

آنفلوآنزا یا گریپ^۲ بیماری واگیردار است که توسط نوعی ویروس ایجاد می‌شود. این بیماری باعث عفونت حاد دستگاه تنفسی می‌شود که با سر درد ناگهانی، درد ماهیچه، تب، ضعف و بی‌حالی شدید نمایان می‌شود. این بیماری در موارد حاد به خصوص در خردسالان ممکن است باعث ذات‌الریه شود. در حالت معمولی دوره‌ی بیماری ۳ تا ۴ روز است.

در قرن بیستم ویروس آنفلوآنزا در سال ۱۹۱۸ شیوع پیدا کرد و تا امروز آمار مرگ و میر یک سیر نزولی را طی کرده است. بدین صورت که در آغاز فعالیت این ویروس مرگ‌های دسته جمعی حتی ۴۰ میلیون نفر در یک سال گزارش شده است اما به مرور کاهش یافت. امروزه گونه‌های جدیدتر این ویروس مانند آنفلوآنزای پرندگان یا آنفلوآنزای خوکی نیز ظهور کرده‌اند. تب و لرز، سر درد، دردهای عضلانی از جمله کمر درد، خستگی، سرفه (که ممکن است با خلط همراه باشد)، گلو درد، خشونت صدا، آبریزش از بینی از علائم شایع بیماری هستند. آنفلوآنزا در تمام سنین به غیر از دوران شیرخوارگی دیده می‌شود. شیوع ناگهانی انواع مختلف آنفلوآنزا تقریباً هر زمستان رخ می‌دهد و شدت آنها متفاوت است.

هرچند دوره معمولی بیماری ۳ تا ۴ روز است اما چون در جریان آنفلوآنزا میکروب‌های دیگری به بدن حمله می‌کنند از این‌رو سبب پیدایش عفونت‌های ثانوی به خصوص در دستگاه تنفس می‌گردند و این بدان معنی است که آنفلوآنزا مقاومت بدن را کم کرده و آن را برای دچار شدن به بیماری‌های دیگر آماده می‌سازد. به کار بردن ماسک، گندزدایی هوای اتاق بیماران و جدا کردن سریع مبتلایان از افراد سالم تا حدی مانع شیوع آنفلوآنزا می‌شود.

۴-۳- اثر سرماهای شدید بر زراعت و باغبانی و راهکارهای مدیریت آن

۴-۳-۱- اثرهای سرما به گیاهان

به طور کلی در زراعت و باغبانی، سرمازدگی به شرایطی اطلاق می‌گردد که گیاه در نتیجه بروز درجه حرارت‌های بین صفر تا ۱۰ درجه سانتیگراد (بسته به گونه و رقم) خسارت می‌بیند. در تعریفی دیگر سرمازدگی به وقوع پدیده افت ناگهانی دما خارج از زمان مورد انتظار (سرما زودرس) اطلاق می‌گردد.

^۱ flu

^۲ Grippe

بایستی تفاوت بین آسیب سرما و آسیب یخبندان مشخص شود، چرا که در آسیب سرما، یخبندانی وجود ندارد معذالک میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری در درجه حرارت‌های کم که بالای سر حد یخبندان آنها است آسیب می‌بینند. از نظر زمان وقوع، سرماهای شدید به دو گروه سرمای زودرس و سرمای دیرس تقسیم‌بندی می‌گردد که سرمای دیرس در اثر افت ناگهانی دما در اسفند ماه و سرمای زودرس در فروردین اتفاق می‌افتد. آسیب سرما با یخبندان متفاوت است. ممکن است گیاهی در معرض یخبندان نباشد ولی به علت افت دما به شدت از سرما متأثر شود، مخصوصاً اگر گیاه در منطقه گرمسیر کشت شود دچار این آسیب می‌گردد. در حالت سرمازدگی ممکن است گیاهان به رنگ قهوه‌ای تغییر رنگ دهند که علت آن از دست دادن آب توسط دهیدریشن است، برخی مواقع سرما باعث یخ بستن اندام گیاهی می‌شود که بالطبع خسارات آن بسیار بیشتر خواهد بود. در یخبندان‌های بهاری ممکن است محصولات حساس در اثر کاهش درجه حرارت به زیر نقطه ذوب مجروح شده و از بین بروند.

در جدول ۱-۴ اثرات پدیده‌های هواشناسی بر روی کشاورزی و خسارات آن مطرح شده است همانگونه که ملاحظه می‌شود خسارت یخبندان در بخش کشاورزی بسیار بیشتر از سایر مخاطرات بوده و در این زمینه رتبه اول را داراست که حدود ۵۵ درصد خسارات را در برمی‌گیرد. تگرگ با وجود فراوانی چند روزه خسارات زیادی دارد زیرا خیلی سریع همه چیز را از بین می‌برد و برف خسارات بسیار کمی دارد.

جدول ۱-۴: اثرات پدیده‌های هواشناسی بر کشاورزی و خسارات آن

| پدیده‌های آب و هوایی | ۲۰۰۱-۲۰۰۴ |
|----------------------|-----------|
| بادهای طوفانی | ۴۷۱۰۰ |
| بارندگی | ۱۷۷۸۵۰ |
| امواج گرما | ۳۲۳۹ |
| یخبندان | ۵۳۹۴۰۰ |
| سیل | ۲۷۴۵۲ |
| تگرگ | ۱۷۹۰۰۵ |
| برف | ۳۸۸۳ |
| مجموع | ۹۷۷۹۲۹ |
| سهم سرمازدگی (درصد) | ۵۵ |

دو نوع مختلف از رخداد سرمای شدید وجود دارد: نوع فرارفتی^۱ که در اثر هجوم یک جریان سرد قطبی و عبور آن از منطقه پیش می‌آید که موجب کاهش شدید و ناگهانی درجه حرارت و سقوط درجه حرارت به چندین درجه زیر صفر می‌شود. این جریان اغلب توأم با نزولات آسمانی بوده و خاصیت کلی آنها این است که همواره از یک منطقه‌ی دیگر به محدوده‌ی مورد نظر منتقل و نفوذ می‌کنند، محلی نمی‌باشند و بیشتر در دوران خواب درختان در دوره غیر فعال، یعنی زمستان بروز می‌کنند که درختان میوه سردسیر تا حد زیادی درمقابل آن مقاومت و دوام دارند. البته به ندرت در بعضی سال‌ها چنین سرمای در اوایل فصل بهار و خزان دیده می‌شود و موجب خسارات سنگین باغداران می‌گردد. نوع تشعشی^۲ که کاملاً منطقه‌ای بوده و در یک محدوده معین و محیط محدود بدون اینکه هوای سردی از سایر مناطق به منطقه نفوذ کند، در اثر تشعشع در خود محل به وجود می‌آید. این نوع سرما برخلاف سرمای اول، همواره در شب‌های ساکت و آرام بدون ابر، باد، برف و باران ظاهر می‌شود و اگر در اواخر زمستان یا اوایل بهار بروز کند خطرناک محسوب می‌شود.

^۱ Advective frost

^۲ Radiational frost

در گیاهان تنش یا استرس برابر است با تحریکاتی که منجر به برهم خوردن تعادل زیستی گیاه شود. حالت تنش در شرایطی پیش می‌آید که یک عامل محیطی خارج از حد نرمال بر گیاه اثر گذارد. تنش به دو دسته زیستی و غیر زیستی تقسیم می‌شوند. از جمله تنش‌های غیر زیستی می‌توان به تنش دما اشاره نمود که این نوع تنش نیز خود به ۳ بخش: تنش سرما، تنش یخبندان و تنش حرارت بالا تقسیم می‌شود.

در واقع حداقل درجه حرارتی است که گیاه می‌تواند با تداوم ۳۰ دقیقه تحمل کند و در بیشتر از این مدت و کمتر از این درجه حرارت خسارت می‌بیند، این درجه حرارت برای گیاهان مختلف و مراحل مختلف فنولوژی متفاوت است. تنش سرما باعث می‌شود که میزان تولید در گیاهان فوق‌العاده کاهش پیدا کند، به نظر می‌رسد عامل محدود کننده گیاهان مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری، تنش سرما باشد. وقوع دماهای پایین نتیجه‌ی موازنه‌ی گرمایی منفی در سطح زمین است. در عرض‌های جغرافیایی بالا و میانه، با نزدیک شدن زمستان به دلیل زاویه کم تابش خورشید، طولانی شدن شب‌ها و خروج تشعشع گرمایی (موج بلند) به طور فزاینده‌ای منفی می‌شود. این پدیده باعث سرد شدن بیشتر و تجمع توده‌های هوای سرد می‌شود. این توده‌ها از طریق جریانات اتمسفری به عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر منتقل می‌شوند. بنابراین وقتی تلفات گرما زیاد باشد و هوای سرد انتقال یابد، سرد شدن عمومی و محلی رخ می‌دهد. سرمای استثنایی در مناطق نیمه گرمسیری و گرمسیری نتیجه‌ی ورود هوای قطبی است.

واکنش گیاه به سرما متفاوت است و بستگی به این دارد که آیا گیاه نسبت به هوای سرد تحمل دارد یا نه و چه مدت این دوام می‌تواند ادامه یابد، مسلماً هرچه این دوره بیشتر شود میزان خسارت کمتر خواهد بود. واکنش گیاه بسته به مقدار یا غلظت نامناسب و مدت زمان قرار گرفتن در معرض تنش متفاوت است. در موجودات اگر چه ابتدا ممکن است تنش قابل برگشت باشد ولی با گذشت زمان، طولی نمی‌کشد که به صورت دائمی در می‌آید. اگر یک تغییر قابل برگشت در مدت زمان کافی ادامه یابد، گیاه در نتیجه‌ی اختلال در فرایندهای متابولیک، آسیب دیده و باعث تغییرات غیر قابل برگشت می‌شود. رشد و عملکرد گیاهان زراعی تابعی از کلیه‌ی عوامل محیطی و اثرات متقابل آن می‌باشد.

تنش سرما ممکن است در شب‌های صاف اوایل بهار و یا اوایل پاییز از نوع تشعشعی به وقوع بپیوندد. در این شرایط زمین و در نتیجه‌ی رهاسازی تمام انرژی دریافتی از خورشید به صورت طول موج بلند (مادون قرمز)، به تدریج سرد شده و در نزدیکی‌های صبح کاهش درجه حرارت به حداکثر خود می‌رسد و حداقل دما برای بروز تنش سرما ایجاد می‌شود. این پدیده در شب‌های ابری به وقوع نمی‌پیوندد. همچنین عامل تنش سرما می‌تواند وزش باد و یا انتقال توده هوای سرد به یک منطقه باشد. آثار اولیه تنش سرما عبارتند از: کاهش عمومی رشد، تغییر رنگ، کلروز، تخریب بافت‌های سلولی، عدم جوانه‌زنی، عدم انتقال مواد فتوسنتزی، عدم جذب عناصر غذایی و...، برخی از آثار این

تنش برگشت پذیر و برخی از آثار دیگر این تنش مانند فتوسنتز در اثر تخریب کلروپلاست‌ها و پیری زودرس گیاه غیر قابل برگشت می‌باشند.

در کل بین واژگان سرمازدگی و یخ‌زدگی تفاوت آشکار وجود دارد. سرمازدگی در فصل رویش و در درجه حرارت‌های بالای صفر اتفاق می‌افتد، در صورتیکه یخ‌زدگی در فصل رویش و یا زمستان و در درجه حرارت‌های زیر صفر اتفاق می‌افتد.

گیاهان را بر اساس واکنش‌های آنها به دماهای پایین در گروه‌های زیر طبقه‌بندی می‌کنند:

۱- حساس: حساس به درجه حرارت‌های یخبندان کم یا دماهای نزدیک به صفر درجه‌ی

سانتیگراد.

۲- کمی مقاوم: زنده ماندن در دماهای انجماد تا ۵- درجه‌ی سانتیگراد.

۳- نیمه مقاوم: زنده ماندن در دماهای انجماد در محدوده‌ی ۵- تا ۱۰- درجه‌ی سانتیگراد.

۴- بسیار مقاوم: زنده ماندن در دماهای انجماد در محدوده‌ی ۱۰- تا ۲۰- درجه‌ی سانتیگراد.

۵- خیلی زیاد مقاوم: گونه‌های با حداکثر مقاومت به یخ‌زدگی که توانایی تحمل سرماهای بسیار

شدید (فراسردی) را دارند.

برخی دیگر از دانشمندان گیاهان حساس به سرما را به دو دسته تقسیم نموده‌اند: گونه‌هایی که به طور کامل حساس هستند و در آنها همه‌ی بخش‌های گیاه حساس می‌باشد و گونه‌هایی که در اثر سرما فقط به طور جزئی آسیب می‌بینند (مثلاً آغازهی گل یا میوه). اندام‌ها و بافت‌های یک گیاه نیز از نظر حساسیت به سرما تفاوت‌های زیادی دارند، همچنین ممکن است گیاه در مراحل خاص از نمو خود به سرما حساس‌تر باشد. در بعضی از وارپته‌های برنج و ارزن اگر آغازهی گل در معرض دمای کمتر از ۱۰ درجه‌ی سانتیگراد قرار گیرد، گرده‌ی حاصل (مرحله‌ی تتراد) عقیم خواهد شد.

عواملی که باعث حساس شدن گیاهان به سرما می‌شوند عبارتند از: ضعف‌های تغذیه‌ای، انواع آفات و بیماری‌ها، سن گیاه (گیاهان خیلی جوان و خیلی پیر به سرما حساس‌تر هستند)، سرعت افت درجه حرارت (اگر تدریجی باشد اثرات کمتر خواهد بود درحالی‌که اگر یکدفعه با شدت زیاد به وقوع بپیوندد خسارات زیادی بر جای خواهد گذاشت)، مدت سرما، میزان ابری و صاف بودن و رطوبت هوا، میزان رطوبت بافت‌های گیاهی و موارد ذخیره‌ای آن، محل باغ، نوع خاک، جهت شیب، پستی و بلندی زمین.

بارزترین علامت تنش سرما و یخ‌زدگی در صبح روز بعد از یخبندان دیده می‌شود که به شرح زیر است: برگ‌های خسارت دیده رنگی سبز تیره و ظاهری خیس خورده دارند، مانند آنکه آنها را در روغن جوشان فرو برده باشند. اگر خسارت شدید نبوده یا تمام سطح برگ را ننگرفته باشد برگ بر روی درخت مانده و خسارت جبران می‌شود. خسارت در مورد میوه‌های سردسیری منحصراً به شکوفه‌ی درختان محدود می‌شود. شکوفه‌های خسارت دیده ظاهری قهوه‌ای تا سیاه پیدا نموده و گلبرگ‌ها

شفاف شده و در میان انگشتان به راحتی له می‌شوند، به این ترتیب در اثر صدمات وارده، شکوفه‌ها ظرف چند روز ریخته و درخت در آن سال فاقد میوه خواهد بود. ریزش سریع شکوفه‌ها در این حالت هیچ رابطه‌ای با بیماری یا نامنظمی خاص دیگری در درخت نمی‌باشد. درختان مرکبات چون در زمستان رسیده و دیر هنگام برداشت می‌شوند، ممکن است میوه با سرمای زودرس و یخبندان زمستانه مواجه شوند. در این حالت پوست مرکبات خسارت دیده، دارای رنگ روشن با لکه‌های صاف تا حدی هم رنگ پوست می‌باشند و این لکه‌ها به تدریج به رنگ قهوه‌ای در آمده و در نارنگی بی‌رنگ هستند. درجه حرارت‌های بحرانی و آستانه‌های دمایی مختلفی که گیاهان می‌پذیرند در جدول ۲-۴ مطرح شده است.

جدول ۲-۴: درجه حرارت‌های بحرانی و آستانه‌های دمایی مورد پذیرش گیاهان

| انواع میوه | در مرحله غنچه دهی | در مرحله شکوفه کاملاً باز | مرحله تشکیل میوه | مدت به دقیقه |
|--------------|-------------------|---------------------------|------------------|--------------|
| انواع سیب | -۲/۷ تا -۴ | ۳ تا -۱/۵ | ۱/۵ تا -۱/۳ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع گلابی | -۲/۳ تا -۳ | -۲/۳ تا -۱/۵ | -۱ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع هلو | -۴ تا -۵ | -۲/۷ تا -۱/۳ | -۲/۳ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع گیلاس | -۱ تا -۱/۵ | -۲/۳ تا -۱/۳ | -۱/۵ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع گوجه | -۱/۳ تا -۶/۵ | -۲ تا -۰/۵ | -۰/۵ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع زردآلو | -۱/۳ تا -۴ | -۱/۳ تا -۰/۵ | ۰ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع آلو | -۱/۵ تا -۴ | -۱/۵ تا -۰/۵ | -۱/۳ تا -۰/۵ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع بادام | -۴/۵ | -۲/۷ | -۱/۳ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع انگور | -۱/۳ | -۰/۵ | -۰/۵ | ۳۰ تا ۶۰ |
| انواع گردو | -۱ | -۱ | -۱ | ۳۰ تا ۶۰ |

در طول روز به علت تابش آفتاب گیاهان کمتر آسیب می‌بینند، سرمازدگی معمولاً در ساعات اولیه صبح اتفاق می‌افتد یعنی زمانیکه تشعشع زمینی عملیات خود را انجام داده و تابش آفتاب وجود ندارد.

راهکارهای مقابله با سرمازدگی گیاهان به دو بخش تقسیم می‌گردد: روش‌های حفاظت فعال^۱ یا کوتاه مدت، روش‌های حفاظت غیر فعال^۲ یا بلند مدت (در واقع سیاست‌های بلند مدتی می‌باشند که در منطقه مورد نظر می‌توان اجرا نمود).

سیستم‌های هشدار در مزارع وجود دارند که هشدار آمادگی لازم را به کشاورز در مواقع خطر ارائه می‌کنند (سیندر و ملوآبریو، ۱۳۹۱ و گولیک و ویلیام، ۱۹۸۸). در مطالب زیر اهم این روش‌ها تبیین گردیده است و علاقمندان برای دریافت توضیحات بیشتر می‌توانند به مرجع معرفی شده مراجعه نمایند.

۴-۳-۲- روش‌های حفاظت فعال یا کوتاه مدت

۱- حفاظت به وسیله بخاری^۳

حفاظت به وسیله بخاری، متداول‌ترین و قدیمی‌ترین روشی است که در باغ‌های میوه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس آن تأمین انرژی حرارتی به وسیله سوخت فسیلی در طول یک شب سرد می‌باشد. به علت پایین بودن راندمان حرارتی بخاری‌ها، مقدار زیادی از تشعشع حرارتی بدون اینکه حتی به درختان برسد در فضا از بین می‌رود. گرچه هوای گرم شده به دلیل سبک‌تر بودن به طرف بالا صعود می‌کند ولی حرارتی که به طرف بالای سطح محوطه گیاه می‌رود حرارت از دست رفته محسوب می‌شود. حرارت از بخاری به درخت از طریق تشعشع و جابه‌جایی هوا انجام می‌گردد. تشعشع حرارتی به وسیله اندام‌های گیاه که مستقیماً در میدان عمل بخاری‌ها قرار دارند جذب می‌شوند. تأثیر تشعشع حرارتی به نسبت معکوس مربع فاصله کم می‌شود. بنابراین بهتر خواهد بود که تعداد زیادی بخاری با شعله‌ی کم بسوزد تا اینکه از تعداد کمی بخاری با شعله‌ی قوی‌تر استفاده گردد. حرارت به وسیله هوای گرم شده به برگ‌ها و شکوفه‌ها منتقل می‌شود.

تجربه نشان داده است که گذاردن یک بخاری اضافی برای هر درخت در ردیف‌های مرزی و حاشیه باغ بهترین نتیجه را داده است، زیرا همان طوریکه هوای گرم صعود می‌کند، هوای سرد از اطراف به داخل باغ مکیده می‌شود. بدین ترتیب گرم کردن هوایی که از اطراف وارد باغ می‌شود راندمان مبارزه با سرما را بالا می‌برد. ثابت نگه داشتن هوا در یک درجه‌ی معین از طریق گرم کردن خیلی آسان‌تر از بالا بردن درجه حرارت می‌باشد. بنابراین نباید بخاری‌ها را هنگام وقوع درجات حرارت بحرانی روشن نمود، بلکه این عمل باید قبل از رسیدن به این درجه حرارت انجام گیرد. خصوصیات استفاده از بخاری‌ها عبارتند از: بالا بودن هزینه سوخت، کارایی بیشتر در باغ‌های میوه نسبت به مزارع، حداکثر کارایی در شرایط وارونگی دمایی.

¹ Active

² Passive

³ Heater/smudge pots

استفاده از بخاری به منظور گرم کردن موقت محیط مؤثر می‌باشد و بیشتر برای مبارزه با یخبندان نوع تابشی که تنها در طول شب اتفاق می‌افتد و تداوم شبانه‌روزی ندارد بکار می‌رود. حفاظت توسط این روش متداول‌ترین روش برای جلوگیری از خسارت یخبندان است که بیشتر در باغ‌های میوه از آن استفاده می‌شود زیرا تشعشع‌های حرارتی از دست رفته در شب‌هایی که شرایط اینورژن برقرار است ۹ تا ۱۸ درصد کالری در سانتیمتر مربع در دقیقه است. به منظور ثابت ماندن درجه حرارت، از آنجاییکه راندمان گرم کردن پایین است، بایستی ۳ تا ۵ درصد کالری در هر سانتیمتر مربع در دقیقه گرما تأمین شود. از طرفی به منظور انجام این کار باید عوامل اقتصادی را نیز مد نظر داشت زیرا هدف تنها گرم کردن نیست، بلکه باید توجه کرد که آیا این گرم کردن مقرون به صرفه است یا خیر.

مقدار بخاری‌های مورد نیاز به منظور تهیه گرمای لازم از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

حرارت مورد نیاز به کالری در هکتار در ساعت = تعداد بخاری در هکتار بازده کالری به لیتر سوخت × مقدار سوخت مصرفی لیتر در ساعت

از نظر مکانی بخاری‌ها را مثل درختان میوه در داخل ردیف قرار می‌دهند، اما از آنجاییکه هوای گرم صعود می‌کند و هوای سرد از اطراف به داخل باغ سرازیر می‌شود، لذا گذاشتن بخاری‌های اضافه در ردیف‌های مرزی نتیجه بهتری را عاید می‌کند.

این روش دارای اثربخشی بالا در انواع انجماد با بهره‌وری پایین می‌باشد. دارای ۵۰ درصد بهره‌وری با میزان مصرف بالا، کارکرد با قیمت بالا برای هر هکتار ۲۰۰۰ دلار برای هر شب می‌باشد. بازدهی کل بستگی به دمای هوا و متناسب با تعداد گرم‌کن‌ها می‌باشد.

۲- دستگاه بخاری متحرک با سوخت پروپان و گاز طبیعی

سیستم بخاری متحرک شامل ۴ مخزن ۴۵ کیلوگرمی پروپان و دارای پروانه سانتریفیوژی است که هوای گرم شده را به صورت افقی و در جهت عمود بر مسیر حرکت تراکتور به بیرون می‌دهد. تراکتور حامل این دستگاه هر ده دقیقه یکبار از یک گیاه عبور می‌کند و می‌تواند ۵ تا ۷ هکتار را پوشش دهد. این دستگاه نسبت به طرح‌های دیگر ارزان‌تر است.

۳- سوزاندن علف‌های خشک

از روش‌های دیگر در این زمینه قرار دادن علف‌های خشک در مزرعه می‌باشد، زمان وقوع یخبندان، آنها را می‌سوزانند تا دود و گرمای حاصله از آنها جلوی خسارات را بگیرد. این روش هزینه‌چندانی ندارد و تأثیر کمی دارد. در عین حال استفاده از این روش منجر به آزار همسایگان می‌گردد. همچنین در شرایط خشک استفاده نمی‌شود، زیرا ممکن است منجر به آتش گرفتن درختان مزرعه گردد، پس باید در استفاده از آن احتیاط نمود. روش مذکور در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴- حفاظت به وسیله ماشین‌های مولد باد^۱

ماشین‌های مولد باد موتورهایی هستند که دارای پروانه قوی ایجاد باد بوده و معمولاً روی پایه‌های بلندتر از ارتفاع درختان کار گذاشته می‌شوند. موتور این ماشین‌ها ممکن است با نیروی الکتریکی یا با موتورهای بنزینی یا دیزلی کار کنند. اساس حفاظت از سرما به وسیله‌ی مولد باد، مخلوط کردن هوای گرم‌تر قسمت فوقانی لایه وارونگی با هوای سردتر درون ارتفاع محوطه‌ی گیاه است. استفاده از مولد باد در مواقعی مؤثر و مفید خواهد بود که وارونگی هوا وجود داشته باشد و تفاوت حرارتی معنی‌داری بین لایه‌های بالایی با سطوح زیرین و هم سطح خاک وجود داشته باشند. استفاده از ماشین‌های مولد باد بعد از یک شب یخبندان و سرما به خصوص بعد از طلوع آفتاب به کاهش خسارت سرمازدگی کمک نموده و تا حدی جبران عدم انجام عملیات حفاظتی شب قبل را خواهد نمود. علاوه بر این باعث می‌شود که صعود درجه حرارت در روز به آرامی انجام شود و قسمت‌هایی از نبات که یخ زده‌اند به آرامی آب شده و خسارت سرمازدگی کاهش یابد. این روش در ایران استفاده نمی‌گردد.

از جمله مزایای آن می‌توان به این موارد اشاره نمود: کارگر کمتری نیاز دارد، هزینه‌های اجرایی پایین‌تر می‌شود، اما میزان سرمایه و مخارج موجود بیشتر است. هزینه استقرار اولیه بسیار زیادی دارد، با این وجود ارزش سرمایه‌گذاری را دارد. متأسفانه به علت مشکلات زیست محیطی و سر و صدای ژنراتور و آلودگی صوتی منجر به بروز مشکلاتی برای مناطق مسکونی اطراف می‌گردد.

۵- استفاده از هلی‌کوپتر

از جمله روش‌های دیگر استفاده از هلی‌کوپتر می‌باشد که در زمان وقوع سرمازدگی با پرواز بر سطح مزرعه تبادل حرارتی انجام می‌گیرد. به ازای هر ساعت هر پرنده ۷۰۰ تا ۱۶۰۰ دلار (۴ تا ۷ ساعت در شب + حرکت در شب و زمان سوخت‌گیری) هزینه دارند. منطقه بزرگی را تحت پوشش قرار می‌دهند. می‌توانند با حرکت کردن افقی لایه‌های حرارتی را با استفاده از دوربین مادون قرمز پیدا کنند. می‌توانند از مکانی به مکان دیگر حرکت کنند و به وسیله تعداد واحدهای موجود در منطقه محدود می‌شوند.

۶- فن زهکشی هوای سرد^۲

در این روش هزینه هر واحد ۱۳۵۰۰ دلار است و حدود ۱ گالن/ساعت (گاز) سوخت مصرف می‌کنند. واحدهایی هستند که می‌توانند با گاز و الکتریسیته کار کنند و دستگاه‌های نصب شده را می‌توان به راحتی حرکت داد.

¹ Wind Machines

² Cold Air Drain Fan

۷- حفاظت به وسیله ترکیبی از ماشین‌های مولد باد و بخاری

ماشین‌های مولد باد و بخاری‌های مولد انرژی حرارتی توأمان نتایج مطلوبی را در حفاظت درختان باغ از سرمازدگی ایجاد می‌کنند. زیرا بخاری‌های باغ باعث گرم شدن سریع هوا و صعود آن به طبقات بالا می‌شوند. نتیجه اینکه گرم شدن هوا به طبقه‌ی بالای سطح محوطه‌ی گیاه محدود خواهد شد که ماشین مولد باد در ارتفاع معینی با منحرف کردن هوای گرم صعودی به سمت سطح باغ اثر مطلوب خود را به جا خواهد گذاشت. زمانیکه این دو روش ترکیب می‌شوند، نیاز به وجود بخاری در هکتار به نصف کاهش پیدا می‌کند.

۸- حفاظت به وسیله غرقاب کردن

حفاظت به وسیله‌ی غرقاب کردن از قدیمی‌ترین روش‌های حفاظتی در مقابل سرما است. این عمل شامل غرق آب کردن کلیه اراضی مزرعه یا باغات می‌باشد، آبی که برای غرقاب کردن مصرف می‌شود معمولاً درجه حرارت بالاتری نسبت به سطح سرد زمین مزرعه و باغ داشته و بدین وسیله از نزول زیاد درجه حرارت زمین جلوگیری می‌نماید و بازده تشعشع سطحی را در حد بالاتری نگه می‌دارد. اگر آب از چاه به جای منابع آب‌های سطحی استفاده شود، از لحاظ حفاظتی بیشتر مؤثر خواهد بود.

۹- آب‌پاشی بوته‌ها

هدف از این کار حفظ پوشش رطوبت و درجه حرارت محصول در نزدیکی صفر درجه سانتیگراد است.

۱۰- آب‌پاش‌های کوچک^۱

روش دیگر استفاده از آب‌پاش‌های کوچک است که آنها را در سطح مزارع نصب کرده و در قسمت‌های مختلفی مستقر می‌کنند. برخی از آنها در زیر ریشه گیاهان قرار داده می‌شوند و در مواقع مورد نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرند. از برق (نیروی الکتریسیته) برای کار کردن استفاده می‌کنند و مخارج بیشتری نسبت به آبیاری قطره‌ای دارند.

۱۱- آبیاری قطره‌ای

استفاده از این سیستم نتایج متنوعی را به دنبال داشته است. در این روش اگر آب روی زمین به صورت مخلوط آب و یخ با دمای صفر درجه سانتیگراد وجود داشته باشد، نشانه عملکرد مؤثر سیستم است. اگر تمام آب یخ بزند و ظاهر یخ، شیری رنگ و مات باشد، به این معنی است که سیستم مورد

^۱ Microsprinklers

استفاده در آن شرایط از کارایی مؤثری برخوردار نیست. این سیستم اگر در زمان یخبندان‌های بسیار شدید کار کند، ممکن است یخ بزند و شدیداً آسیب ببیند.

۱۲- آبیاری سطحی

یکی از رایج‌ترین روش‌های حفاظت در برابر یخبندان است. این روش بهترین کارایی را برای درختان کم رشد در زمان یخبندان تشعشعی دارد. هر چه آب گرم‌تر باشد، پس از سرد شدن گرمای بیشتری را آزاد می‌کند. بیشترین حفاظت در شب اول پس از جاری کردن آب تأمین می‌شود و به مرور زمان که خاک از آب اشباع می‌شود، کارایی این روش کاهش می‌یابد. آبیاری یک باغ مرکبات با آب ۲۳ درجه سانتیگراد، دمای هوای باغ را ۱ درجه سانتیگراد افزایش می‌دهد.

۱۳- آبیاری شیاری

شیارها باید مستقیماً در زیر قسمت‌های تحت حفاظت گیاه قرار داشته باشند. شیارها باید عرض باشند. تشکیل یخ بر روی سطح آب باعث ممانعت از انتقال گرما از آب به هوا و کاهش حفاظت می‌شود. آب سرد خارج شده از شیارها نباید مجدداً وارد مسیر جریان شود. شیارها نباید کاملاً در فضای زیر درخت یا در فضای بین درختان قرار داشته باشند. شیارهای محل جریان آب باید در حاشیه ردیف‌های درختان باشد. آبیاری باید قبل از اینکه دمای هوا به پایین‌تر از حد بحرانی برسد، آغاز شود تا جریان آب به انتهای زمین برسد.

۱۴- حفاظت به وسیله آبیاری بارانی

این روش در مورد گیاهان یکساله و گیاهان دائم مانند درختان نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. آبیاری با نصب آب‌پاش در بالا یا پایین تاج پوشش گیاهی استفاده می‌شود. آب‌پاش تاج پوشش گیاهی با رهاکردن آب با توجه به گرمای نهان آب، زمانیکه آب از مایع به یخ تبدیل می‌شود مقداری گرما تولید می‌کند. در طول یخ زدن گرمای نهان آزاد شده و گرمای از دست رفته پوشش گیاهی و محیط را جبران می‌کند. در این حالت هر گرم آب در حال یخ زدن ۸۰ کالری گرما آزاد می‌نماید که باعث حفاظت نبات از سرما می‌شود. در این نوع آبیاری باید آب کافی برای یک پوشش گیاهی خوب در دسترس باشد. در شرایط آب و هوایی جنوب کشور که تبخیر زیاد است میزان مصرف آب برای این منظور باید به مقدار بسیار زیادی در نظر گرفته شود و اگر آب کافی در دسترس نباشد با صدمه شدید روبرو خواهد شد.

۱۵- حفاظت به وسیله سوخت‌های جامد

این سوخت‌ها تهیه شده از کک‌های نفتی یا موم‌های نفتی هستند که بعضی از آنها به صورت آجر بسته‌بندی شده در بازار موجود می‌باشند. برخی دیگر از این نوع سوخت‌ها را داخل سطل‌ها و یا ظروف آهنی جای داده و قابل پر شدن مجدد هستند. این نوع سوخت‌ها بیشتر در گرم کردن باغات هلو و مرکبات و سیب کاربرد دارند، به طوریکه آنها را مستقیماً زیر درخت قرار می‌دهند. مزیت این نوع سوخت‌ها نسبت به بخاری‌های باغی این است که بطئی سوخته و هوای گرم شده زیر درخت را به بالا متصاعد می‌نماید و این هوای در حال صعود توسط شاخ و برگ و شکوفه‌های درخت شکسته و پخش شده و در تعدیل هوای داخل حجم درخت مؤثر می‌باشد. همچنین این نوع سوخت‌ها نیازی به سوخت‌گیری مجدد و یا تعمیر ندارند. تنها عیب این نوع سوخت‌ها این است که معمولاً غالباً را پس از روشن کردن نمی‌توان خاموش کرده و یا میزان حرارت آن را تنظیم نمود.

۱۶- حفاظت به وسیله سوخت‌های دیگر

می‌توان مصرف سوخت‌هایی مانند: چوب، ذغال‌سنگ، خاک ذغال، لاستیک‌های مستعمل، کاه، کود حیوانی و بوته‌های خشک در ایران را نام برد. بزرگ‌ترین مشکل آنها، این است که درجه سوختنشان را نمی‌توان تنظیم کرد و دود زیادی را تولید می‌کنند.

۱۷- حفاظت به وسیله پوشش^۱

در این روش از شاخه‌ها و برگ‌های درختان برای پوشش درختچه‌ها و نهال‌های جوان در مدت زمانیکه احتمال سرمازدگی وجود داشته باشد، استفاده می‌کنند. حفاظت نباتات به خصوص گیاهان زینتی به وسیله‌ی پلاستیک نیز در منازل، نوعی از این حفاظت است. این روش یکی از متداول‌ترین روش‌های حفاظت در برابر خسارات ناشی از یخبندان می‌باشد. در بعضی مناطق مانند جنوب کشور درختچه‌ها را توسط پوششی از شاخ و برگ درختان نخل می‌پوشانند و در بعضی مناطق دیگر تنه درختچه‌های حساس و جوان را با خاک متراکم می‌پوشانند و بعد از برطرف شدن سرما در اولین فرصت خاک‌ها را کنار می‌زنند. در مورد گیاهان یکساله در شب‌های سرد که احتمال یخبندان زیاد است از کلاهک‌های مخروطی شکل پلاستیکی استفاده می‌کنند چون خطر یخبندان نوع تشعشی فقط در هنگام شب می‌باشد، در طول روز برای برخورداری از نور آفتاب و انجام عمل کربن‌گیری کلاهک را برمی‌دارند.

در مناطق جنوب کشور معمولاً درختان نخل را با این روش می‌پوشانند، حتی در شمال کشور نیز از این روش استفاده می‌گردد. در این حالت از پوشش‌های فیبری، پوشش‌های پلاستیکی را برای

^۱ Wraps

محافظت از اندام گیاهان دور آنها می‌پیچند. این پوشش‌ها علاوه بر اینکه تبخیر را کاهش می‌دهند برای یخبندان بسیار مؤثر می‌باشند.

۱۸- حفاظت به وسیله کف‌های بادوام

این روش تقریباً جدید می‌باشد. کف‌ها محلول هیدرولیز شده پروتئینی می‌باشند که از سر لوله های مخصوص تحت فشار پاشیده می‌شوند. پروتئین‌ها نه فقط اثر سوئی روی نباتات ندارد بلکه دارای اثرات تقویت کننده مختصر نیز می‌باشند. مزیت این روش نسبت به بخاری‌ها این است که به تعداد کمتری کارگر نیازمند بوده و ارزان تر تمام می‌شود.

۱۹- حفاظت به وسیله پاشیده شدن مواد مؤثر بر فیزیولوژی گیاه

اگر گیاهی در حال استراحت یا خواب باشد، مقاومت بیشتری نسبت به سرما دارد. تجربه نشان داده که برخی از درختان جنگلی در زمستان درجه حرارت تا ۵۰ درجه زیر صفر درجه را بدون صدمات یخ‌زدگی تحمل نموده‌اند. همین درخت در تابستان زمانیکه اعمال حیاتی آن در حال فعالیت می‌باشد، حتی ممکن است چند درجه زیر صفر را تحمل ننماید. آزمایشات نشان داده است که Hydrazide Maleic با غلظت ۱ تا ۲ در هزار استراحت مصنوعی در درختان ایجاد می‌نماید.

۲۰- استفاده از تولید مه مصنوعی

با استفاده از تولید مه مصنوعی می‌توان تا حدودی از کاهش درجه حرارت جلوگیری نمود. البته این روش معایبی مانند ایجاد خطر برای رانندگان و مقرون به‌صرفه نبودن دارد. کنترل سرمای بهاره توسط دستگاه مولد مه نتایج زیر را در پی دارد:

- مه باعث کاهش از دست رفتن گرما از سطح خاک و گیاه به جو می‌شود.
- ایجاد مه مصنوعی به‌عنوان سدی در برابر هدر رفتن گرما از طریق تشعشع می‌شود.
- مه می‌تواند تا ۴ درجه سانتیگراد گرما تأمین نماید.

۲۱- کنترل سرمای بهاره توسط چاهک معکوس انتخابی

با چرخش پروانه‌ای در داخل یک چاهک فلزی یا سیمانی، هوای سرد تجمع یافته در سطح باغات به لایه‌های بالایی و خارج از تاج درختان انتقال داده می‌شود. این روش تا ۴ درجه سانتیگراد هوای باغ را گرم‌تر می‌کند. این دستگاه می‌تواند توسط برق، موتور دیزل و یا محور PTO تراکتور راه‌اندازی شود.

۲۲- استفاده از دود

دود در شب‌هایی که وارونگی حرارتی ایجاد شده است، گرمایی که به صورت طول موج بلند از زمین خارج می‌شود را از خود عبور داده و همچنین در روز بعد، نور خورشید را (که به صورت طول

موج کوتاه است)، از خود عبور نمی‌دهد. ایجاد دود از نظر محیط زیست، زیان‌آور می‌باشد، بنابراین استفاده از آن امروزه توصیه نمی‌شود.

۲۳- استفاده از ضد یخ طبیعی

ضد یخ طبیعی کراپاید، کمک می‌کند تا از گیاهان در برابر سرما و یخ‌زدگی به طور کامل محافظت شود. به دلیل جذب سریع این ماده توسط برگ‌ها، ساقه و ریشه در مدت کمی، گیاهان شروع به فعالیت شدید متابولیکی کرده و محتویات آمینواسیدها، پروتئین‌ها، قند، روغن، ویتامین و مواد معدنی به ویژه پروتئین‌های ضد یخ در پیکره گیاه افزایش می‌یابد. کراپاید مقاوم به یخ‌زدگی است و نقطه انجماد را در گیاهان پایین می‌آورد. این ویژگی‌ها به کراپاید کمک می‌کند تا گیاهان را در مقابل تأثیرات نامطلوب محافظت کند. همچنین گیاه را به ساختن پروتئین ضد یخ و آمینواسید ضد یخ تحریک می‌کند. بنابراین گیاه در مقابل سرمای ناگهانی و یخ‌زدگی به مدت (۲۰-۱۵) روز مقاوم‌تر می‌شود. این ویژگی‌ها در تمام درختان مشابه نیست. بعضی از گیاهان می‌توانند برخی از پروتئین‌های ضد یخ را بسازند و برخی می‌توانند همه پروتئین‌ها را بسازند که این امر بستگی به ویژگی‌های ژنتیکی گیاه دارد. برخی از گیاهان هم نمی‌توانند هیچ نوع پروتئین و یا اسید آمینه‌ای بسازند.

۴-۳-۳- روش‌های حفاظت غیر فعال یا بلند مدت

۱- پیشگیری به وسیله‌ی انتخاب اراضی مناسب کشت

در مناطقی که خطر سرمازدگی وجود دارد زمین‌هایی را باید انتخاب کرد که جریان هوا در آن به خوبی امکان پذیر باشد. اراضی شیب‌دار از این قبیل زمین‌ها هستند. به دلیل گود بودن، این اراضی مانند مخازن هوای سرد عمل نموده و مانع از جابه‌جایی جریان هوای سرد می‌شوند. هوای سرد نسبت به هوای گرم سنگین‌تر و متراکم‌تر است و طبعاً به طبقات پایین‌تر مانند گودال‌ها و ته دره‌ها رفته و در آنجا مستقر می‌شود. با توجه به این موضوع احتمال خسارت یخبندان برای گونه‌های حساس به سرما که در ته دره کاشته شده‌اند نسبت به آنها بیکه در دامنه کاشته می‌شوند زیاد می‌باشد. احتمال خطر سرمازدگی و یخبندان در زمین‌هایی که در کنار دریا و دریاچه و یا سایر آب‌ها قرار دارند نسبت به زمین‌هایی که در کنار آب نمی‌باشد خیلی کمتر است. آب ظرفیت حرارتی بیشتری دارد، به همین دلیل آب در تعدیل آب و هوای مناطق اطرافش اثر به‌سزایی دارد. یکی از موفقیت‌های کشت مرکبات در شمال، وجود دریای مازندران در کنار باغات مرکبات شمال می‌باشد. جهت دامنه‌ها هم نقش مهمی در این خصوص ایفا می‌کنند. خطر یخبندان در دامنه‌های جنوبی بیشتر از دامنه‌های شمالی است و در دامنه‌های شرقی و غربی متوسط است. دلیل این امر، آن است که خورشید با زاویه‌ی انحرافی کوچک‌تری در دامنه‌های جنوبی و با زاویه انحرافی بیشتری در دامنه‌های

شمالی می‌تابد، در نتیجه طبق قانون معروف کسینوس لامبرت شدت انرژی در دامنه‌های جنوبی بیشتر است.

در شب‌های صاف و آرام که یخبندان نوع تشعشعی رخ می‌دهد منطقه بالای کوه زودتر از دامنه انرژی خود را از دست داده و سردتر می‌شود در نتیجه هوای مجاور آن نیز سردتر و سنگین‌تر شده، به طرف کف دره سرازیر می‌گردد و در کف دره جمع شده و حالت وارونگی دمایی را به وجود می‌آورد. بنابراین کف دره نسبت به دامنه سردتر است و در سطح دامنه هوا به خوبی جریان دارد اما کف دره مانند مخزنی از هوای سرد عمل می‌کند که مانع جریان هوا می‌شود، در نتیجه زمین‌های شیب‌دار در مناطقی که خطر یخبندان زیاد است بهترین زمین‌ها هستند.

در مناطقی که خطر یخبندان وجود ندارد زمین‌هایی که در دامنه‌های جنوبی قرار دارند برای کشت محصولات زودرس مناسب می‌باشند اما از آنجاییکه زمین‌های دامنه‌های جنوبی انرژی بیشتری کسب می‌کنند در نتیجه گیاهانی که در آنها کشت می‌شود، انرژی بیشتری در دسترس دارند و در مقایسه با گیاهان دامنه شمالی و یا مناطق مسطح، قبل از وقوع یخبندان شکوفه می‌کنند و به همین دلیل در معرض خطر سرمای بیشتری هستند. زمین‌هایی که در کنار یک منبع آب مثل دریا و ... هستند به علت بالا بودن ظرفیت حرارتی آب نسبت به زمین‌های دیگر کمتر با احتمال یخبندان مواجه می‌شوند. خاک‌هایی که بتوانند در طول روز حرارت زیادی را در خود ذخیره کنند و در شب آن را ساطع کنند برای رشد محصولات در مناطقی که خطر یخبندان وجود دارد مناسب می‌باشند اما سطح خاکی که در طول روز حرارت را به آهستگی به سطح زمین منتقل کند، در طول شب زودتر و بیشتر سرد می‌شود.

۲- پیشگیری به وسیله‌ی انتخاب خاک مناسب

در مناطقی که خطر یخبندان وجود دارد، خاک‌هایی که بتوانند در طی روز حرارت زیادی را ذخیره کرده و در شب آن را پس دهند برای رشد محصولات ایده‌آل می‌باشند و بالعکس خاک‌هایی که به مرور زمان حرارت کمی را ذخیره نموده یا حرارت را به آهستگی به سطح زمین منتقل می‌نمایند در طی شب سطحشان زودتر و بیشتر سرد می‌شود. عمق نوسانات حرارتی در خاک خوب بیشتر است، این عمق معمولاً برای یک خاک مطلوب حدود نیم متر است. خاک خوب اندوخته‌ی حرارت زیادتری را در لایه‌های ضخیم‌تر دارا می‌باشد، بدین جهت در شب‌ها می‌تواند حرارت بیشتری را به طرف سطح خاک انتقال و سرعت افت درجه حرارت را کاهش دهد. خاک بد مثل خاک‌های آلی یا کوددار شب‌ها خیلی سرد می‌شوند، زیرا این نوع خاک‌ها در اثر تشعشع، حرارت خود را زودتر از دست داده و حرارت کمتری از اعماق زمین دریافت می‌کنند. خاک پوشیده از علف‌های هرز نیز خطرات سرما و یخبندان را تشدید می‌کند، زیرا این نوع پوشش‌ها خواه زنده یا مرده عملاً لایه‌ای با قابلیت هدایت حرارت کم و ظرفیت

حرارتی کمتر در بالای سطح خاک ایجاد کرده و امکان ذخیره‌ی حرارتی در روز و آزاد نمودن حرارت تشعشعی را در شب مشکل‌تر می‌نماید.

رنگ خاک عامل دیگری در افزایش یا کاهش خطر یخبندان محسوب می‌شود. خاک‌های تیره می‌توانند حرارت بیشتری را در خود ذخیره کنند، در نتیجه قادرند که در شب حرارت بیشتری را از دست بدهند. خاک‌های روشن‌تر بیشتر انرژی مفید خورشید را در طول روز منعکس و در شب خطر یخبندان را افزایش می‌دهند.

۳- پیشگیری به وسیله‌ی انتخاب ارقام مناسب و زمان کاشت مناسب

ارقام مختلف یک گونه از نظر تحمل در مقابل یخبندان به طور قابل ملاحظه‌ای با هم تفاوت دارند. در بعضی از حالات گیاهان به سادگی از خطر یخبندان نجات پیدا می‌کنند، بعضی از گیاهان که طول عمر کوتاهی دارند یا به اصطلاح زودرس هستند می‌توان آنها را جهت حفظ و حراست از سرمای بهاره دیرتر کاشت. به این ترتیب ارقامی که حتی دو یا سه روز دیرتر از ارقام مشابه گل کنند کمتر در معرض خطر سرمازدگی قرار می‌گیرند. در ایالت ایلی‌نویز امریکا تخمین زده شده است که ۹ روز دیرتر شکوفه نمودن یک رقم سیب احتمال خسارت سرما و یخبندان را از ۵۰ درصد به ۲۵ درصد کاهش داده است. در بعضی از ارقام شکل و حجم شاخ و برگ درخت نیز صدمه‌ی سرما را کاهش می‌دهد. کشت زود هنگام از هر نظر دارای مزیت می‌باشد. به طور مثال کشت زود هنگام به کشاورز اجازه می‌دهد تا محصول خود را قبل از بارش باران و یا وقوع سرما به خوبی برداشت کند. همچنین ورود زودتر محصول به بازار از نظر اقتصادی بسیار مهم می‌باشد. امروزه با ایجاد تغییرات ژنتیکی در گیاهان آنها را در برابر سرمازدگی مقاوم می‌کنند، همچنین باید به تقویم کشت توجه نمود به عنوان مثال اگر یخبندان دهم اسفند ماه اتفاق بیفتد باید گونه‌ای را انتخاب نمود که در این تاریخ شکوفه ندهد و با مقداری جابه‌جایی این سیستم را تغییر داد.

برای افزایش مقاومت گیاهان مختلف به سرما ۴ استراتژی کاربردی به عنوان پیشنهاد برای اجرا در برنامه‌های به‌نژادی دیده می‌شود:

- ۱- اصلاح تدریجی گیاهان از نظر صفت مقاومت به تنش سرما و تنش یخبندان از طریق کاربرد روش‌های موسوم و انتخاب گونه مناسب.
- ۲- انجام هیبریداسیون بین گیاهان زراعی و گیاهان وحشی نزدیک آنها که دارای صفت مقاومت به تنش سرما و تنش یخبندان هستند.
- ۳- اهلی کردن گونه‌های وحشی که در محیط‌های سرد به خوبی رشد می‌کنند از طریق اصلاح و انتخاب برای بهبود صفات زراعی آنها.
- ۴- راهکارهای پیشنهادی برای شناسایی ژن‌های مقاومت به سرما و یخ‌زدگی و دستکاری ژنتیکی آنها با استفاده از روش‌های پیشرفته بیولوژی مولکولی.

۴- پیشگیری توسط انتخاب پایه‌ی مناسب

پیوند زدن ارقام بر روی پایه‌های مقاوم یکی از مؤثرترین اقدامات برای مقاومت ساختمان درختان در مناطقی که با خطر سرمازدگی همراه است می‌باشد. البته در انتخاب پایه برای اصلاح نباتات علاوه بر مقاومت آنها در مقابل سرما، عوامل متعددی را در نظر می‌گیرند که ممکن است یکی از آنها مقاومت به سرما باشد.

۵- پیشگیری به وسیله‌ی سایر عملیات به‌زراعی

راهکارهای زیر برای این منظور ارائه شده است:

الف- تغذیه‌ی گیاهی: یک گیاه سالم و قوی نقطه‌ی یخبندان پایین‌تری دارد. مصرف کودهای شیمیایی اصلی لازمه‌ی سلامتی گیاه است، به همان نسبت مصرف ریزمغذی‌ها در سلامتی و قدرت گیاه مؤثر و مهم تلقی می‌شود. تجربه نشان داده که عنصر منیزیم در مقاومت مرکبات به سرما نقش مهم‌تری دارد. بعضی از محققان مصرف سدیم را در ایجاد مقاومت‌های بیشتر مؤثر می‌دانند. در مناطقی که خطر سرما درختان و گیاهان را تهدید می‌کند، نباید از کودهای ازته استفاده نمود.

ب- عملیات خاکی: یک خاک متراکم و فشرده که به جز محصول کاشته شده پوشش گیاهی دیگری ندارد در حد مطلوب تلقی می‌شود. نوع بافت خاک هم تأثیرگذار می‌باشد.

ج- پیوند زدن: زخم‌های جای پیوند در مقابل سرما و یخبندان خیلی حساس هستند و اگر این زخم‌ها با سرما روبرو شوند پوست اطراف زخم پیوند آسیب می‌بیند. بهتر است پیوند زدن زمانی انجام گیرد که خطر سرما رفع شده باشد.

د- بادشکن: در مناطقی که احتمال وقوع سرمای انتقالی هست بادشکن‌ها مفید واقع می‌شوند.

و- سلامتی گیاه: یک گیاه ضعیف و آفت زده کمتر می‌تواند در مقابل سرما مقاومت نماید.

۶- انتخاب محل مناسب کاشت

برای انجام این کار لازم است با توجه به اقدامات زیر محل مناسب کشت انتخاب شود:

- تحقیق از مردم محلی در مورد محصولات و ارقام مناسب منطقه
- توجه به توپوگرافی منطقه
- خودداری از کشت گیاهان در چاله‌های سرد
- کاشت گیاهان برگ‌ریز در شیب‌هایی که با نور خورشید مواجه نیستند.

۷- مدیریت کوددهی گیاه

کوددهی باعث افزایش سلامت گیاه و در نتیجه افزایش مقاومت آن به سرما می‌شود. درختانی که به طور مناسب کوددهی نشده‌اند، در پاییز خیلی زود دچار ریزش برگ می‌شوند و در بهار زودتر از

موقع به شکوفه می‌نشینند و در نتیجه به سرمازدگی حساس‌تر می‌شوند. همچنین وجود فسفر باعث بهبود دوباره گیاه پس از خسارت سرمازدگی می‌شود. برای افزایش مقاومت گیاهان، باید از بکار بردن کود از ته در اواخر تابستان یا اوایل پاییز اجتناب نمود.

۸- مدیریت کف مزرعه

در این مرحله اقدامات زیر مورد توجه قرار می‌گیرد:

- مرطوب کردن خاک‌های خشک: چرا که مرطوب کردن مناسب خاک‌های خشک پیش از وقوع یخبندان انجام می‌گیرد به طوری که خورشید بتواند خاک را گرم نماید.
- استفاده از پوشش‌های پلاستیکی شفاف (مرطوب کردن خاک پیش از استفاده از پلاستیک خیلی مؤثر است)
- هرس دور تنه درختان
- حذف گیاهان پوششی
- استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی: اتفن و پاکلوبوترازول با به تأخیر انداختن ۴ تا ۷ روز در خطر سرمای بهاره مؤثر شناخته شده است.
- رنگ کردن تنه درخت: چراکه رنگ سفید موجب کاهش اثرات یخ‌زدگی می‌شود.

۴-۳-۴- عملیات حفاظتی بعد از وقوع سرمازدگی

بعد از وقوع سرمازدگی اگر تمهیداتی در جهت جلوگیری یا کاهش خسارت مربوط انجام نشود ضرر و زیان حاصل از وقوع این پدیده به محصولات کشاورزی به خصوص از نوع حساس آن حتمی و غیر قابل اجتناب است. با اقداماتی می‌توان بعد از وقوع یخبندان تا حد زیادی گیاهان را از خسارت بیشتر و عواقب آن محافظت نمود. برای این منظور ابتدا باید بلافاصله بعد از ایجاد خسارت یخبندان در باغ، بافت‌های خشک شده و سرما زده را جمع‌آوری و از مزرعه و باغ دور کرد. اگر این اقدام انجام نشود خسارت بعد از سرمازدگی افزایش یافته و بوته‌های سالم نیز در معرض فساد و بیماری قرار می‌گیرند. به‌طور کلی روش‌های غیر فعال یا بلند مدت در کشور ما به سادگی قابل انجام است. در روش‌های کوتاه مدت و فعال نیاز به صرف انرژی می‌باشد که در کشور ما روش‌های فعال به حد زیادی بکار گرفته نشده است.

۴-۳-۵- بیمه محصولات کشاورزی

زیان‌های اقتصادی سرما و یخبندان به محصولات کشاورزی به مراتب بیشتر از زیان‌های سایر پدیده‌های مخرب جوی و گاه فزون‌تر از خسارت‌هایی است که در اثر بیماری‌ها و آفات به گیاهان وارد می‌شود. با توجه به انواع خطرات در حوزه‌ی کشاورزی و از طرفی اهمیت امنیتی غذایی ضرورت بیمه در عرصه‌های مختلف کشاورزی در اکثر کشورهای جهان به روشنی احساس شده است. در ایران نیز،

فعالیت صندوق بیمه محصولات کشاورزی عملاً از سال ۱۳۶۳ با هدف حمایت از محصولات کشاورزی آغاز شد.

قبل از شروع سال زراعی و آغاز کشت محصول، کارشناسان ستاد صندوق بیمه، ضریب خسارت و تعرفه‌ها را بر اساس ضوابط، روش‌های مرسوم تعیین می‌کنند و حق بیمه‌ها را به نماینده‌های استانی اعلام می‌نمایند. شروع بیمه پذیری هر زراعت همزمان با اعلام تعرفه‌ها و یا هنگام کشت آن محصول است. کشاورزان پس از مراجعه به کارگزاران بیمه و با تنظیم فرم بیمه‌نامه و پرداخت وجه خرید و خرید بیمه‌نامه، محصول آنها تحت پوشش بیمه‌نامه قرار می‌گیرد.

در این زمینه باید تحت نظر کارشناس میزان خسارات وارده به مزارع برآورد و مشخص شود که چه مقدار عملکرد دچار مشکل شده است، با این وجود امکان دارد قبل از وقوع سرمازدگی اندام گیاه دچار مشکل شده باشد، همچنین تغذیه گیاه و آفات وارده نیز در این زمینه بسیار تأثیرگذار خواهد بود.

۴-۳-۶- استفاده از گلخانه

از جمله روش‌های مورد استفاده در این بخش گلخانه می‌باشد. در کشور چین گیاهان در فضای باز کشت می‌گردند و میله‌هایی اطراف این مناطق قرار داده می‌شود که هنگام وقوع سرمازدگی نایلون‌های روی میله‌ها را روی فضای مورد نظر پهن می‌کنند و پس از رفع خطر دوباره آنها را جمع می‌کنند. حدوداً از اسفند تا فروردین این عملیات انجام می‌گیرد. روش دیگر در این قسمت کشیدن دیوار با ارتفاع ۱ تا ۲ متری در اطراف مزارع می‌باشد که با کاه و ساقه گیاهان مختلف یک عایق حرارتی ایجاد می‌کنند و در قسمت بالایی نیز پوشش نایلونی قرار می‌دهند که در مواقع خطر این پوشش‌ها را پایین می‌کشند و هنگام روز دوباره آنها را جمع می‌نمایند. معمولاً محصولاتی در این گلخانه‌ها کشت می‌شود که با انجام عملیات ژنتیکی روی آنها، ارتفاع کمی دارند و محصولات پرباری را ارائه می‌کنند. آب و سموم و آفت‌کش‌های مورد استفاده در آنها به صورت کنترل شده می‌باشد که این امر عملکرد آنها را ۵ برابر می‌نماید. با انجام این کار دیگر هیچ‌گاه خسارات سرمازدگی را نخواهیم داشت. با وجود اینکه سرمایه‌گذاری اولیه زیاد، محسّنات بسیاری دارد، حسن این روش امکان استفاده از نور طبیعی خورشید در طول روز می‌باشد زیرا این مورد منجر به بهتر شدن طعم محصولات می‌گردد، درحالی‌که متأسفانه امروزه محصولات گلخانه‌ای طعم طبیعی خود را از دست داده‌اند که دلیل آن هم استفاده از سموم مختلف و نبود نور خورشید می‌باشد.

۴-۴- راهکارهای مقابله با یخبندان در امور عمرانی

در زمینه یخ‌زدگی، نشست ساختمان، خم و کج شدگی دیوار و جدا شدن آن، ترک خوردن دیوار و شکسته شدن کاشی‌ها از نتایج کمی است که می‌تواند آسیب‌های ساختاری شدید در ساختمان ایجاد کند. در هنگام وقوع یخبندان شریان‌های حیاتی و لوله‌های انتقال آب و ... اگر در عمق مناسبی کار

گذاشته نشوند تحت تأثیر یخبندان قرار گرفته و منجر به قطع شدن جریان در آنها خواهد شد، بنابراین در انتخاب عمق لوله‌ها باید دقت بسیاری نمود و با پوشش مناسب از آنها محافظت کرد (کوترمارش، ۱۹۹۷). اسکلت ساختمان به مرور زمان در اثر یخبندان کم کم سست شده و در برخی مناطق فرو می‌ریزد و باعث می‌شود که از حالت اولیه خارج شود. حتی ستون‌هایی که نصب می‌گردند به علت یخبندان از محور اصلی خود دور می‌شوند. به عنوان مثال در برج پیزا که از جمله جاذبه‌های گردشگری جهان می‌باشد، ساختمان به دلیل متأثر شدن فونداسیون از عامل یخبندان به حالت کج در آمده است. خط عمق یخبندان که در ارتباط با ویژگی‌های خاک می‌باشد در زمین‌های نواحی مختلف جغرافیایی متفاوت است، که این امر شرایط متنوعی را ایجاد می‌نماید. باید برای جلوگیری از خسارات، تغییرات عمق یخ‌زدگی که متأثر از تشکیلات زمین‌شناختی منطقه می‌باشد را بررسی نمود.

کشور امریکا شاخصی تحت عنوان یخ بستن هوا^۱ را مطرح کرده که بر حسب درجه فارنهایت ساعات‌های روزهایی با دمای بسیار سرد را با یکدیگر جمع می‌کنند و متوجه می‌شوند که در منطقه چه مقدار دمای زیر صفر درجه را تجربه می‌نمایند، از این مسئله برای انجام برنامه‌ریزی در مسائل مختلف استفاده می‌شود.

اگر یک جریان آب در زمین وجود داشته باشد که انجماد یابد به دلیل ذخیره انرژی مستمر، زمان انجماد، افزایش پیدا خواهد کرد. اگر جریان آب بزرگ و دمای آب بالا باشد، امکان دارد انجماد کامل انجام نشود. زمانیکه فرایند انجماد شروع شود، کنترل آن به شکل‌گیری دیواری که مانع ایجاد کند، نیاز دارد.

در عناوین زیر مهم‌ترین راهکارهای مقابله با یخ‌زدگی در ساختمان‌ها و معابر شهری مطرح گردیده است (شهرداری تهران، ۱۳۸۵).

۴-۴-۱- تعمیرات یخ‌زدگی

در بعضی مناطق که به علت یخ‌زدگی شکستی ایجاد شده و فونداسون خراب شده است، باید با فونداسیون خوب جایگزین شود. یخ‌زدگی و باد کردگی به عنوان یکی از نتایج آسیب دیدگی بنیادی دیوار است، که هزینه‌های نقدی آن با توجه به شهرت سازنده می‌باشد. برای مکان‌هایی در ساختمان‌ها که دچار یخ‌زدگی شده‌اند می‌توان از پیوندهایی برای اتصال و ترمیم خرابی‌ها استفاده نمود. می‌توان مناطقی که ترک برداشته‌اند را با استفاده از گوه‌ها یا نیروهایی به یکدیگر پیوند داد و با انجام عملیات تزریق سیمان به تزریق چسب مخصوص پلیمری شکاف‌ها را پر نمود.

¹ Air Freezing

۴-۴-۲- شیوه‌های کنترل برف و یخ

- برف‌روبی به تنهایی (دستگاه‌هایی وجود دارند که برف را جمع‌آوری و برداشت می‌کنند)
- برف‌روبی به همراه شن و ماسه (علاوه بر برداشت برف، شن و ماسه را تزریق می‌کنند)
- پیشگیری از ایجاد لایه برف و یخ^۱
- یخ‌زدایی^۲

۴-۴-۳- شیوه پیشگیری از ایجاد لایه برف و یخ

این عملیات با هدف پیشگیری از یخبندان در سطح معابر و راه‌ها انجام می‌گیرد. در این روش، به کمک اطلاعات هواشناسی و همچنین اطلاعات سطح راه‌ها، با پیش بینی احتمال یخبندان معابر، پیش از شروع به یخ‌زدگی اقدام به پاشیدن مواد ضد یخ مخصوص می‌کنند. این مواد باعث می‌شوند که دمای نقطه انجماد آب در سطح معابر پایین بیاید و به این طریق از یخ‌زدگی آن جلوگیری شود. این شیوه اولین بار در سال ۱۹۷۶ میلادی در کشور فنلاند بکار گرفته شد. امروزه در کشورهای جهان (نظیر آمریکا، ژاپن، فنلاند، نروژ، سوئد، دانمارک، هند و ...) این شیوه بسیار معمول و متداول است. مزایای این عملیات به شرح زیر هستند:

- جلوگیری از کاهش سطح سرویس‌دهی معابر
- کاهش مقدار شن و ماسه بر سطح روسازی و جلوگیری از انسداد زهکش‌ها
- کاهش مواد ضد یخ مورد استفاده
- کاهش تصادفات ناشی از یخبندان
- کاهش هزینه‌های پاک‌سازی شن و نمک
- کاهش اثرات زیست محیطی

در این روش، از مواد مختلفی نظیر کلرید کلسیم، کلرید منیزیم، کلرید سدیم، اوره، کلرید پتاسیم و استات کلسیم-منیزیم استفاده می‌شود. قابل ذکر است که اوره به دلیل مضرات زیست محیطی که برای انسان دارد، کمتر در سطح شهرها و محل‌های مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی به دلیل خاصیت عدم‌خوردگی، جهت جلوگیری از یخ‌زدگی و کاهش لغزندگی در باند فرودگاه‌ها و سازه‌های فلزی از این ماده استفاده می‌شود.

پارامترهای مؤثر در انتخاب ماده ضد یخ عبارت است از:

- دمای ذوب (دمایی که ماده در پایین‌تر از آن یخ می‌زند).
- دمای مؤثر (دمایی که ماده در بالاتر از آن اثربخش است).
- درجه غلظت

¹ Anti-Icing

² Deicing

- اثرات زیست محیطی

- خوردگی

پارامترهای مؤثر هواشناسی برای انجام موفق عملیات پیشگیری از ایجاد برف و یخ به شرح زیر است:

دمای هوا، نوع بارش (برف، بارن، تگرگ) و شدت آن، پیش بینی تغییرات دما در ساعات آتی، دمای سطح روسازی، رطوبت نسبی، وضعیت سطح روسازی، شدت و جهت وزش باد می‌توان از این روش در فونداسیون‌ها استفاده نمود که با ریختن ماده ضد یخ در بتن از یخ بستن آن جلوگیری می‌کنند.

عملیات پیشگیری از ایجاد لایه برف و یخ به دو روش انجام می‌گیرد:

۱- روش مکانیزه

در این روش با توجه به اطلاعات هواشناسی و سطح راه، قبل از ایجاد یخبندان و بارش برف با استفاده از ماشین‌های ویژه پخش مواد محلول، اقدام به پاشیدن مواد ضد یخ بر سطح راه‌ها می‌شود تا از ایجاد یخبندان جلوگیری گردد. تجهیزات مورد نیاز برای این روش، شامل ادوات تولید و ذخیره مواد ضد یخ و کامیون‌های مخصوص حمل و پخش مواد محلول هستند.

۲- روش هوشمند

در این روش به صورت اتوماتیک و یا نیمه اتوماتیک و بر اساس اطلاعات هواشناسی و شرایط سطح روسازی، اقدام به پاشیدن مواد ضد یخ بر روی سطح معابر می‌شود. سیستم‌های هوشمند این قابلیت را دارند که فواصل زیاد و حداکثر شش باند را تحت پوشش قرار دهند. مواد ضد یخ توسط پاشنده (نازل)هایی که در فواصل معین از یکدیگر بر سطح روسازی، دیواره پل‌ها و گاردریل تعبیه شده اند، بر سطح جاده پاشیده می‌شوند. این روش ویژه رمپ‌ها، لوپ‌ها، پل‌ها و معابر حساس نظیر کنار گاردریل‌ها است. هزینه‌های این روش، شامل هزینه خرید اجزا، نصب و راه‌اندازی است و با توجه به تعداد نازل‌ها و فواصل آنها (طول مقطع راه) و ماده مصرفی متغیر می‌باشد. این روش بسیار پر هزینه می‌باشد و می‌توان در مناطقی که حساسیت لازم را دارند استفاده نمود.

• شیوه یخ‌زدایی

یخ‌زدایی، عملیات لازم برای از بین بردن لایه برف و یخ ایجاد شده بر سطح معابر و راه‌ها است. اغلب زمانیکه برف به میزان ۲۵ میلیمتر یا بیشتر متراکم شود و به سطح راه بچسبید، عملیات یخ‌زدایی را آغاز می‌کنند. این روش در ایران قابل استفاده می‌باشد ولی در دنیا در مناطقی که خیلی سرد هستند به هیچ وجه از آن استفاده نمی‌شود. عملیات یخ‌زدایی به سه روش انجام می‌گیرد:

• **به کار بردن نمک جامد و شن و ماسه (روش سنتی)**

در این روش نمک جامد و شن و ماسه به صورت فله‌ای و انبوه در کامیون شن‌پاش ریخته شده، به تدریج توسط کارگران با بیل بر روی سطح معابر پخش می‌شود. معایب استفاده از نمک جامد عبارت است از: کاهش تأثیر پذیری متناسب با کاهش دما، عدم توزیع یکنواخت نمک جامد و رانده شدن سریع آنها به حاشیه معبر، خورندگی زیاد، تخریب روسازی‌ها به علت پخش غیر یکنواخت نمک و ایجاد پسماند، اثرات زیست محیطی. معایب استفاده از شن و ماسه نیز عبارتند از: مسدود کردن زهکشی‌ها، کثیف نمودن شانه راه‌ها و پیاده‌روها، عدم توزیع یکنواخت شن و ماسه و رانده شدن سریع آنها به حاشیه معبر، آلوده نمودن هوا بر اثر گرد و غبار موجود در شن و ماسه، پراکندگی سریع از سطح روسازی، آلودگی آب‌های سطحی، نیاز به صرف وقت و هزینه اضافی جهت پاک‌سازی شن و ماسه، خطر صدمه به خودروها و عابرین (در اثر پرتاب دانه‌های شن).

• **به کار بردن مواد ضد یخ جامد از پیش مرطوب**

در این روش، به منظور افزایش کارایی و تأثیر عملیات، مواد ضد یخ جامد را با استفاده از محلول‌هایی مانند کلرید کلسیم و کلرید منیزیم مخلوط می‌کنند. این روش بسیار اقتصادی خواهد بود. انواع تجهیزات مورد نیاز عبارت است از:

- دستگاه‌های تولید آب نمک

- سیستم مرطوب‌کننده (به صورت افشانه از بالا یا نصب شده بر روی کامیون)

مزایای این روش عبارت است از:

- افزایش کیفیت: افزایش کارایی و تأثیر عملیات و ذوب سریع برف و یخ، پخش یکنواخت‌تر ماده ضد یخ، چسبیدن بهتر ماده ضد یخ به سطح راه.

- افزایش ایمنی: افزایش ایمنی برای رانندگان و وسایل نقلیه موتوری.

- کاهش هزینه‌ها: کاهش مواد مصرفی (در حدود ۳۰٪ کاهش در نمک مصرفی)، کاهش نفر-ساعتی که برای عملیات صرف می‌شود.

• **به کار بردن مواد ضد یخ مایع**

در این روش، از محلول‌های ضد یخ یاد شده جهت یخ‌زدایی استفاده می‌شود و با استفاده از دستگاه پخش‌کننده محلول ضد یخ، این مواد بر سطح معابر یخ زده پاشیده می‌شود تا عمل یخ‌زدایی انجام گیرد. دماسنج‌هایی در ایستگاه‌های هواشناسی وجود دارد که دمای آب را در زیر سطح زمین در ارتفاع‌های ۵ و ۱۰ و ۵۰ متری اندازه‌گیری می‌کنند، که می‌توان توزیع جغرافیایی آن را ترسیم نمود، نقشه‌های حاصل از آن با اطلاعات دماسنج‌ها برای بحث عمران (به علت یخ بستن و انجمادهای مکرر) و کشاورزی (در ارتباط با استقرار ریشه گیاه در خاک) بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در ژئومورفولوژی به

آن پرمافروست می‌گویند، منظور خاک‌هایی که دائم در معرض یخ بستن و ذوب می‌باشند، است که اگر روی آن فونداسیون مستقر گردد دچار مشکلات عدیده‌ای خواهد شد.

۴-۴-۴- راهکارهای معماری برای جلوگیری از شرایط اقلیمی سرد و یخبندان

در اقلیم سرد حجم خانه باید به صورتی باشد که کمترین سطح ساختمان را در معرض محیط بیرون قرار دهد تا از دست دادن گرمای داخل خانه پرهیز شود. حجم بنا بایستی فشرده باشد تا گرمای خورشید را در زمستان به خوبی حفظ کند. سقفی مناسب پیش بینی شود تا بتواند آب برف و باران را به سادگی دفع نماید، اجرای پی، در عمقی دور از عمق یخبندان باشد و برای سطوح داخلی از رنگ‌های تیره استفاده شود تا پرتوهای نور خورشید را بهتر جذب کند. در معماری خانه‌های این اقلیم از طراحی اتاق‌های بزرگ با ارتفاع زیاد پرهیز می‌شود زیرا با توجه به سردی هوا گرم کردن فضای بزرگ و مرتفع دشوار می‌باشد. بهتر است در مناطق کوهستانی، از مصالحی چون سنگ استفاده شود تا در برابر سرما و یخ‌زدگی مقاوم باشند.

۱- ساختمان‌های درون‌گرا با حیاط مرکزی

بناهای سنتی در اقلیم سرد مانند نواحی مرکزی فلات ایران دارای حیاط مرکزی بوده و سایر قسمت‌ها دور تا دور این حیاط چیده می‌شوند. اتاق‌های واقع در سمت شمال حیاط بزرگ‌تر از سایر قسمت‌ها است و تالار یا اتاق اصلی نشیمن خانه نیز در این سمت حیاط واقع شده است تا از تابش مستقیم و حرارت آفتاب در فصل سرد زمستان استفاده کنند. جبهه جنوبی ساختمان به دلیل کوتاه و معتدل بودن فصل تابستان کمتر بکار گرفته می‌شود. لذا اتاق‌های جنوبی و اتاق‌های شرقی و غربی در صورت وجود، به عنوان انباری یا فضاهای خدماتی همچون اتاق خدمه یا سرویس‌های بهداشتی کاربرد دارند.

۲- استفاده از ایوان و حیاط کوچک در بنا

از آنجاییکه بیشتر روزهای سال در مناطق کوهستانی سرد و یا بسیار سرد هستند، اکثر فعالیت‌های روزمره در اتاق‌ها انجام می‌گیرد. ساختمان‌ها در این اقلیم دارای ایوان‌اند ولی عمق آنها نسبت به ایوان‌های مناطق جنوبی کشور به مراتب کمتر می‌باشد و همانند ایوان‌های منطقه خزر، کاربرد نشیمن ندارند و صرفاً جهت حفظ ورودی‌های بنا از برف و باران استفاده می‌شوند. نکته دیگر پایین بودن کف حیاط بناهای اقلیم سرد به اندازه ۱ تا ۱/۵ متر از سطح پیاده‌روها است تا بتوان آب جاری در نهرها و جوی‌ها را بر باغچه حیاط یا آب انبار واقع در زیرزمین سوار نمود و از سوی دیگر، زمین مانند عایق حرارتی اطراف بنا را احاطه کرده، مانع از تبادل حرارتی بین بنا و محیط پیرامون آن و باعث حفظ حرارت درون ساختمان می‌شود.

۳- پلان، فرم بنا و نحوه قرارگیری آن

در حوزه اقلیمی سرد و کوهستانی، بناها دارای پلان و بافت متراکم می‌باشند. فرم بنا باید به گونه ای باشد که سطح تماس آن را با سرمای خارج کمتر نماید تا حرارت کمتری از درون به بیرون انتقال یابد. لذا از احجامی نظیر مکعب یا مکعب مستطیل استفاده می‌نمایند تا نسبت سطح خارجی بنا به حجم داخلی آن کاهش یابد و آن را در حداقل ممکن نگه دارد. ساختمان‌ها بین ۲۰ درجه به طرف غرب و ۴۵ درجه به سمت شرق و در سایه باد یکدیگر و خارج از سایه آفتاب هم، در محور شمالی و جنوبی مستقر می‌شوند.

۴- اتاق‌های کوچک با ارتفاع کم

در نواحی سرد و برفی، باید از ایجاد اتاق‌ها و فضاهای بزرگ داخل بنا اجتناب نمود چرا که با افزایش سطح تماس آنها با فضای سرد بیرونی، گرم کردن این فضای وسیع مشکل خواهد بود. بنابراین در این مناطق سقف اتاق‌ها را پایین‌تر از اتاق‌های مشابه در سایر حوزه‌های اقلیمی در نظر می‌گیرند تا حجم اتاق کاهش یابد و سطح خارجی نسبت به حجم بنا حداقل گردد. ارتفاع کم سقف در تالارها و اتاق‌های مهم و طاق راسته‌ها و حجره‌های بازارهای این مناطق نیز مشهور است.

۵- بازشوهای کوچک

در این مناطق برای جلوگیری از تبادل حرارتی بین داخل و خارج بنا از بازشوهای کوچک و به تعداد کم استفاده می‌کنند. در صورت بزرگ بودن پنجره‌ها، استفاده از سایبان الزامی است. بازشوها در ضلع جنوبی برای استفاده هر چه بیشتر از تابش آفتاب، بزرگ‌تر و کشیده‌تر انتخاب می‌شوند. همچنین باید از استقرار بازشوها در جهت بادهای سرد اجتناب نمود. پنجره‌های دو جداره نیز برای رساندن تبادل حرارتی به حداقل ممکن مناسب‌ترند. در ضمن به منظور جلوگیری از ایجاد سوز در داخل و خروج حرارت داخلی به خارج ساختمان، میزان تعویض هوای داخل و تهویه طبیعی را باید به حداقل ممکن رساند. در مقایسه با اقلیم گرم و خشک ابعاد بازشوها در این حوزه اقلیمی برای استفاده از انرژی حرارتی حاصل از تابش آفتاب افزایش یافته است.

۶- دیوارهای نسبتاً قطور

قطر زیاد دیوارها نیز به نوبه خود از تبادل حرارتی بین فضای داخلی بنا و محیط بیرونی ساختمان جلوگیری می‌کند. معیارهای معماری اقلیم سرد و کوهستانی و گرم و خشک تقریباً مشابه است و تنها تفاوت آنها در منابع حرارت دهنده می‌باشد که در اقلیم گرم و خشک این منبع از سمت بیرونی بنا و در اقلیم سرد از سمت داخل فضا می‌باشد. لذا باید در این اقلیم به کمک مصالح بنایی قطر دیوارها را زیاد نمود تا این جداره بتواند به عنوان منبع ذخیره حرارت داخل بنا عمل نماید. دیوارهای قطور، گرما

و حرارت تابش آفتاب روزانه را در طول شب حفظ و به تعدیل دمای داخل ساختمان کمک می‌نماید. در معماری بومی این مناطق تا حد ممکن تلاش می‌شود تا به شکل طبیعی یا با استفاده از بخاری و گرمای ناشی از حضور افراد، پخت و پز یا حضور حیوانات، بنا را گرم نمود.

۷- بام‌های مسطح

بام‌های شیب‌دار در صورت مناسب بودن پوشش آن به مراتب از بام‌های مسطح بهترند چرا که آب باران را به سهولت از روی بام دور می‌کنند. ولی در صورت کاهگلی بودن پوشش بام، قدرت آن در برابر رطوبت و باران و به ویژه برف بسیار تضعیف خواهد شد، چرا که آب ناشی از ذوب تدریجی برف وارد سقف کاهگل می‌گردد و بنا مرطوب و نم‌دار می‌شود. به همین دلیل به محض بارش برف، آن را از روی چنین بامی پارو می‌کنند و با غلتکی سنگی و کوچک، بام را دوباره غلتک می‌کشند تا پوشش کاهگلی آن مجدداً متراکم و سوراخ‌های ایجاد شده در اثر نفوذ آب مسدود گردند. انتخاب بام‌های مسطح در اقلیم سرد مشکلی ایجاد نمی‌نماید چرا که با نگهداری برف بر روی بام از آن به عنوان عایق حرارتی در مقابل سرمای زیاد هوای خارج که چندین درجه کمتر از درجه حرارت برف است استفاده می‌شود و همچنین فضای زیر اسکلت خرپا که کاربرد انباری دارد، عایق مناسبی بین فضای داخل و خارج بنا خواهد بود؛ لذا دو جداره بودن سقف بنا در این اقلیم برای حفظ گرمای بنا حائز اهمیت است.

۸- نوع مصالح

مصالح مورد استفاده در ابنیه سنتی در مناطق سرد و کوهستانی مانند سایر حوزه‌های اقلیمی از مصالح موجود در آن اقلیم است. این مصالح باید از ظرفیت و مقاومت حرارتی خوبی برخوردار باشند تا گرمای بنا را در فضای داخلی آن حفظ نمایند، لذا بدنه این ابنیه از سنگ (یا چوب، ملات، کاهگل، خشت و آجر) و پوشش سقف و بام از تیرهای چوبی و کاهگل می‌باشد. از سنگ و مصالح مقاوم و سنگین برای پی‌سازی بنا استفاده می‌کنند و در برخی نقاط، کرسی چینی با مصالح سنگین جهت جلوگیری از رطوبت بکار می‌رود، هر چند ابنیه این مناطق، به طور کلی، بر روی زمین بنا می‌شوند. در این رابطه می‌توان از شهر جوانرود و روستاهای اطراف آن واقع در منطقه غربی رشته کوه زاگرس و در ۹۵ کیلومتری شمال غرب کرمانشاه نام برد. در این منطقه ساختمان‌های سنگی، سیمایی موزون و هماهنگ به کل بافت شهر و همچنین به بافت روستاها داده است. از آنجاییکه سنگ به وفور در این منطقه کوهستانی وجود دارد، به صورت لاشه و یا قواره در دیوارهای قطور ساختمان‌ها بکار می‌رود. در این منطقه اقلیمی سرد و نسبتاً پر باران، بام ساختمان‌ها مسطح و با تیر چوبی و کاهگلی پوشیده شده است. هر چند که بام اغلب ساختمان‌های جدید در جوانرود دارای خرپای چوبی و پوشش شیروانی است.

فصل پنجم

راهکارهای مدیریت اثرهای خشکسالی

۱-۵- مقدمه

خشکسالی یکی از بلاهای طبیعی است که خسارات زیادی به زندگی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌آورد. خشکسالی‌ها در حالت کلی سه نوع هستند: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی کشاورزی. خشکسالی هواشناسی یا آب و هوایی ناشی از کمبود بارندگی می‌باشد که در صورت تداوم منجر به خشکسالی هیدرولوژیکی و کشاورزی می‌گردد. بارش عمده‌ترین پارامتری است که در تعریف خشکسالی بکار رفته است، یعنی خشکسالی و ترسالی در مقایسه با کمتر یا بیشتر بودن ریزش‌های جوی از میانگین بارندگی یک منطقه سنجیده می‌شود. پدیده خشکسالی موجب کاهش سریع جریان‌های سطحی، افت مخازن زیرزمینی، فرسایش آبی و بادی خاک، تغییر کیفیت منابع آب و خاک، افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و نشست زمین می‌شود. از این‌رو برای کاهش اثرات این پدیده و مدیریت خطر آن، ارزیابی خشکسالی و تداوم دوره‌های آن ضروری می‌باشد.

خسارات خشکسالی نسبت به سایر بلاهای طبیعی متفاوت است و خسارات دراز مدت و سنگینی دارد که شاید بسیاری از ابعاد آن قابل لمس نباشد. دلایل این تفاوت بدین صورت می‌باشد: نخست اینکه تأثیر خشکسالی به تدریج و در یک دوره‌ی زمانی نسبتاً طولانی آشکار شده و اثرات آن ممکن است با تأخیر و پس از چند سال بعد از پایان آن ظاهر شود. از سوی دیگر تعیین زمان دقیق شروع و خاتمه این پدیده تا حدودی مشکل است که باتوجه به این ویژگی اغلب خشکسالی را پدیده‌ای خزنده توصیف می‌کنند. دوم اینکه فشارها و اثرات شدید ناشی از خشکسالی فاقد ساختار مشخص بوده و نسبت به خسارات دیگر مخاطرات طبیعی، منطقه جغرافیایی وسیع‌تری را تحت پوشش قرار می‌دهد. سوم اینکه نبود یک تعریف دقیق و قابل قبول جهانی از خشکسالی به پیچیدگی و سردرگمی در مورد اینکه این پدیده وجود دارد یا خیر و اگر وجود دارد با چه درجه‌ای از شدت می‌باشد؛ افزوده است.

۵-۲- اثرهای رخداد خشکسالی

اثرات خشکسالی بسیار متنوع و گسترده می‌باشند. اما می‌توان این آثار را به دو گروه مستقیم و غیر مستقیم تقسیم‌بندی کرد. همچنین می‌توان برای آنها ترتیبی نظیر دسته اول و دسته دوم را قائل نمود. در جوامعی که اقتصاد آنها مبتنی بر کشاورزی است، اثرات مستقیم یا دسته اول خشکسالی به صورت کاهش تولید مواد غذایی به دلیل کاهش سطح زیر کشت و عملکرد محصولات بروز می‌نمایند. کاهش میزان اشتغال و سطح درآمد از جمله اثرات غیر مستقیم و دسته دوم در این گونه جوامع می‌باشد که عمده‌ترین دلیل آن کاهش سطح زیرکشت، کاهش عملیات داشت (آبیاری و...) و برداشت است. در نتیجه کاهش تولیدات مواد غذایی، قیمت مواد غذایی به صورت سریعی در اثر وقوع خشکسالی افزایش می‌یابد. کاهش تولید مواد غذایی به صورت غیر طبیعی منجر به افزایش مقدار قیمت مواد غذایی شده و عدم دسترسی به شغل مناسب باعث کاهش دسترسی مردم روستایی به غذا می‌شود. بروز این مشکلات به خصوص در مورد کشاورزان خرده‌پا و کارگران بدون زمین صادق است. خشکسالی می‌تواند اثرات مخرب و ویران‌کننده‌ای را بر زندگی کارگران مهاجر کشاورزی و افرادی داشته باشد که به صورت موقت و فصلی در بخش کشاورزی مشغول به کار می‌شوند که این امر موجب کاهش میزان شغل‌های وابسته به کشاورزی نیز می‌گردد. علاوه بر آن خشکسالی می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات و شیوه‌های مدیریتی نامناسب در زمینه تخصیص، مصرف و تأمین منابع آب در شهرها و روستاها گردد. به نحوی که در زمان وقوع خشکسالی استفاده نامطلوب و بی‌رویه از منابع آبی موجود به همراه ضعف سیستم‌های توزیع آب، موجب تشدید بحران می‌گردد.

علاوه بر آن وقوع خشکسالی منجر به ایجاد تغییرات اساسی در اقتصاد خانوار می‌شود. در شرایط ترسالی، خانوار وابستگی شدیدی به منابع مختلف درهم تنیده درآمدی نظیر زمین، دام و ... دارند؛ در حالیکه وقوع خشکسالی موجب کاهش وابستگی خانوار به درآمد حاصل از کشاورزی می‌گردد. در این دوران تأمین بودجه خانوار به صورت نسبتاً شدیدی بر اموال و دارایی‌های افراد خانوار معطوف می‌گردد تا از این رهگذر خانواده بتواند نیازهای حیاتی خود را پاسخگو باشد (کشاورز و کرمی، ۱۳۸۷). عمده‌ترین اثرات خشکسالی عبارت است از اثرات اجتماعی (مانند کاهش سطح بهداشت و بروز مشکلات سوء تغذیه، افزایش تضادهای سیاسی، اجتماعی، مدیریتی و افزایش درگیری و تضاد میان استفاده‌کنندگان از منابع آبی، کاهش کیفیت زندگی و افزایش فقر، مهاجرت و ...)، اثرات اقتصادی (افزایش قیمت محصولات کشاورزی و دامی، افزایش تقاضا برای دریافت وام‌های کم بهره، کاهش جمعیت ساکن در مناطق روستایی، افزایش هزینه تأمین آب، کاهش تولید مواد غذایی و در نتیجه افزایش واردات آن)، و اثرات محیطی و هیدرولوژیک نظیر کاهش تولید در اراضی کشاورزی، مراتع و جنگل‌ها، اثرات هیدرولوژیک، کاهش رواناب‌ها، کاهش زمین‌های مرغوب و مرطوب، تخلیه آب از منابع سطحی و زیرزمینی، فرسایش خاک، افزایش هدر رفت آب، کاهش کیفیت آب، کم شدن تنوع گیاهی،

آلودگی هوا و آتش‌سوزی جنگل‌ها. غیر از آن، این پدیده اثرات مخرب دیگری همچون کاهش سطح آب زیرزمینی، از بین رفتن احشام، تلفات انسانی و مهاجرت جمعیت را نیز به همراه دارد.

۳-۵- اصول اولیه در مدیریت خشکسالی

مدیریت خشکسالی می‌تواند در سه بخش مورد مطالعه قرار گیرد که شامل راهکارهای پیش از بحران، حین بحران و پس از وقوع بحران می‌باشد که با توجه به موقعیت منطقه ارائه و اجرا می‌گردد. به علت اینکه خشکسالی پدیده‌ای خزنده است و به آرامی در مناطق توسعه پیدا می‌کند، بنابراین سیستم مدیریتی خاص متفاوت با سایر مخاطرات را دارا می‌باشد، به گونه‌ای که برای انجام مدیریت فرصت لازم قبل از وقوع حادثه و هم در حین کار وجود دارد، این پدیده همچون سیلاب نیست که به سرعت مشکل آفرین باشد بلکه پدیده‌ای آهسته و آرام می‌باشد به صورتیکه می‌توان از قبل، تمهیدات لازم را برای آن فراهم نمود.

برای مقابله با بحران خشکسالی می‌توان اقدامات مختلفی در سه مرحله پیش از بحران، حین و بعد از بحران را انجام داد که در مباحث زیر مطرح گردیده است (فرج زاده، ۱۳۸۳ و صمدی و ابراهیمی، ۱۳۸۹ و روسی و همکاران، ۲۰۰۷)

۴-۵- راهکارهای پیش از بحران

۴-۵-۱- ارزیابی و پیش بینی وقوع خشکسالی و ایجاد سیستم‌های هشدار

یکی از مهم‌ترین عملیات جهت پیشگیری این پدیده، پیش بینی هواشناسی و بکارگیری تمامی روش‌های هشدار دهنده به مردم است که از طریق ارائه اطلاعات گسترده با استفاده از کلیه وسایل ارتباط جمعی میسر می‌شود. در حال حاضر روش‌ها و شاخص‌های محاسباتی بسیار خوبی در دسترس است و از این‌رو امکان وقوع و شدت خشکی به طور مستمر قابل محاسبه و پیش بینی است. همچنین می‌توان درجه خشکسالی را با کمک واژه‌های خاص گیاهی همچون پتانسیل خاک، آب و تعداد روزهای تحت تنش آبی مربوط به گونه‌های معین گیاهی بیان کرد. استفاده از شاخص رطوبت قابل دسترس یا انواع دیگر شاخص‌های خشکسالی برای انجام محاسبات مورد نیاز امکان پذیر است. اما برای ارزیابی و مقابله بین‌المللی با این پدیده و ترسیم نقشه منطقه‌ای یا قاره‌ای حساسیت خشکسالی بر اساس نتیجه محاسبات انجام یافته، لازم است نوعی توافق برای استفاده از یک روش مشترک به عمل آید.

جهت پیش بینی این واقعه در کشورهایی که با پدیده خشکسالی روبرو بوده‌اند باید خدمات مستمری وجود داشته باشد تا به کشاورزان، متخصصین مدیریت آب و اشخاصی که علاقه‌مند به ایجاد آمادگی در برابر اثرات سوء خشکسالی هستند، کمک نماید. شاخص‌هایی که مستمراً برای کاهش

خسارات ناشی از خشکسالی تعیین می‌شود، می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای ارائه کمک‌های دولتی و دیگر معیارهای در نظر گرفته شده، محسوب شود.

باید سعی نمود قبل از وقوع خشکسالی، بر اساس مدل‌های آب و هوایی رخداد آن را پیش بینی کرد که با استفاده از راهکارهای مختلفی می‌توان این پیش بینی را انجام داد، از مهم‌ترین راهکارها در این زمینه ایجاد سیستم‌های هشدار دهنده می‌باشد. در این بخش دانش سنجش از دور کمک بسیاری می‌کند. با استفاده از این فناوری می‌توان قبل از اینکه اتفاقی رخ دهد با استفاده از شاخص‌هایی مانند شاخص پوشش گیاهی، رطوبت خاک و ... پیش بینی نمود که آیا خشکسالی در منطقه اتفاق خواهد افتاد یا خیر؟ به عنوان مثال با استفاده از سنجش از دور، بررسی آنومالی‌های بارش در مناطق، بررسی آب مورد نیاز در بخش زراعت و رطوبت خاک می‌تواند انجام گیرد. در این زمینه کشور آمریکا سرآمد تمامی کشورها می‌باشد که سیستم هشدار مناسبی را در بخش خشکسالی ارائه نموده است و با تهیه نقشه روزانه و به روزرسانی و بررسی لحظه‌ای شرایط آنها ابزار مناسبی را جهت پایش طراحی کرده است و از طریق سایت‌های مختلف در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

۵-۴-۲- افزایش انعطاف پذیری چرا

منظور اصلی این است که باید احشامی که برای چرا در محیط‌های مرتعی برده می‌شوند، کنترل شده باشند و در زمان‌های مشخصی از سال چرا انجام شود و در زمان‌های دیگر مرتع، آیش گذاشته شود. هنگام تهیه یک برنامه برای کاهش تعداد دام، مهم‌ترین عامل می‌تواند ترکیب گله باشد. متغیر بودن گله هنگام وقوع خشکسالی بسیار مهم است. در مناطقی که خشکسالی عمومیت دارد، گله‌ها طوری تنظیم می‌گردند که بیشتر از ۵۰ تا ۷۰ درصد کل ظرفیت مرتع استفاده نشود. زمانیکه خشکسالی واقع گردیده و علوفه کمیاب می‌شود، در ابتدا بایستی تعداد دام‌ها با استفاده از فروش دام‌ها و یا دام‌های یکساله کاهش یابد و سپس از سلامتی گله محافظت گردد. در این صورت هرچند منافع کوتاه مدت کاهش خواهد یافت ولیکن به علت پتانسیل بالای گیاهان برای تجدید پوشش سریع بعد از خشکسالی، می‌توان اقدام خیلی سریع برای جایگزینی دام‌های فروخته شده نمود.

در واقع بهترین زمان برنامه‌ریزی برای خشکسالی در طول سال‌های غیر خشکسالی می‌باشد. یک سیستم چرای تناوبی با استراحت دادن گیاهان از چرا می‌تواند سلامتی مرتع را تضمین نماید. در صورتیکه از سیستم چرای تناوبی استفاده شود، گیاهان فوق‌العاده قوی خواهند شد و سیستم ریشه آنها نیز بالا می‌باشد و کمترین آسیب را خواهند دید، به همین جهت لازم است تا دوره‌های استراحت طولانی‌تر در طول دوره خشکسالی توسط افزایش تعداد چراگاه‌ها در داخل سیستم پیش‌بینی گردد.

در طول خشکسالی‌های شدید، ممکن است که برای جلوگیری از چرای مفرط، نیاز به کاهش تعداد دام باشد. حتی بهترین سیستم چرای می‌تواند بر تعداد دام نامناسب غلبه یابد. در هر سیستم چرای باید توجه داشت که دام‌ها دارای پراکنش مناسب در چراگاه باشند تا به افزایش طول دوره

استراحت گیاهان علوفه‌ای مرغوب، کمک شود. همچنین می‌توان با استفاده از استراتژی‌های مناسبی مثل حصارکشی یا قابلیت دسترسی به نمک، مکمل‌های غذایی، مواد معدنی و آب دائمی، دام‌ها را به قسمت‌هایی از مرتع که به طور معمول چرا نمی‌شوند منتقل نمود. این روش‌ها به قسمت‌هایی از مرتع که به صورت مفرط چرا می‌شوند اجازه استراحت می‌دهد. در طول دوره خشکسالی، گیاهان ممکن است که قبل از پایان دوره رشد به خواب روند، بنابراین آنها برای یک دوره طولانی نسبت به سال‌های عادی در خواب خواهند بود و این به مواد غذایی ذخیره شده در اوایل سال بستگی دارد. در طول دوره‌های خشکسالی، گیاهان ممکن است ۹ تا ۱۰ ماه به ذخایر کربوهیدرات‌های خود متکی باشند و فقط ۲ یا ۳ ماه وقت برای تجدید ذخایر ریشه سال بعد دارند. این مسئله اهمیت این نکته مهم را می‌رساند که بایستی قسمت‌های سبز و برگ کافی روی گیاه باقی بماند تا بتواند مواد غذایی کافی تولید و ذخیره نماید.

۵-۴-۳- ایجاد بانک علوفه

برای مقابله با خشکسالی باید زمانیکه علوفه کافی در اختیار هست، آنها را از همان منطقه و یا از مکان‌های دیگر جمع‌آوری و ذخیره نمود تا در زمان وقوع خشکسالی بتوان از آنها استفاده کرد.

۵-۴-۴- کشت گیاهان مقاوم به خشکی

استفاد از گیاهان با مصارف بالای آب باعث می‌گردد که در مواقع خشکسالی و بحران آب، گیاهان دچار تنش آبی شوند و توانایی مقاومت را نداشته باشند. مسلماً برای تعیین گونه‌های گیاهی برای کشت در فضای سبز هر منطقه متناسب با تمام شرایط میکروکلیمایی و زراعی آن منطقه و با توجه به مقاومت گیاهان نسبت به عوامل نامساعد می‌بایست تصمیم‌گیری شود و این مقوله باید با توجه به تنوع شرایط زراعی و به خصوص کیفیت و کمیت آب و خاک در مناطق مختلف لحاظ شود.

۵-۴-۵- تهیه برنامه تأمین آب در مناطق مبتلا به خشکسالی

برنامه تأمین آب به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد، اولین روش، احیاء روش‌های سنتی استحصال آب است. استفاده از فاضلاب‌های شهری روش دوم می‌باشد که در آن به تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد آن اقدام می‌گردد. شناسایی مکان‌های احداث سدهای زیرزمینی در مسیر رودخانه از راهکارهای دیگر در این زمینه است. استفاده از منابع آب غیر متعارف مانند آب‌های لب‌شور و استفاده از فناوری باروری ابرها نیز روش دیگر مورد استفاده است. استفاده از پیتینگ و کنتورفارو نیز از جمله روش‌هایی می‌باشد که ضمن کاهش شیب دامنه، آب حاصل از بارندگی در آن ذخیره می‌شود و آب به داخل زمین نفوذ یافته و جلوی حرکت آب گرفته می‌شود. شیرین کردن آب شور با استفاده از

انرژی‌های غیر فسیلی در حال حاضر مورد توجه می‌باشد. همچنین لازم است برای استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای و تحت فشار در مناطق مختلف برنامه‌ریزی انجام داد.

یکی از روش‌های مورد توجه در این زمینه استفاده از آب باران می‌باشد. امروزه سقف ساختمان‌های مسکونی را طوری طراحی کردند که بعد از بارندگی، آب از طریق شیارها و منافذ به داخل تانک‌های ذخیره جریان پیدا کند و این تانک‌ها آب را تصفیه می‌کنند و به این طریق از آب باران حداکثر استفاده را می‌برند.

راهکار دیگر استفاده از بام‌های سبز است. بام سبز، بامی است که مقدار یا تمامی آن با پوشش گیاهی و خاک یا با محیط کشت روینده، پوشانده می‌شود. لفظ بام سبز همچنین می‌تواند برای بام‌هایی که مفاهیم «معماری سبز» را مد نظر قرار می‌دهند، نظیر پنل‌های خورشیدی و یا صفحات فتوولتائیک نیز به کار رود. بام‌های سبز، پوشش‌های گیاهی پشت بامی هستند که در آنها گیاهان، جای مصالحی از قبیل موزائیک و کاشی را می‌گیرند. آنها اتلاف باران حاصل از طوفان‌ها را کاهش داده، آب باران را از آلاینده‌ها تصفیه می‌کنند و مصرف انرژی را کاهش می‌دهند. ساختمان‌هایی که دارای پشت‌بام‌های سبز هستند، در مقایسه با ساختمان‌های دارای پشت‌بام‌های معمولی، در زمستان به گرمای کمتری نیاز داشته و در تابستان محتاج سرمای کمتری هستند. این ساختمان‌ها در تعداد انبوه، قابلیت کاهش دادن اثر «جزیره حرارتی شهری» کل شهرها را دارا هستند. در کل مهم‌ترین مزایای بام‌های سبز کاهش سرازیر شدن سیلاب و کنترل آب باران می‌باشند. لایه زهکش بام سبز با ذخیره‌سازی آب در خود می‌تواند در هنگام بارش‌های ناگهانی، آب را در خود ذخیره کند و این آب را تا مدتی طولانی برای مرطوب نگه داشتن لایه خاک نگهداری کند، بدین وسیله از وقوع سیلاب نیز به دلیل جاری شدن آب باران جلوگیری می‌گردد.

از روش‌های دیگر در این زمینه احداث دیوار برای ذخیره آب‌یرزمینی در زیر سطح زمین می‌باشد. همچنین می‌توان در برخی مناطق از استخرها و دریاچه‌های مصنوعی برای ذخیره آب استفاده نمود. در شمال کشور، از این روش برای ذخیره آب و جلوگیری از سیلاب استفاده می‌شود. شوری‌زدایی از آب دریا روش دیگر مورد استفاده می‌باشد. در حال حاضر تأسیساتی در جنوب کشور به ویژه در جزیره کیش، قشم و شهرهای ساحلی برای شیرین کردن آب وجود دارد که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند، البته می‌توان سوخت این دستگاه‌ها را به انرژی خورشیدی تغییر داد. همچنین می‌توان از سیستم‌هایی که با انرژی هسته‌ای کار می‌کنند نیز برای شیرین کردن آب شور دریا استفاده کرد. از جمله روش‌های دیگر احداث چاله‌هایی برای ذخیره آب به همراه یک پشته جانبی در پشت آن می‌باشد. عمل پخش سیلاب در این مناطق انجام می‌شود و آب به داخل زمین نفوذ می‌یابد و مورد استفاده‌ی مجدد قرار می‌گیرد.

۵-۴-۶- توسعه بیمه محصولات کشاورزی

بیمه محصولات کشاورزی در برابر انواع مخاطرات آب و هوایی از راهکارهای مؤثری است که می‌تواند در کاهش اثرات خشکسالی بسیار مؤثر باشد ولی هنوز در کشور این بحث مورد توجه جدی واقع نشده است.

۵-۴-۷- کاهش مصرف آب

وجود یک سیستم تعیین اولویت‌های مصرف آب قبل از وقوع خشکسالی بسیار ضروری می‌باشد به نحوی که هر یک از مصرف کنندگان آب قبل از بروز خشکی از برنامه‌های محدودسازی مصرف آب مطلع شوند و ادارات، صنایع و بنگاه‌های تجاری، قبل از بروز خشکسالی از برنامه‌های کاهش مصرف آب آگاه باشند تا بتوانند برنامه‌های اضطراری خود را برای کاهش مصرف آب تنظیم و تدوین نمایند. بدون شک کاهش مصرف آب، کاهش درآمد عرضه کنندگان آب را به دنبال دارد. این کاهش درآمد در زمانی به وقوع می‌پیوندد که هزینه‌های مقابله با خشکسالی به بیشترین میزان خود می‌رسد.

۵-۵- راهکارهای حین بحران خشکسالی

یکی از تفاوت‌های اساسی مدیریت بحران‌های خشکسالی با بحران‌های ناشی از سایر بلایای طبیعی، وقوع تدریجی بحران خشکسالی می‌باشد. بدین معنی که پیش درآمدهایی برای خشکسالی وجود دارد که به راحتی پیش بینی آن را امکان پذیر می‌سازد. در این شرایط ارائه هشدارها و برنامه ریزی‌ها امکان پذیر بوده و به عبارتی فرصت برنامه‌ریزی را به برنامه‌ریزان و مسئولان می‌دهد. در کل به منظور مدیریت بحران خشکسالی لازم است طرح مدیریت جامع تهیه گردد که در هنگام وقوع خشکسالی به مورد اجرا گذاشته شود. در طرح مذکور مطالعات مختلفی صورت می‌گیرد که طی آن ضمن بررسی جوانب مختلف موضوع، وظایف افراد و سازمان‌های مسئول برای حل معضل، مشخص و ارائه می‌شود (یزدانی و حق‌شنو، ۱۳۸۶).

از جمله مهم‌ترین مواردی که در طرح جامع خشکسالی می‌باید مورد توجه قرار گیرد عبارت است از:

۵-۵-۱- شناسایی ظرفیت‌های مقابله با ضایعات ناشی از خشکسالی

مهم‌ترین موضوع پس از مشخص شدن شدت خشکسالی در یک منطقه، بررسی ظرفیت‌ها و امکانات در منطقه وقوع، برای کاهش خسارت‌های خشکسالی است. از جمله این موارد بررسی درآمدها، سرمایه‌گذاری‌ها، اعتبارات و تسهیلات مالی می‌باشد. وجود تأسیسات حفظ و نگهداری میوه، سبزیجات، گوشت و علوفه از مهم‌ترین مواردی است که باید مورد توجه قرار گیرند. تسهیلات مالی در اختیار برای کمک به آسیب دیدگان و منشأ آن در این بحران‌ها باید مشخص و هزینه آن نیز باید بر مبنای شاخص‌های متعدد به خسارت دیدگان پرداخت شود (یزدانی و حق‌شنو، ۱۳۸۶).

علاوه بر این میزان تاب‌آوری در برابر خشکسالی را مورد بررسی قرار می‌دهند. معمولاً در این وضعیت به اشتغال جایگزین روی می‌آورند. از جمله این موارد بحث توریسم می‌باشد. در حقیقت زمانیکه این پدیده اتفاق می‌افتد، باید برای جلوگیری از مهاجرت افراد به دنبال راه حل بود.

۵-۲- تشکیل جلسات مشورتی با کارشناسان و بهره‌برداران

یکی از مهم‌ترین مواردی که در مدیریت بحران نقش اساسی دارد، اطلاع‌رسانی شرایط و ایجاد فضای مقابله در مردم است. به همین منظور تشکیل جلسات و توجیه شرایط حاضر و اخذ نظرات مردم در پذیرش برنامه‌های ارائه شده به وسیله مردم بسیار مفید خواهد بود. اصولاً با مشارکت مردم در طرح‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، حذف فعالیت‌های پر مصرف آب و تعادل دام می‌توان موفقیت برنامه‌های جامع مهار خشکسالی را افزایش داد. در مواردی، کارشناسان و مردم بومی از تجربیات ارزنده‌ای برخوردار هستند که در جلسات مشورتی می‌باید از نظرات آنها استفاده نمود و آنها را به مورد اجرا گذاشت (یزدانی و حق‌شنو، ۱۳۸۶). برای انجام این کار باید از نظرات مردم و افراد نخبه در جامعه و دانش بومی منطقه استفاده کرد و باید از آنها مشورت گرفته شود تا در جریان کارها قرار گیرند. در صورت انجام این کار، پشتوانه اجرایی کارها و اقدامات به علت حمایت افراد جامعه فراهم خواهد شد. در غیر این صورت انجام هرکاری از طرف مسئولین بدون در نظر گرفتن مردم، با نتیجه مثبت روبرو نخواهد شد.

۵-۳- تهیه برنامه‌های اشتغال کوتاه مدت

به هنگام وقوع خشکسالی، بیکاری در میان مردم بیشتر شده و باید برای جبران آن برنامه‌ریزی نمود. بهتر است که در تهیه این برنامه‌ها، ویژگی‌ها و ظرفیت‌های مکانی مورد توجه قرار گرفته و برنامه‌هایی متناسب با آن ارائه گردد. توسعه صنایع دستی که معمولاً در بین مردم دارای جایگاه و ریشه تاریخی است، از بهترین مواردی است که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. هدف از توسعه صنایع دستی، ایجاد زمینه‌های اشتغال حتی به صورت کوتاه‌مدت در منطقه می‌باشد (یزدانی و حق‌شنو، ۱۳۸۶). می‌توان با فرهنگ‌سازی و آموزش افراد این نوع فعالیت‌ها را انجام داد. فراهم کردن بازار خارجی برای صنایع دستی که توسط مردم تولید می‌شود بسیار اهمیت دارد. در این شرایط باید دانست که پتانسیل کدام صنایع دستی در منطقه وجود دارد تا متناسب با آن، مواد مورد نیاز و بازار نیز در نظر گرفته و فراهم شود. در این شرایط، آب شرب و صنعت به این مناطق هدایت می‌گردد، فقط برای کشاورزی آب کافی وجود ندارد.

۵-۴- تهیه برنامه‌های کمبود آب و مواد غذایی

برای جلوگیری از تلفات انسانی، از اولین مواردی که طرح جامع مدیریت مورد توجه قرار می‌دهد، شیوه‌های تأمین آب و مواد غذایی است که به صورت فوری باید در اختیار مردم قرار گیرد تا بتوان از مهاجرت‌های انسانی جلوگیری نمود. تأمین اضطراری آب می‌تواند از طرق مختلف صورت گیرد که از جمله مهم‌ترین موارد آن از طریق بطری‌های آب و تانکرهای آب‌رسانی است و در افق‌های بلند مدت می‌توان از طریق لوله‌های انتقال آب این مهم را انجام داد. برای تأمین مواد غذایی می‌توان با در نظر گرفتن یارانه‌ها از طریق مراکز پخش نسبت به توزیع آنها اقدام نمود. به هر حال در مناطق دارای حساسیت خشکسالی، تأمین تأسیسات نگهداری مواد غذایی و علوفه از اولویتهایی است که می‌باید در نظر گرفته شود تا در هنگام رخداد مخاطره خشکسالی، از مواد غذایی ذخیره شده این مراکز استفاده شود (فرج - زاده، ۱۳۸۳). تهیه برنامه‌های تأمین کمبود آب و مواد غذایی نیز حائز اهمیت است. در حین بحران باید دانست که مواد غذایی را از کدام مناطق تهیه کرد و اینکه چه مواد غذایی فراهم شده و در کجا ذخیره نمود.

۵-۶- راهکارهای بعد از وقوع بحران

بعد از سپری شدن دوره بحران خشکسالی، باید تجدید حیات منابع در منطقه به عنوان استراتژی کلی، مد نظر قرار گیرد. بازساخت نظام دامداری و تولیدات زراعی از مهم‌ترین موارد مورد توجه استراتژی محسوب می‌شود. تجربه وقوع خشکسالی در این زمینه می‌تواند راهبردهای خوبی را برای انتخاب روش‌های کشت و دامداری ارائه دهد تا از این طریق تجربه مجدد مخاطرات تلخ خشکسالی تکرار نشود. عملاً ملاحظه می‌شود که وقوع بارش نسبتاً خوب بعد از وقوع خشکسالی، شرایط سخت را از یاد برده و مجدداً روش‌های غلط پیشین مورد استفاده قرار می‌گیرد. همواره بعد از وقوع خشکسالی می‌باید با برنامه‌ریزی گام به گام تمامی روش‌هایی که در مدیریت پیش از بحران بحث شده به مورد اجرا گذاشته شود. به طور قطع احیای مجدد و در واقع بازگرداندن حیات طبیعی به مناطق مبتلا به، کاری دشوار و نیازمند صرف زمان و هزینه زیادی است. در مواردی جبران خسارت‌ها و برگرداندن شرایط به حالت طبیعی به علت شدت زیان‌های وارده امکان پذیر نمی‌باشد و باید اندیشه‌ای نو برای احیای منطقه در نظر گرفته شود.

از جمله اقداماتی که در این زمینه انجام می‌گیرد عبارتند از مجهز کردن مزارع و باغ‌ها به سیستم آبیاری بارانی، افزایش تعداد چاه‌های کشاورزی، یکپارچه کردن اراضی به منظور جلوگیری از هدر رفتن آب، استفاده بهینه از منابع آب و خاک تا نیاز به آب و آبیاری کمتر شود، ذخیره کردن آب در اراضی شالیزار قبل از کشت، انتخاب محل مناسب برای دیم‌کاری، استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده یا بی‌ضرر، استفاده از آب‌های شور دریای خزر در کشاورزی با بکارگیری فنون استفاده از آب و خاک شور و...

۵-۶-۱- بازساخت نظام دامداری و تولیدات زراعی

این روش از روش‌های حائز اهمیت در این بخش می‌باشد. در حال حاضر در کشور ما، تعداد دام‌ها حدود ۳ برابر ظرفیت مراتع هستند، حتی با تولید علوفه و وارد کردن آن از کشورهای دیگر هم مشکلات زیادی وجود دارد که اگر این شرایط اصلاح نشود مراتع بیش از حد ظرفیتشان بهره‌برداری می‌گردند.

۵-۶-۲- انتخاب روش‌های کشت مناسب

انتخاب محصولات کشاورزی مناسب، به این معنی که در هر منطقه با توجه به صرفه اقتصادی و نیاز آبی و پتانسیل، محصولات مناسب انتخاب و کشت گردند. در واقع باید آمایش سرزمین انجام گیرد و رویکردمان مصرف بهینه آب باشد متأسفانه در شهر تهران، گیاهان متناسب با منطقه و آب و هوا انتخاب نشده و گیاهان بسیار آب‌دوستی بدون توجه به آب منطقه کشت شده است.

فصل ششم

راهکارهای مدیریت بارش‌های شدید و سیلاب‌های ناشی از آن

۶-۱- مقدمه

سیل پدیده‌ای طبیعی است که جوامع بشری آن را به عنوان یک واقعه اجتناب ناپذیر و یک بلیه طبیعی پذیرفته‌اند. ولی در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب‌ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می‌شود. بنابراین می‌توان با بکارگیری اصول علمی و عملی این‌به‌این و اماکن مسکونی و اراضی، جان خود را برابر سیل و زیان‌های آن مصون داشته یا به حداقل رساند. با توجه به اینکه رویداد سیل خود ناشی از عوامل متعدد طبیعی و غیر طبیعی است می‌توان با اعمال اقدامات مدیریتی و فنی احتمال بروز سیلاب و به خصوص خسارات و اثرات نامطلوب آن را کاهش داد.

۶-۲- طبقه‌بندی سیلاب‌ها

الف) سیل ناگهانی^۱: وقوع این نوع سیلاب‌ها معمولاً در فصل بهار و تابستان ناشی از عکس‌العمل سریع هیدرولیکی حوضه نسبت به بارش شدید می‌باشد و به دلیل ماهیت غافلگیر کننده، این نوع سیلاب منجر به خسارات و ضایعات قابل توجهی می‌شود.

ب) سیل رودخانه‌ای^۲: ناشی از بارش نسبتاً شدید و طولانی مدت در حوضه‌های با مساحت زیاد و یا بارش‌های متوالی بیش از ظرفیت نفوذ پذیری حوضه است.

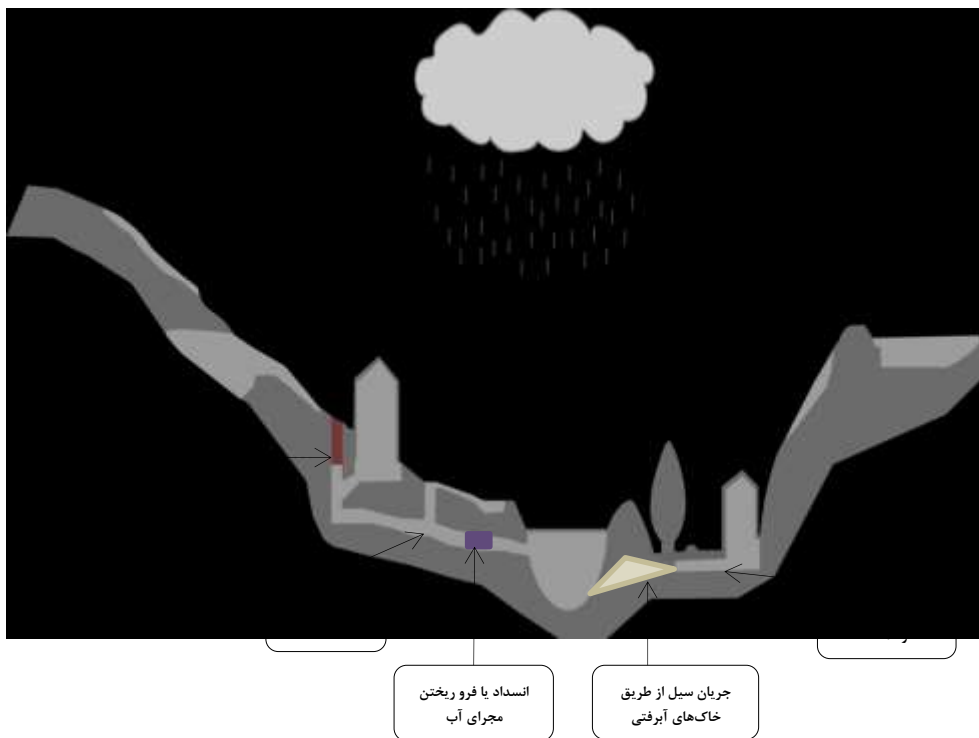
ج) سیل دریایی^۳: به دلیل بالا آمدن سطح آب دریا و یا دریاچه‌ها مانند بالا آمدن سطح دریاچه خزر روی می‌دهد، این نوع سیلاب ممکن است ناشی از طوفان و یا سونامی نیز باشد.

¹ flash flood

² river flood

³ sea flood

د) سیل ناشی از ذوب برف^۱: این نوع سیل ناشی از ذوب برف‌های بالادست می‌باشد که به دلیل افزایش ناگهانی دما می‌تواند توأم با بارندگی نیز باشد. در شکل ۱-۶ دلایل و انواع سیلاب‌هایی که ممکن است در یک مکان روی دهند، مطرح شده است.



شکل ۱-۶: دلایل و انواع سیلاب (او پی دبلیو، ۲۰۰۹)

۳-۶- اثرات بارش‌های شدید و سیلاب‌ها

بارندگی‌های سیل‌آسا (بارندگی‌های سنگین چند روزه مساوی با میزان بارندگی کل یک فصل) منجر به فرسایش خندقی و صفحه‌ای یا آب‌کندی، از دست رفتن خاک حاصلخیز فوقانی، شستشو و از بین رفتن زیاد مواد مغذی خاک، تشکیل لجن، سد، مرداب و پر شدن رسوبات در پشت سدها، انباشته شدن سد از رسوبات، خسارت و آسیب دیدگی به سیستم‌ها و شبکه‌های زهکشی، رخداد زمین لغزش در مناطق کوهستانی (که به علت بارندگی شدید و نفوذ بارندگی داخل شکاف‌ها منجر به زمین لغزش نیز می‌شود) و خسارت و آسیب رساندن به زیربنای جاده‌ها می‌شوند.

^۱ snow flood

رخداد زمین لغزش از جمله مهم‌ترین اثرات بارش‌های سنگین می‌باشد. در خلال رخداد بارش‌های مداوم و طولانی مدت پایه‌های ساختمان‌هایی که در حواشی رودخانه‌ها قرار دارند به علت گسترش سطح رودخانه، شسته شده و در معرض خطر واقع می‌شوند. همچنین تغییر مسیر رودخانه نیز در این شرایط بسیار خطرناک می‌باشد که حتی منجر به از بین رفتن کل مناطق مسکونی اطراف می‌گردد. طوفان‌های ساحلی نیز منجر به وقوع سیلاب‌های ساحلی و شسته شدن خاک می‌شوند. در بعضی مناطق برای جلوگیری از این واقعه، خانه‌ها را بر روی پایه‌های بلندی با ارتفاع ۳ یا ۴ متری مستقر می‌کنند و از طریق پله رفت و آمد انجام می‌دهند تا در صورت اتفاق افتادن سیل، خانه پایدار باقی بماند. تخریب پل‌ها، تخریب جاده‌ها، تخریب زمین‌های کشاورزی، تخریب چاه‌ها و قنات‌ها، تخریب بندها و سدها، تخریب منازل مسکونی ازدیاد ناقلین (مالاریا)، آلودگی آب، از بین رفتن محصولات و حیوانات اهلی (سوء تغذیه)، آسیب به مکان‌های بهداشتی و ارتباطی از جمله اثرات بارش‌های سیل‌آسا هستند. زیان‌های ناشی از سیل مربوط به پوشیده شدن زمین از آب و نیز فشار خود آب است. سیل ممکن است لوله‌های آب یا فاضلاب را جابه‌جا کند.

ممکن است تأسیسات تصفیه آب و تلمبه‌خانه‌ها زیر آب فرو روند و گل و لای داخل تلمبه‌ها، موتورها و سایر تجهیزات شوند که این امر سبب تعمیرات گران و وقت‌گیری خواهد شد. آسیب ساختمان‌های محافظ چاه‌ها و چشمه‌ها ممکن است منجر به آلودگی آب آشامیدنی شود. تأسیسات تصفیه فاضلاب و لوله‌های خروج فاضلاب بیشتر در معرض صدمات سیل قرار می‌گیرند. پس زدن آب در لوله‌های فاضلاب سبب سرریز شدن مخازن فضولات و چاه‌های فاضلاب می‌شود. به علت بالا آمدن سطح آب، انواع زباله در نقاط مختلف پخش می‌شوند که جمع‌آوری و دفع آنها مشکل مهمی ایجاد می‌کند. جمع شدن زباله و فضولات سبب افزایش مگس و جوندگان می‌شود. علاوه بر این دفن مردگان و زیر خاک کردن لاشه حیوانات مرده مشکل فوری و مهمی را به وجود می‌آورد.

جدول ۱-۶ بیانگر مهم‌ترین خسارت‌های مستقیم و غیر مستقیم سیلاب می‌باشد.

جدول ۱-۶: خسارات سیلاب

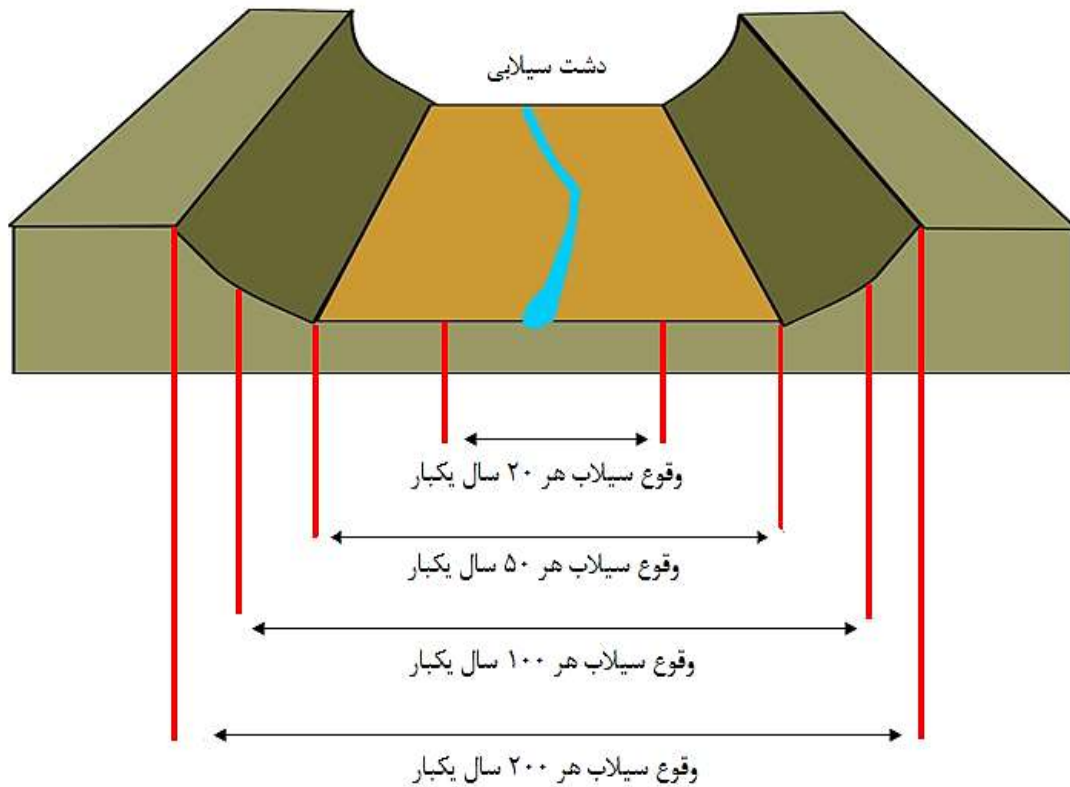
| خسارات نامحسوس | خسارات محسوس | | بخش خسارت دیده |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| | خسارات غیر مستقیم | خسارات مستقیم | |
| - احساس عدم امنیت - ایجاد آشننگی‌های اجتماعی | | - هزینه‌های ایجاد مسکن موقت - پاک‌سازی مناطق مسکونی و احداث مجدد - احیاء سیستم و شریان‌های حیاتی | مناطق مسکونی |
| | - هزینه احیا مجدد اراضی و راه‌ها - هزینه عدم تولید و یا تأخیر در تولید - خسارات صنایع و خدمات وابسته - تخریب مراتع و منابع طبیعی | - از بین رفتن کامل اراضی - از بین رفتن محصولات زراعی و باغی | کشاورزی |
| - رسوبگذاری در مخازن | - هزینه لایروبی - تأخیر در تأمین، آبیاری اراضی و کاهش تولید | - تخریب انهار و شبکه آبیاری و زهکشی - تخریب قنات- استخرهای ذخیره آب - آسیب دیدگی ایستگاه‌های پمپاژ - خسارات بندهای آبیگر، بندهای انحرافی و سدها | تأسیسات کشاورزی |
| - ایجاد عدم امنیت شغلی - اختلال در روند فعالیت‌های چرخه زیست محیطی | - شیوع انواع بیماری‌های مسری و غیر مسری - کاهش بازدهی محصولات دامی | - تلفات دامی | دامداری |
| - ضایعات زیست محیطی | - کاهش تولید | - خسارت واحدهای صنعتی و کارگاهی - خسارات وارده به تأسیسات (آب و برق) - ضایعات مربوط به مواد اولیه | صنعتی |
| - ایجاد رعب و وحشت | - اختلال در ترابری و پاک‌سازی راه‌ها - ایجاد شبکه‌های موقت و ضروری در شریان‌های حیاتی | - خسارات به شبکه راه‌ها، ابنیه و پل‌ها - خسارات ساختمان‌های خدمات عمومی - خسارات خطوط انتقال نیرو، آب، تلفن و.. | تأسیسات زیربنایی (خدماتی) |
| - ضایعات روانی - زیان‌ها و نیازهای بهداشتی | - تلفات جانی - سالم‌سازی محیط | - خسارات واحدهای بهداشتی - هزینه‌های درمان و امداد رسانی | بهداشتی |
| - افزایش دبی پیک سیلاب - مهاجرت روستاییان - از بین رفتن تالاب‌ها | - فرسایش خاک - بایر شدن زمین‌ها - تغییر شرایط بیولوژیکی و آبی | - تغییرات شرایط فیزیکی حوضه - شیوع بیماری‌ها - ایجاد باتلاق‌های جدید | زیست محیطی |

۶-۴-۱- روش‌های غیر سازه‌ای مقابله با سیلاب

این کار یکی از محورهای راهکارهای بسیار کارآمد و مؤثر در کاهش خسارات سیل می‌باشد که در دنیا مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی این محور، دور کردن مردم از جریان سیل می‌باشد و شامل بخش‌های زیر است:

۶-۴-۱- تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل

تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و پیاده‌سازی حد بستر و حریم رودخانه‌ها به منظور مدیریت توسعه سیلاب‌دشت بسیار حائز اهمیت است. یکی از مهم‌ترین تدابیر مدیریتی در زمینه بررسی تشدید خسارت سیل‌های اخیر در کشور، توسعه ساخت و ساز در سیلاب‌دشت‌ها و دخل و تصرفات غیر مجاز در بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها می‌باشد. تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل یکی از ملزومات و پیش‌نیازهای کلیه طرح‌های پیشگیری و کنترل از جمله سیستم‌های هشدار سیل، بیمه سیل، نحوه تعیین کاربری اراضی حاشیه رودخانه و آزادسازی محل عبور ایمن جریان رودخانه می‌باشد، که با توجه به این نقشه‌ها باید هر کجا با امکان خطر مواجه است از مستقر شدن تأسیسات، سازه‌ها و جمعیت خودداری شود. وجود این نقشه‌ها برای تعیین و ارزیابی خسارات وارده مورد نیاز بوده و ضرورت اجرای آن مورد تأیید وزارت کشور به عنوان مسئول ستاد حوادث غیر مترقبه می‌باشد. لازم به ذکر است که تاکنون مجموعاً ۵۰۰۰ کیلومتر از طول رودخانه‌های کشور تعیین حد بستر و حریم شده و برآورد می‌شود ۳۷۰۰۰ کیلومتر دیگر از طول رودخانه‌ها، جهت انجام مطالعات پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم دارای اولویت می‌باشد. با استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی خطر می‌توان بستر سواحل را برای دوره‌های بازگشت مختلف سیل شناسایی نمود. در شکل ۲-۶ امکان وقوع سیل برای ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال آینده در نظر گرفته شده است. باید متناسب با دوره بازگشت برنامه‌ریزی انجام داد تا بتوان تعیین نمود که احتمال رخداد مخاطره سیل در آن پهنه چقدر است و در آن منطقه استقرار تأسیسات و جمعیت چگونه باید انجام گیرد.



شکل ۲-۶: رخداد سیلاب در دشت سیلابی در دوره‌های زمانی

۲-۴-۶- منطقه‌بندی سیلاب‌دشت

منطقه‌بندی سیلاب‌دشت یک ابزار قانونی برای اجرا و پیگیری طرح‌های تفصیلی است که توسط مسئولان شهرهای کوچک و بزرگ و مسئولان مناطق و استان‌ها برای کنترل و هدایت کاربری و عمران اراضی بکار گرفته شده است.

۳-۴-۶- ضد سیل کردن مستحذات

مقاوم ساختن تأسیسات و سازه‌ها در برابر سیل، یکی از شیوه‌های رایج برای کاهش خسارات طغیان‌ها است. با این روش می‌توان آسیب‌پذیری مستحذات را در برابر سیلاب‌ها با استفاده از مصالح و تکنیک‌های مناسب ساختمانی کاهش داد و از زیان‌ها و خسارات ناشی از سیل کاست. این روش را

می‌توان به سادگی و به نحوی اقتصادی در مورد تأسیسات آبی بکار گرفت، لیکن ایجاد تغییراتی در طراحی سازه‌های موجود و تقویت و تطبیق آنها با شرایط سیلابی نیز میسر است.

۶-۴-۴- بیمه سیل

بیمه سیل، خسارت فیزیکی ناشی از سیلاب‌ها را کاهش نمی‌دهد، ولی می‌تواند الگوی بسیار نامنظم خسارات مزبور را به سلسله اقساط یکنواخت تبدیل کند. با استفاده از اقساطی که در طول زمان دریافت و انباشته می‌شود، می‌توان خسارات مالی وارد بر افراد و مناطق سیل زده را جبران کرد و از ابعاد فاجعه کاست. نرخ بیمه و اقساط دریافتی ضرورتاً باید متناسب با خطرات و خسارات احتمالی و بالقوه سیل باشد.

هدف اصلی از بیمه سیل، پخش کردن خسارات خطر سیل در جامعه، مربوط به ترتیبی است که همه‌ی آنها بیکه در معرض خطر سیل هستند در هزینه‌های مدیریت سیل مشارکت داشته باشند. این امر با پخش شدن هزینه‌ها در زمان و در جمعیت خطر پذیر صورت می‌گیرد. برقراری بیمه سیلاب مستلزم استقرار یک سیستم عادلانه با حداقل هزینه‌های جانبی و بدون اثرات معکوس و نامربوط است. بیمه سیل با سایر ابزارهای مدیریت زیان‌های سیل متفاوت است. بدین ترتیب که سایر روش‌ها خسارات سیل را در هر سیلی کم می‌کنند در حالیکه بیمه، خسارات را در زمان و مکان پخش می‌کند. رابطه مشخصی بین بیمه و ترمیم خرابی‌ها وجود دارد. کارایی‌های یک رهیافت بیمه‌ای وابسته به انتظامات عامه در ترمیم خرابی‌ها، عزم ملی در ترمیم این خرابی‌ها یا به عنوان گزینه‌ای دیگر چشم پوشی از خسارات کسانی است که استطاعت تهیه بیمه سیلاب را دارند ولی ترجیح می‌دهند که از بیمه استفاده نکنند.

گرچه بیمه خسارات ناشی از سیل را در بلند مدت کاهش نمی‌دهد، لیکن بیمه اقدام تکمیلی در راهبرد آن بخش از مدیریت سیلاب‌دشت‌هاست که خسارات را کاهش می‌دهند، مثل تأسیسات کاهش خسارت سیل، پیش بینی، مقابله با سیل یا تغییر کاربری اراضی به طوریکه آسیب پذیری کمتر در مقابل سیلاب وجود داشته باشد. بنابراین بیمه سیل هم شامل عناصری است که هم جزء تمهیدات ناشی از برنامه‌ریزی و تمهیدات واکنشی است.

مزایا و معایب بیمه بسته به نوع بیمه اختیاری یا اجباری باشد به میزان ثابت با خطر پذیری تناسب دارد. بیمه سیل می‌تواند به سرعت و بلافاصله برای ترمیم خرابی‌های ناشی از سیل، با تأمین منابع مالی به سیل زدگان کمک کند. رها شدن از نگرانی‌های مالی بلافاصله بعد از یک ضایعه طبیعی منجر به کمتر شدن ضربه روحی به قربانیان می‌گردد، ساکنین را تشویق به پس‌انداز برای خسارت آینده سیلاب می‌کند، منجر به کاهش تقاضا از بنگاه‌های امداد رسانی می‌شود، باعث تقویت سایر اهرم‌های سیاست گذاری مدیریت سیل در اراضی خطر پذیر می‌شود، اگر به خوبی مدیریت شده باشد، دسترسی به بیمه سیل، سایر اهرم‌های سیاسی را در مدیریت نواحی سیل زده یاری می‌دهد.

۶-۴-۵- ضوابط قطعه‌بندی و تفکیک اراضی

تقسیم اراضی به قطعات کوچک‌تر برای فروش و عمران قطعات مزبور، باید مطابق با ضوابط و مقرراتی انجام پذیرد که دستگاه‌های مسئول محلی مشخص می‌کنند. در این‌گونه ضوابط غالباً اندازه قطعات، عرض خیابان‌ها، مشخصات جوی‌ها و سیلاب‌روها، تراز زمین و سایر موارد و جنبه‌هایی که به رفاه و بهزیستی عمومی مربوط می‌شوند، مشخص و اعلام می‌گردد.

۶-۴-۶- مقررات ساختمانی

مقررات ساختمانی، مشتمل بر مجموعه‌ای از ضوابط و مقررات است که معمولاً توسط دستگاه‌های دولتی محلی وضع می‌شوند. این‌گونه مقررات عملاً استانداردهایی برای احداث انواع ساختمان‌ها و سازه‌ها با عنایت به جنبه‌های ایمنی، بهداشتی و رفاهی مردم تلقی می‌شوند و چنانچه به خوبی تدوین شوند و به اجرا درآیند، می‌توانند خسارات سیلاب بر ساختمان‌ها و سازه‌هایی را که در سیلاب‌دشت احداث می‌شوند، به طرز مؤثری کاهش دهند.

۶-۴-۷- تخلیه دائمی یا موقت

تخلیه افراد، اموال و تجهیزات از معبر سیل و اراضی سیل‌گیر یکی دیگر از روش‌های مهم کاهش خسارات محسوب می‌شود. پس از مطلع شدن از احتمال بروز سیل، ساختمان‌ها باید تخلیه شوند و تجهیزات و وسایل باید در ارتفاعی بالاتر از تراز محتمل سیلاب قرار گیرند و یا از محل خارج و به نقاط مرتفع منتقل شوند. اقدامات اضطراری باید به اجرا گذاشته شود و بالاخره سازمان‌های مسئول مقابله با سیل، امداد و نجات سیل زدگان، باید به انجام امور لازم بپردازند. علاوه بر تخلیه موقت، تخلیه دائمی مناطق سیل‌گیر نیز مطرح می‌باشد که معمولاً شامل خرید و تملک اراضی مزبور است. اراضی استحصالی را می‌توان برای زراعت، احداث پارک‌ها و تفرجگاه‌ها و میادین ورزشی که مانعی در برابر عبور سیل ایجاد نمی‌کنند و یا صدمه و خسارت سنگینی از سیل‌ها نمی‌بینند، مورد استفاده قرار داد.

۶-۴-۸- بازگرداندن اراضی رودخانه

در این حالت خاکریزهای حفاظتی حذف می‌شوند و اراضی مورد نیاز رودخانه به آن بازگردانده می‌شود. بنابراین مناطق کمتری دچار سیل گرفتگی خواهند شد و کاربری اراضی با شرایط رودخانه و سیلاب‌های آن هماهنگ خواهد شد (بزرگی و لویه، ۱۳۸۵).

۶-۴-۹- رودخانه‌های سبز

در این حالت از آبراهه‌هایی به موازات آبراهه اصلی به عنوان گذرگاه‌های فرعی در هنگام اوج سیلاب استفاده می‌شود که رودخانه‌های سبز نامیده می‌شوند. انتخاب این نام به این علت است که در

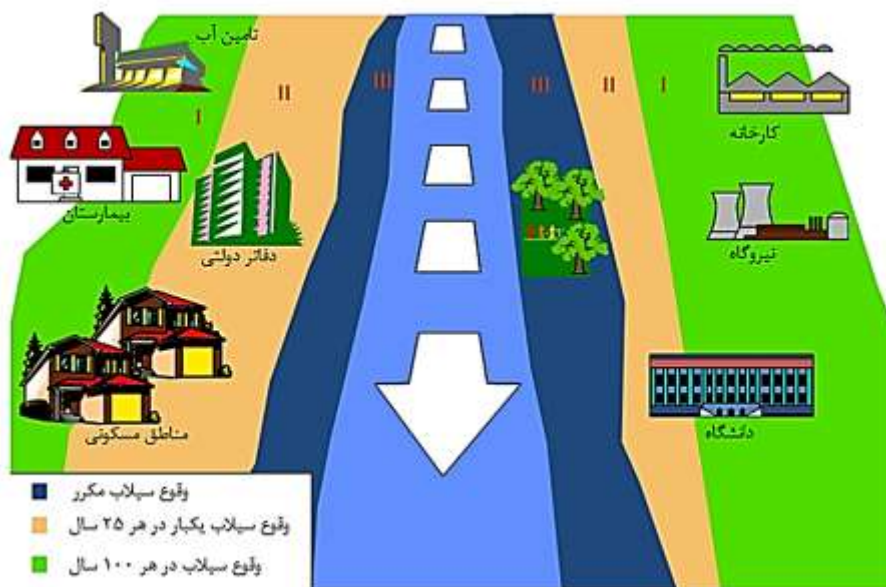
اکثر مواقع این آبراهه‌ها خشک هستند و ممکن است در مواقع عادی به عنوان اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند. اما در هنگام وقوع سیلاب ممکن است این نواحی دچار سیل گرفتگی شده و سیلاب در آنها جریان یابد که در واقع این امر باعث افزایش ظرفیت آگذری رودخانه و کاهش دبی اوج سیلاب می‌گردد.

۶-۴-۱۰- قطعات سیل‌گیر

در این حالت از مناطقی جهت ذخیره موقت سیلاب و در نتیجه کاهش دبی اوج سیلاب و ایجاد تأخیر در سیلاب استفاده می‌شود. این مناطق قطعات سیل‌گیر نامیده می‌شوند. در این حالت ممکن است از تعداد زیادی از این قطعات استفاده شود که قطعات بالا دست ابتدا دچار سیل گرفتگی شده و پس از آن قطعات پایین دست که در مناطقی با ارزش اقتصادی بالاتر قرار دارند دچار سیل گرفتگی می‌شوند.

در شکل ۳-۶ پهنه‌بندی مسیر رودخانه از نظر سیلاب و کاربری‌های متناسبی که می‌توان پیرامون آن ایجاد نمود، مطرح شده است. در قسمت مرکزی بستر طبیعی رودخانه قرار دارد، بستر شماره ۳ محدوده‌ای پر خطر با ریسک بالا می‌باشد که این مناطق را به احداث پارک اختصاص داده‌اند، در بستر شماره ۲ بخشی از دفاتر دولتی و برخی از مناطق مسکونی قرار داشته و در بستر شماره ۱ تأمین آب، نیروگاه، کارخانه، دانشگاه و بخش اساسی مناطق مسکونی واقع شده‌اند، در این بخش متناسب با نوع خطر کاربری‌ها قرار داده شده‌اند، در واقع بخش‌های بسیار مهم‌تر در بخش شماره ۱ جایگذاری شده‌اند. بسیار مناسب‌تر است که کاربری‌ها را با توجه به نوع خطرات موجود در مناطق مکان‌گزینی کنیم. در این بخش هنوز از روش سازه‌ای استفاده نمی‌شود بلکه در حال برنامه‌ریزی و تهیه نقشه برای انتخاب مکان مناسب قرار دارد.

مباحث مربوط به خروجی اضطراری در ساختمان هنگام وقوع مخاطره نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشد. معمولاً مناطقی که در نزدیکی بستر رودخانه هستند را به فضای سبز اختصاص داده و در آنجا ساخت و ساز انجام نمی‌دهند و ساختمان‌ها به مکانی دورتر از بستر با ارتفاع بالاتر انتقال داده می‌شوند.



شکل ۳-۶: پهنه‌بندی مسیر رودخانه از نظر سیلاب به همراه کاربری مناسب هر منطقه

۶-۵- مدیریت حوضه و حفاظت آبخیز

یکی از محورهای راهکارهای بسیار مؤثر در پیشگیری و کاهش خسارات سیل انجام پروژه‌ها و عملیات آبخیزداری است و خوشبختانه در این زمینه، مطالعات و پروژه‌های بسیار زیادی در کشور انجام شده است، ولی به دلیل عدم حفاظت عرصه‌ها و آبخیزها، ضرورت توسعه و افزایش این اقدامات، هم از طریق افزایش اعتبارات و هم پشتیبانی‌های اجرایی وجود دارد.

الف) آبخیزداری شامل عملیات بیولوژیکی و مکانیکی به منظور تقویت پوشش گیاهی (به منظور توقف حرکت و نفوذ آب)، حفاظت خاک و افزایش نفوذ پذیری و در نتیجه کاهش پتانسیل سیل‌خیزی منطقه است.

ب) مطالعات آبخیزداری و پخش سیلاب به منظور استفاده مؤثر از جریان سیل و کاهش خسارات آن (در این بخش زمانیکه سیلاب اتفاق افتاد آنها را در مناطق گسترده پخش می‌کنیم تا آب در منطقه نفوذ پیدا کند) انجام می‌گیرد.

ث) مطالعات اصلاح و تغییر کاربری اراضی و ارائه کاربری‌های مجاز خصوصاً با توجه به مطالعات پهنه‌بندی سیل و سیل‌خیزی در کوتاه مدت و دراز مدت صورت می‌گیرد.

۶-۶-۶- روش‌های سازه‌ای کنترل سیلاب

روش‌های ساختمانی کنترل سیلاب به روش‌هایی اطلاق می‌شود که برای کاهش حجم و یا شدت طغیان‌ها، ممانعت از ورود سیلاب‌ها به داخل محدوده مورد نظر و یا دفع جریان‌ات سیلابی بکار گرفته می‌شود که در مطالب زیر اهم آنها مطرح گردیده است:

۶-۶-۱- اصلاح بستر رودخانه‌ها

اصلاح بستر رودخانه‌ها به شکل‌های متفاوتی بسته به موقعیت مکانی و عوامل وابسته دیگر صورت می‌گیرد که عریض کردن بستر رودخانه، عمیق کردن در اثر لایروبی، خالی کردن رودخانه از نباتات، تسطیح رودخانه‌ها، تصحیح مسیر برای کم کردن طول رودخانه از جمله مهم‌ترین آنها محسوب می‌شوند.

۶-۶-۲- ایجاد سیل برگردان

ایجاد سیل برگردان به منظور انحراف آب سیلاب است که به شکل‌های مختلف صورت می‌گیرد. ایجاد دیواره‌ها در کنار رودخانه‌ها، کندن کانال‌های عرضی و موانع در مسیر سیل، منحرف کردن آب‌های تجمع شده به مناطق دیگر، ایجاد سیل‌شکن در دره‌ها برای جلوگیری از تجمع آب از مهم‌ترین آنها می‌باشند.

۶-۶-۳- ایجاد و ساخت سدها و آب‌بندها

این راهکار از جمله بهترین راهکارها است که نیازمند صرف هزینه زیادی می‌باشد و علاوه بر کنترل سیلاب‌ها امکان تولید برق و استفاده از آب ذخیره شده در آن وجود خواهد داشت.

۶-۶-۴- حفاظت از بستر رودخانه‌ها

تثبیت سواحل رودخانه از جمله عملیات عمرانی برای جلوگیری از خسارت می‌باشد، که لاستیک‌هایی را روی هم سوار کرده و روی آن نایلون می‌کشند تا ساحل فرسایش نیابد و ثابت بماند (بارنت، ۲۰۱۲). لایروبی رودخانه‌ها نیز بسیار اهمیت دارد، زمانیکه رسوبات در رودخانه انباشته می‌شود به مرور زمان کف بستر بالا آمده و رسوبات ته نشین می‌گردند، همین امر منجر به سرریز آب از بستر رود می‌گردد که با اجرای عملیات تخلیه رسوبات می‌توان از وقوع آن جلوگیری کرد.

از روش‌های دیگر در زمینه جلوگیری از سیل استفاده از درب کشویی در مقابل خانه‌ها و ایجاد دیوار بتنی می‌باشد که از وارد شدن آب به داخل خانه‌ها و حرکت به داخل مزارع جلوگیری می‌کند. استفاده از پشته‌هایی با پوشش نایلونی نیز مرسوم است. همچنین استفاده از سرریز در مجاورت سواحل و ایجاد پشته‌هایی از آنها توصیه می‌گردد که شیب و جهت را تنظیم و از ورود آب جلوگیری می‌کنند.

با استفاده از کیسه‌های شنی و قرار دادن آنها روی یکدیگر می‌توان سنگری از دیوار شنی ایجاد کرد تا آب به داخل خانه‌ها راه نیابد.

۶-۶-۵- ایجاد سرعت شکن‌های بتنی و سنگی در مسیر بستر رودخانه‌ها و مسیر سیلاب‌ها

یکی از روش‌ها در این زمینه ایجاد سازه‌هایی در پیرامون درختان اطراف ساحل جهت جلوگیری از شسته شدن خاکی که ریشه گیاهان در آن قرار دارند، است که این امر مانع از حرکت خاک می‌گردد. روش دیگر ریختن سنگ داخل توری‌های فلزی و قرار دادن آن در کنار سواحل و علی‌الخصوص ریشه گیاهان برای محافظت می‌باشد. همچنین می‌توان از دیواره و دایک‌های محکمی که از مواد پایداری ساخته شده‌اند در کنار سواحل رودخانه‌ها برای جلوگیری از شستشو و پخش سیلاب استفاده نمود. با احداث دایک در هنگامیکه رودخانه گنجایش نگهداری آب را ندارد، با هدایت آب به مسیر متروکه قبلی و استفاده از دایک به عنوان کانال از سرریز آب جلوگیری می‌کنند. دایک‌ها سرعت حرکت آب را کاهش می‌دهند. دیواره‌های سیل‌گیر نیز از پخش آب اضافی به داخل محوطه جلوگیری می‌کنند و پشته‌ها از ورود آب به منطقه ممانعت می‌نمایند.

۶-۶-۶- احداث سازه‌های شناور

برای احداث این سازه‌ها باید ابتدا برآورد شود که آب تا چه حدی بالا خواهد آمد تا بعد از آن، قسمت دیگر سازه‌ای احداث نشود. به عنوان مثال در کشور هلند، جریانی از طرف دریای شمال به این منطقه می‌رسد که زمان طوفانی شدن هوا، سیلاب بسیار عظیمی ایجاد می‌گردد که ۱۰ برابر وضعیت عادی جریان آب را افزایش می‌دهد و در نتیجه آن جریان آب با سازه‌های خاصی به داخل مجراها هدایت می‌شود. در این منطقه خانه‌ها را بر روی یونولیت‌ها و یا فایبرگلاس‌های سبکی می‌سازند و آنها را روی شمع و یا پایه‌های فلزی قرار می‌دهند، به علت سبک و متحرک بودن این سازه‌ها، هنگامیکه آب به زیربنای این سازه‌ها می‌رسد به صورت اتوماتیک سطح خانه‌ها بالا می‌رود و هنگامیکه سطح آب کاهش پیدا کند خانه‌ها پایین می‌روند، این سیستم از خرابی زیربنای ساختمان‌ها جلوگیری می‌نماید.

۶-۶-۷- برکه‌ها و سدهای مخزنی

استفاده از مخازن برای ذخیره سیلاب در مناطق نیز روش کاربردی می‌باشد. می‌توان برکه‌هایی را به این منظور ایجاد نمود یا از محوطه‌هایی که توپوگرافی چاله مانند دارند برای این کار استفاده کرد، تا زمانیکه آب رودخانه افزایش پیدا کند خود را به چاله‌ها رسانیده و از سیلابی شدن جلوگیری شود، در مطالعات هیدرولوژی به این روش، چالاب‌های سطحی گفته می‌شود. بعد از شناسایی این چالاب‌ها، قبل از اینکه آب به قسمت‌های پایین دست جریان یابد آب را به داخل حوضه آبریز هدایت می‌کنند. در شمال کشور به این چاله‌ها، برکه می‌گویند. زمانیکه بارندگی زیاد باشد آب در آنها جمع شده و می‌توان

از آنها استفاده نمود. این چالاب‌ها هم برای مقاصد حفاظتی و استفاده از منابع آب بسیار مفید خواهند بود. بسیاری از قدیمی‌ترین سد‌های جهان به منظور کنترل سیلاب احداث شده بودند. سد‌های مخزنی غالباً چند منظوره بوده و برای اهدافی چون آبیاری، تأمین آب شرب، تولید برق، مهار سیلاب و اهداف تفریحی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۶-۶-۸- سیل‌بندها و گوره‌ها^۱

محدود کردن جریان سیلاب در یک عرض معینی از رودخانه به کمک سازه‌هایی نظیر گوره‌ها و دیواره‌های سیل‌بند انجام می‌گیرد. این سازه‌ها از پخش شدن و گسترش سیلاب در زمین‌های اطراف رودخانه جلوگیری کرده، آن را در یک مسیر و مجرای مشخص و محدود هدایت می‌کنند. ساخت گوره‌ها (خاکریزهای سیل‌بند) قدیمی‌ترین، رایج‌ترین و نیز یکی از مهم‌ترین روش‌های مهار سیلاب از دیرباز تاکنون بوده است. گوره، بند خاکی کوتاهی است که در فواصل مختلف در کناره رودخانه و در امتداد آن ساخته می‌شود تا نقش سواحل مصنوعی در دوره‌های سیلابی که آب رودخانه از سواحل طبیعی خود بیرون می‌رود، را ایفا کند و بخش عمده زمین‌های اطراف رودخانه را از آب‌گرفتگی محافظت نماید. در مناطق شهری و سایر مناطق که ارزش زمین‌ها زیاد است، به جای گوره از دیواره‌های سیل‌بند استفاده می‌گردد. دیواره‌های سیل‌بند از جنس‌های مختلف بتنی، سنگی، آجری و ... ساخته می‌شوند.

به طور کلی طراحی سیل‌بندها و دیواره‌های سیل‌بند بایستی مشابه سد‌های معمول باشد. مزیت اصلی گوره‌ها امکان استفاده از مصالح محلی ارزان قیمت است. گوره‌ها از مصالح معادن قرضه که به موازات گوره هستند احداث می‌شوند. این مصالح بایستی در لایه‌ها ریخته و کوبیده شود. نفوذ ناپذیری مصالح در کناره رودخانه بایستی بکار گرفته شود. در کل مصالح مناسب برای هسته به ندرت در دسترس می‌باشند و بیشتر سیل‌بندها، خاکریزهای همگن می‌باشند.

مقاطع گوره‌ها باید با توجه به شرایط محلی و مصالح موجود طراحی شوند. به منظور امکان‌پذیر شدن عبور ماشین‌آلات، حداقل عرض سیل‌بند ۳ متر می‌باشد.

برای زیبایی، شیب گوره را می‌توانند ملایم‌تر از میزان لازم احداث نمایند. در این حالت سیل‌بند کمتر مشخص بوده و رفت و آمد مردم با سهولت بیشتری انجام می‌شود. زهکش‌های پاشنه‌ای برای حفظ ایمنی گوره‌ها در مقابل آب‌شستگی و جلوگیری از خروج آب از شیب پایین دست لازم هستند. به علت عرض زیاد گوره در پایین و ارزش بالای زمین‌های شهری، در این مناطق معمولاً از دیواره‌های سیل‌بند استفاده می‌شود، این دیواره‌ها به نحوی طراحی می‌شوند که در مقابل فشار هیدرواستاتیکی (فشار بالا بر آب) مقاومت کنند.

^۱ flood walls and levees

۹-۶-۶- مخازن تأخیری

مهار سیلاب با استفاده از مخازن تأخیری، تأخیری مستقیم و سریع بر روی سیلاب می‌گذارد. چنانچه توپوگرافی امکان ایجاد مخزن تأخیری با حجم مناسب را بدهد و منابع قرضه در فاصله کمی از محل پروژه موجود باشند، به علت تأثیر سریع‌تر آن بر تسکین سیلاب در مقایسه با روش‌های آبخیزداری، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. خروجی یک سد تأخیری، معمولاً یک سرریز بزرگ و یا چند خروجی بدون دریچه می‌باشد. نوع خروجی که بکار می‌رود بستگی به ماهیت سیلاب و مشخصات جمعی مخزن دارد. عموماً خروجی‌های روزنه‌ای ترجیح داده می‌شوند که موجب تأخیر بیشتر در جریان و افزایش ملایم‌تر جریان خروجی می‌شوند. یک سرریز ساده سطحی معمولاً برای سدهای تأخیری مطلوب نمی‌باشد زیرا حجم زیر تاج سرریز برای کاهش سیلاب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. با این وجود همیشه برای حفظ ایمنی خود سد یک سرریز بزرگ با ظرفیت چند برابر ظرفیت خروجی‌ها لازم است. ظرفیت خروجی یک سد تأخیری با مخزن پر بایستی برابر حداکثر ظرفیتی باشد که می‌تواند از رودخانه در پایین دست عبور کند. با شروع سیلاب، مخزن تأخیری پر می‌شود و خروجی آن قدر افزایش می‌یابد که مساوی سیلاب ورودی می‌شود. از آن به بعد حجم ذخیره شده خودبه‌خود از مخزن خارج می‌شود. سدهای تأخیری بیشترین کارایی را در حوزه‌های کوچک و با شیب زیاد دارند به علت زمان تمرکز کم سیلاب‌های حوزه‌های کوچک، بهره‌برداری کارآ از مخازن ذخیره‌ای به سختی ممکن می‌شود. به علاوه استفاده از مخازن تأخیری تخلیه خودبه‌خود مخازن بعد از سیلاب را تضمین نموده و مانع از فدا شدن منافع کنترل سیلاب برای منافع ذخیره‌سازی می‌شوند.

بندهای خشکه‌چین: این بندها آبراهه‌های کوچک توسط سنگ، در جهت کنترل سیل و فرسایش و رسوب ساخته می‌شوند.

- **بندهای گابیونی:** این بندها در آبراهه‌های بزرگ‌تر در جهت کنترل فرسایش و رسوب و کنترل و مهار سیلاب ساخته می‌شوند. مصالح مورد استفاده سنگ و توری گابیونی می‌باشد.

- **بندهای خاکی:** بندهای خاکی جهت کنترل هرزاب‌ها و تغذیه مصنوعی در آبراهه‌ها ساخته می‌شوند. در آبراهه‌های فصلی عموماً بندهای خاکی غیر تراکمی با ارتفاع مفید ۳-۵ متر و در آبراهه‌های بزرگ‌تر بندهای خاکی تراکمی با ارتفاع مورد نیاز احداث می‌شوند.

- **بندهای سنگ و سیمان:** این بندها جهت انحراف آب، کنترل هرزاب‌ها، کنترل سیل و فرسایش و رسوب در انواع آبراهه‌ها ساخته می‌شوند. مصالح مورد استفاده شامل سنگ و سیمان می‌باشد.

- **بانکت‌بندی:** عملیات بانکت‌بندی جهت کنترل فرسایش و هرزاب در اراضی شیب‌دار که دارای عمق کافی خاک باشند، اجرا می‌شوند. شیارهای بانکت بر روی خطوط تراز با فاصله و عمق مناسب احداث می‌شوند.

- **تراس‌بندی:** یعنی سکوبندی و پله‌پله کردن اراضی شیبدار که برای جلوگیری از فرسایش خاک و سهولت در امر زراعت و آبیاری انجام می‌شود.
- **احداث دیواره حائل حاشیه رودخانه‌ها:** این عملیات به منظور حفاظت از اراضی کشاورزی حاشیه رودخانه و کنترل فرسایش و رسوب انجام می‌شود و شامل عملیات خاکی و سنگی می‌باشد از جمله آنها می‌توان به تورگابیون، خشکه‌چین، سنگ و سیمان اشاره نمود.

۱۰-۶-۶- علوفه‌کاری

این عملیات به منظور افزایش تولید علوفه در انواع اراضی آبی، دیم و توسط انواع گونه‌های علوفه‌ای زراعی و مرتعی انجام می‌شود.

۱۱-۶-۶- نهال‌کاری

این عملیات به منظور کنترل فرسایش و تثبیت انواع سازه‌های احداثی در حوضه‌های آبخیز توسط انواع گونه‌ها به خصوص گونه‌های مثمر نظیر بادام و گردو انجام می‌شود. از اهداف دیگر این پروژه افزایش درآمد و اشتغال‌زایی می‌باشد. کاشت گونه‌های درختی به دو صورت بذرکاری و نهال‌کاری انجام خواهد شد.

۱۲-۶-۶- پخش سیلاب

این پروژه عموماً در قالب عملیات خاکی جهت استفاده از هرزاب‌های فصلی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی انجام می‌شود. از اهداف دیگر آن جلوگیری از خسارت ناشی از سیل و تقویت پوشش گیاهی می‌باشد.

۱۳-۶-۶- جدیدترین سازه‌های مقاوم با سیلاب

ساخت خانه‌های متحرک یکی از روش‌های پیشرفته در امر مقاوم‌سازی در برابر زلزله است از این روش در ساخت ساختمان‌ها، آپارتمان‌ها، کارخانه‌ها و ساختمان‌های مراکز تجاری استفاده می‌شود. این روش بسیار کم‌خرج است و در مناطقی که از نظر مقاومت در مقابل زلزله از سطح پایینی برخوردارند و در نواحی زلزله‌خیز سراسر جهان واقع شده‌اند بسیار مناسب و مقرون به‌صرفه می‌باشد بدین ترتیب تمامی اصول ساختمان‌سازی به سمت ساختمان‌سازی مکانیکی متحول می‌شود. این ساختمان‌ها در برابر تمامی بلایای طبیعی از قبیل سیل، آتشفشان، رانش زمین و همچنین در مقابل زلزله‌های خطرناک و مهیب و حملات تروریستی هم مقاوم می‌باشند. این طریقه مقاوم‌سازی که شیوه مهندسی ساختمانی "هاپکن" نام دارد نوعی مهندسی مکانیکی است که مدیریت و ابداع و سنجش تکنیکی آن را فردی به نام هاپکن به انجام رسانیده است. دیوارهای این خانه از بتن درست شده است و به وسیله

میله‌های فلزی کششی عمودی کاملاً فشرده می‌شوند. بدین ترتیب به دلیل استفاده از مواد جامد فشرده و سنگین، نیروی وارده به اجزاء پایینی ساختمان بسیار افزایش می‌یابد. البته باید گفت که به دیوارهای هر طبقه به صورت کنترل شده‌ای فشار وارد می‌شود و میزان فشار وارده در تمامی طبقات یکسان است. علاوه بر یک میله عمود در هر طبقه از ۳ میله افقی هم استفاده می‌شود. در این ساختمان‌ها از مصالحی استفاده می‌شود که کار گذاردن آنها به آسانی صورت می‌گیرد که به موجب آن دیوارهای ساختمان با بکار بردن میله‌های کششی محکم و مقاوم می‌شوند.

۶-۷- سیستم پیش بینی و هشدار سیل

سیستم پیش بینی و هشدار سیل، سیستمی جهت آگاه کردن مردم و مسئولین منطقه‌ای از خطر سیل و هشدار دادن به تمامی نقاط تحت پوشش است. مهم‌ترین موارد و پارامترهایی که این سیستم دربرمی‌گیرد، عبارتند از: بارندگی، رودخانه و حریم آن، اندازه‌گیری‌های هیدرولوژیکی، مدل‌های هیدرولوژیکی، یک سیستم ارتباطی جامع و یک جامعه همراه با داوطلبان آن برای پیاده کردن سیستم مزبور. هدف اولیه این سیستم، انجام دادن خدمات اضطراری و فراهم آوردن اطلاعات پیشرفته درباره سیل است، به طوریکه به سرعت و به سهولت بتوان پس از دریافت این اطلاعات، عکس‌العمل نشان داد. تعیین مناسب‌ترین و بهترین سیستم پیش بینی سیل برای یک منطقه، فرآیند پیچیده و دشواری می‌باشد. انتخاب نوع سیستم مناسب، بستگی به آشنایی مسئولین دولتی و صاحب منصبان جامعه با مسائل فنی و منطقه‌ای دارد. به طور کلی سیستم‌های پیش بینی به دو دسته تقسیم می‌شوند که در ذیل تشریح می‌گردند:

(۱) **سیستم‌های دستی:** اکثر سیستم‌های پیش بینی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، سیستم‌های دستی بوده که گران قیمت نیستند و بهره‌برداری از آنها آسان است. سیستم دستی شامل یک سیستم جمع‌آوری داده‌های محلی، یک فرآیند ساده پیش بینی سیل، یک هماهنگ کننده سیلاب در منطقه، یک شبکه ارتباطی برای انتشار هشدارها و یک روش پاسخ و عکس‌العمل می‌باشد.

(۲) **سیستم‌های خودکار:** یک سیستم پیش بینی خودکار سیل از گیرنده‌های حساسی که شرایط زیست محیطی را با استفاده از یک موافقت‌نامه ارتباطی سکوها‌های مشاهداتی و نیز یک موافقت‌نامه ثانویه که اطلاعات آن بین ایستگاه مبنا و سیستم‌های کامپیوتری دیگر فرستاده می‌شود، تشکیل شده است. این نوع سیستم دارای یک ساختار مجزا و یک ساختار مشترک شبکه‌ای بوده و می‌تواند شامل باران‌سنج‌ها و اندازه‌گیرهای خودکار و دبی جریان رودخانه، سیستم‌های ارتباطی، تجهیزات خودکار جمع‌آوری و پردازش، یک ریز پردازنده و در نهایت نرم افزار تحلیل و پیش بینی باشند. دو نوع از مهم‌ترین سیستم‌های خودکار تحت نام‌های سیستم هشدار دهنده سیل ناگهانی و سیستم جامع مشاهده و هشدار سیل هستند.

۶-۸- تهیه و تدوین نظام‌نامه مدیریت سیل و طرح عمل^۱ در مواقع بحران

به منظور ایجاد آمادگی و هماهنگی بین مسئولین دستگاه‌های ذیربط در سه مرحله زمانی قبل، حین و بعد از وقوع سیل تهیه می‌شود که بر اساس آن تمهیدات سازمانی از قبل مشخص شده‌ای مانند تخلیه شهرها و روستاها یا بستن جاده‌ها و... به مورد اجرا گذاشته می‌شود تا خسارات و خصوصاً تلفات ناشی از سیل به حداقل برسد. برای اجرای این پروژه پیشنهاد می‌شود گروه کاری از نمایندگان دستگاه‌های ذیربط تشکیل گردد. در واقع در این مرحله باید دقت داشت تا زمانیکه سیل اتفاق افتاد چه عملیاتی باید انجام شود و کدام مناطق امن و خطرناک هستند و اینکه در هنگام مواجهه با خطر نیروهای امدادی کجا مستقر شده و مکان‌هایی که می‌توان امداد رسانی کرد را مشخص نمود، همه‌ی این موارد در نظام‌نامه مدیریت سیل باید در نظر گرفته شود.

^۱ action plan

فصل هفتم

راهکارهای مدیریت بادها و طوفان‌های شدید

۱-۷- مقدمه

بادهای شدید و طوفان‌ها از جمله پدیده‌های پر انرژی جو هستند، که معمولاً هر ساله در زمان و مکان خاصی تکرار می‌شوند و دوره بازگشت و شدت آنها قابل محاسبه است و فرایندهای همراه آن اغلب خطرآفرین و گاهی به شدت مخرب می‌باشند. با توجه به انرژی باد در پدیده طوفان صدمات زیادی به ساختمان‌ها و محصولات کشاورزی و به طور کلی موجودات زنده وارد می‌آید. به همین منظور و با در نظر گرفتن خسارات بادها و طوفان‌های شدید لزوم اهمیت و بررسی دقیق‌تر، راه‌های کاهش خسارات و بهبود شرایط در برابر این مخاطره در فصل حاضر مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲-۷- مفهوم طوفان و انواع آن

طوفان آشفتگی جوی با اختلال در فشار موجود می‌باشد. گاه بر اثر حرکت شدید باد که در جریان دو جبهه هوای سرد و گرم تولید می‌شود به قدری شدت آن زیاد است که به صورت امواج هوایی سریع به حرکت درمی‌آید و در مسیر خود باعث قطع درختان، خرابی ساختمان‌ها و شکستن شیشه‌ها می‌شود و مناطق وسیعی را در هم می‌کوبد (فرج زاده، ۱۳۹۲).

طوفان‌ها دارای انواع مختلفی است که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- **طوفان گرد و غبار:** طوفان گرد و غبار به باد شدیدی گفته می‌شود که ذرات گرد و خاک و ماسه را در هوا با خود حمل می‌کند و آنها را از یک مکان به مکان دیگر منتقل می‌نماید. این طوفان معمولاً در نتیجه سرعت زیاد باد در نواحی که سطح خاک بدون پوشش مستعد فرسایش است، رخ داده و اغلب باعث کاهش میدان دید به کمتر از یک کیلومتر می‌شود.

- **طوفان‌های رعدآسا:** عبارت است از ابرهای کومولونیمبوس حجیمی که در آنها مراکز بارالکتریکی گسترش یافته است و با وقوع رعد و برق‌های شدید و بارش همراه می‌باشند.
- **طوفان برف:** وضعیت جوی نامساعد ناشی از ریزش برف شدید و وزش باد در دماهای بسیار پایین می‌باشد که منجر به برخاستن و پراکنده شدن برف از سطح زمین و کاهش دید می‌شود. کولاک‌ها، هنگامیکه یک سیستم پرفشار متقابلاً با یک سیستم کم‌فشار برخورد می‌کند شکل می‌گیرند.
- **طوفان تگرگ:** جریان هوایی بسیار شدید معمولاً همراه باران، تگرگ‌های درشت و رعد و برق می‌باشد. برای ایجاد دانه‌های تگرگ بزرگ در این طوفان‌ها باید جریان بالا رونده شدید درون ابر، ذرات کوچک یخی را تا بالای تراز انجماد در ابرهای کومولونیمبوس بالا ببرند. با انحراف این جریانات، ذرات به صورت عرضی در ابر حرکت کرده و رشد می‌کنند. رگبارهای شدید تگرگ حاصل سطوح گرم و از عوارض فصل گرم هستند.
- **طوفان شدید:** عبارت است از طوفان‌های مخرب و متمرکز که در سطح زمین ایجاد می‌شوند. علامت مشخص کننده این نوع طوفان ابرهای متراکم و پراکنده لوله‌ای شکل است که تا سطح زمین گسترش یافته و در مسیر خود مخرب‌ترین اثرات را ایجاد می‌کند.
- **طوفان‌های استوایی:** سیستم‌های چرخشی کم‌فشار در مناطق استوایی هستند که در نیمکره شمالی، در جهت خلاف عقربه‌های ساعت به دور خود می‌چرخند. گستردگی حرکت آنها بین ۸۰۰-۱۵۰ کیلومتر بوده و در طول سطح دریا با سرعت ۵۰۰-۳۰۰ کیلومتر در روز پیشروی می‌کند. انرژی امواج بزرگ این طوفان‌ها با نزدیک شدن به سواحل به تأثیرگذاری قابل توجهی منجر شده و در بسیاری مناطق مخرب‌ترین امواج منطقه را تشکیل می‌دهند. از ویژگی‌های آن خسارات ناشی از بادهای شدید، ریزش شدید باران، امواج طوفانی دریا، امواج ساحلی شدید، سیل دریایی، سیل رودخانه‌ای، رعد و برق و طوفان‌های رعدآسا هستند.
- **امواج طوفانی:** بالا آمدن ناگهانی آب دریا در اثر وزش بادهای شدید و فشار کم اتمسفر، منجر به ایجاد امواج طوفانی می‌شود. این امواج با اسامی دریای طوفانی، امواج طوفانی با امواج ناشی از جزر و مد شناخته می‌شوند.
- **گردبادهای حاره‌ای:** گردباد و یا چرخندهای بسیار شدیدی و سامانه‌های کم‌فشاری هستند که در هوای گرم مرطوب ایجاد می‌شوند و بر روی سطح وسیعی از آب‌های گرم توسعه یافته، که هوا در داخل آن صعود کرده، در مرکز آن به سمت داخل مکیده شده و در نتیجه انحراف زمین، انحنا پیدا کرده و به صورت چرخشی به حرکت در می‌آیند. این طوفان‌ها در واقع ستونی از هوای به شدت چرخنده قیفی شکل با بادهای شدید در سطح زمین هستند که سرعت آنها حداقل ۶۴ تا ۷۴ متر در ساعت (می‌باشد و ابرهای کومولونیمبوس در سطح بالای آنها قرار دارد.
- **طوفان رعد و برقی (تندری):** طوفانی از تگرگ و باران همراه با صدای رعد و درخشش برق در آسمان می‌باشند که از لحاظ ایجاد تأثیرات و اختلالات افقی در مقایسه با گردبادهای فوق حاره‌ای و

حاره‌ای بسیار ضعیف‌تر هستند، ولی این طوفان‌ها همراه با رعد و برق، توانایی ایجاد بادهای بسیار قوی را دارند و هر ساله، علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی و تأسیسات عمرانی، موجب تلفات انسانی زیادی در نقاط مختلف دنیا می‌شوند. طوفان‌های تندی در قوی‌ترین تندبادهای ایجاد شده در بسیاری از کشورها از جمله ایالات متحده، استرالیا و آفریقای جنوبی نقش مهمی داشته‌اند و همچنین عامل اصلی ایجاد بادهای زیادی در نواحی استوایی می‌شوند، ولی قدرت این بادهای زیاد نیست.

- **تورنادو:** یک ستون از هوای در حال چرخش است که از بالا به یک توده ابر سفید ضخیم و از پایین به زمین متصل می‌شود. تورنادوها به شکل‌های مختلفی ظاهر می‌شوند اما معمولاً دارای یک انتهای باریک به شکل قیف روی زمین هستند. این بادهای دارای سرعت ۱۱۰ متر در ساعت می‌باشند و مسیری بیش از ۵۰ کیلومتر را قبل از ناپدید شدن طی می‌کنند و در طول حرکت خود یک مسیر باریک از خرابه‌ها را بر جای می‌گذارند. بعضی از تورنادوها به سرعت ۶۰۰ متر در ساعت می‌رسند و می‌توانند مسافت بیش از صد کیلومتر را روی زمین طی کنند.

۳-۷- اثرها و خسارت‌های ناشی از بادهای و طوفان‌های شدید

در کل شدت جراحات و میزان مرگ و میر ناشی از طوفان کمتر از سایر بلاهای طبیعی مانند سیل و زمین‌لرزه است (دراک و هواتمر، ۱۳۸۳) اما با این وجود دارای خسارت‌های بسیار زیادی است. علاوه بر خسارت اولیه که به سبب نیروی خود طوفان مانند فرو ریختن سقف خانه‌ها، ریشه‌کن شدن درختان و پرت شدن اشیاء با نیروی زیاد به اطراف روی می‌دهد، طوفان به سیم‌های انتقال برق و نیز تیرهای چراغ برق صدمه می‌زند و در نتیجه کار دستگاه‌های تصفیه آب و فاضلاب و تلمبه‌خانه‌هایی را که با نیروی برق کار می‌کنند مختل می‌سازد و مشکلات فراوانی در اثر جمع شدن زباله و فضولات که خود سبب افزایش مگس و سایر جانداران موذی می‌شود پیش می‌آیند. خطراتی که بادهای شدیدی دارند شامل موارد ذیل هستند:

سیل: زمانیکه طوفان‌ها و بادهای شدید همراه با بارندگی اتفاق بیفتند و سطح آب افزایش بیابد، سیل رخ می‌دهد. بیشتر مردم در طی طوفان بیش از هر خطر دیگری در اثر سیل کشته می‌شوند. موج جزر و مدی در حین طوفان بر آب اقیانوس‌ها فشار می‌آورد و می‌تواند منجر به جاری شدن سیل‌های مرگبار شود.

رخدادهای دورآ: امواج طوفانی توده‌ی عظیمی از آب هستند که در کل ساحل به نزدیکی منطقه‌ای که در آن چشم طوفان باعث ریزش زمینی می‌شود، می‌رسند. طوفان قوی‌تر، موج‌های طوفانی بلندتری ایجاد می‌کند. برای کسانی که در امتداد ساحل، زندگی می‌کنند موج طوفان یکی از

¹ surge

خطرناک‌ترین بخش‌های طوفان است. امواج دوراً تمام چیزهایی که در ساحل وجود دارند را از بین می‌برد. در هنگام وقوع آن، گاه ارتفاع امواج تا ۱۷ متر افزایش پیدا می‌کند (چاپمن، ۱۹۹۹).
اثر باد بر سازه‌ها: خسارات ناشی از باد بر روی ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها یک واقعیت آشکار است. روش آزمایش و خطا همواره نقش مهمی در توسعه روش‌های ساخت ساختمان‌های مسکونی کوچک و یافتن سقف‌های بهتر برای ساختمان‌هایی که همواره از طوفان‌ها آسیب دیده‌اند، ایفا کرده است. در قرن‌های گذشته ساختمان‌های بنایی سنگین، که گروه مهمی از ساختمان‌ها مانند مساجد و کلیساها نیز به این صورت بودند فقط بر اساس این درک ساخته شدند که این نوع ساختمان‌ها در مقابل باد مقاوم هستند.

آوارهای پرنده: یکی از دلایل مهم و اصلی ایجاد خسارات در طوفان‌ها، آوارهای پرنده هستند که همانند خسارات ناشی از نیروهای مستقیم باد (چه خسارات ناشی از بار اعمالی باد که بیشتر از تنش مجاز سازه باشد و یا خسارات ناشی از بارگذاری خستگی که به دلیل نوسانات نیروهای کمتر از نیروی مجاز سازه‌ها است) اهمیت به سزایی دارد. نفوذ قطعات آوار پرنده در پوسته ساختمان نتایج نامطلوب زیادی دارد از جمله فشار زیاد اعمالی ناشی از نفوذ این اجسام در پوسته سازه، ساختمان را تهدید می‌کند، نفوذ باد و باران به داخل ساختمان و همچنین نفوذ قطعات پرنده کوچک‌تر به داخل ساختمان می‌تواند ایمنی ساکنین را به خطر اندازد. آسیب پذیرترین قسمت ساختمان در برابر آوارهای پرنده قسمتی است که رو به باد است، البته قسمت‌های جانبی و سقف نیز می‌توانند آسیب ببینند. به محض اینکه باد به دیوار رو به باد می‌رسد مؤلفه افقی سرعت آن کاهش می‌یابد. قطعات بزرگ‌تر که اینرسی بیشتری دارند احتمالاً با تغییری اندک در سرعت خود به حرکت ادامه داده و به دیوار برخورد می‌کنند. قطعات سبک‌تر که اینرسی کمتری نیز دارند ممکن است با کاهش سرعت بیشتری در این ناحیه مواجه شده و حتی احتمالاً همراه با جریان باد از کنار ساختمان عبور کنند.

۷-۴- اصول اولیه برای مقابله با اثر بادها و طوفان‌های شدید

برای مدیریت این مخاطره باید پایگاه اطلاعاتی قوی در اختیار داشت تا بتوان خطرات موجود را بهتر بررسی و مطالعه نمود. در خلال وقوع این مخاطره از جمله اقداماتی که می‌توان انجام داد مدیریت ریسک می‌باشد که در آن تا جایی که امکان دارد باید ریسک را پذیرفت ولی مواردی را هم نمی‌توان پذیرفت، برای انجام کاهش ریسک اقدامات مختلفی انجام می‌گیرد که از جمله می‌توان آمادگی، حفاظت، واکنش و احیا انجام داد.

۷-۵- بیمه محیط زندگی

افزایش میزان خسارات ناشی از طوفان‌های بادی باعث بروز نگرانی‌های بسیاری برای شرکت‌های بیمه شده است، به صورتیکه اغلب این گروه‌ها نیازمند ارزیابی میزان پتانسیل تلفات در زمانیکه این

ساختمان‌ها در معرض طوفان‌های جدی باد قرار می‌گیرند شده‌اند. پیش‌بینی میانگین تلفات سالیانه یا تلفات کل در طول یک دوره زمانی به عنوان مثال ۵۰ سال، نیازمند دو ورودی اصلی و مهم است: مدل خطر و منحنی‌های آسیب‌پذیری. مدل خطر بر روی خطر خود طوفان بادی تمرکز می‌کند و از تاریخچه داده‌های ثبت شده جوی و آمار استفاده می‌کند تا پتانسیل سرعت‌های باد را در یک مکان برای آینده پیش‌بینی کند. منحنی‌های آسیب‌پذیری تلاش می‌کنند تا خسارات ساختمان‌ها و محتویات ساختمان در یک سرعت باد داده شده را پیش‌بینی کنند.

پیش‌بینی خسارات بیمه تابعی از ساختمان‌ها، محتویات آنها و همچنین سرعت محلی باد است. چنین منحنی‌هایی به منحنی‌های آسیب‌پذیری مشهور هستند. منحنی‌های آسیب‌پذیری را به چندین روش می‌توان به دست آورد. در این حالت شاخص خسارت عبارت است از نسبت هزینه تعمیر خانه به هزینه اولیه ساخت خانه.

۶-۷- تهیه نقشه‌های ریسک

هدف از مدل‌های خطر باد در واقع تعیین احتمال وقوع سرعت‌های خطرناک باد برای یک سازه در یک مکان مشخص مانند یک خط انتقال، روی یک شهر یا در یک ناحیه است. پایه این مدل‌ها معمولاً اطلاعات و تاریخچه حوادث ناشی از باد و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی است که از این میان پارامترهای طوفان‌هایی با مقیاس بزرگ مانند مراکز فشار برای گردبادهای حاره‌ای و شاخص پایداری اتمسفری در زمان وقوع تندر مورد مطالعه قرار می‌گیرد. روش‌های آمار و احتمال به صورت وسیعی در توسعه مدل‌های خطر در مهندسی باد مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۷-۷- مقابله با باد و پیشروی بادرفتها

بادها به صورت‌های مختلفی اثرات منفی خود را بر سازه‌های مهندسی، مخصوصاً راه‌ها، وارد می‌کنند. بخش وسیعی از کشورها به طور دائم در معرض فرسایش بادها و هجوم ماسه‌های روان هستند. کویرهای مرکزی و حاشیه‌های آنها، قسمت‌های از سواحل خلیج فارس، دریای عمان و دریای مازندران و حاشیه سواحل برخی از رودهای کشور از جمله مناطقی‌اند که به طور دائم در معرض عمل فرسایش و رسوب‌گذاری باد قرار دارند. مقابله با بادرفتها ممکن است با یکی از اهداف زیر صورت بگیرد:

- از بین بردن یا تثبیت تجمع‌های ماسه‌ای، به منظور جلوگیری از پیشروی بیشتر آنها
- متوقف کردن مستقیم و دائمی ماسه قبل از آنکه به محل مورد حفاظت برسد
- کمک به ماسه جهت استقرار در محلی خاص

انواع روش‌های مقابله با بادرفتها عبارتند از:

جابه‌جایی: برداشتن و جابه‌جا کردن مواد بادآورده از اولین کارهایی است که توسط افرادی که خانه و کاشانه آنها مورد هجوم ماسه‌های روان قرار گرفته، انجام می‌شود. بکارگیری این روش برای راه‌ها و دیگر سازه‌های مهندسی، اغلب غیر اقتصادی است و در مدت طولانی بازده چندانی ندارد.

حفر خندق: حفر گودال‌های طویل و عریض بر روی تلماسه‌ها تقارن آنها را بر هم زده و اغلب منجر به از بین رفتن آنها می‌شود. از طرف دیگر حفر خندق در سمت رو به باد سازه مورد حفاظت، کانونی موقتی جهت تجمع مواد بادرفته ایجاد می‌نماید.

گیاه‌کاری: گیاهان با ایجاد مانعی در برابر باد، از یک طرف از سرعت و در نتیجه قابلیت حمل آن می‌کاهند و از طرفی ضمن نگهداری خاک توسط شبکه ریشه‌هایشان، با مرطوب نگه داشتن بخش‌های سطحی، چسبندگی ذرات خاک را به یکدیگر بیشتر می‌کنند. در اطراف شهرها و آبادی‌های حاشیه کویرهای کشورمان، با بکارگیری گونه‌های مناسب و مقاوم گیاهان مثل تاغ، گز و آتریپلکس، پیشرفت‌های چشمگیری در این مورد به دست آمده است.

نهال این گیاهان معمولاً در کیسه‌های پلاستیکی کوچک کاشته شده و پس از رشد کافی در خزانه به همان صورت در محل مورد نظر، حتی روی تلماسه‌ها، غرس می‌شود. در یکی دو سال اول این نهال‌ها نیاز به حفاظت بیشتر و چند بار آبیاری در فصل گرم دارند. با گذشت زمان آنها می‌توانند با ریشه‌های معمولاً عمیق خود، آب لازم را از اعماق بیشتر خاک به دست آورند. در مناطق بادخیز، درخت‌کاری در سمت رو به باد می‌تواند به عنوان عاملی سرعت‌گیر، مزارع و سازه‌ها را محافظت نماید.

هموار کردن سطح: به منظور افزایش ضریب چسبندگی مواد حمل‌شونده توسط باد، با هموار کردن سطح زمین یا نصب پوششی سخت و هموار به روی آن حرکت ماسه‌ها را تسریع نموده از رسوبات آنها در جاهای ناخواسته جلوگیری به عمل می‌آید.

افزودن به چسبندگی ذرات: در جاهایی که به دلیل فقدان آب کافی یا دیگر مشکلات نتوان تپه‌های ماسه‌ای و زمین‌های اطراف آن را با گیاه‌کاری تثبیت نمود، معمولاً با پاشیدن مواد نفتی تحت نام کلی "مالچ"، ضمن چسبانیدن ذرات ماسه به یکدیگر، از حرکت و فرسایش آنها توسط باد جلوگیری میکنند. به منظور تداوم برقراری شرایط مناسب، مالچ‌پاشی باید هر چند سال یکبار تکرار شود.

سازه‌های بادشکن: ایجاد دیواره‌هایی در مقابل حرکت باد می‌تواند بسته به جهت‌یابی دیوار، مسیر حرکت ماسه‌های روان را تغییر داده و در مواردی که عمود بر جهت وزش باد بنا شده باشند، باعث توقف حرکت ذرات شوند. دیواره‌های بادشکن را با مصالح مختلفی از جمله حصیر، چوب یا ورقه‌های فولادی موج‌دار می‌توان ساخت. در نواحی کویری کشور ما جهت تثبیت حرکت ماسه‌ها معمولاً از حصیرهای بافته شده از گون استفاده می‌شود. با فرو کردن نوارهایی از حصیر به داخل کاسه‌ها در امتدادی عمود بر جهت وزش باد، ضمن ایجاد بادشکن، ماسه‌ها در جلو و عقب حصیرها

جمع می‌شوند. این حصیرها را باید هر چند مدت یکبار و قبل از مدفون شدن کامل، از زیر ماسه بیرون کشید، یا حصیرهای جدیدی نصب کرد. مثال فوق گواه این مطلب است که دیوارهای بادشکن الزاماً نباید از استحکام و مقاومت زیاد، مشابه دیوارهای حائل، برخوردار باشند. نکته اساسی در اینجا انتخاب محل و جهت مناسب برای دیوار است. تعداد دیوارها که معمولاً با فاصله نسبت به هم قرار می‌گیرند، عامل مهم دیگر در جذب انرژی و سرعت باد و جلوگیری از پیشروی بیشتر بادرفتها و تلماسه‌هاست.

۷-۸- ایجاد سامانه پایش و هشدار طوفان

سیستم‌هایی جهت هشدار بادها و طوفان‌های شدید طراحی شده است. برای کاهش مخاطرات ناشی از طوفان‌ها و بادهای شدید ایجاد یک سیستم هشدار و پایش بینی از ضرورت‌های اولیه محسوب می‌شود (اسمیت، ۱۹۹۲). کشور آمریکا به همین منظور سایتی را تخصیص داده است که وظیفه آن پایش بینی براساس سرعت‌های مختلف باد می‌باشد. در این لیست طراحی شده سرعت باد با رنگ‌های مختلفی مشخص شده و از سرعت ۷۴ تا ۱۵۶ متر بر ثانیه را طبقه‌بندی نموده است. طبقه‌بندی‌های مختلفی برای آن وجود دارد که طوفان‌ها و بارش‌های گرمسیری با سرعت ۳۹ تا ۷۳ کیلومتر بر ساعت جزء آن می‌باشند. همچنین از لحاظ ارتفاع امواج نیز تقسیم‌بندی مطرح شده است که از ۴ تا ۱۸ متر می‌باشد. بر اساس این طبقه‌بندی، برای منطقه مورد نظر سیستم‌های هشدار را ارائه می‌کنند. همچنین می‌توان با قرار دادن حسگرهای هوشمند الکترونیک، هشدار لازم به مسئولین و مردم داده شود. پهنه‌بندی در برابر نیروهای باد نیز انجام گرفته که در نقشه‌های تهیه شده مناطق خطر با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است. راهکار دیگر ساختن پناهگاه در زیر زمین است که مشکلات خاص خود را دارد. این کار در آمریکا برای محافظت از مردم در برابر تORNADO انجام گرفته و بدین طریق مردم به مکان امن انتقال پیدا می‌کنند.

جدول ۷-۱: مقیاس طوفان شیفر-سیمپسون (توبین و مونتنز، ۱۹۹۷)

| میزان خسارت | سرعت باد (کیلومتر در ساعت) | طبقه |
|-------------------------------------------------------|----------------------------|------|
| فاجعه‌بار، خسارت خیلی شدید به همه‌ی ساختارها | ۲۴۹ > | ۵ |
| شدید، خسارت زیاد به ساختارها | ۲۱۰-۲۴۹ | ۴ |
| وسیع، خسارت متوسط تا سنگین به خانه‌ها و افتادن درختان | ۱۷۷-۲۰۹ | ۳ |
| خسارت متوسط به درختان کوچک و بام‌ها | ۱۵۴-۱۷۵ | ۲ |
| کم | ۱۱۹-۱۵۳ | ۱ |

۷-۹- راهکارهای سازه‌ای

بادهای شدید به ساختمان‌ها خسارت وارد می‌کنند و حتی می‌توانند باعث خرابی فونداسیون‌ها شوند و تیرآهن و قالب‌های فولادی را از جا در بیاورند. به طور کلی در خانه‌های چوبی، باد می‌تواند سقف خانه را از جا بکند. فشار بالا آمدگی از بادهای طوفانی گاهی اوقات می‌تواند ساختمان‌ها را به طور کامل از زمین خارج کند.

از نظر سازه‌ای بخش‌های مختلف ساختمان می‌توانند در برابر نیروهای باد آسیب جدی ببینند. برای مثال خانه ساخته شده از تخته و الوار به دلیل جزئیات اتصال در معرض آسیب زیادی است. آسیب پذیری ذاتی خانه‌های چوبی همراه با ترکیب اتصالات ضعیف خطرناک اغلب منجر به فاجعه می‌شود. طراحی قاب‌های بتنی مسلح معمولاً با خطر لرزه‌ای کنترل می‌شود. اگر طراحی لرزه‌ای انجام نشود، تجزیه و تحلیل باد باید صورت گیرد. نادیده گرفتن این مورد، می‌تواند منجر به فاجعه شود.

پوشش‌های سقف، شایع‌ترین منطقه خرابی در برابر طوفان می‌باشند. علل آنها معمولاً ابزارهای اتصال نامناسب، ضخامت ورق نامناسب و عدم کفایت تعداد اتصال دهنده‌ها در مناطقی که مکش باد بیشتر است، می‌باشد. کاشی‌کاری‌ها و سفال‌های که برای سقف استفاده می‌شوند توسط باد متأثر می‌شوند و به راحتی توسط باد بلند شده و جابه‌جا می‌گردند. تصور می‌شد که این مورد آسیب پذیری کمی در برابر طوفان داشته باشد اما طوفان‌های پسین مشکل شیوه‌های نصب و راه‌اندازی نامطلوب را افشا کردند. البته می‌توان با قرار دادن تیرها آنها را محکم نمود.

در و پنجره‌ها نیز در برابر نیروهای باد تأثیر می‌پذیرند. شیشه همیشه در پرواز اشیا آسیب پذیر می‌باشد. منطقه دیگر آسیب پذیری برای پنجره‌ها و درها چفت سخت‌افزار، پیچ و مهره و لولای آنهاست. دیوارهای معلق بیشتر در معرض خطر هستند. اما دیوارهایی که توسط حلقه تیرها و ستون‌ها آماده شدند، امن باقی مانده‌اند. می‌توان پشت‌بام‌ها را با اعمال تغییراتی مقاوم نمود. به عنوان مثال می‌توان چفت و بست‌ها را با استفاده از میخ‌های مخصوصی محکم‌تر کرد و با تخته‌های حائل از آنها محافظت نمود.

۷-۱۰- احداث پناهگاه‌های عمومی

پناهگاه‌های عمومی ممکن است در صورت بروز وضعیت‌های اضطراری یا حوادث خاص، برپا شوند. مکان این پناهگاه‌ها از طریق رسانه‌های محلی اعلام می‌شود. در بیشتر موارد، این پناهگاه‌ها فقط اقلام ضروری مانند غذا، رخت‌خواب و پتو را در اختیار همگان قرار می‌دهند.

۷-۱۱- راهکارهای محافظت از گیاهان در برابر باد و طوفان شدید

گلخانه محلی برای کشت گیاهان است که به وسیله‌ی پوشش‌های شفاف پوشیده شده است. پوشش گلخانه باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای و محبوس شدن انرژی خورشیدی درون گلخانه می‌گردد.

گلخانه‌ها که از نظر اندازه متغیر هستند، گیاهان را از سرمای بیش از حد زمستان یا گرمای بیش از حد تابستان و بادها و طوفان حفظ می‌کنند. این مکان قابلیت کنترل شرایط محیطی مناسبی را برای رشد گیاهان نواحی مختلف در طی فصول مختلف به دور از مخاطرات دارد.

بسیار آشکار است که هرچه سرعت باد بیشتر باشد فرسایش و اثر تخریبی آن هم بیشتر خواهد بود. به طوریکه بر اثر وزش بادهای شدید روزانه ممکن است ۲۰ تا ۳۰ میلیمتر از سطح خاک از جا کنده شود. مبارزه با فرسایش بادی به دو طریق مستقیم و غیرمستقیم صورت می‌پذیرد.

در مبارزه مستقیم علاوه بر جلوگیری از اثرات تخریبی فرسایش مرمت خاک‌های فرسایش یافته هم لازم است زیرا بین سرعت باد و آثار تخریبی فرسایش رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد. پس باید برای مبارزه با این پدیده ناخوشایند و مخرب از سرعت باد کاست. برای این منظور از موانعی که باعث کاهش سرعت باد می‌شوند می‌توان استفاده نمود که این موانع همان بادشکن‌ها هستند.

به طور کلی در مبارزه غیرمستقیم مسئله پیشگیری از اثرات فرسایشی باد مطرح می‌شود که این عملیات به صورت افزایش پوشش گیاهی و هوموس انجام می‌گیرد به عنوان مثال اقداماتی مانند جلوگیری از چرای بی‌موقع و بیش از حد دام در مراتع و مزارع، کاشت گیاهان مناسب به ویژه توسعه گیاهان بومی منطقه، استفاده از اراضی بر حسب استعداد آنها و همچنین دادن هوموس به زمین انجام می‌گیرد.

گیاهانی که نزدیک به هم کشت می‌گردند به طور معمول مؤثرتر از گیاهان زراعی هستند که در مناطق بادخیز با فواصل مختلف کشت می‌گردند. تأثیر این نوع گیاهان زراعی روی مهار فرسایش بادی به نوع گیاه با نوع زراعت با شرایط آب و هوایی، مرحله رشد، تراکم پوشش گیاه، جهت ردیف‌ها و عرض ردیف‌ها بستگی دارد.

کشت نواری گیاهان نیز برای مقابله با اثر باد مؤثر است. کشت نواری عبارتست از کشت متناوب گیاهان ردیفی که در بین آنها زراعت‌های متراکم کاشته می‌شود. مزایای این نوع کشت عبارتست از ۱- حفاظت فیزیکی خاک در مقابل فرسایش بادی که توسط کاشت گیاهان اعمال می‌گردد. ۲- در این حالت فرسایش فقط به عرض نوارهای کشت محدود می‌شود. ۳- حفظ ذخیره رطوبت خاک به ویژه ناشی از ریزش برف ۴- برداشت محصول زودتر از موعد مقرر. یکی از معایب این روش محدود کردن عبور و مرور ماشین‌آلات است.

خاک‌ورزی اولیه و ثانویه نیز در این زمینه مورد توجه است. هدف از خاک‌ورزی اولیه یا ثانویه برای مهار فرسایش بادی در حقیقت ایجاد زبری و ناهمواری یا ایجاد کلوخه در سطح خاک است. انجام این کار همراه با باقیمانده‌های گیاهی می‌تواند سطح خاک را در مقابل فرسایش بادی به خوبی محافظت نماید.

علاوه بر روش‌های فوق می‌توان از روش‌های مکانیکی برای مقابله با اثر باد، روی گیاهان استفاده نمود. در مناطق خشک و نیمه خشک، احداث بادشکن به علت تأثیر آن در کاهش تبخیر موجب ذخیره

بیشتر رطوبت در خاک شده و در نتیجه تولید را افزایش می‌دهد که نفوذ آب در خاک نیز به همین دلیل افزایش پیدا می‌کند. از آنجاییکه چگالی خاکدانه‌ها و اندازه آنها روی فرسایش بادی تأثیر زیادی دارد، بنابراین هر عملی که باعث گردد خاکدانه‌های بزرگ‌تری در سطح خاک تشکیل شود (بزرگ‌تر از ۱ میلی‌متر) و یا کلوخ‌های بزرگی به وسیله ادوات شخم و ... تولید کند، از فرسایش بادی به ویژه هنگامیکه خاک بدون پوشش گیاهی است به شدت جلوگیری می‌نماید.

در کل درختان و درختچه‌ها با ایجاد مانع در برابر جریان باد، ضمن کنترل سرعت و تقلیل، هدایت و تغییر مسیر آن، از طریق شاخ و برگ خود هوا را نیز غربال نموده و ذرات آن را رسوب می‌دهند. اثرات درختان و درختچه‌ها به عنوان بادشکن‌های زنده روی میزان تقلیل سرعت باد و مقدار حفاظت از منطقه تحت پناه خود بستگی به ارتفاع، عرض و تراکم بادشکن دارد. ویژگی‌های درختان مناسب از نظر نوع، ترکیب و وضعیت مناسب استقرار آنها نیز از عوامل موفقیت یک بادشکن به شمار می‌آید. درختان و درختچه‌ها با ایجاد مقاومت در برابر باد چه به صورت منفرد یا پراکنده یا به صورت اجتماع آنها به صورت یکدست یا ترکیبی از سوزنی‌برگان و پهن‌برگان هریک با درجه‌ای از اثرات مختلف باعث تقلیل سرعت باد می‌شوند. درختان در شهرها در ارتباط با شکل و توپوگرافی زمین و یا به کمک موانع مصنوعی مانند ساختمان‌ها می‌توانند در هدایت و جریان باد مؤثر باشند، جهت آن را نسبت به ساختمان تغییر دهند و حتی موجب تهویه طبیعی آنها نیز بشوند. سرعت باد در فاصله ۱۰ تا ۲۰ برابر ارتفاع بادشکن ممکن است تا ۵۰ درصد نیز افت پیدا کند.

۷-۱۲- احداث بادشکن

یکی از شیوه‌های اصولی کنترل اراضی تحت فرسایش بادی، احداث بادشکن است. بادشکن در واقع برای حمایت مزارع، باغ‌ها، حیوانات خانگی و ساختمان‌ها از اثرات سوء بادهای شدید، بکار می‌رود. بادشکن مانعی است که معمولاً عمود بر جهت باد غالب ساخته می‌شود تا با کاهش سرعت باد فرسایش را محدود سازد. یک بادشکن وقتی نقش خود را به خوبی ایفا می‌کند که به طور صحیحی طراحی شده و دائماً در حالت بهینه نگهداری شود.

بطور کلی بادشکن‌ها به دو نوع زنده و غیرزنده تقسیم می‌شوند:

بادشکن‌های زنده معمولاً از یک یا چند ردیف درخت یا درختچه یا گیاهان مقاوم به خشکی و شدت و سرعت باد تشکیل شده‌اند و معمولاً عمود بر جهت باد اصلی احداث می‌شوند (بادشکن‌ها در هر اقلیم بادخیزی قابل استفاده هستند) ترکیب و ارتفاع این بادشکن‌ها متناسب با اهداف خاص و مناطق مختلف، تفاوت می‌کند ولی در هر صورت رابطه آنها بر پایه شناخت مکانیسم فرایند بیابان‌زایی از دیدگاه اکولوژیک استوار است.

بسیاری از کارشناسان حفاظت خاک اعتقاد دارند که برای کنترل فرسایش بادی در مزارع، لازم است علاوه بر ایجاد بادشکن، عملیاتی نظیر کشت نواری، پوشانیدن خاک به وسیله بقایای گیاهی، تناوب زراعی، شخم حداقل و حذف عمل نرم کردن کلوخه‌ها نیز صورت پذیرد. طراحی بادشکن‌های زنده در اطراف مزارع، سابقه دیرینه دارد و هم اکنون نیز به طور گسترده‌ای در بسیاری از مناطق جهان به عنوان تنها شیوه مصون نگه داشتن محصولات از خطر حرکت ذرات و کاهش اثرات مضر گرما، تبخیر و حتی یخ‌زدگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از بادشکن درختی به عنوان کنترل فرسایش بادی در تمام مناطق عمومیت نداشته و بیشتر در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب بکار می‌رود. زیرا از یک طرف، بادشکن حمایت کامل را در برابر کنترل فرسایش بادی در تمام شرایط تضمین نمی‌کند و از طرف دیگر احداث بادشکن سطح مزرعه را به قطعات کوچک تقسیم کرده و در نتیجه انجام عملیات کشت و زرع را با مشکل مواجه می‌سازد. رقابت پوشش نباتی بادشکن با زراعت بر سر آب در مناطق خشک عامل محدود کننده‌ای برای استفاده از آن می‌باشد. به علاوه در مناطق خشک مقدار باران برای رشد خوب درختان بادشکن کافی نیست.

بادشکن‌های غیرزنده یا مصنوعی یا مکانیکی علاوه بر کنترل فرسایش بادی برای کنترل برف در قسمت‌هایی که حرکت برف به داخل بزرگراه‌ها، راه‌آهن، فرودگاه‌ها و سایر نواحی منجر به ایجاد اختلال در حرکت وسایل نقلیه می‌شود، نیز بکار می‌روند. بادشکن‌های مصنوعی شامل دیوارهای کوتاه یا نسبتاً بلند خاکی، سنگی، فلزی، چوبی، پلاستیکی، حصیری یا دیوارهایی تهیه شده از شاخه‌های بریده شده از درختان موجود در منطقه، دیوارهایی از نوع کرباس و امثال آن می‌باشند. احداث موانع بر سر راه حرکت ماسه‌های روان پیش شرط لازم برای متوقف کردن آنهاست. موانع ایجاد شده روی تپه‌های ماسه‌ای سرعت باد را کاهش می‌دهند و با کاهش سرعت باد ماسه‌ها در اطراف این موانع متوقف می‌شوند. بر اساس مطالعات انجام شده ۸۰ تا ۹۰ درصد ظرفیت حمل ماسه‌ها به وسیله باد در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتری از سطح زمین اتفاق می‌افتد و در محدوده این ارتفاع، اکثر ماسه‌ها در ارتفاع ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتری از سطح زمین حمل می‌شوند. بنابراین اگر موانع خاکی یا گیاهی در ارتفاع بین ۳۰ تا ۵۰ و حداکثر ۱۰۰ سانتیمتری ایجاد شوند اکثر ماسه‌هایی را که به وسیله وزش باد حمل می‌شوند، می‌توان کنترل کرد. مهم‌ترین عامل مؤثر در طراحی بادشکن‌های غیر زنده، انتخاب مواد اولیه سهل‌الوصول می‌باشد. احداث بعضی از بادشکن‌های غیر زنده مانند دیوارهای سنگی و دیوارهای چوبی، معمولاً گران تمام می‌شود. بنابراین از این نوع بادشکن‌ها معمولاً برای حفاظت محصولات بسیار با ارزش یا احیای پوشش مناطق فرسایش یافته مورد نظر استفاده می‌شود. به طور کلی موقعی از بادشکن‌های غیر زنده استفاده می‌شود که شرایط محیط اجازه رشد پوشش گیاهی برای ایجاد بادشکن درختی را ندهد و یا سطح حفاظتی محدود باشد مانند حفاظت محل نگهداری دام‌ها و مناطق مشابه و امثال آن.

سرعت باد قبل از برخورد با بادشکن و در فاصله‌ای از آن شروع به کم شدن می‌کند و پس از عبور از آن به تدریج افزایش می‌یابد و در فاصله‌ای از آن به سرعت اولیه خود می‌رسد. کاهش سرعت باد در جلو بادشکن در فاصله‌ای ۹ تا ۱۰ برابر ارتفاع بادشکن و در پشت بادشکن تا فاصله‌ای ۳۰ برابر ارتفاع بادشکن می‌باشد. در یک بادشکن درختی با تراکم متوسط وقتیکه به طور عمودی باد به آن برخورد می‌کند سرعت باد بین ۶۰ تا ۸۰ درصد در پشت بادشکن و در نزدیکی آن و حدود ۲۰ درصد در فاصله ۲۰ برابر ارتفاع بادشکن کاهش یافته و در فاصله ۳۰ تا ۴۰ برابری ارتفاع بادشکن کاهشی وجود ندارد. اثر یک بادشکن طولانی بیشتر از اثر یک بادشکن کوتاه خواهد بود. در بادشکن‌های درختی باد از فاصله ۵ تا ۱۰ برابر ارتفاع درخت در جلو بادشکن و ۱۰ تا ۲۰ برابر آن در پشت بادشکن تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

در طراحی فیزیکی یک شبکه بادشکن زنده و یا غیرزنده از نظر ابعاد بادشکن و خصوصیات باد غالب اعم از سرعت و جهت باد و وسعت منطقه‌ای که نیاز به محافظت دارد باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

۱- ارتفاع بادشکن: طول منطقه حفاظت شده در جلو و پشت بادشکن به ارتفاع بادشکن بستگی دارد. یعنی هر چه ارتفاع بادشکن بلندتر باشد، طول منطقه حفاظتی بیشتر خواهد بود. طول منطقه حفاظت شده در پشت بادشکن معمولاً مضربی از ارتفاع بادشکن (H) است که تقریباً در پاره‌ای از منابع میزان آن را بین ۱۰ تا حدود ۲۰ برابر ارتفاع بادشکن در پشت آن ذکر نموده‌اند. لازم به یادآوری است که طول و یا وسعت منطقه حفاظت شده در پشت بادشکن را می‌توان با دانستن میزان حداکثر سرعت و جهت باد غالب در منطقه و همچنین سرعت آستانه فرسایش در خاک مورد نظر با دقت نسبتاً زیادی برآورد نمود. فاصله بادشکن رابطه مستقیمی با ارتفاع آن دارد. به طوریکه هرچه ارتفاع بادشکن بیشتر باشد، منطقه وسیع‌تری را می‌پوشاند ولی بسته به شرایط اکولوژی محل و نوع درخت، درختچه و یا بوته، ارتفاع بادشکن متفاوت می‌باشد، بنابراین برای ایجاد بادشکن باید با توجه به شرایط اقلیمی و نوع پوشش گیاهی اقدام نمود. بهتر است در هر منطقه از گیاهان بومی استفاده نمود که دارای سازگاری بیشتر هستند.

۲- طول بادشکن: ظاهراً باید طول بادشکن برابر عرض منطقه مورد حفاظت باشد، ولی تجربه نشان داده که این طول باید بیشتر باشد. زیرا همانگونه که بررسی‌های علمی نشان داده است در دو انتهای بادشکن سرعت اولیه باد در حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. معمولاً شکل منطقه حفاظت شده به طور تقریبی مثلثی خواهد بود.

۳- عرض یا ضخامت بادشکن: بررسی‌ها نشان داده است که عرض یا ضخامت بادشکن تأثیری در کاهش سرعت باد ندارد، بلکه تراکم نسبی بادشکن یکی از عوامل مهم در کاهش میزان سرعت باد مؤثر است. ولی با این وجود سعی می‌شود که بادشکن‌ها را ضخیم (که غالباً از چند ردیف درخت

تشکیل می‌شود) طراحی نمود. یکی از معایب عمده بادشکن‌های با ضخامت زیاد این است که درصد زیادتری از سطح زمین را اشغال می‌نماید و به همین نسبت نیز و نگهداری و آبیاری آنها نیز مشکل‌تر و دارای هزینه زیادتری است ولی در مقابل مقاومت و دوام آنها در مقابل باد بهتر است. استفاده از تنها یک ردیف درخت برای احداث بادشکن نیز خطر پذیر است و احتمال دارد بر اثر وزش بادهای بسیار شدید و سایر عوامل محیطی از بین برود.

همان طوریکه اشاره گردید در دو انتهای بادشکن سرعت باد در حدود ۲۰ درصد بیش از سرعت باد در منطقه باز است. بنابراین لازم است که طول بادشکن را نسبت به عرض محوطه‌ای که قرار است حفاظت گردد قدری بیشتر انتخاب کنیم تا گیاهانی که در پناه آن قرار دارند از پوشش مؤثرتری برخوردار باشند. بادشکن را باید طوری انتخاب نمود که درست در جهت عمود بر باد غالب احداث شود. اگر قرار است که جاده‌ای از بین بادشکن عبور نماید بهتر است که به صورت مایل از بین دیواره‌های بادشکن عبور کند، زیرا وجود فضای باز ممتد در بین شبکه بادشکن باعث می‌شود که سرعت باد افزایش پیدا کند.

۴- فاصله بین ردیف‌های بادشکن: فاصله بین ردیف‌های بادشکن علاوه بر ارتفاع درختان به

عوامل دیگری از جمله: حداکثر سرعت باد و میزان درصد کاهش سرعت باد ارتباط دارند.

۵- ضخامت بادشکن: بررسی‌های انجام شده نشان داد که عرض بادشکن‌ها دخالت چندانی در

تقلیل سرعت باد ندارد، بلکه میزان تراکم آنهاست که در میزان کاهش سرعت باد مؤثر می‌باشد.

از آنجاییکه احداث بادشکن‌های درختی دارای هزینه نسبتاً زیاد بوده و به زمان زیادی برای رشد کامل آنها نیاز است، بنابراین باید سعی گردد تا طراحی بادشکن به نحوی صورت گیرد که دارای راندمان زیادی بوده و هزینه کمتری را به خود اختصاص دهد. به همین دلیل انتخاب نوع درخت و یا گیاه خاص برای ایجاد یک شبکه بادشکن مطلوب باید مورد توجه قرار گیرد.

۷-۱۳- طرح‌های نو برای افزایش مقاومت شهرها در برابر طوفان

از آن زمان که بیشتر شهرهای بزرگ در کنار آب ساخته شدند، بیش از سایر بلاهای طبیعی، خطر جاری شدن سیل پس از طوفان بود که ساکنان آنها را مورد تهدید قرار می‌داد. این خطر با افزایش تغییرات اقلیمی و بالا آمدن سطح آب دریاها، جنبه‌ای جدی‌تر به خود گرفت، به طوریکه طراحان را بر آن داشت به دنبال راه حل‌های بکر و ایده‌های خلاقانه‌تر برای حفاظت از مناطق در معرض خطر، باشند.

پس از طوفان عظیمی که در سال ۱۹۴۷ روی داد، توکیو برای جلوگیری از تکرار این واقعه، اقدام به ساخت شبکه‌ای از سدها نمود به دلیل ناتوان بودن دولت در پرداخت هزینه‌ی سدها با کمک رسوبات جمع‌آوری شده از سدهای همان ناحیه، اقدام به ساخت سدها و حصارهایی در اطراف

رودخانه‌ها کردند که این در اصل نوع جدیدی از سد به شمار آمد و می‌توانست نقش مؤثری در طراحی نواحی شهری بازی کند؛ در ضمن باعث غنی شدن اکوسیستم منطقه شد و به اندازه کافی آب ذخیره می‌نمود. این سدها، شبکه‌ای از زمین‌های باتلاقی و مرطوب ایجاد می‌نمایند که می‌توانند به بازگشت حیات وحش ناحیه کمک کنند و در عین حال شهر را از سیلاب‌های آتی محفوظ نگه دارند. همچنین این سیستم قادر است منابع آب لازم شهری را تصفیه کند. به علاوه این نوع سد برخلاف سدهای بتنی، محیطی مناسب جهت بازی کودکان فراهم می‌کنند.

در نیویورک سیتی، جزیره استیتن، که پایین‌تر از سطح دریا قرار گرفته است، غالباً توسط طوفان سندی دچار خسارات و آسیب دیدگی‌های شدیدی می‌شد. در مسافتی به طول ۷/۵ مایل، حصاری طولانی برای محافظت در مقابل طوفان‌های شدید ساخته شد که با اندکی مداخله از سوی انسان، فرایند طبیعی ته‌نشست شدن رسوبات، سرعت گرفت و در نهایت این عملیات در طول ده‌ها سال برای ایجاد یک جزیره جدید کافی خواهد بود. این در حالی است که با بالا آمدن سطح آب دریا، دیگر قسمت‌های جزیره استیتن به آرامی غرق خواهند شد.

در اندونزی با مستقر نمودن کشتی‌های حمل بار قدیمی روی کف اقیانوس و اضافه کردن شارژ الکتریکی جزئی به این کانتینرهای فلزی، سیستم قادر به تحریک رشد مرجان‌ها بود و بدین صورت سدی محافظ در برابر امواج خروشان و طوفان‌های شدید ایجاد شد. از آنجاییکه می‌توان مرجان‌ها را به سمت ایجاد ساختارهایی ویژه و خاص سوق داد، آنها را برای ساخت بایوکرت برداشت کردند. این محصول یک ماده نوین با درصد پایینی از کربن است که می‌شود از آن برای ساخت و ساز روی خشکی نیز استفاده کرد.

جابه‌جا کردن مردم و انتقال ساختمان‌ها از امتداد خطوط ساحلی، یعنی جایی که امکان وقوع سیلاب بیشتر است. این طرح شامل سدها مایل منطقه پارک گونه بود که اطراف خلیج "Raritan" در نیویورک و نیوجرسی را احاطه می‌کرد. بدین شکل توسعه منطقه شهری در نزدیک خطوط ساحلی متوقف شد و به جای آن مجموعه‌ای از حائل، زمین‌های باتلاقی و راه‌ها در این نقاط دایر شدند که در مقابل امواج خروشان قرار گرفته و شدت و قدرت این امواج را کاهش می‌دادند.

فصل هشتم

راهکارهای مدیریت آلودگی هوا

۸-۱- مقدمه

هوا یکی از پنج عنصر ضروری (هوا، آب، غذا، گرما و نور) برای ادامه حیات انسان است و این مسئله اهمیت وجود هوا را نشان می‌دهد. هر فرد روزانه نزدیک ۲۲۰۰۰ بار تنفس می‌کند و تقریباً به ۱۵ کیلوگرم هوا در روز نیاز دارد. انسان معمولاً می‌تواند به مدت ۵ هفته بدون غذا و مدت ۵ روز بدون آب زنده بماند، اما نمی‌تواند بدون هوا حتی ۵ دقیقه زنده بماند. آلودگی هوا عامل عمده مؤثر در سلامتی عمومی و میزان فعالیت انسان‌ها در نواحی شهری است. هر انسان در روز به طور متوسط ۱۶ کیلوگرم هوا مصرف می‌کند، حال آنکه روزانه به طور متوسط ۱/۵ کیلوگرم آب می‌نوشد و نیز به حدود یک کیلوگرم غذا نیاز دارد (پرکینز، ۱۳۷۷).

مقررات مبارزه با آلودگی هوای ایالت آریزونا، آمریکا، آلودگی هوا را به عنوان حضور یک یا چند و یا مخلوطی از آلوده کننده‌های مختلف در هوای آزاد به آن اندازه تداومی که برای انسان مضر بوده و یا موجب زیان رساندن به حیوانات، گیاهان و اموال شود، دانسته است. در این تعریف گرچه جنبه‌های بسیار مهم آلودگی هوا در نظر گرفته شده، لیکن به مسئله‌ی ایجاد اختلال در زندگی روزمره و همچنین افزایش غیر متعارف بعضی از اجزاء طبیعی جو مانند گازکربنیک اشاره نشده است. انجمن مشترک مهندسين آلودگی هوا و کنترل آن، آلودگی هوا را بدین صورت تعریف کرده است: آلودگی هوا یعنی وجود یک یا چند آلوده کننده مانند گرد و غبار، فیوم‌ها، گازها، میست، بو، دود و بخار در هوای آزاد با کمیت‌ها، ویژگی‌ها و زمان ماند خاص که برای زندگی انسان، گیاه و حیوانات، خطرناک و برای اموال مضر باشد و یا به طور غیر قابل قبولی مخر استفاده‌ی راحت از زندگی و اموال گردد (پرکینز، ۱۳۷۷). این تعریف، بازه‌ی وسیعی دارد و غالباً مورد مراجعه برای نوشتن قوانین حقوقی قرار گرفته است.

بدین منظور با توجه به اهمیت و خسارات جبران ناپذیر این پدیده لزوم بررسی ابعاد وقوع، علل و شرایط آن احساس می‌گردد تا بتوان با آگاهی کامل از این مخاطره راهکارهای مناسب جهت تعدیل و مدیریت آن انجام گیرد.

۸-۲-۱- اهمیت دلایل آلودگی هوا و منابع اساسی آلودگی هوا

برخی از مهم‌ترین دلایل آلودگی هوا به طور عام عبارتند از:

۱- وجود کارخانه‌ها در شهرها و بعضاً حومه شهرها: وجود کارخانه‌ها در نزدیکی شهرها علاوه بر آلودگی هوا، آلودگی‌های زیست محیطی را نیز به همراه خواهند داشت. دفع مواد زائد کارخانه‌ها باعث آلودگی زیستی و شیمیایی می‌شود، آلوده کردن هوا توسط کارخانه‌ها سبب مسمومیت هوا و به وجود آمدن وارونگی‌های هوا، باران‌های اسیدی، مه‌دود فتوشیمیایی خواهد شد که در طی زنجیره آلودگی تبدیل به ابتلا به بیماری‌های گوناگون خواهد شد که بر اکوسیستم بشری بی‌تأثیر نخواهد بود، در نتیجه بیرون بردن کارخانه‌ها از شهرها قطعاً باعث کاهش چشمگیر آلودگی می‌شود. در گذشته به علت وجود کارخانه‌ها در داخل شهرها مسئله آلودگی هوا محسوس‌تر بود ولیکن در حال حاضر با رعایت مسائل ایمنی برای جلوگیری از آلودگی کارخانه‌ها به محیط، این مسئله کم‌رنگ‌تر شده است و برای جلوگیری از بروز آلودگی‌های محیطی توسط کارخانه‌ها خروج آنها از داخل شهرها صورت گرفته است. برخی کارخانه‌ها نظیر کارخانه‌های تولید آجر یا به بیان دیگر کوره‌های آجرپزی در آلودگی‌های هوا اثرات زیادی دارند و اگر در نزدیکی شهرها باشند با وزش باد باعث انتقال آلودگی به مراکز شهرها می‌شوند.

۲- وجود وسایل نقلیه دودزا در شهرها: یکی از عوامل تشدید کننده در بروز آلودگی هوا وجود وسایل نقلیه دودزا می‌باشد به طوریکه اکسید کربن و اکسیدهای ازت بیش از هر چیزی ناشی از اتومبیل‌های بنزینی هستند که میزان آنها در حدود ۸۰ درصد می‌باشد. البته وسایل دودزا در تشدید آلودگی هوا مؤثرند به خصوص زمانیکه با وارونگی دما در زمستان یکی شوند، این امر بسیار محسوس می‌شود.

۳- وجود عوامل طبیعی و مصنوعی در بروز آلودگی هوا: عوامل طبیعی آلوده کننده هوا آتشفشان‌ها، زلزله، غبار و گرد و خاک ناشی از طوفان‌های صحرایی که به شهر می‌رسد هستند که در این زمینه می‌توان ذکر نمود وجود هوای سرد به نگر داشتن بیشتر هوای آلوده کمک می‌کند و از جمله عوامل آلوده‌کننده مصنوعی می‌توان به بوی زباله بیمارستانی و خانگی، دود سیگار، دودهای ناشی از سوخت هواپیماها و موشک‌ها و نیروگاه‌های بخار با سوخت فسیلی اشاره نمود.

۴- وارونگی دما: در فصل زمستان سرمای لایه‌های فوقانی باعث ماندن هوای آلوده در سطح زمین شده و منجر به ایجاد پدیده وارونگی دما می‌گردد که این امر در سال‌های اخیر محسوس‌تر بوده است.

۵- ترافیک: در شهرها ترافیک به عنوان پدیده‌ای مشکل‌زا در ایجاد آلودگی هوا بی‌تأثیر نمی‌باشد، چرا که وقتی وسایل نقلیه در ترافیک قرار می‌گیرند در تولید آلودگی اثر می‌گذارند و این امر زمانیکه وسیله نقلیه فرسوده و دودزا باشد محسوس‌تر است.

۶- دود سیگار و مواردی از این دست: شاید به نظر برسد که دود سیگار و موادی نظیر آن در آلودگی هوا اثر ندارد ولیکن باید بیان نمود، هرچند که دود سیگار و مواد نظیر آن کم است و خیلی زود در هوا پخش می‌شود ولی اگر این دود با آلاینده‌های دیگر ترکیب شود باعث تشدید آلودگی می‌گردد و حتی اگر کم باشد قطعاً در هوا اثرگذار خواهد بود.

منابع اساسی آلودگی هوا به دو قسمت مهم زیر تقسیم می‌شوند:

۱- منابع طبیعی: منابع طبیعی شامل آلودگی‌هایی است که انسان در آن دخالت ندارد و در اثر فعالیت‌های مختلف در طبیعت به وجود می‌آیند. مانند طوفان‌های گرد و غبار، گازهای آتشفشانی و یا گازهای گوگردی و کلر، متان، منواکسید کربن و دی‌اکسید کربن که در اثر تخمیر مواد در طبیعت تولید می‌شوند و گرده گیاهان که آلرژی‌زا هستند. پراکنش این آلاینده‌ها در طبیعت دوره کوتاهی دارد و جزئی از چرخه طبیعت هستند. علاوه بر این می‌توان ذکر نمود که در طبیعت چندین مکانیسم خودپالایی وجود دارد که سطح زمین را برای حیات موجودات مناسب و قابل تحمل می‌سازد. نقش انسان در کنترل آلودگی ناشی از منابع طبیعی بسیار اندک است اما انسان با برهم زدن تعادل اکولوژیکی و طبیعی ناشی از آلودگی مصنوعی می‌تواند وضع را بدتر نموده و بر میزان آلودگی طبیعی بیفزاید.

۲- منابع مصنوعی: که بر اثر فعالیت‌های بشر به وجود آمده و مورد استفاده روزمره می‌باشد، شامل وسایل نقلیه، مؤسسات صنعتی، کوره‌های خشت‌پزی، نانویی‌ها، ژنراتورهای شهری و خانگی هستند.

منابع مصنوعی خود به دو زیر مجموعه منابع ساکن و متحرک تقسیم‌بندی می‌شود:

منابع ساکن: شامل واحدهای کوچک و بزرگ صنعتی، واحدهای تولیدی-توزیعی و خدماتی مانند: فرودگاه‌ها، ترمینال‌ها، پمپ بنزین‌ها و انبارهای نگهداری سوخت، مراکز تجاری، واحدهای مسکونی هستند.

منابع متحرک: شامل خودروهای سنگین و سبک، موتور سیکلت‌ها، قطار، هواپیما و کشتی‌های مسافربری و بارکش می‌باشند. سهم هریک از منابع آلوده کننده هوا به ترتیب ۸۵ تا ۹۰ درصد و ۱۰ تا ۱۵ درصد برآورد شده است.

۸-۳- انواع آلاینده‌های هوا

آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا شش آلاینده اصلی را به عنوان معیار انتخاب نموده و آنها را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرده است:

آلاینده‌های اولیه موادی هستند که در مقادیر زیاد از منابع به طور مستقیم به هوای محیط وارد می‌شوند و موجب بروز اثرات سوء بهداشتی و مزاحمت در رفاه عمومی در مقیاس مکانی نسبتاً بزرگ می‌شوند و افراد زیادی را در یک منطقه وسیع تحت تأثیر قرار می‌دهند که برای این آلاینده‌ها، استانداردهای ملی وضع نموده‌اند. این گروه آلاینده‌ها شامل پنج آلاینده منواکسید کربن CO، دی‌اکسید نیتروژن NO₂، ذرات معلق ۲/۵ و ۱۰ میکرون، دی‌اکسید گوگرد SO₂، سرب Pb می‌باشد. آلاینده‌های ثانویه به موادی اطلاق می‌شوند که در اثر فعل و انفعالات موجود در هوای اطراف زمین به وجود می‌آیند و در این گروه می‌توان از ازن O₃ نام برد. دسته دیگری از آلاینده‌ها، آلاینده‌های خطرناکی هستند که تعداد آنها بسیار بیشتر از آلاینده‌های اصلی است ولی معمولاً وسعت انتشار آنها کم و در موارد و مکان‌های خاص یافت می‌شوند و غالباً محدوده‌ی کمی را آلوده می‌سازند.

خطرناک شدن هر آلاینده به دو عامل بستگی دارد؛ غلظت و مدت زمان تنفس یک آلاینده، مانند منواکسید کربن که ممکن است در مدت بسیار کوتاه با غلظت بسیار زیاد اثری نداشته باشد یا اثر آن به سرعت از بین برود؛ در حالیکه تنفس مقدار جزئی از این گاز به مدت طولانی سبب پیدایش عوارض ناراحت کننده در بدن می‌شود. برای حد کشنده شدن هر آلاینده یک فرمول تجربی محاسبه شده که رابطه‌ای را بین دو عامل مذکور بیان می‌کند. مثلاً برای آنکه تنفس گاز منواکسید کربن برای انسان کشنده باشد باید حاصلضرب زمان تنفس بر حسب ساعت و غلظت گاز بر حسب قسمت در میلیون بزرگ‌تر از ۱۵۰۰ باشد.

در مطالب زیر انواع این آلاینده‌ها توضیح داده شده است (پرکینز، ۱۳۷۷):

۸-۳-۱- منواکسید کربن CO

گازی است بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه که البته از فراوان‌ترین آلاینده‌های اصلی در اتمسفر می‌باشد. عملاً CO حاصل احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی است که به جای CO₂ تشکیل می‌شود و در اثر یکی از کاستی‌های زیر است:

الف) اکسیژن ناکافی (ب) دمای پایین شعله (ج) زمان ماند گاز مخلوط هوا و سوخت (جبهه‌ی شعله) در دمای بالا (د) اغتشاش درون اتاقک احتراق. موارد فوق برای منابع ساکن تحت کنترل دقیق‌تری قرار دارند تا منابع متحرک. از این رو نیروگاه‌ها معمولاً ۵ درصد کل CO موجود در هوا را علیرغم مصرف حدود ۳۰ درصد سوخت‌های فسیلی (در جهان) تولید می‌کنند. گاز CO توانایی خون را برای انتقال اکسیژن کاهش داده، به هموگلوبین خون می‌چسبد و تولید کربوکسی‌هموگلوبین (COHb) می‌نماید؛ بنابراین خون حاوی اکسیژن کمتری می‌شود و می‌تواند روی مغز و تپش قلب، اثر جدی

بگذارد. میزان COHb موجود در خون بر اساس درصد نشان داده می‌شود که به عوامل غلظت CO، زمان مواجهه‌ی شخص با CO و نرخ تنفس بستگی دارد. میزان سالانه تولید جهانی منواکسید کربن حدود ۲۶۰ میلیون تن است که ۶۰ درصد آن ناشی از فعالیت‌های انسانی به ویژه سوخت‌های ناقص فسیلی و ۴۰ درصد بر اثر فرایندهای طبیعی وارد اتمسفر می‌شود. میانگین غلظت زمینه CO در اتمسفر در محدوده ۰/۰۶ تا ۰/۷ میلی‌گرم بر مترمکعب هوا (۰/۱۲ ppm تا ۰/۰۵) قرار دارد. این گاز در هوای آزاد و به مقدار کم، زندگی بیماران قلبی و ریوی را به خطر می‌اندازد، استنشاق آن در محیط‌های بسته و سقف‌دار باعث خفگی و مرگ می‌شود و در داخل اتومبیل غلظت آن به ۲ تا ۵ برابر بیشتر از بیرون می‌رسد. تأثیر CO بستگی به غلظت و مدت زمان تماس با آن دارد. بیشترین سهم تولید منواکسید کربن متعلق به تولید الکتریسیته می‌باشد. نیروگاه‌های فعال یا از گاز یا مازوت (ماده‌ای شبیه گازوئیل) استفاده می‌کنند. این مواد آلودگی بسیار زیادی را تولید می‌کنند.

۸-۳-۲- دی‌اکسید نیتروژن NO₂

اکسیدهای ازت شامل NO₂، NO₃، N₂O، N₂O₃، N₂O₄، N₂O₅ و NO می‌باشند که معمولاً NO₂ و NO برای مطالعه‌ی آلودگی هوا مورد سنجش قرار می‌گیرند. در واقع غالب دستگاه‌های سنجش NO_x مجموع آلاینده‌های NO₂ و NO را می‌دهند؛ در حالیکه به تنهایی نیز قابل اندازه‌گیری هستند. NO₂ و NO با توجه به اثرات سوء بهداشتی برای انسان‌ها بیشتر مورد توجه هستند. به طور کلی منابع اکسیدهای نیتروژن، دو دسته عمده را دربر می‌گیرند: اکسیدهای نیتروژن حرارتی: به واسطه‌ی وجود ازت در هوا هنگام احتراق تشکیل می‌گردند. اکسیدهای نیتروژن سوختی: به واسطه‌ی وجود ازت در ترکیبات سوخت، هنگام احتراق شکل می‌گیرند. امروزه اکسیدهای نیتروژن سوختی، سهم بیشتری از اکسیدهای ازت در هوا دارند و از NO_x به عنوان آلاینده لوکس یاد می‌شود. یعنی اینکه هر چه وضعیت تولید از لحاظ فناوری و منابع مالی بهتر شود، آنگاه راندمان بالا رفته و در نتیجه بیشترین کارایی و انرژی را می‌گیریم. پس کمترین آلودگی CO و هیدروکربن سوخته را در دمای سوخت بالاتر داریم و در نهایت NO_x بیشتری تولید می‌شود. در مواقع احتراق کامل‌تر، افزایش غلظت شکل‌گیری NO_x تابعی از دما است. از میان هفت اکسید شناخته شده نیتروژن موجود در هوای محیط، اکسید نیتریک (NO) و دی‌اکسید نیتروژن (NO₂) بر روی سلامتی انسان مؤثر هستند که هر دو از ترکیبات عادی هوا بوده و به علت پدیده‌های مختلف جوی مانند فوران آتشفشان‌ها به وجود می‌آیند. با وجود این در شهرها به علت فعالیت‌های انسانی، از غلظت بالاتری برخوردار هستند. احتراق سوخت‌ها در دمای بالا موجب تولید این آلاینده‌ها می‌گردد. بر اساس تخمین سازمان بهداشت جهانی، کل اکسیدهای نیتروژن تولیدی در سطح جهان، سالانه ۱۵۰ میلیون تن اعلام گردیده که حدود نیمی از آن ناشی از فعالیت‌های طبیعی و نیم دیگر ناشی از فعالیت‌های انسانی است. این گاز باعث تحریک چشم‌ها و قسمت‌های عمقی ریه‌ها شده و موجب بروز خستگی مفرط و افزایش موارد بیماری می‌گردد. این گاز می‌تواند باعث ایجاد سوزش در

ریه‌ها و همچنین باعث کاهش میزان مقاومت سیستم تنفسی در مقابل بیماری‌هایی مانند آنفلوآنزا شود. هر دو اکسید نیتریک و دی‌اکسید نیتروژن اگر از مرزهای خونی ریه عبور کنند می‌توانند فرم‌های غیر فعال هموگلوبین که مهم‌ترین آنها متهموگلوبین است را به وجود آورند. در گزارشی از سازمان بهداشت جهانی، غلظت 0.5 ppm اکسیدهای نیتروژن را کمترین مقداری می‌داند که در کوتاه مدت مخرب است. به نظر می‌رسد حداکثر یک‌ساعته 0/17-0/1 ppm (یکبار در ماه) حفاظت‌های عمومی را دربر دارد. اکسیدهای نیتروژن همچنین هسته اولیه تشکیل ازن و باران‌های اسیدی هستند که ممکن است در اکوسیستم‌های آبی و گیاهی اثرات منفی به جای گذارند. علاوه بر این به گیاهان نیز صدمات زیادی وارد می‌کنند.

۸-۳-۳- ذرات معلق^۱ PM

به هر ماده‌ای به جز آب خالص که به صورت مایع یا جامد در اتمسفر تحت شرایط نرمال در اندازه میکروسکوپی یا زیرمیکروسکوپی اما بزرگ‌تر از ابعاد مولکولی، حدود ۲ آنگسترم موجود باشد، ذره معلق می‌گویند. یک توصیف کامل از ذرات موجود در جو نیازمند تعیین موارد زیر می‌باشد:

(الف غلظت ب) اندازه ج) ترکیب شیمیایی و د) فاز (مایع یا جامد). روش‌های بسیاری برای بیان اندازه‌ی ذرات وجود دارد ولی اغلب بر حسب قطرهای واقعی یا معادل بیان می‌شوند.

ذرات معلق جوی در اندازه‌ها و غلظت‌های مختلفی از ۲/۵ تا ۱۰ میکرون وجود دارند اما به طور کلی بیشتر به بررسی ذرات ۲/۵ و ۱۰ میکرونی به علت اهمیت آنها پرداخته می‌شود.

- آبروسل: ذره‌های ریز جامد یا مایع پراکنده در جو را گویند.
- گرد و غبار: ذرات جامد در اثر سایش موجود در جو می‌باشد.
- ذرات جامد که در اثر سرد شدن بخارات حاصل می‌گردد.
- ذرات مایع
- ذرات حاوی کربن ناشی از احتراق ناقص
- هیدروکربن‌های حلقوی معطر
- PM10 ذرات معلق با قطر آبرودینامیکی از ۰/۱ تا ۱۰ میکرومتر
- PM2.5: ذرات معلق با قطر آبرودینامیکی از ۰/۱ تا ۲/۵ میکرومتر

ذرات معلق با قطر آبرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرومتر به دلیل راه‌یابی به سیستم تنفسی تحتانی به عنوان شاخص اصلی مواد معلق در هوا معرفی می‌شوند. بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیکی، ذرات معلق در مقایسه با اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای ازن برای سلامتی انسان مخاطره‌آمیزتر است و مقدار PM10 در تشدید بیماری‌های قلبی-ریوی، کاهش مقاومت سیستم ایمنی بدن در مقابل

^۱ particule matter

بیماری‌ها، از بین رفتن بافت ریه، آسم کودکان، مرگ و میر زودرس و سرطان نقش عمده‌ای دارد. هوای محیط با مقدار زیاد PM10 ممکن است تعداد مرگ و میر روزانه در ساکنین شهرها به ویژه افراد مسن که دارای بیماری ریوی هستند را افزایش دهد. مقدار ذرات معلق بیش از 380 mg/m^3 به طور مشخصی ظرفیت حیاتی ریه را کاهش داده و گزارش‌های متعددی اثر آن را بر روی عملکرد سیستم قلبی-ریوی حتی در مواقعی که غلظت آن پایین‌تر از استاندارد محیطی بوده، نشان داده است. از آنجاییکه ذرات بزرگ‌تر از $10-15 \text{ mm}$ در قسمت فوقانی سیستم تنفسی گرفته می‌شوند، تنها ذرات با قطرهای کمتر از $2-3 \text{ mm}$ به اعماق ریه نفوذ می‌کنند و بدین جهت استاندارد کیفیت هوا برای ذرات بر اساس اندازه ذرات اصلاح شده است. استاندارد WHO در حدود ۷ سال پیش بر حسب کل ذرات معلق بود و بعد بر حسب PM10 و هم اکنون بر حسب PM2.5 می‌باشد؛ زیرا این گروه قادرند تا اعماق ریه نفوذ کرده و در همان جا رسوب نمایند و اثرات مخربی به جای بگذارند. PM2.5 به ذرات معلق با قطر آیرودینامیکی کمتر از $2/5$ میکرومتر گفته می‌شود که به دلیل اندازه‌شان به ذرات Fine نام‌گذاری شده‌اند. بزرگ‌ترین ذره موجود در این دسته قطری در حدود $2/5$ میکرون داشته که قطر آن از موی انسان ۳۰ برابر کوچک‌تر می‌باشند. این ذرات شامل آبروسل، دود، دوده، گرد و غبار، خاکستر و گرده گیاهان می‌باشد که با توجه به مکان و فصل و موقعیت آب و هوایی ترکیباتش متفاوت است. برخلاف ازن که فقط تابستان‌ها هوا را آلوده می‌کند ذرات معلق آلاینده در تمام فصل‌ها آلودگی ایجاد می‌کنند.

منابع تولید کننده این آلاینده شامل همه انواع فرآیندهای احتراقی (احتراق در موتور خودرو، نیروگاه‌های برق و سوختن چوب) و فعالیت صنایع، عملیات راه‌سازی و گرد و غبار ناشی از تردد در جاده‌ها و منابع طبیعی انتشار آن در طبیعت شامل فعالیت آتشفشان‌ها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، باد، طوفان و گردباد می‌باشند.

PM2.5 با تنفس به اعماق ریه نفوذ کرده و باعث تحریک آن می‌شود. قرار گرفتن در معرض این ذرات منجر به اثرات کوتاه مدتی چون سوزش چشم، گلو، بینی و ریه، سرفه، عطسه، آبریزش بینی و تنگی نفس می‌شود. با گذشت چند هفته علائم فوق شدت یافته و به وخامت می‌گراید که در مواقعی منجر به ابتلا به آسم و یا بیماری‌های قلبی می‌گردد.

۸-۳-۴- دی‌اکسید گوگرد (SO_2)

برخی از سوخت‌های فسیلی مانند ذغال سنگ و مواد نفتی سنگین (نفت کوره و گازوئیل) حاوی مقادیر زیادی گوگرد هستند که این گوگرد در اثر احتراق به شکل گاز دی‌اکسید گوگرد یا ذرات معلق در فضا پخش می‌شود (اسمیت، ۱۳۸۴). نیروگاه‌ها، کارخانجات، خودروهای دیزلی و برخی مناطق مسکونی که اغلب از سوخت‌های فوق‌الذکر استفاده می‌کنند، از منابع انتشار اصلی این آلاینده محسوب می‌شوند. دی‌اکسید گوگرد که بیشتر از دیگر اکسیدهای گوگرد در هوا منتشر می‌شود، گازی است بی‌رنگ و بدبو که باعث تحریک مجاری تنفسی به خصوص حلق، بینی و حنجره شده و ایجاد

برونشیت‌های مزمن، آسم و آمفیزم می‌کند. SO_2 به مقدار زیاد در آب محلول بوده و در نتیجه به وسیله رطوبت در سیستم تنفس فوقانی جذب می‌شود. مهم‌ترین اثرات تنفسی غلظت‌های بالای SO_2 عبارت از: نارسایی‌های تنفسی، کاهش سیستم دفاعی ریه‌ها و تشدید بیماری قلبی و ریوی می‌باشد و افراد دارای بیماری‌های آسم، برونشیت یا آمفیزم و بیماران قلبی و همچنین بچه‌ها و افراد مسن به این گاز حساس می‌باشند. SO_2 به طور عمده موجب برونشیت و تنگی نفس در غلظت‌های نسبتاً پایین (ppm 5/0-25/0) می‌شود. تأثیر این آلاینده در سیستم تنفسی در حضور ذرات معلق تشدید می‌شود.

دی‌اکسید گوگرد وقتی با بخار آب موجود در هوا ترکیب می‌شود تبدیل به اسید شده و بارش آن به صورت باران اسیدی، باعث خوردگی فلزات، سنگ و پارچه می‌شود. این گاز مثل دی‌اکسید نیتروژن بر گیاهان اثر گذاشته و باعث از بین رفتن آنها می‌شود. بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی، به طور تقریبی سالانه ۲۹۴ میلیون تن از این گاز در سطح جهان تولید می‌شود که حدود نیمی از این مقدار از منابع طبیعی (همچون فعالیت آتشفشان‌ها) تولید می‌شود و نیم دیگر آن توسط فعالیت‌های انسانی (بیشتر در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی) به وجود می‌آید.

۸-۳-۵- ازن O_3

ازن در نتیجه واکنش‌های فتوشیمیایی بین هیدروکربن‌های خروجی از اگزوز اتومبیل‌ها و اکسیدهای نیتروژن در اتمسفر به وجود می‌آید و محرک چشم، گلو و ریه است. این آلاینده اساساً توسط منبعی به محیط منتشر نمی‌شود بلکه به وسیله واکنش‌های موجود بین آلاینده‌های اتمسفر تولید می‌شود و به همین علت، این آلاینده را از نوع ثانویه می‌نامند. آلاینده‌های اولیه‌ای که در شکل‌گیری ازن شرکت دارند، اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و مجموع هیدروکربن‌ها (THC) می‌باشند. ازن یک ماده اکسید کننده قوی با قابلیت واکنشی زیاد بوده و فعالیت شیمیایی بالای ازن باعث بروز مشکلاتی از قبیل از بین رفتن بافت ریه‌ها و کاهش عملکرد آن می‌شود. از جمله اثرات مضر این آلاینده بر سلامتی انسان، سوزش چشم و ریه‌ها می‌باشد. آمارها نشان می‌دهد که حملات آسم در روزهایی که غلظت بالایی از این آلاینده مشاهده شده به طور مشخصی افزایش یافته است. ازن موجود در هوا آسیب‌های شدیدی به کودکان، افراد سالخورده و افراد دارای ناراحتی تنفسی وارد می‌کند. قرار گرفتن در معرض غلظت پایین ازن به مدت ۶-۷ ساعت متوالی باعث کاهش توان ریه‌ها توأم با عوارضی مانند درد قفسه سینه و سرفه می‌شود. ازن همچنین موجب کاهش بازدهی محصولات کشاورزی و از بین رفتن جنگل‌ها و اکوسیستم گیاهی می‌شود.

۸-۳-۶- سرب

به طور کلی انتشار سرب و مواد حاوی ترکیبات سرب‌دار عمدتاً به دلیل استفاده از تترااتیل سرب (که توان ضد کوبش را در هنگام احتراق بنزین افزایش می‌دهد) در بنزین می‌باشد که امروزه از ETBE

و MTBE به جای تترائیل سرب در بنزین استفاده می‌کنند. عمدتاً سرب به صورت ذرات به هوا منتشر می‌شود و جذب آن از طریق تنفس و انتقال به خون باعث مسمومیت‌های زمانی و اثرات طولانی مدت روی کودکان، کهنسالان، زنان باردار و دیگر طبقات آسیب پذیر جامعه می‌گردد.

۸-۴- استانداردهای تعیین آلودگی هوا

شاخص کیفیت هوا (AQI) شاخصی جهت پیش‌بینی روزانه کیفیت هوا است. این شاخص مردم را از کیفیت هوا (پاک بودن یا آلوده بودن آن) آگاه می‌سازد و میزان ارتباط آن با سطوح سلامت را ارائه می‌کند. به عبارت دیگر میزان تأثیر هوای آلوده بر سلامت انسان را نشان می‌دهد و درک آن را توسط عموم مردم آسان می‌سازد. شاخص کیفیت هوا AQI، کیفیت هوا را در شش دسته قرار می‌دهد که هر دسته را به سطوح مختلف سلامت انسان مربوط می‌سازد. این شش دسته همان‌طور که در جدول ۸-۱ آمده به شرح زیر است:

جدول ۸-۱: ارزیابی وضعیت کیفی هوا بر اساس شاخص کیفیت هوا (گرفین، ۲۰۰۷)

| مرحله کیفی | شاخص کیفیت هوا | شاخص بهداشتی | رنگ ویژه |
|------------|----------------|----------------------------|----------|
| ۱ | ۰-۵۰ | خوب | سبز |
| ۲ | ۵۱-۱۰۰ | متوسط | زرد |
| ۳ | ۱۰۱-۱۵۰ | غیربهداشتی برای افراد حساس | نارنجی |
| ۴ | ۱۵۱-۲۰۰ | غیربهداشتی برای کل افراد | قرمز |
| ۵ | ۲۰۱-۳۰۰ | کاملاً غیربهداشتی | بنفش |
| ۶ | ۳۰۰-۵۰۰ | مخاطره آمیز | ارغوانی |

خوب: میزان AQI در این حالت بین ۰ و ۵۰ است. کیفیت هوا رضایت بخش است و آلودگی هوا بی‌خطر یا کم‌خطر است. این حالت را با رنگ سبز نشان می‌دهند.

متوسط: میزان AQI در این حالت بین ۵۱ تا ۱۰۰ است. کیفیت هوا قابل قبول است اگرچه بعضی از آلاینده‌ها ممکن است برای تعداد بسیار کمی از افراد با ملاحظات بهداشتی خاص همراه باشد؛ به عنوان مثال کسانی که نسبت به آزن حساسیت ویژه‌ای دارند ممکن است علائم تنفسی از خود بروز دهند؛ این حالت را با رنگ زرد نشان می‌دهند.

ناسالم برای گروه‌های حساس: میزان AQI در این حالت بین ۱۰۱ و ۱۵۰ است. بعضی از افراد گروه‌های حساس ممکن است اثرات بهداشتی خاصی را تجربه کنند. برای مثال مردمی که دارای بیماری ریه هستند نسبت به عموم مردم خطرات بیشتری را از مواجهه با آزن متحمل می‌شوند اما

مردمی که بیماری ریوی یا قلبی دارند خطر بیشتری را از مواجهه با ذرات معلق متحمل می‌شوند. ولی وقتی آلودگی هوا در این سطح قرار دارد عموم مردم تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند؛ این حالت را با رنگ نارنجی نشان می‌دهند.

ناسالم: هر فردی ممکن است اثرات بهداشتی AQI بالا را زمانی که مقدار آن بین ۱۵۱ و ۲۰۰ است، تجربه کند. اعضای گروه‌های حساس بیش از سایرین اثرات جدی را بر سلامت خود تجربه می‌کنند؛ این حالت را با رنگ قرمز نشان می‌دهند.

خیلی ناسالم: در این حالت AQI بین ۲۰۱ تا ۳۰۰ قرار دارد و هشدار برای سلامتی به حساب می‌آید و بدین معنی است که هر کسی ممکن است اثرات جدی‌تری را بر سلامت خود تجربه کند؛ این حالت را به رنگ بنفش نشان می‌دهند.

خطرناک: AQI در این وضعیت از ۳۰۰ بالاتر است و اختطاری جدی برای سلامت انسان و اعلام وضع اضطراری است. در این وضعیت احتمالاً تمام افراد جامعه تحت تأثیر قرار می‌گیرند. این حالت را با رنگ ارغوانی نشان می‌دهند.

ارتباط شاخص کیفیت هوا با سطح اهمیت بهداشتی و رنگ‌های متناظر با آن در جدول آمده است.

در هنگام رخداد کاهش کیفیت هوا عموماً سه مرحله زیر برای مدیریت آن در نظر گرفته می‌شود:
الف: مرحله هشدار: مرحله‌ای است که غلظت هوای آلوده به حدی رسیده باشد که باید اولین مرحله کنترل شروع شود.

ب- مرحله اخطار: مرحله‌ای است که نشان می‌دهد آلودگی هوا به همان منوال رو به فزونی است و باید کنترل جدی‌تری صورت گیرد.

ج- مرحله اضطرار: نشان می‌دهد کیفیت هوای آلوده رو به وخامت است و به حدی رسیده که خطرات بعدی برای سلامت انسان حتمی است و باید اقدامات همه جانبه‌ی سریع با تمام اختیارات به مرحله اجرا گذارده شود. در کشورهای مختلف جهان اقداماتی که در هر مرحله باید صورت گیرد در قانون مشخص شده است مثلاً در مرحله اضطرار دولت حرکت کلیه وسایل نقلیه را ممنوع اعلام می‌کند.

در مطالب زیر انواع راهکارهای مقابله با آلودگی هوا مورد بحث قرار می‌گیرد:

۸-۵- راهکارهای کاهش آلودگی هوا ناشی از سیستم حمل و نقل

• خودروهای سواری

- تهیه خودروهای کم مصرف که آلاینده‌های کمتری را تولید می‌کنند (استفاده از سیستم انژکتوری، مبدل‌های کاتالیزوری برای پالایش گازهای خروجی آلاینده از اگزوز).
- برنامه‌ریزی و اجرای طرح اصلاح کیفیت بنزین (تولید و توزیع بنزین بدون سرب و ...).
- تدوین و اجرای برنامه زمان‌بندی شده طرح جایگزین نمودن گاز طبیعی (LPG) به جای سوخت‌های فسیلی و در نهایت جایگزین نمودن گاز طبیعی فشرده (CNG).
- ایجاد مراکز مجاز و صلاحیت‌دار برای تنظیم موتور و انجام تست آلاینده‌های خروجی خودرو و صدور برچسب‌های لازم.
- برنامه‌ریزی و اجرای طرح عملی برای خروج و جایگزینی سواری‌های قدیمی.
- تهیه و اجرای محدوده طرح ترافیک.
- کاهش سهم خودروهای سواری در حجم مسافرت‌های داخل شهری از طریق:
- نصب چراغ‌های هوشمند در تقاطع‌های سطح شهر.
- توسعه و تجهیز شرکت واحد اتوبوسرانی و تاکسیرانی.
- اجرای طرح احداث مترو و تراموا.

• خودروهای عمومی

- برنامه‌ریزی و اجرای طرح تولید و توزیع گازوئیل کم گوگرد.
- گازسوز کردن اتوبوس‌های شرکت اتوبوسرانی و تاکسی‌ها که سرویس حمل و نقل عمومی را در سطح شهر به عهده دارند (در درجه اول اولویت قرار دارند).
- افزایش حجم ناوگان حمل و نقل عمومی متناسب با جمعیت (افزایش سریع ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس گازسوز به اتوبوس‌های شرکت واحد اتوبوسرانی).
- تبدیل سوخت خودروهای عمومی به تک سوخته (CNG) با تکنولوژی بالا و استفاده از کاتالیزور برای کلیه خودروهای گازسوز مایع.
- امکان استفاده از خطوط اتوبوس برقی.

• پایانه‌های بار و مسافر مستقر در درون شهر

- مکان‌یابی و انتقال ترمینال مینی‌بوسرانی، ترمینال مینی‌بوس‌های روستایی و گاراژهای باربری داخل شهری به یک یا دو منطقه مناسب در مجاورت کنار گذرهای شهر.

- ایجاد مراکز مجاز و صلاحیت‌دار برای تنظیم موتور و انجام تست آلاینده‌های خروجی خودرو و صدور برچسب‌های لازم.

• خودروهای گازسوز

- تنظیم موتور و انجام تست آلاینده‌های خروجی خودرو و صدور برچسب‌های لازم.
- طرح احداث تعدادی جایگاه سوخت‌گیری گاز طبیعی مایع (LPG).

• آلودگی ناشی از صنایع

- تجهیز صنایع بزرگ موجود به دستگاه‌های پالایش دهنده هوا.
- تشویق صنایع به بهره‌گیری از گاز طبیعی و جایگزینی آن به جای سوخت‌های فسیلی سنگین.
- انتقال واحدهای صنعتی با آلودگی شدید به خارج از محدوده ۲۵ کیلومتری شهر.
- احداث صنایعی که آلودگی زیست محیطی کمتری دارند.

۸-۶- راهکار اقتصادی مقابله با آلودگی هوا در کلان‌شهرها

آلودگی هوا یک پدیده خارجی است که دارای اثرات خارجی منفی می‌باشد؛ بدین معنی که عاملانی که فعالیتشان منجر به انتشار آلودگی می‌شود، خود هزینه انتشار آلودگی را تحمل نمی‌کنند و این هزینه را به سایر عاملانی که مسئولیتی در انتشار آلودگی ندارند، تحمیل می‌کنند. اثرات خارجی همیشه باعث می‌شود میان فایده‌های اجتماعی و خصوصی تفاوت ایجاد شود؛ بدین معنی که رفتار بهینه‌یابی شخصی با بهینه اجتماعی در تضاد است و بهینه‌یابی خصوصی منجر به بهینه اجتماعی نمی‌شود. اگر از دریچه علم اقتصاد به علت آلودگی توجه شود، علت آلودگی را باید در وجود اختلاف میان فایده خالص شخصی و فایده خالص اجتماعی مشاهده نمود. زمانیکه خالص فایده خصوصی انتشار آلودگی بیشتر از فایده اجتماعی آن باشد، عاملان اقتصادی تمایل دارند بیش از مقدار بهینه اجتماعی، آلودگی تولید کنند، به همین خاطر پیشنهاد می‌دهند برای رفع مشکل آلودگی، خالص فایده اجتماعی باید برابر خالص فایده خصوصی باشد. برای برقراری برابری فایده اجتماعی و فایده خصوصی باید از ابزار مالیات استفاده کرد. اولاً مالیات باید برابر هزینه نهایی آلودگی باشد و نرخ مالیات باید در هر واحد نشر یکسان باشد، زیرا اگر آلوده کنندگان با نرخ‌های متفاوتی روبرو باشند، عاملان اقتصادی تمایل دارند، فعالیت‌های اقتصادی را به بخش‌های با نرخ کمتر انتقال دهند. مالیات سبز نیز با همین هدف طراحی شده است. مالیات کربن یکی دیگر از انواع مالیات‌های زیست محیطی است که به عنوان سیاست حفظ محیط زیست در بسیاری کشورها انجام شده است. مطالعات نشان داده است که یکی از عوامل مؤثر در کاهش گرمای زمین مالیات کربن بوده است. این نوع مالیات بر مصرف منابع یا وسایلی بسته می‌شود که تولید دی‌اکسید کربن می‌کنند، پس یک روش برای بازاری کردن آن، مالیات بستن بر آنها است.

۸-۷- استفاده از انواع انرژی‌های پاک

بهره‌گیری از منابع انرژی‌های تجدید پذیر از مهم‌ترین راهکارهایی است که امروزه در سطح جهانی مورد توجه کشورها قرار گرفته است و کشورهای متعددی بخش قابل توجهی از انرژی مورد نیاز خود را این طریق تأمین می‌نمایند. انواع انرژی‌های نو عبارتند از: استفاده از انرژی بادی با ساخت و نصب توربین‌های بادی، استفاده از انرژی آبی به دست آمده از امواج دریایی، استفاده از برق آبی، استفاده از انرژی خورشیدی، استفاده از انرژی گرمایشی زمین یا ژئوترمال.

۸-۸- کنترل آلودگی در محیط‌های بسته

ذرات معلق، مونواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای ازت و طیفی وسیعی از انواع ترکیبات آلی فرار از جمله آلاینده‌های اماکن مسکونی به شمار می‌روند. براساس نتایج تحقیقات انجام شده، بیش از ۳۵۰ ماده شیمیایی در هوای خانه شناسایی شده‌اند. راه‌حل‌های آلودگی داخل منزل عبارتند از:

۸-۸-۱- پیشگیری

پوشش کاشی‌های سقف و دیواره مجرای تهویه هوا برای جلوگیری از انتشار الیاف معدنی، ممنوعیت سیگار کشیدن و یا محدود کردن آن در مناطق دارای تهویه مناسب، نشر مجموعه استانداردهای سختگیرانه‌ی فرمالدئید برای مواد فرش، مبلمان و ساخت و ساز، جلوگیری از نفوذ رادون، استفاده از ماشین‌های اداری در مناطق تهویه مناسب، استفاده از جایگزین‌های با آلودگی کمتر در پاکسازی عوامل مضر، مثل رنگ و دیگر محصولات از جمله این روش‌ها هستند. کاراترین روش بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها حذف منابع آلاینده و یا کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها است. قدیمی بودن و عدم تعمیر و نگهداری مناسب اسباب منازل نقش مؤثری در آلودگی هوا دارد به طوریکه اجاق گازی که تنظیم نمی‌باشد مونواکسید کربن بیشتری نسبت به اجاق تنظیم شده منتشر می‌کند. بعضی منابع مثل مصالح ساختمان، معطر کننده‌های هوا، چوب‌های فشرده که در مبلمان استفاده می‌گردند به صورت مداوم منتشر کننده آلاینده‌ها می‌باشند. بعضی دیگر مانند دود سیگار، عملکرد بد هواکش اجاق گاز، کوره، انواع حلال‌ها، حشره‌کش‌ها و مواد شوینده به عنوان عوامل دوره‌ای یا نوبتی انتشار آلاینده‌ها هستند. غلظت‌های بالای بعضی از این آلاینده‌ها ممکن است برای مدت طولانی نیز در هوا باقی بمانند.

۸-۸-۲- پاک کردن و یا رقیق کردن

استفاده از دریچه‌های قابل تنظیم هوای تازه برای فضاهای کار، افزایش مکش هوای خروجی، تغییر بیشتر کیفیت هوا، گردش هوا در ساختمان از طریق پشت بام خانه‌های سبز، استفاده از خروجی هود برای کوره و برنامه‌های کاربردی احتراق گاز طبیعی، نصب دودکش کارآمد برای اجاق چوب سوز از جمله این روش‌ها هستند. بعضی مواقع حذف منابع آلاینده گران و یا غیر عملی می‌باشد. لذا گردش هوا

و رطوبت در داخل منازل می‌تواند به کیفیت هوا کمک کند. از آنجاییکه حذف منابع آلاینده موجود در منازل غیرعملی و گران می‌باشد لذا جابه‌جایی هوا و رطوبت در فضای داخل خانه‌ها به کیفیت هوا کمک مؤثری می‌کند. هر خانه‌ای نیاز به تنفس هوای تازه در زمان و مکان درست دارد چنانچه هوای تازه کمی وارد محیط داخل خانه شود باعث می‌گردد تا مواد آلاینده در داخل تجمع یابند که نهایتاً سنگینی هوا و ناراحتی افراد را به دنبال خواهد داشت. طراحی و ساخت بعضی از ساختمان‌ها که منافذ کمتری دارند و هوای بیرون به سختی در آن جریان دارد نسبت به انواع دیگر که فاقد این منافذ می‌باشند دارای غلظت بالاتری از آلاینده‌های هوا می‌باشند. حتی اگر طراحی منازل به گونه‌ای باشد که نامتراکم (منفذدار) به نظر رسد، شرایط آب و هوایی می‌تواند شدیداً میزان ورود هوای تازه به داخل ساختمان را کاهش دهد. گران بودن انرژی باعث شده تا روش‌های نوینی در طراحی ساختمان‌ها مد نظر قرار گیرد؛ به طوریکه ساختمان‌های جدید کاملاً بسته و بی دررو بوده بنابراین تهویه هوا مهم‌تر از گذشته مورد توجه قرار می‌گیرد. تهویه مناسب منازل در زمستان و تابستان باعث می‌شود تا تخلیه آلاینده‌ها به خوبی صورت گیرد و سلامت و آسایش ساکنان تأمین گردد.

احساس هوای سنگین یا بوی مداوم، بوی ناشی از احتراق ناقص اجاق و یا دوده به خاطر مکش نامناسب گازهای احتراقی، تجمع آب در لایه‌های میانی پنجره‌های دو جداره و یا لولاها و دستگیره‌ها، انتشار دوده به واسطه مکش ناقص در شومینه‌ها، احساس تهوع، سردرد یا تحریک شدید چشم و سیستم تنفسی برای افراد خیلی حساس، به علاوه انواع خطرانی که تندرستی افراد را تهدید می‌کند می‌تواند ناشی از هوای آلوده منازل باشد که در صورتیکه علائم فوق مشاهده شود باید اقداماتی مانند نصب هواکش در آشپزخانه و حمام بدون پنجره، نصب سیستم‌های تهویه جهت بهبود هوا انجام گردد.

۸-۳-۸- استفاده از تمیزکننده‌های هوا (فیلترها)

در بعضی مواقع هیچ راهی جهت رهایی از ترکیبات آلاینده وجود ندارد و باید از فیلترهای مختلف جهت پالایش هوا استفاده نمود. فیلترهای کیسه‌ای هوا می‌توانند ذرات بزرگ مانند مو، حشرات، کرک و پرز هوا را تصفیه کنند و بعضی دیگر از انواع فیلترهای الکتریکی بوی سیگار و رنگ را تصفیه می‌کنند. فیلترهای جذب ذرات ملعق و ریز هوا به اندازه کافی ذرات را به دام انداخته و به تنفس بهتر در محیط خانه کمک می‌کنند. این فیلترها مانع عبور گرد و غبار و جریانات هوای آلوده به داخل خانه می‌شوند. استفاده از این فیلترها در سیستم تهویه هوا منجر به کاهش آلودگی هوا می‌شود.

۸-۴-۸- کاهش آلودگی هوای داخلی با روش طبیعی و استفاده از گیاهان

گیاهان در جذب مواد سمی از خانه کمک زیادی می‌کنند و در کاهش آلودگی هوا مؤثر هستند که در مطالب بعدی مورد بحث قرار می‌گیرد.

۹-۸- روش‌های مدیریت ذرات گرد و غبار

به طور کلی چندین روش برای جمع‌آوری ذرات معلق وجود دارد که شامل موارد ذیل هستند (سیکالا و همکاران، ۲۰۱۲):

۱-۹-۸- اتاقک‌های رسوب‌دهی وزنی

در اتاقک‌های رسوب‌دهی وزنی از یک طرف دستگاه، گاز وارد شده و پس از گذر از صافی، ذرات گرد و غبار از پایین دستگاه جدا و خارج شده و از طرف دیگر دستگاه، گاز بدون ذرات گرد و غبار خارج می‌گردد. محفظه‌های رسوب‌دهی وزنی برای ذرات بزرگ‌تر از ۵۰ میکرون که دانسیته پایین دارند و یا ذرات ۱۰ میکرونی که دانسیته قابل ملاحظه‌ای دارند بکار می‌رود. ذرات کوچک‌تر به مسافت‌های افقی بیشتری نیاز خواهند داشت که این منجر به افزایش حجم اتاقک می‌گردد. برای اتاقک رسوب‌دهی وزنی به منظور جلوگیری از ورود مجدد ذرات ته‌نشین شده بایستی سرعت گاز یکنواخت و نسبتاً پایین (کمتر از ۳۰ سانتیمتر در ثانیه) باشد. ذرات در این سیستم با راندمان حدود ۵۰ درصد از هوا جدا می‌گردند. مکانیسم حذف آن ته‌نشینی است. اتاقک‌های رسوب‌دهی وزنی (ته‌نشینی ثقلی) یکی از ساده‌ترین وسایل کنترل آلودگی هوا در صنایع می‌باشند. این وسایل با افزایش سطح مقطع و در نتیجه کاهش سرعت جریان هوا منجر به ته‌نشینی ذرات می‌گردند. این روش برای ذرات بزرگ‌تر از ۵۰ میکرون مؤثرتر است.

۲-۹-۸- جداسازهای سانتریفوژ^۱

جمع‌آورنده‌های سیکلونی دستگاه‌هایی برای پاکسازی گازها از ذرات معلق هستند که در آن با بکارگیری نیروی سانتریفوژی توسط به چرخش در آوردن جریان گاز، ذرات معلق (اعم از جامد یا مایع) از جریان گاز جدا می‌شود. این جدا کننده‌ها می‌توانند یک دستگاه حجیم و بزرگ یا تعدادی محفظه‌های لوله‌ای شکل کوچک باشند که به صورت سری یا موازی قرار می‌گیرند. وقتیکه واحدهای جدا کننده به صورت سری قرار می‌گیرند بازدهی حذف ذرات افزایش می‌یابد و اگر به صورت موازی قرار گیرند حجم گاز عبوری بیشتر خواهد شد. در این نوع دستگاه‌های کنترل، نیروی سانتریفوژ مربوط به سرعت چرخش زیاد ذرات را به دیواره خارجی سیکلون پرتاب نموده و ذرات از دیوار به سمت مخروط پایین هدایت شده و وارد قیف انتهایی می‌گردند. سیکلون‌ها برای حذف ذرات ۱۰ میکرومتری یا بالاتر بکار می‌روند و در مجموع سیکلون‌ها به ندرت بازدهی بیش از ۹۰ درصد دارند مگر اینکه اندازه ذرات ۲۵ میکرومتر یا بیشتر باشند. البته سیکلون‌هایی با بازدهی بالا برای گرفتن ذرات تا ۵ میکرومتر هم وجود دارد.

¹ centrifugal separation

۸-۹-۳- شستشو دهنده‌های تر^۱

این نوع سیستم‌های کنترل هم برای حذف ذرات و هم برای گازهای آلاینده بکار می‌روند. در این سیستم‌ها یک مایع که معمولاً آب است برای به دام انداختن ذرات گرد و غبار و یا افزایش اندازه آبروسل‌ها بکار می‌رود. ذرات مایع و جامد در محدوده ۰/۱ تا ۲۰ میکرومتر به طور مؤثری جدا می‌شوند. در این روش باید تماس مایع با ذرات به طور مناسبی انجام شود.

۸-۹-۴- فیلترها

فیلتراسیون یکی از گسترده‌ترین و قدیمی‌ترین روش‌های جداسازی ذرات معلق از جریان گاز حامل می‌باشد. یک فیلتر ساختمان خلل و فرج‌دار فشرده از مواد الیافی یا گرانولی است که گاز از میان منافذ و خلل و فرج آن عبور کرده و ذرات معلق در فیلتر به جا می‌ماند. بسته به محل بکارگیری و درصد بازدهی مورد انتظار می‌توان از انواع مختلف فیلتر استفاده نمود. در سال‌های اخیر فیلترهای تغییر شکل یافته‌ای به نام کارتریج وارد بازار شده است که قابل تمیز کردن می‌باشند و با روش‌هایی مانند جت ضربه‌ای قابل پاکسازی می‌باشند. جنس آنها از کاغذی تا نوع‌های مقاوم به مواد شیمیایی و حرارت متغیر است. فیلترهای پارچه‌ای کیسه‌ای که به صورت کیسه‌ای و به صورت آویزان در ردیف‌های متعدد قرار می‌گیرند دارای بازدهی ۹۹ تا ۹۹/۹۹ درصد برای ذرات معلق می‌باشند. جنس آنها از پشم، نمد و مواد بافته شده متعدد است که بر اساس تحمل آنها نسبت به گرما و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گاز و فرآیند تعیین می‌گردند. افت فشار و اندازه بزرگ از معایب فیلترهای پارچه‌ای به شمار می‌رود. تعداد کیسه‌ها بستگی به حجم گاز عبوری دارد.

۸-۹-۵- رسوب دهنده‌های الکترواستاتیک (الکتروفیلترها)^۲

در این دستگاه‌ها ذرات باردار شده و توسط قطب مخالف خود جذب می‌شوند. این روش یکی از مهم‌ترین روش‌های پاکسازی صنعتی به شمار می‌رود و در سال ۱۹۱۰ ابداع شد. قابلیت‌های این روش پذیرش حجم وسیعی از گاز، بازدهی بالای جداسازی ذرات برای ذرات زیر میکرون، مصرف انرژی پایین و امکان جداسازی ذرات از گازهایی با دمای بالاست. افت فشار در این دستگاه‌ها خیلی کم در حدود ۰/۱ تا ۰/۵ اینچ آب است و بازدهی آنها ۹۰ تا ۹۹ درصد است. به دلیل مزایای این روش امکان استفاده از آنها در صنایع مختلف خصوصاً نیروگاه‌ها وجود دارد. نکته قابل توجه در این دستگاه‌های کنترل، این است که انرژی صرف شده برای جداسازی ذرات صرفاً به خود ذرات بستگی دارد و به حجم جریان گاز مرتبط نمی‌باشد. این یک مزیت برای این دستگاه‌ها محسوب می‌شود که در سایر دستگاه‌های کنترل ذرات وجود ندارد.

¹ wet scrubbers or wet collector

² electrostatic precipitators

۸-۹-۶- ایجاد بادشکن

واژه بادشکن شامل دیواره‌هایی از چند ردیف درخت، بوته، سرشاخه و سایر مصالح مشابه است که به منظور حفاظت مزارع، جاده‌ها، تأسیسات، کانال‌های آبرسانی، کمربند سبز اطراف شهرهای مناطق بیابانی برای جلوگیری یا کم کردن اثرات فرسایش بادی و گرد و خاک، فرسایش خاک و در یک کلام برای کم کردن سرعت باد بکار می‌رود. بادشکن‌ها اگر به درستی طراحی شوند حتی در اطراف خانه‌ها و منازل می‌توانند هزینه‌های گرمایش و سرمایش را کاهش داده و در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود. بادشکن‌های حفاظتی که معمولاً برای واژه shelterbelt دیده می‌شوند در کشورهایمانند آمریکا و چین برای حفاظت مزارع کاربرد گسترده‌ای دارند. هدف اصلی از احداث این نوع بادشکن محافظت محصولات کشاورزی از بلایای طبیعی، به ویژه حوادث هواشناسی و بهبود کیفیت محیط زیست و افزایش بهره‌وری در کشاورزی است. این نوع بادشکن به صورت کمربندهای حفاظتی شهرهای واقع در مناطق بیابانی برای کم کردن اثرات گرد و خاک‌های ناشی از فرسایش بادی نیز بکار می‌رود. بادشکن‌ها ضمن کاهش سرعت باد با اثری که در میکروکلیمای محیط خود ایجاد می‌کنند، می‌توانند در وضعیت اکولوژی منطقه نیز تأثیرگذار باشند. این عمل با کاهش تبخیر و تعرق، تغییر درجه حرارت خاک و هوای مجاور آن و حتی تأثیر در میزان برف و رطوبت خاک سبب افزایش مقدار محصول در هکتار می‌شود. از جمله مزیت‌های دیگر بادشکن تسهیل شرایط رشد گیاهان و تأمین امکانات مناسب برای زندگی انسان و حیات وحش در منطقه مورد نظر است.

۸-۹-۷- استفاده از پوشش‌های ژله‌ای

به علت اینکه ماده تشکیل دهنده مالچ تشکیل شده از نفت و بسیار گران قیمت می‌باشد، دولت به دنبال راه حل جایگزین برای آن است؛ به عنوان مثال از پوشش‌های ژله‌ای ساخته شده از ترکیبات شیمیایی استفاده می‌کنند و با پاشیدن آن بر روی خاک تا حدودی آن را تثبیت و مانع حرکت آن می‌شوند.

۸-۹-۸- دستگاه یونیزاسیون برای کنترل گرد و غبار

این نوع دستگاه‌ها به شکل آنتن‌های بی‌سیم پخش شده وظیفه جمع‌آوری ذرات را از طریق یونیزاسیون دارند. در عمل کارکرد این نوع ابزارها جای سؤال داشته و هنوز کارآمدی خود را به طور کامل نشان نداده‌اند.

۸-۱۰- استفاده از گیاهان برای کاهش آلودگی هوا

گیاهان مانند یک فیلتر عمل می‌کنند. آنها توسط برگ‌ها هوا را جذب کرده و به این طریق سموم و مواد زائد را از هوا گرفته و یا به مصرف خودشان رسانده یا در ساختار خودشان انبار کرده یا به نوعی

دفع می‌کنند. هرچقدر اندازه برگ‌ها (یا تراکم آنها) بزرگ‌تر باشد میزان هوایی که فیلتر می‌کنند نیز بیشتر است. وقتی گیاهان این هوا را همراه با متعلقات آن جذب می‌کنند، دیگر این مواد معلق موجود در هوا وارد بینی نشده و در نتیجه بیماری‌هایی مانند تنگی نفس، آلرژی‌ها، عکس‌العمل بدن به قارچ‌ها و دیگر عوامل بیماری‌زا و بیماری‌های ناشی از مواد شیمیایی کاهش خواهند یافت.

درخت، درختچه و گونه‌های گیاهی به ویژه چمن کاشته شده در فضاهای باز شهری در تغییرات میکروکلیمایی منطقه بسیار مؤثر هستند. به عنوان مثال خیابان‌هایی که اطراف آنها درخت کاشته شده، ۲۵ درصد کاهش آلودگی را نشان می‌دهند و تفاوت در مقدار گازهای آلوده در مناطق برخوردار از فضای سبز بین یک سوم تا یک دهم مناطق فاقد فضای سبز فعال می‌باشد. این اثر پاک کننده با افزایش میزان کاشت بیشتر می‌شود. گیاهان با مخلوط کردن هوای آلوده و تمیز، از آلودگی هوا می‌کاهند. به علاوه برگ‌های کرکدار، شاخه‌ها و تنه درختان با پوست سطحی خشن، ناخالصی‌های هوا مانند دود، بخارهای بدبو و گرد و خاک را به خود می‌گیرند. همچنین برگ‌ها مستقیماً بعضی از گازهای آلوده را جذب می‌کنند. در واقع گیاهان مانند فیلتر عمل کرده و زیر تاج آنها میزان آلودگی بسیار کم است. سرعت گسترش آلوده کنندگان می‌تواند به وسیله خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها، گونه و ارتفاع گیاهان و شرایط آب و هوایی متداول منطقه کنترل شود. همچنین حصارهای طبیعی بین مناطق صنعتی و مسکونی، میزان آلودگی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. به طور کلی برای کاشت موفق گیاهان در مناطق آلوده باید نکات زیر را در نظر داشت:

- موقعیت مکان کاشت نسبت به منبع آلودگی که بر میزان تأثیرپذیری از مواد آلاینده اثر دارد.

- تعیین منحنی‌های تراز زمین مورد نظر، بالا بردن سطح زهکشی و به حداقل رساندن فرسایش

- کاهش آلودگی خاک با وارد کردن خاک سطحی عاری از آلودگی

- استفاده از مواد آلی مانند کود حیوانی، پیت و ... برای حاصلخیزی خاک

- انتخاب دقیق گونه‌های گیاهی، مخصوصاً کاشت متراکم گیاهان نیمه حساس

- مبارزه با علف‌های هرز در دوران اولیه رشد گیاهان

- استفاده از مواد شیمیایی خنثی کننده در شرایط حاد آلودگی خاک (این روش معمولاً به دلیل عدم صرفه اقتصادی، رایج نیست) در نهایت اگر چه آلودگی خسارت زیادی به فضای سبز وارد می‌کند ولی از طرفی کنترل آن را می‌توان به وسیله بکارگیری گیاهان مناسب و روش‌های مؤثر کاشت به حداکثر رساند. حصارهای طبیعی درختی و درختچه‌های با عمق مناسب ۳۰ متر در اطراف مناطق صنعتی، کارخانه‌ها، اتوبان‌ها و ... می‌توانند کاملاً جلوی گرد و غبار را بگیرند و به مقدار قابل ملاحظه‌ای از غلظت آلوده کننده‌ها بکاهند. در این نوع پوشش، درختان و درختچه‌ها باید به صورت متراکم به گونه‌ای کاشته شوند که تاج آنها یکدیگر را پوشش داده و بدین ترتیب جریانی از هوای فیلتر شده تولید گردد. هر چه تعداد گیاهان کاشته شده و تراکم آنها بیشتر باشد، امکان کاهش آلودگی بالاتر خواهد رفت. نکته قابل توجه دیگر انتخاب صحیح گونه‌های گیاهی است. همه گیاهان از طریق تولید اکسیژن

باعث رقیق شدن هوا و کاهش غلظت مواد آلاینده می‌شوند ولی برخی از آنها از طریق جذب مواد آلاینده به پاکیزگی هوا کمک می‌کنند. بنابراین پوشش گیاهی این نوع حصارها در درجه اول باید مقاوم به آلودگی و در درجه دوم جاذب آن باشد.

برای جلوگیری از تأثیر مواد آلوده کننده روی گیاهان راه‌های مختلفی وجود دارد که همه این راه‌ها به عوامل متفاوتی مربوط می‌شوند. شناخت مواد آلوده کننده از نظر بافت و پایداری و شناخت در مورد غلظت مؤثر این مواد روی گیاهان از مواردی هستند که در این مورد تأثیرگذار هستند.

درختان همواره یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی برای موجودات زنده محسوب می‌شوند. تلطیف هوا، تعادل دمای محیط، حفاظت از خاک و تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز انسان، اندکی از این فواید است. علاوه بر این درختان بهترین منابع طبیعی برای کاهش آلودگی‌های زیست محیطی اعم از آلودگی هوا و آلودگی صوتی هستند.

در واقع کنترل آلودگی هوا و افزایش کیفیت آن از فواید اصلی درختان در شهرها محسوب می‌شود. درختان با جذب ذرات جامد معلق در هوا و گازهای مخرب مانند یک فیلتر بیولوژیک عمل می‌کنند و هوای تنفسی افراد را پاک می‌کنند. همچنین با اصلاح درجه حرارت هوا و ایجاد و یا تغییر جریان باد روی انتشارات آلاینده‌ها تأثیر گذاشته و محیط پاک‌تری را برای زندگی و حیات سایر موجودات فراهم می‌کنند. درختان به دلیل جذب دی‌اکسید کربن، بیشترین سهم را در پاکسازی هوا از گازهای گلخانه‌ای دارند. همچنین با کاشت درختان انبوه در حاشیه‌ی بزرگراه‌ها، می‌توان آلودگی‌های صوتی را تا حدی کنترل کرد. از این‌رو با اهمیت دادن به فضای سبز شهری می‌توان بسیاری از عوارض و آلودگی‌های زندگی در شهرهای بزرگ را تا حد زیادی کنترل کرد. درخت توت و درخت چنار دو گونه‌ی مقاوم به آلودگی هستند که در کاهش آلودگی هوای شهرها نیز بسیار مؤثرند.

سازمان فضایی امریکا (ناسا) برای حل مشکل آلودگی هوا در ایستگاه فضایی، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه انواع تصفیه کننده‌های هوا انجام داده و در نهایت اعلام کرده که بعضی از گیاهان به خوبی از عهده تصفیه هوا برمی‌آیند و قادر هستند طی ۲۴ ساعت ۸۲ درصد آلودگی هوا را پالایش کنند. در تحقیقات ثابت شده که اکثر تجهیزات خانگی از مبلمان تا انواع وسایل و مصالح ساختمانی (به دلیل مواد بکار رفته در ساخت آنها مانند پلاستیک، رنگ، چسب و ...)، همچنین مواد شوینده و پاک کننده، اسپری‌ها و گاز طبیعی مصرفی برای پخت و پز، فضای خانه‌ها و ادارات و ... را به طور دائم در معرض آلودگی و مواد سمی قرار می‌دهند تا حدی که در بعضی موارد این آلودگی‌ها می‌توانند خطرناک‌تر از آلودگی هوای بیرون از خانه‌ها باشند.

۱۴ گیاه برتر توصیه شده از طرف ناسا عبارتند از:

- ۱- **پیچک:** از قوی‌ترین تصفیه‌کننده‌های هوا است که قادر به جذب فرمالدئید و قارچ‌های مضر هوازی است و وجودش برای بیماران آسمی و حساسیت تنفسی بسیار مفید بوده و در گلدان‌آویز به راحتی قابل پرورش است.
- ۲- **گندمی:** این گیاه با قابلیت جذب بالای منوکسید کربن، گزینه‌ای مناسب برای نگهداری در آشپزخانه و کنار بخاری یا شومینه است و علاوه بر منوکسید کربن، فرمالدئید، بنزن و استایرن را هم جذب می‌کند.
- ۳- **سانسه وریا:** یکی از بهترین تصفیه‌کننده‌های فرمالدئید محسوب می‌گردد که از ترکیبات مضر مواد پاک‌کننده و شوینده و بهداشت شخصی محسوب می‌شود. این گیاه با نور کم و رطوبت هوا سازگار و برای نگهداری در حمام و سرویس‌های بهداشتی مناسب است.
- ۴- **اسپاتی فیلوم:** گیاهی راحت که با محیط کم نور سازگار و با هفته‌ای یک‌بار آبیاری، به حیاتش ادامه می‌دهد و به گل می‌نشیند. این گیاه قادر است دی‌اکسید و منوکسید کربن و همچنین فرمالدئید، بنزن، تری‌کلروتیلن، تولوئن و زایلین رو جذب کند.
- ۵- **چامادورا:** این نخل مینیاتوری را می‌توان به راحتی در محیط‌های کم نور آپارتمان نگهداری نمود و بهترین تصفیه‌کننده بنزن و تری‌کلروتیلن محسوب می‌شود و تا حد زیادی فرمالدئید را هم جذب می‌کند.
- ۶- **فیلودندرون برگ قلبی:** این گیاه بالا رونده، قابلیت جذب بسیار بالای فرمالدئید ناشی از اثاثیه نئوپانی را دارد و علاوه بر آن انواع اکسید کربن را هم تصفیه می‌کند.
- ۷- **پتوس‌طلایی:** گیاهی قدرتمند برای مبارزه با فرمالدئید و گزینه‌ای مناسب برای قسمت پارکینگ خانه بوده و دارای رشد سریع و رونده می‌باشد.
- ۸- **داوودی:** انواع گل داوودی نه تنها می‌تواند زینت بخش اتاق نشیمن و دفاتر کاری باشد، از بهترین تصفیه‌کننده‌های بنزن ناشی از مواد سفیدکننده، چسب، رنگ و پلاستیک هم محسوب می‌شود. این گیاه احتیاج به نور زیاد داشته و آفتاب مستقیم جلوی پنجره باز را می‌پسندد.
- ۹- **ژربرا:** این گیاه گل‌دار زیبا، تا حد قابل توجهی تری‌کلروتیلن ناشی از لباس‌های خشکشویی شده را تصفیه می‌کند و علاوه بر آن، قادر است بنزن ناشی از جوهر را هم جذب کند و گزینه مناسبی برای نگهداری در اتاق خواب و محل نگهداری و شستشوی لباس‌ها است چرا که نیار به محیط پر نور دارد.
- ۱۰- **دراسینا مارجیناتا (حاشیه قرمز):** این گیاه کم توقع، قابلیت رشد خوبی دارد و بهترین پاک‌کننده زایلین، تری‌کلروتیلن و فرمالدئید ناشی از لاک‌ها، براق‌کننده‌ها و گازوئیل محسوب می‌شود.

- ۱۱- **بنجامین:** نگهداری یک گلدان بنجامین در اتاق نشیمن، می‌تواند به پالایش فرمالدئید، بنزن و تری‌کلروتیلن ناشی از فرش و مبلمان کمک کند. بنجامین محیطی سایه روشن را می‌پسندد و اگر در آبیاریش دقت شود، گیاه ماندگار و بی‌دردسری می‌باشد.
- ۱۲- **دراسینا وارنکی (ذرت ابلق):** این گیاه، بنزن ناشی از براق‌کننده‌ها و روغن‌ها، جوهر، مواد پاک‌کننده، لاستیک، فیبر و دود سیگار را پالایش می‌کند. به راحتی در داخل خانه قابل نگهداری بوده و با حالت درختچه تا ارتفاع حدود سه متر رشد می‌کند.
- ۱۳- **دراسینا (ذرت سبز):** عملکرد این گیاه مشابه ردیف ۱۲ (ذرت ابلق) است.
- ۱۴- **آگلونما:** این گیاه بسیار کم‌توقع، به راحتی با نور کم کنار می‌آید و انواع آلودگی و مواد سمی موجود در هوا را بی‌وقفه تصفیه می‌کند.

۸-۱۱- راهکارها و تکنولوژی‌های نو برای مقابله با آلودگی هوا

۸-۱۱-۱- نقش فناوری اطلاعات

فناوری اطلاعات به معنای عام، بسیاری از تکنولوژی‌ها اعم از شبکه‌های اطلاع‌رسانی، سیستم‌های پاسخ‌دهی الکترونیک، سایت‌های اینترنتی، دستگاه‌های دریافت و پرداخت پول الکترونیکی، امضای الکترونیکی، خدمات آنلاین و سایر سرویس‌های دیجیتالی را شامل می‌شود. ارائه خدمات بانکی از طریق شبکه‌های اینترنت، رایج بودن کارت‌های هوشمند و الکترونیک، دریافت و ارسال اسناد اداری از طریق اینترنت، آموزش‌های الکترونیک و برخی موارد دیگر، باعث شده تا افراد ترجیحاً و گاهی لاجرم از این فناوری‌ها برای انجام نیازها و دریافت خدمات استفاده کنند، لذا استفاده از سیستم‌های حمل و نقلی و به خصوص خودروهای شخصی به حداقل کاهش می‌یابد و تنها در مواردی که امکان انجام کارها از طریق شبکه میسر نباشد یا نیاز به حضور فیزیکی افراد باشد، یا خدمتی مستقیماً به خود فرد مربوط باشد، انتقال و حمل و نقل فیزیکی صورت می‌گیرد. از نمونه‌های عینی این نوع خدمات در کشور می‌توان به خدمات دولت الکترونیک در قالب مراکز پلیس +۱۰ و مراکز خدمات پیشخوان دولت اشاره نمود که نقش به‌سزایی در کاهش تردد مردم و بالطبع کاهش آلودگی هوا به دنبال دارند.

۸-۱۱-۲- استفاده از درب و پنجره‌های UPVC با شیشه دو جداره

به دلیل نفوذ هوا از طریق درز پنجره‌ها و شیشه‌ها به داخل ساختمان‌های شهرهای بزرگ خصوصاً در فصولی از سال که بسیار آلوده است، لازم است پنجره‌های قدیمی پروفیلی که درزهای زیادی دارند و باعث ورود دائمی هوای آلوده شهر به داخل فضای زندگی می‌گردند با پنجره‌های UPVC تعویض گردند. پنجره دو جداره UPVC که از ماده سخت و محکم پلی‌وینیل کلراید ساخته شده سبب می‌شود در برابر سرما، گرما، آلودگی هوا و آلودگی صوتی مقاوم بوده و عایق‌بندی مستحکم‌تری داشته باشد.

افزودن مواد پایدار کننده مانند کلسیم موجب افزایش عمر و مقاومت آنها در برابر عوامل فیزیکی محیطی و آب و هوایی در اقلیم‌های متفاوت می‌شود.

۸-۱۱-۳- برج تصفیه کننده هوا

برج تصفیه کننده هوا که از فناوری‌های جدید محسوب می‌گردد به مثابه یک ابرشش قوی عمل می‌کند. این برج با طراحی منحصر به فرد و بیونیک خود، دارای فیلترهای طبیعی از انواع گیاهان، جلبک‌ها و شیارهای مرطوب است که هوای آلوده را به درون خود مکش کرده و پس از ورود حجم هوای آلوده مورد نظر، دیواره‌های برج منبسط شده و تغییر شکل می‌دهند. سپس هوا از طریق دالان‌هایی با سطوح متداخل از درون سازه عبور کرده و در آخر از روی سطح آب در طبقات زیرین می‌گذرد و هوای پاکیزه توسط دریچه‌هایی به بیرون انتقال می‌یابد. در واقع مکانیزم این عملیات برگرفته از بادگیرهای سنتی ایرانی است.

۸-۱۱-۴- پوستر و لباس‌هایی که آلودگی‌ها را می‌زدایند

این پوستر که دارای ابعاد ۱۰ متر در ۲۰ متر است با نانو ذرات اکسید تیتانیومی آلودگی خوار پوشانده شده است؛ این همان ماده‌ای است که برای پنجره‌های خودتمیز شونده استفاده می‌شود. وقتی نور به این نانو ذرات برخورد می‌کند آن‌ها تحریک شده با اکسیژن واکنش نشان می‌دهند و آلودگی‌ها را از هوا می‌زدایند. اگرچه این شیوه تمام آلودگی‌های ناشی از ترافیک خودروها را از بین نمی‌برد اما قادر به پاکسازی هوا از اکسید نیتروژن است که قابل دیدن و یا حس کردن نیست اما موجب بروز بیماری‌های تنفسی مانند آسم می‌شود. بدین ترتیب با استفاده از این راهکار تمام بنرها، پرچم‌ها یا پوسترهای تبلیغاتی که در سطح شهرها نصب می‌شوند می‌توانند به داشتن هوای بهتر در شهر کمک کنند. افزودن این نانو ذرات به پودر ماشین لباسشویی باعث می‌شود وقتی فرد با این لباس‌ها در خیابان راه می‌رود، مواد سمی موجود در هوا را جذب کند.

۸-۱۱-۵- استفاده از تابلوهای تبلیغاتی برای تصفیه هوا

محققان دانشگاه فنی و مهندسی پرو موفق به ساخت تابلو اعلاناتی شده‌اند که مطابق ۱۲۰۰ درخت هوا را پاکسازی می‌کند. این محققان با استفاده از این فناوری، یک تابلو تبلیغاتی تولید کردند که آب شور و آلوده را به آب شیرین و تصفیه شده تبدیل می‌کند. این تابلو قادر است روزانه ۱۰۰ هزار متر مکعب هوا را تصفیه کند. تابلو تصفیه هوا، هوای آلوده را با آب ترکیب می‌کند تا با استفاده از اصول اساسی ترمودینامیک، آلاینده‌هایی مانند باکتری، گرد و غبار و میکروب انحلال یابد و هوای تازه و پاک به بیرون منتشر شود. مصرف انرژی این تابلو بسیار کم و در حدود ۲/۵ کیلو وات در ساعت است.

۸-۱۱-۶- ایجاد پوشش حبابی

در حالیکه قاره آسیا در حال مبارزه با چالش فزاینده آلودگی هواست، یک شرکت انگلیسی بر این باور است که پروژه جدید آن می‌تواند راه حلی برای این مشکل باشد. یک آژانس طراحی در لندن به دنبال ساخت پارکی درون یک حباب بزرگ است و به گفته سازندگان، زمین‌های بازی مدارس می‌توانند در نسخه‌های کوچک‌تر سیستم‌های هوای پاک قرار داده شوند. این پارک شامل یک باغ گیاه‌شناسی است که کاملاً از جهان بیرون جدا شده و هوای پاک به درون آن پمپاژ می‌شود. همچنین دما و رطوبت این باغ در تمام طول سال کنترل می‌شود. ساختمان‌های اطراف پارک که به سیستم هوای کنترل شده متصل هستند، می‌توانند در جایگاه آپارتمان‌ها، ادارات و فروشگاه‌ها و همچنین تأسیسات ورزشی یا پزشکی باشند. طراحان برای ساخت این ساختار غیر عادی، الگوریتمی را نوشتند که توسعه رگ‌ها در برگ‌ها یا بال‌های پروانه را شبیه‌سازی می‌کند. برق این پروژه می‌تواند از طریق سلول‌های خورشیدی قرار گرفته در سطح پوشش تأمین شود و گرمایش و سرمایش هوا از طریق یک منبع زمینی سیستم تبادل حرارت انجام شود. کلید اصلی این پروژه یک باغ گیاه‌شناسی است که به ساکنان آن فرجه‌ای برای فرار از هوای آلوده بیرون می‌دهد.

۸-۱۱-۷- جاروبرقی مکنده آلودگی هوا

در این سیستم نوعی جاروبرقی الکترونیکی بکار گرفته می‌شود که در موتور این جارو با استفاده از حلقه‌های مسی یک میدان الکترواستاتیک ایجاد شده که می‌تواند ذرات مه‌دود (آلودگی) را جذب و به تمیز کردن هوا کمک کند. این کار سبب ایجاد سوراخ‌های هوای پاک به بزرگی ۶۰ متر در میان مه‌دود می‌شود و حجم آلودگی را کاهش می‌دهد. سیم پیچ‌های مسی را می‌توان بر روی چمن پارک قرار داد.

۸-۱۱-۸- مدیریت هوشمند برای ساختمان

سیستم هوشمند ساختمان یک شبکه متمرکز و برنامه پذیر برای مدیریت و نظارت یکپارچه سیستم‌های امنیت، کنترل روشنایی، تهویه مطبوع، سیستم‌های رفاهی و تردد ساختمان است. وظایف این سیستم‌های هوشمند ساختمانی، مدیریت و صرفه‌جویی در مصرف همه انرژی‌ها شامل سرمایش و گرمایش، مصرف برق و گاز و تأمین امنیت ساختمان مانند نشت گاز، اعلام اطفای حریق و سرقت است. به عنوان مثال اگر نشتی گاز در ساختمان صورت بگیرد، سنسورهای حساس به این گاز به وسیله شماره تلفن تعریف شده با تماس یا دادن پیام هشدار این موضوع را اطلاع‌رسانی می‌کنند. همچنین زمانیکه شخص از برنامه خروج چند روزه از منزل استفاده می‌کند این سیستم به صورت کاملاً اتوماتیک شیرهای گاز ورودی ساختمان را قطع می‌کند. سیستم‌های حرارتی و برودتی نیز خاموش و پیش بینی‌های دیگر اجرا می‌شود. همچنین وقتی هیچکس در خانه نیست می‌توان نمایش حضور در

خانه را اجرا کرد و سر ساعت معین چراغ روشن شود. در ضمن این خانه به گونه‌ای طراحی شده است که وقتی میزان آلاینده‌های پارکینگ افزایش یابد حسگرها، این آلاینده‌ها را تشخیص داده و با رسیدن به حد غیر مجاز سیستم تهویه را فعال کنند. پرده‌های این خانه هم به صورت هوشمند عمل می‌کنند و هنگام طلوع خورشید پرده، باز شده و تمام چراغ‌های آن محوطه خاموش می‌شوند.

۸-۱۱-۹- ساخت نانو حسگر برای اندازه‌گیری آنلاین آلاینده‌ها

این دستگاه وسیله‌ای برای تشخیص و اندازه‌گیری انواع مواد در حالت مایع و گاز در حد یک نانوگرم است. از این تکنولوژی می‌توان برای تشخیص و اندازه‌گیری گازهای مختلف، مواد شیمیایی، ذرات معلق و آلاینده‌های زیست محیطی به صورت آنلاین و انجام کارهای تحقیقاتی مانند اندازه‌گیری DNA و پروتئین استفاده کرد. امروزه برای شناسایی گازهای آلاینده از تجهیزات تشخیص آلاینده‌های زیست محیطی استفاده می‌شود که قیمت آنها بسیار بالاست اما می‌توان این فناوری داخلی را تنها با ۳۰ میلیون تومان (یک دهم هزینه نمونه مشابه خارجی) جایگزین حسگرهای بسیار گران قیمت خارجی کرد.

۸-۱۱-۱۰- استفاده از ورق‌های کامپوزیت، مقاوم در برابر آلودگی هوا

ورق‌های کامپوزیت متشکل از دو لایه آلومینیوم به ضخامت ۰/۵ میلیمتر و یک هسته از جنس پلاستیک یا یک ماده معدنی پرکننده به ضخامت ۳ میلیمتر که در بین این دو لایه قرار می‌گیرد، می‌باشد. ورق‌های کامپوزیت دارای قابلیت‌های زیر می‌باشد:

ورق‌های کامپوزیت دارای وزن کمی حدود ۸-۵ کیلوگرم در هر متر مربع می‌باشند که در مقایسه با دیگر مصالح از قبیل سنگ، شیشه و سیمان دارای پایین‌ترین وزن ممکن می‌باشند. با بررسی‌های به عمل آمده نمای کامپوزیت آلومینیوم، حدود ۹۰ درصد سبک‌تر از سنگ گرانیت، ۸۵ درصد سبک‌تر از سیمان، ۷۵ درصد سبک‌تر از شیشه و ۵۰ درصد سبک‌تر از ورق معمولی است. کاهش وزن سازه باعث کاهش ضریب زلزله در محاسبات شده و فضای خالی پشت ورق‌های کامپوزیت باعث ایجاد خاصیت آکوستیک می‌شود. به عنوان مثال وقتی از یک ورق کامپوزیت، در یک ساختمان با دیوارهای ساخته شده از بتن سبک استفاده می‌شود خاصیت عایق بودن صوت آن دو برابر می‌شود؛ به وسیله ابزار می‌توان زوایای مختلف با لبه تیز تا ۱۳۵ درجه را با این ورق‌ها ایجاد کرد در حالیکه برای مصالح رایج دیگر فاقد سیمان، سنگ و شیشه این امر امکان پذیر نمی‌باشد، با توجه به وجود تنوع رنگ ورق‌ها طراحان می‌توانند از رنگ‌های بسیار متنوع و مختلف از جمله رنگ‌های متالیک در طرح‌های خود استفاده کنند. برای رنگ کردن پنل‌ها از سیستم‌های بسیار پیشرفته و با کیفیت بالا استفاده شده است تا رنگ مورد نظر بالاترین کیفیت و بهینه‌ترین مقاومت را در برابر شرایط نامساعد جوی و آلودگی‌های صنعتی داشته باشد. از لحاظ مقاومت در برابر آتش‌سوزی این مصالح در بسیاری از کشورها به عنوان

مصالح ضد احتراق شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند و پس از آتش‌سوزی نیز برای محیط زیست آلودگی ایجاد نمی‌کند؛ زیرا تمامی مواد بکار رفته در ساخت آن بدون CFC هستند.

۸-۱۱-۱۱- دستگاه تصفیه هوا با فناوری ناسا

این دستگاه که Airocide نام دارد علاوه بر کاربردهای حفاظتی و صنعتی اکنون توانسته امتیاز مصارف خانگی را نیز به خود اختصاص دهد. استفاده از گونه‌های مشابه این دستگاه از سال ۱۹۹۸ در فروشگاه‌های مواد غذایی و یا کارگاه‌های بسته‌بندی مواد غذایی مرسوم بوده است. همچنین از سال ۲۰۰۳ نیز جهت مصارف پزشکی به بیمارستان‌ها و مراکز درمانی راه یافته و قرار است با ورود آن به خانه‌ها، هوای محیط را از ذرات ریز گرد و غبار که در برخی مواقع همه ما را دچار آلرژی‌های تنفسی می‌کند، پاک و خالص سازد. هر دستگاه Airocide در ارتباط با یک محفظه واکنش کار می‌کند که در آن هزاران حلقه شیشه‌ای کار گذاشته شده است. جداره داخلی و خارجی این حلقه‌های شیشه‌ای با دی‌اکسید تیتانیوم پوشش داده شده و زمانیکه گازها و ذرات بیولوژیکی موجود در هوا به این حلقه‌ها می‌چسبند، خنثی می‌شوند. در انجام این فرایند نیاز به هیچ ماده افزودنی نیست و محصول فرعی دیگری هم دیده نمی‌شود. تنها کافی است که یک مرتبه در سال محفظه واکنش تعویض شود. سازنده Airocide ادعا می‌کند این محصول تا ۱۰۰ درصد در زمینه تصفیه هوا از آلاینده‌های بیولوژیکی نظیر قارچ‌ها، کپک‌ها، ذرات گرد و غبار، ویروس‌ها و باکتری‌ها و همچنین انواع ترکیبات فرار موفق عمل می‌کند و می‌تواند بدترین آلاینده‌های هوای داخلی را از بین ببرد.

۸-۱۱-۱۲- ساختمان‌ها

در آینده احتمالاً با مواردی فراتر از پوشش‌های فتوکاتالیستی در طراحی ساختمان‌های تمیز کننده هوا مواجه خواهیم بود. این سازه بین آسمان خراش‌ها در شهرهای بزرگ قرار می‌گیرد و دی‌اکسید کربن و گازهای مضر دیگر را جذب کرده و اکسیژن پاک را در اتمسفر منتشر می‌کند.

۸-۱۱-۱۳- فناوری درخت برتر

چند سال پیش، یک شرکت پرویی فناوری پاکسازی هوا به نام "درخت برتر" را معرفی کرده است. درخت برتر هوا را مکیده، سپس عناصر سمی هوا را تحت فشار ترمودینامیکی با آب ترکیب کرده و در نهایت هوای تمیز را به بیرون پمپاژ می‌کند. محصولات جانبی این فرایند شامل گل و لای و آب غیر قابل شرب می‌توانند به سادگی وارد شبکه فاضلاب شوند. درخت برتر روزانه حدود ۲۰۰ هزار متر مربع هوا را تمیز می‌کند و گازهای مضر مانند دی‌اکسید کربن و همچنین میکرووب‌ها و باکتری‌ها را از بین می‌برد.

۸-۱۱-۱۴- هواپیماهای بدون سرنشین

در مواجهه با فشار فعالان محیط زیست و شهروندان، چین اخیراً روشی غیر منتظره برای مبارزه با آلودگی هوا را بکار گرفته است: هواپیماهای بدون سرنشین که مواد شیمیایی اسپری می‌کنند. این مواد شیمیایی موجب سقوط آلاینده‌های هوا به سوی زمین می‌شود. هواپیماهای بدون سرنشین مورد استفاده دارای بال‌های چترمانند به جای بال‌های ثابت رایج هستند که توانایی حمل بار آنها را سه برابر کرده است.

فصل نهم

راهکارهای مدیریت صاعقه

۹-۱- مقدمه

صاعقه از مهم‌ترین مخاطرات آب و هوایی محسوب می‌شود که علیرغم فراوانی کم دارای اثرات زیانبار بسیار زیادی است. کشور ایران نیز از جمله مناطقی از دنیا است که همه ساله شاهد رخداد این پدیده آب و هوایی با شدت و ضعف‌های مختلف در مناطق جغرافیایی کشور است. از این‌رو مطالعه مشخصات رخداد و راهکارهای کاهش اثرات آن با اعمال روش‌های گوناگون دارای ضرورت اساسی است، که بررسی این امر، هدف اصلی فصل حاضر را تشکیل می‌دهد.

۹-۲- صاعقه و نحوه‌ی تشکیل آن

صاعقه از تخلیه الکترواستاتیکی میان ابر و زمین در ابرهای کومولونیمبوس که گاه تا ۱۸ کیلومتر ارتفاع و چندین کیلومتر عرض دارند به وجود می‌آید (چاپمن، ۱۹۹۹). طی مراحل ذرات آب دارای بار منفی و ذرات یخ دارای بار مثبت شده به طوریکه عموماً بارهای منفی در لایه‌های زیرین و بارهای مثبت در بخش‌های فوقانی ابر متمرکز می‌شوند (هوروث، ۲۰۰۶). در این حالت بارهای مثبت سطح زمین نیز در زیر سایه ابر مجتمع می‌گردند. به محض اینکه میدان‌های الکتریکی گسترش و شدت می‌یابد، مناطق بیشتری در روی زمین به تناسب ارتفاع و شکل ساختمان‌ها به محیط خاص الکتریکی (کرونا) تبدیل می‌شوند. کرونا، یونیزاسیون هوا در نتیجه شکستن خواص عایقی آن است که به صورت هاله بنفش رنگ در حول هادی نمایان می‌شود (آرنس، ۱۳۹۱).

با افزایش پتانسیل الکتریکی ابر نسبت به زمین، یک جریان پیشرو از الکترون‌ها با حرکتی نردبانی شکل از ابر به سوی زمین سرازیر شده و کانال اولیه صاعقه را شکل می‌دهد. هوای اطراف این کانال کاملاً یونیزه است. این پلکان که گاه طول شاخه‌های آن به ۵۰ متر می‌رسد بار زیادی را در نوک پیکان با خود حمل کرده و موجب افزایش شدت میدان الکتریکی جو و شکست مقاومت عایقی هوا می‌شود (روزی طلب، ۱۳۸۸).

در این حالت سرعت حرکت کانال نزدیک شونده به زمین بیش از ۳۰۰ کیلومتر در ثانیه است. در این زمان با افزایش شدت میدان الکتریکی در سطح زمین یک جریان الکتریکی بالا رونده نیز از زمین به سوی ابر پیش می‌رود. پس از اصابت این دو پیکان به یکدیگر کانال جریان بسته شده و ضربه اصلی صاعقه اتفاق می‌افتد. بدین ترتیب جهت خنثی شدن بارهای ابر و زمین، جریان بسیار زیادی در مدت کوتاهی در این کانال برقرار می‌شود.

رعد و برقی که بین ابر و زمین است معمولاً از ابر به زمین می‌زند (رعد منفی) ولی در برخی موارد نادر هم از زمین به ابر می‌زند (رعد مثبت) است در این حالت زمین دارای بار منفی و ابر دارای بار مثبت است که متداول‌ترین آنها (۹۰ درصد) از نوع صاعقه منفی نزولی و خطرناک‌ترین آنها نوع مثبت صعودی می‌باشد. ولتاژ صاعقه معمولاً بین ۱۰ تا ۲۰ میلیون ولت در نوسان است و بعضاً تا صد میلیون ولت هم افزایش می‌یابد. بزرگی این رقم زمانی بهتر درک می‌شود که با برق شهر (۲۲۰ ولت) مقایسه گردد. این جریان در حدود ۱۰۰۰۰ آمپر شدت دارد. اما این مقدار همیشگی نیست و گاه تا ۲۰۰ هزار آمپر هم می‌رسد (کنترل منزل حداکثر ۲۵ آمپر را از خود عبور می‌دهد). صاعقه به طور معمول حدود ۱۰۰ میلیارد وات انرژی تولید می‌کند و می‌تواند این مقدار را تا ۱۶۰۰۰ میلیارد وات نیز بالا ببرد.

تخلیه الکتریکی ابرها معمولاً در مدت زمانی کمتر از چند هزارم ثانیه رخ می‌دهند. صاعقه گاه می‌تواند تا ۴۰ هزار کیلومتر در ثانیه سرعت بگیرد. صاعقه با تمام نیروی عظیمش تنها در یک لحظه خود را از ابرهای آسمانی به زمین می‌رساند و در مسیر حرکت خود با سرعت چند سانتیمتر را تقریباً ۳۰۰۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌کند. احتمال دارد صاعقه چندین بار به یک مکان مشخص برخورد کند. در کوهستان‌های مرتفع احتمال برخورد پی‌درپی صاعقه بیشتر از سایر مناطق است. برخی نقاط زمین صاعقه‌خیزتر هستند.

از جمله تولیدات صاعقه می‌توان به حرارت، نور، صدا، موج گاز، برق زمینی (ولتاژ گام) و ازن را نام برد. عبور جریان برق از هر جسمی حرارت تولید می‌کند، هوایی که نور رعد و برق از میان آن می‌گذرد به شدت گرم می‌شود. جریان صاعقه نیز هنگام شکافتن هوا و پس از آن هنگام برخورد با زمین حرارت تولید می‌کند که مقدار آن ۲۰۰۰۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. که این امر با توجه به جنس خاک، میزان رطوبت آن و سایر عواملی که مقاومت زمین را در برابر جریان برق کم یا زیاد می‌کند متفاوت است.

صاعقه‌ها می‌توانند رنگ‌های رنگین کمان را داشته باشند که این رنگ‌ها حاشیه‌ای بر رنگ سفید مرکزی است. این رنگ‌ها معمولاً شامل رنگ‌های آبی، زرد و بنفش است. رنگ صاعقه میزان حرارت آن را تعیین می‌کند، بنفش خنک‌ترین و سرخ داغ‌ترین رعد و برق‌ها هستند. رنگ صاعقه به عوامل محیطی نیز بستگی دارد.

اکثر صاعقه‌ها در بازه زمانی چند میلی‌ثانیه اتفاق می‌افتند اما گاهی در طی یک یا چند صاعقه پی‌درپی جریان پیوسته‌ای در حدود ۱۰۰ آمپر تأمین می‌گردد این نوع از صاعقه‌ها را اصطلاحاً داغ می‌شناسند که اغلب باعث آتش‌سوزی می‌گردند. اختلاف حرارت ناشی از صاعقه داغ و سرد از ۸۳۰۰ تا ۳۳۰۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است.

۳-۹- خسارات صاعقه

صاعقه می‌تواند خسارت‌های زینبار زیادی داشته باشد که اهم این خسارت‌ها عبارتند از (هوروث، ۲۰۰۶):

- صدمه به سلامت انسان و مرگ
 - اصابت صاعقه به احشام و زخمی و تلف شدن آنها
 - آتش‌سوزی جنگل‌ها و مزارع
 - خسارت مالی به ساختمان‌ها و تجهیزات سیستم‌های ارتباطی، خطوط انتقال نیرو، سیستم‌های الکترونیکی و تخریب و آتش‌سوزی آنها
- مهم‌ترین خسارات صاعقه بر روی انسان عبارتند از:
- **ضربه مغزی:** اگر صاعقه به سر مصدوم برخورد کند مصدوم در ساعات اولیه خواهد مرد. البته در مواردی هم شدت عارضه کمتر بوده و باعث صدمات مغزی خفیف‌تری می‌شود، گاه این صدمات بسیار جدی بوده و باعث عواقبی همچون فلج دائم و ... می‌گردد.
 - **ایست قلبی:** صاعقه می‌تواند با عبور دادن جریان برق از قلب با وارد کردن شوک و ضربه قوی به آن باعث توقف تپش قلب گردد.
 - **سوختگی ناشی از صاعقه** می‌تواند بسیار شدید و عمیق یا بسیار خفیف و سطحی باشد. در بیشتر موارد صاعقه از قسمتی از بدن وارد و از قسمتی دیگر خارج می‌شود و در طول مسیر عبور خود بافت‌ها را از درون می‌سوزاند. مواردی وجود دارد که صاعقه با سرعت زیاد تنها از سطح بدن عبور می‌کند و به جز یک سوختگی سطحی اثر دیگری نمی‌گذارد.
 - **خونریزی داخلی:** عبور جریان برق از بافت‌های درونی بدن علت اصلی خونریزی ناشی از صاعقه است.
 - **شوک:** کمترین اثر برق گرفتگی با چنین ولتاژی یک شوک شدید است که در صورت معالجه نشدن منجر به بیهوشی، کما و حتی مرگ می‌شود.
 - **آسیب به دستگاه عصبی:** اگر این آسیب در نخاع باشد می‌تواند منجر به فلج کامل یا فلج اندام تحتانی شود و اگر اعصاب سایر نقاط بدن لطمه ببیند عوارض مختلفی مانند بی‌حسی در اندام‌ها را به دنبال خواهد داشت.

- **مشکلات تنفسی:** آسیب دیدن بصل‌النخاع که کنترل دستگاه تنفسی را بر عهده دارد ضایعه‌ای است که باعث برهم خوردن نظم تنفس و حتی خفگی می‌شود، همچنین آسیب دیدن ریه می‌تواند باعث عفونت و سایر مشکلات ریوی شود.
- **ضایعات در چشم و گوش:** حرارت و ضربه ناشی از صاعقه باعث پاره شدن پرده صماخ گوش و لطمه خوردن مویرگ‌ها و مردمک چشم می‌شود که اثر آن کری و کوری موقت یا دائمی است.
- **شکستگی استخوان:** شکستگی به دلیل سقوط یا پرتاب شدن در محل حادثه می‌باشد. همچنین بیماران باید از نظر ضایعات مغزی و عصبی، شکستگی استخوان و چشم‌ها مورد بررسی قرار گیرند.

۹-۴- فواید صاعقه

۸۰ درصد جوی که زمین را احاطه کرده ازت تشکیل شده است. به عبارت دیگر بر فراز هر کیلومتر مربع از زمین هشت‌ونیم میلیون تن ازت وجود دارد. ازت که ماده لازم و ضروری غذای گیاهان محسوب می‌گردد چون در هوا به حالت غیر معمول وجود دارد، بی‌مصرف می‌ماند. برای اینکه ازت حل شود و برای نباتات قابل جذب گردد ناگزیر باید تغییر شکل شیمیایی دهد که صاعقه این وظیفه شگرف را به عهده دارد.

در مسیر صاعقه ذرات هوا به سی هزار درجه حرارت می‌توانند برسند. در این درجه حرارت ازت با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود و به صورت اکسید ازت درمی‌آید که در آب حل شدنی می‌باشد. اکسید - ازت به وسیله باران حل می‌شود و به شکل اسید نیتریک رقیق به زمین فرو می‌ریزد (یغمایی، ۱۳۸۸). اسید نیتریکی که به این ترتیب تولید می‌شود با مواد معدنی خاک درمی‌آمیزد و نیترات‌هایی که نباتات می‌توانند جذب کنند را به وجود می‌آورد. صاعقه در هر بار، صدمبار زمین را می‌کوبد و از عناصر ترکیب کننده هوا و زمین مواد حاصلخیز کننده می‌سازد.

هر سال در حدود ۱۰۰ میلیون تن تقویت کننده نیتروژنی خاک ارزشمند توسط صاعقه تولید می‌شود و با توجه به نسبت ۴ به ۱ گاز نیتروژن و اکسیژن در هوا، در اثر آزاد شدن انرژی عظیم ضربات صاعقه، تعدادی از نیتروژن و اکسیژن‌ها با هم ترکیب شده NO_x تولید می‌کنند که با باران مخلوط و همراه آن به زمین منتقل می‌شود و در تقویت باروری ریشه گیاهان بسیار مفید است. صاعقه باعث تبدیل اکسیژن به ازن می‌شود که محافظ زمین در برابر پرتوهای فرابنفش خورشید است.

۱- **آبیاری:** رعد و برق با تولید حرارتی بیش از ۱۵ هزار درجه سانتیگراد مقدار زیادی از هوا را سوزانده و در نتیجه فوراً فشار هوا کم می‌شود. در فشار کم، ابرها می‌بارند و به همین دلیل غالباً بعد از

جهش برق رگبارهایی شروع می‌شود و دانه‌های درشت باران فرو می‌ریزند. از این‌رو یکی از وظایف اصلی رعد و برق آبیاری است.

۲- ضد آفات و امراض گیاهی: هنگامیکه رعد و برق با آن حرارتش آشکار می‌شود، قطرات باران با مقداری اکسیژن ترکیب می‌شوند و آب سنگین یا آب اکسیژنه ایجاد می‌کنند و هنگام بارش تخم آفت و بیماری‌های گیاهی را از میان می‌برند و در واقع عمل سم‌پاشی انجام می‌دهند، هرسالی که در آن رعد و برق کم باشد آفات گیاهی بیشتر است.

۳- تغذیه و کودرسانی: برق و حرارت شدید ترکیب اسید کربنی پیدا می‌کنند و به هنگام پاشیده شدن بر زمین و قطرات باران بر اثر ترکیب با آن، یک نوع کود مؤثر گیاهی می‌سازند و گیاهان از این طریق تغذیه می‌شوند، کودی که در یک سال از مجموع برق‌های آسمان در کره زمین به وجود می‌آید ده‌ها میلیون تن است.

۹-۵- روش‌های حفاظت در برابر صاعقه

پس از برخورد صاعقه با زمین یا ساختمان، وسایل الکترونیکی داخل ساختمان‌هایی که تا شعاع ۱۵ کیلومتری از محل برخورد و در محدوده میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده، قرار دارند در معرض خطر خواهند بود. حفاظت مؤثر این تجهیزات در مقابل ولتاژهای القایی حاصله وقتی امکان پذیر است که کلیه سیستم‌های حفاظت داخلی همراه با حفاظت خارجی ساختمان توأمان نصب شده باشند (روزی طلب، ۱۳۸۸).

جهت ارزیابی خطر صاعقه بر سازه بایستی، موقعیت سازه، نوع کاربری، نوع سازه (اسکلت فلزی، اسکلت بتنی، مصالح بنایی، اسکلت چوبی و...)، ارتفاع سازه و تعداد ضربات احتمالی بر سازه در نظر گرفته شود (اصلانی، ۱۳۸۷).

یک سیستم حفاظتی شامل دو بخش حفاظت جلد ساختمان از ضربه‌های مستقیم صاعقه و حفاظت تجهیزات نصب شده داخل ساختمان در مقابل آثار ثانویه صاعقه می‌گردد.

۹-۵-۱- سیستم حفاظت داخلی

هدف آن حذف جرقه و اختلاف پتانسیل‌های خطرناک در داخل سازه مورد حفاظت است. در هنگامیکه جریان صاعقه از هادی‌های سیستم حفاظت بیرونی و سایر قطعات فلزی ساختمان عبور می‌کند این جرقه‌های خطرناک میان هادی‌های سیستم حفاظت بیرونی با سایر هادی‌ها از جمله تأسیسات فلزی، سیستم‌های داخلی و خطوط فلزی متصل شده به ساختمان ایجاد می‌شود که لازم است با هم‌بندی و اجرای سیستم هم‌پتانسیل و با فاصله جداسازی و ایجاد عایق الکتریکی مناسب از بروز آنها جلوگیری نمود.

سیستم هم‌بندی، جهت یکسان کردن پتانسیل صاعقه در حفاظت تجهیزات الکترونیکی ضروری می‌باشد. این موضوع از مقاومت زمین یا سیستم ارتینگ از اهمیت بیشتری برخوردار است. هم‌بندی با ایجاد نواری موسوم به نوار مرجع مشترک حاصل می‌شود. هر هادی که به نقطه ورودی سرویس وارد یا خارج می‌شود، به مفهوم آن است که زمین، تلفن، کابل کواکسیال و کنترل در نوار مرجع به هم متصل می‌باشند. سپس نوار مرجع از طریق یک اتصال با کمترین اندوکتانس به زمین متصل می‌شود. در این صورت با وجود هزاران ولت ولتاژ صاعقه، هیچ اختلاف ولتاژی وجود نخواهد داشت که باعث ایجاد جریان‌های مخرب در تجهیزات شود (قاسمی، ۱۳۸۷).

۹-۵-۲- سیستم حفاظت بیرونی شامل موارد زیر است:

- ۱- پایانه هوایی (جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه)
 - ۲- هادی پایین برنده (هدایت جریان صاعقه به زمین)
 - ۳- پایانه زمین (پراکنده کردن جریان صاعقه به زمین)
- پایانه هوایی می‌تواند یکی یا ترکیبی از انواع زیر باشد:

الف) میله صاعقه‌گیر (ب) سیستم آویز به هم وصل شده یا سیستم ترمینال هوایی (ج) هادی‌های شبکه‌بندی شده یا سیستم ترمینال مشی. هادی‌های پایانه هوایی باید در نقاطی که در معرض برخورد صاعقه هستند مانند گوشه‌ها، لبه‌ها، روی بام‌ها و بالاترین نقطه نمای ساختمان نصب گردند.

الف) میله صاعقه‌گیر: صاعقه‌گیر باید سایر نقاط موجود در ساختمان را مورد حفاظت قرار دهد و وظیفه آن جلوگیری از برخورد صاعقه به ساختمان و تخلیه جریان صاعقه به زمین است. جهت نصب باید به این نکات توجه داشت: قرار دادن صاعقه‌گیر بر روی دکل مربوطه، استفاده از یک یا چند هادی میانی، یک گیره تست برای هر هادی میانی جهت اندازه‌گیری مقاومت زمین، فاصله هادی میانی از اجسام فلزی باید ۲ متر باشد، سیستم مطمئن جداگانه برای هر هادی میانی، هم‌پتانسیل‌سازی چاه‌های ارت.

ب) سیستم آویز به هم وصل شده یا سیستم ترمینال هوایی: به صورت استفاده از یک یا چند سیم هوایی در بالای ناحیه مورد حفاظت می‌باشد. این سیم‌ها از طریق دکل در دو طرف ناحیه مورد نظر قرار گرفته و از همان طریق نیز به زمین متصل می‌شوند. جهت ایجاد آن یک یا چند سیم هادی هوایی، دو دکل جهت مهار کردن سیم، سیستم زمین جداگانه برای هر هادی میانی و هم‌پتانسیل‌سازی سیستم‌های زمین نیاز می‌باشد.

ج) سیستم ترمینال مشی یا هادی‌های شبکه‌بندی شده: این سیستم شامل چندین میله مهار شده و متصل به یکدیگر است که تمامی این میله‌ها توسط هادی به هم وصل شده و به زمین نیز متصل می‌شود. برای اجرای آن باید چندین میله مهار شده، یک شبکه متصل به میله‌ها، یک هادی

میانی برای هر میله، یک چاه ارت جداگانه برای هر هادی میانی و هم‌پتانسیل‌سازی سیستم‌های زمین را در اختیار داشت.

با نصب صاعقه‌گیر در بلندترین نقطه یک ساختمان باید مسیر صاعقه را به سوی چاه اتصال زمین هدایت و کنترل نمود تا صدمات ناشی از آن به انسان و تجهیزات به حداقل برسد.

حفاظت داخلی و خارجی نیازمند یک سیستم زمین مناسب جهت تخلیه جریانات صاعقه هستند.

د) سیستم زمین: یکی از مهم‌ترین قسمت‌های سیستم ارتینگ سیستم زمین می‌باشد، به طوری که بعضی سیستم ارت را در این قسمت خلاصه می‌کنند.

با اصابت رعد و برق به برق‌گیر انرژی آن به برق‌گیر منتقل می‌گردد و سیستم هادی میانی وظیفه دارد بدون تخلیه از مسیرهای نادرست از یک مسیر مناسب که در طراحی مد نظر بوده آن را به سیستم زمین منتقل گرداند و کار سیستم ارت به تزریق انرژی رعد و برق به زمین منتهی می‌شود.

از آنجایی که زمین مبداء توان و دارای مقاومت صفر است، قسمت زمین سیستم ارت بایستی در اسرع وقت تخلیه انرژی به زمین را انجام دهد؛ ولی به علت وجود لایه‌های پوسته زمین، در سطح زمین مقاومت آن دقیقاً صفر نیست و با ایجاد سیستم زمین، مقاومت زمین به صفر نزدیک می‌شود تا قابلیت جذب انرژی رعد و برق را داشته باشد.

پس مهم‌ترین مؤلفه یک سیستم زمین، مقدار مقاومت آن است که هرچه پایین‌تر باشد بهتر است. برای سیستم‌های قدرت، مقاومت ارت زیر ۱۰ اهم قابل قبول می‌باشد ولی برای سیستم‌های حساس از قبیل سیستم‌های مخابراتی معمولاً مقاومت زیر ۳ اهم مد نظر است که در موارد خاص با توجه به پیشنهاد سازنده دستگاه این مقدار تغییر می‌یابد.

سیستم زمین به انواع مختلفی از قبیل سیستم چاه، سیستم حلقه و سیستم میله‌ای ارت تقسیم‌بندی می‌شود و با توجه به نوع خاکی که می‌خواهیم سیستم زمین ایجاد نماییم انتخاب می‌گردد. مثلاً در جاده‌های سنگلاخی، میله‌های ارت که به صورت شبکه‌ای در زمین فرو می‌روند برای ایجاد و گسترش سیستم زمین بهترین گزینه هستند. برای حفاظت از دکل‌های مخابراتی نیز معمولاً با توجه به پیشنهاد سازنده از سیستم میله‌های ارت استفاده می‌گردد، بدین صورت که دو عدد از میله‌های برق‌گیر را در زمین کوبیده و اتصالات بین آنها و پایه دکل ایجاد می‌گردد.

سیستم رینگ بدین صورت است که بایستی دور ساختمان کانالی باریک به عمق ۸۰-۶۰ سانتیمتر حفر و سپس تسمه مسی را در داخل آن خواباند (حداقل فاصله ۵ متر از ساختمان) و اطراف آن را با مواد پایین آورنده مقاومت از قبیل مخلوط ذغال و نمک یا پودر بنتونیت یا مواد کاهنده اهم (LOM) پوشاند (از بالا و پایین به مقدار ۱۰ سانتیمتر) و پس از پر کردن حلقه آن را از مسیر مناسب به هادی میانی متصل نمود. البته بایستی قبل از پوشاندن نسبت به اتصال سازه‌های فلزی ساختمان به تسمه اقدام نمود.

برای ایجاد چاه ارت ابتدا یک چاه به قطر ۸۰ سانتیمتر حفر نمود که عمق چاه بایستی به حدی باشد که به رطوبت طبیعی زمین رسیده باشد.

چاه ارت شامل یک صفحه مسی با ابعاد فیزیکی ۶۷×۶۷×۳ سانتیمتر می‌باشد که اندازه این صفحه قابل محاسبه است ولی اندازه داده شده معمولاً در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد که بایستی در ته چاه قرار گیرد و به وسیله یک سیم هادی (معمولاً از جنس و اندازه هادی میانی) با اتصالات مخصوص به هادی میانی متصل گردد.

برای اتصال صفحه مسی به هادی از جوش مسی یا جوش یونی استفاده می‌گردد و معمولاً به صورت عمودی صفحه مسی داخل چاه قرار داده شده و اطراف آن با مواد کاهنده اهم مانند مخلوط ذغال و نمک یا مواد شیمیایی مانند بنتونیت و ... پر می‌گردد. معمولاً حدود ۱۰ سانتیمتر از زیر صفحه مسی تا ۲۰ سانتیمتر بالای صفحه مسی بایستی با این مواد پر شوند و بقیه چاه با خاک رس یا در صورت خوب بودن خاک منطقه (سنگلاخی نبودن و شن ریزه کمتر داشتن) با خاک استخراج شده پر می‌گردد. در قسمت بالای چاه حوضچه تست ایجاد می‌گردد و معمولاً کلمپ‌های تست و لوله آبیاری در این قسمت قرار می‌گیرند و همچنین با بست‌های مخصوصی هادی میانی به هادی چاه متصل می‌گردد.

برای اندازه‌گیری اهم چاه از دستگاه مخصوصی به نام میگر استفاده می‌گردد لازم به ذکر است در بعضی مواقع برای رسیدن به اهم پایین می‌توان دو، یا سه و یا تعداد بیشتری سیستم چاه ایجاد نمود و آنها را از قسمت بالای چاه به هم متصل نمود.

۹-۶- اجزاء یک صاعقه‌گیر

یک سیستم صاعقه‌گیر از نه قسمت اصلی تشکیل شده است:

۱- آنتن برق‌گیر ۲- هادی‌ها ۳- الکتروود یا سیم اتصال به زمین ۴- رابط‌ها ۵- اتصالات ۶- بست‌ها ۷- شمارنده صاعقه ۸- گیره تست ۹- لوله محافظ

۱- **آنتن‌های برق‌گیر:** عبارتند از جسم نوک‌دار با الکتروود لوله‌ای در اندازه مشخص و یک پایه که دارای زمینه هدایت‌کنندگی می‌باشد. وظیفه برق‌گیر این است که تخلیه الکتریکی صاعقه را که احتمال دارد در ساختمان تحت حفاظت صورت گیرد را به خود منحرف کند و بارهای مربوطه را به طرف زمین هدایت نماید؛ محل نصب آن در بلندترین نقطه ساختمان می‌باشد.

۲- **هادی‌ها:** سبب ارتباط الکتریکی انتهای برق‌گیر به زمین و به یکدیگر و نیز به اجسام فلزی مجاور می‌گردد و وظیفه هادی تخلیه بارهای صاعقه از آنتن برق‌گیر به زمین می‌باشد. هادی‌ها می‌توانند به صورت تسمه‌ای یا کابلی شکل باشند.

- ۳- سیستم اتصال به زمین: عبارتست از یک یا چند الکتروود منفرد یا مرتبط که بارهای الکتریکی را از آنتن توسط هادی‌های نزولی به زمین منتقل می‌کنند.
- ۴- رابط‌ها: عبارت از پیوند الکتریکی بین دو یا بیشتر قسمت‌های سیستم‌های حفاظتی است.
- ۵- اتصالات: عبارتند از هادی‌هایی که به منظور فراهم نمودن اتصال الکتریکی بین حفاظت صاعقه و قسمت‌های فلزی دیگر و مابین قسمت‌های مختلف اخیر برقرار شده است.
- ۶- بست‌ها: جهت محکم نمودن هادی‌ها به ساختمان بکار می‌روند. این بست‌ها باید برای اندازه‌های مختلف تسمه طراحی شوند.
- ۷- شمارنده صاعقه: وظیفه شمارش تعداد برخورد‌های صاعقه بر ساختمان را دارد. محل قرارگیری این شمارنده در بالای گیره تست در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین است و بر روی هادی میانی نصب می‌شود.
- ۸- گیره تست: این گیره محل اتصال هادی میانی به سیستم زمین است و مکانی برای اندازه‌گیری مقاومت است محل قرارگیری آن نیز در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین و در زیر شمارنده می‌باشد.
- ۹- لوله محافظ: برای جلوگیری از صدمه مکانیکی به هادی میانی، در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین هادی میانی را در داخل لوله PVC یا گالوانیزه قرار می‌دهند که توسط سه بست محکم و مهار می‌گردد.

۹-۷- انواع صاعقه‌گیر

- ۱- صاعقه‌گیر غیر فعال: این صاعقه‌گیر شامل یک میله ساده نوک تیز است که بر اساس شکل و خاصیت فیزیکی متضمن تشدید پدیده‌هایی مثل اثر میله نوک تیز می‌گردند؛ در این مسیر هیچ عامل تشدید کننده‌ای غیر از شکل خاص آنها وجود ندارد مثل میله ساده فرانکلین یا صاعقه‌گیر ژوپیترو ترمینال هوایی (سیم‌های معلق).
- در این نوع برق‌گیر، مخروط ایمنی را از سر آن به فاصله ۴۵ درجه و در محاسبات عملی برای بالا رفتن اطمینان این زاویه را ۳۵ و حتی پایین‌تر در نظر می‌گیرند.
- ۲- صاعقه‌گیر فعال: صاعقه‌گیرهایی که به واسطه انرژی دریافت شده از منبع خارجی و یا تولید شده به صورت خودکفا اثر پدیده را تشدید می‌نمایند با فناوری‌های مختلف هوای اطراف خویش را یونیزه می‌نمایند و بدین وسیله ایمنی بیشتری را ایجاد می‌کنند. این صاعقه‌گیر تنوع وسیعی دارد که از جمله آنها می‌توان به اتمی، بادی، خورشیدی، برقی، خازنی و ... اشاره نمود. از نظر قیمت برق‌گیرهای فعال بسیار گران قیمت‌تر از غیر فعال می‌باشند ولی این برق‌گیرها همیشه بهترین گزینه نمی‌باشند، چون این برق‌گیرها در شرایط مساوی محیط اطراف رعد و برق را به سمت خود می‌خوانند

و اگر سیستم هادی میانی مناسب نداشته و به صورت کاملاً حساس آن را تست بازرسی و نگهداری نماییم، به استقبال خطر رفته‌ایم.

از نظر نیاز به انرژی صاعقه‌گیرهای فعال به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- **صاعقه‌گیر وابسته:** برای انجام فعالیت به انرژی خارجی وابسته‌اند و از جمله آنها اتصال الکتریکی به یک منبع تأمین انرژی مثل باتری است که در صورت قطع ناگهانی اتصال این دو، برق‌گیر از کار خواهد افتاد.

۲- **صاعقه‌گیر خودکفا:** نیاز به منبع تأمین انرژی خارجی ندارند و به صورت خودکار انرژی مصرفی خویش را تولید می‌کنند.

انواع صاعقه‌گیرهای خودکفا

۱- **صاعقه‌گیر اتمی:** این گروه از صاعقه‌گیر که سابقاً ساخته می‌شدند به هیچ وجه انرژی مصرفی را از منبع خارجی تأمین نمی‌نمودند و لذا ضمن قدرت یونیزاسیون بالا، شعاع حفاظتی وسیعی را فراهم می‌کردند. دلیل حذف این نوع صاعقه‌گیر از مدار تولید و مصرف به قرار زیر است:

الف) یونیزاسیون هوای اطراف این نوع صاعقه‌گیر در تمام فصول و مواقع سال رخ می‌دهد. هیچ وابستگی به شرایط جوی و محیطی ندارد، نیمه عمر طولانی چشمه سزیم مداوم طول عمر دستگاه را سبب می‌شود اما در مواقع غیر ضروری با یونیزاسیون مداوم محیط را دچار آلودگی می‌نمود (تشنع رادیواکتیو برای موجودات زنده مضر است، اگرچه هنوز وسعت این مضرات کاملاً مشخص نشده است، اما اجتناب از آن توصیه می‌شود).

ب) از آنجاییکه پدیده یونیزاسیون در این ابزار به پیوند صحیح صاعقه‌گیر با زمین ارتباط ندارد و عملاً به دلیل منشأ خاص (عنصر رادیواکتیو) انرژی آن از پدیده میله نوک تیز نشأت نمی‌گیرد. (اگر صاعقه‌گیری با تشدید پدیده میله نوک تیز فعال شود در صورت قطع مسیر هادی میانی و چاه ارت از کار می‌افتد و یونیزاسیون صورت نمی‌گیرد). در صورت قطع مسیر چاه ارت یونیزاسیون ادامه داشته و صاعقه‌گیر بدون داشتن اتصال مناسب با زمین نقطه برتر دریافت صاعقه باقی می‌ماند و در صورت دریافت صاعقه، به علت نقص در مسیر تخلیه صاعقه‌گیر، متلاشی شده و یا به اطراف جرقه جانی پرتاب می‌نماید و موجب آتش‌سوزی می‌شود که این هر دو با هدف اولیه نصب صاعقه‌گیر منافات دارد و لذا همین عوامل سبب حذف آن از چرخه تولید و مصرف شد.

۲- **صاعقه‌گیر بادی یا پیزو الکتریک:** این نوع صاعقه‌گیر از یک محفظه خالی با مسیر ورود و خروج دوکی شکل ساخته شده که ورود و خروج هوا از آن طی یک سیکل و مسیر مشخص صورت می‌گیرد و سبب ارتعاش یک الکتروود عمودی می‌شود که متصل به یک سلول پیزو الکتریک است. نوسانات الکتروود باعث ایجاد الکتریسیته ساکن در سلول شده و این انرژی ذخیره شده بین الکتروود و

جداره خارجی صاعقه‌گیر تخلیه و سبب یونیزاسیون هوای اطراف خواهد شد. تکنیکی خودکفا اما بسیار حساس و آسیب پذیر است. چرا که ورود یک جسم خارجی و عدم خروج آن به سبب مسیر دوکی شکل خروجی ممکن است باعث انسداد مسیر و از کار افتادن دستگاه شود. ضمن اینکه وزش هر نوع باد (که لزوماً صاعقه‌ای به دنبال ندارد) باعث شارژ شدن بی مورد دستگاه و کاهش طول عمر سلول پیرو الکتریک و عملکرد ارتعاشی آن می‌شود.

۳- صاعقه‌گیر خورشیدی: این نوع صاعقه‌گیر مجهز به باتری و تعدادی سلول خورشیدی دریافت کننده انرژی است که تابش نور آفتاب سبب شارژ شدن باتری و ذخیره کافی برق ساکن در آنهاست. این انرژی بایستی در لحظه مناسب باعث تخلیه و یونیزاسیون هوا شود. صرف نظر از مکانیسم عمل آن، این نوع صاعقه‌گیر هم، به علت وابستگی شدید به باتری فتوسل (طول عمر باتری و زمان محدود ذخیره انرژی) عملاً مکانیسم مناسبی برای تضمین ایمنی نیست چرا که هیچ اطمینانی وجود ندارد که هوای ابری و غیر آفتابی کمتر از ساعات شارژ ماندن باتری طول خواهد کشید و اگر بیشتر باشد قطعاً از صاعقه‌گیر فوق کاری ساخته نیست.

۴- صاعقه‌گیر الکترونیک خازنی-اتمسفریک: مکانیسم عملکرد این صاعقه‌گیر بر اساس وجود پتانسیل برقی اتمسفر طراحی شده و در صورتیکه شرایط جوی فاقد پتانسیل برقی باشد، این صاعقه‌گیر همانند یک برق‌گیر ساده است و فعالیتی ندارد. واحد حس کننده این صاعقه‌گیر وقتی انرژی برقی اتمسفر فراتر از حد معینی می‌رود، واحد شارژ را برای جمع‌آوری انرژی به کار می‌اندازد. این واحد تا پر شدن خازن‌های مدار الکترونیکی به کار ادامه می‌دهد. همین واحد وقتی میزان پتانسیل اتمسفر از حد معینی گذر نماید، واحد شارژ دستور تخلیه خازن‌ها را به الکتروود میانی متصل به زمین می‌دهد که این کار باعث یونیزاسیون هوای اطراف صاعقه‌گیر خواهد شد. این کار به صورت متوالی تکرار شده و با افزایش پتانسیل اتمسفر شدت می‌یابد.

روش عملکرد این نوع صاعقه‌گیر به علت وابستگی مطلق به شرایط جوی صاعقه‌خیز بهترین کارایی را داراست.

۹-۸- بهترین مکان‌های نصب صاعقه‌گیر

در زمان طراحی سیستم حفاظت در برابر صاعقه باید خصوصیات معماری ساختمان که برای نصب هادی صاعقه‌گیر مطلوب است در نظر گرفته شود، معمولاً این خصوصیات به مکان‌های مرتفع ساختمان مربوط هستند مانند:

۱- اتاق‌های تجهیزات روی پشت‌بام‌های مسطح

۲- سه گوش شیروانی با دیوارهای ساختمان

۳- دودکش‌های فلزی یا آجری.

سیستم‌های حفاظتی بام‌های مختلف نیز عبارتند از:

۱- **سیستم‌های حفاظتی بر بام‌های مسطح:** از روش موسوم به سیستم حفاظت فاراده استفاده می‌گردد. آنتن‌های برق‌گیر به صورت لوله کوتاهی با نوک تیز است که در فاصله چند متری یکدیگر، دور تا دور پشت بام سقف سوله قرار می‌گیرند.

۲- **بام‌های با شیب تند:** حداکثر فاصله بین میله‌های برق‌گیر در خط‌الرأس بام‌های با شیب تند ۶ تا ۸ متر می‌باشد. سقف‌های با شیب ملایم آنهایی هستند که عرض آنها چنانچه مساوی یا کمتر از ۴۰ فوت (۱۲ متر) باشد، شیب آنها کمتر از یک هشتم است و چنانچه متجاوز از ۴۰ فوت باشد شیب آنها کمتر از یک چهارم است.

۳- **سقف با شیب ملایم:** چنانچه عرض آنها از ۱۵ متر بیشتر باشد باید علاوه بر آنکه دارای آنتن‌های اضافی در خط‌الرأس و نقاط لازم دیگر باشند، فاصله آنها از ۱۵ متر تجاوز نکند و دور تا دور آنها آنتن‌هایی به فواصل ۶ تا ۸ متر باید نصب گردد.

مواردی که باید در نصب برق‌گیر در نظر گرفته شوند:

- فاصله آنتن برق‌گیر از انتهای بام یا خط‌الرأس سوله یا تغییر مسیر هر بام باید در حدود ۶۰ سانتیمتر باشد.
- طول آنتن‌ها حداکثر ۱۵۰ و حداقل ۳۰ سانتیمتر باشند.
- انتهای برق‌گیر باید در قسمت‌های اساسی و محکم و در بلندترین نقطه ساختمان نصب شوند و باید طوری محکم گردند که توسط باد واژگون نشوند.
- نگهداری انتهای برق‌گیر با ارتفاع بیشتر از ۶۰ سانتیمتر باید در نقطه‌ای باشد که ارتفاع آن کمتر از ارتفاع نصب آنتن نباشد.
- به علت احتمال شوک الکتریکی باید به برجستگی‌های سطح بام همچون دودکش و ... اتصال الکتریکی (به وسیله هادی‌های فرعی که هادی اصلی متصل می‌گردد) ایجاد نمود یا اینکه به وسیله یک هادی خارجی به هم متصل و سپس به اسکلت ساختمان وصل شوند که تعداد این اتصالات نباید از تعداد اتصال‌های زمین کمتر باشد.
- نصب صاعقه‌گیر در ساختمان‌ها یا تأسیساتی که موقعیت آنها منطبق با شرایط زیر باشد امری بدیهی است:
- ساختمان‌ها و تأسیساتی که تعداد زیادی از مردم در آنها زندگی و یا رفت و آمد زیادی دارند.
- سازه‌هایی که بسیار مرتفع باشند.
- تک ساختمان‌هایی که در نزدیکی آنها ساختمان دیگری وجود ندارد.

- ساختمان‌هایی که در محل صاعقه‌خیز قرار دارند.

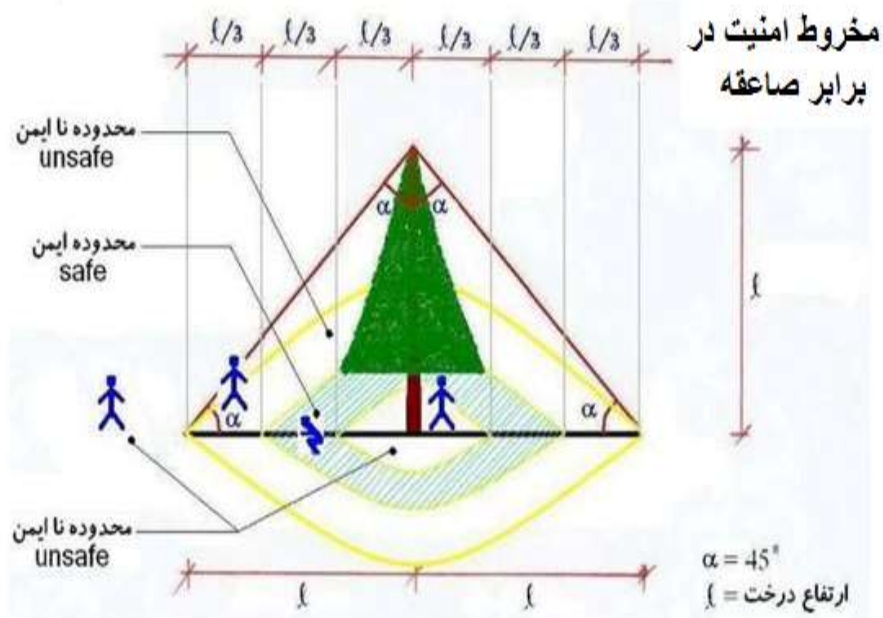
۹-۹- سطوح حفاظتی در برابر صاعقه

مطابق استانداردهای NFC17-102 UNE21186 سه سطح حفاظتی وجود دارد:

- سطح I:** بالاترین ایمنی در این سطح ایجاد می‌شود، این سطح برای ساختمان‌ها یا محیط‌هایی که انسان در آنجا هستند و نیز احتمال وجود صاعقه در سال بیشتر است پیشنهاد می‌شود.
- سطح II:** این سطح دارای ایمنی بالاست و برای ساختمان‌هایی در فضاهایی با تعداد متوسط صاعقه در سال و نیز فضاهایی در یک منطقه شهری و... پیشنهاد می‌شود.
- سطح III:** این سطح دارای ایمنی استاندارد است و برای حفاظت ساختمان‌هایی در محیط‌هایی با تراکم بسیار پایین صاعقه در سال و ساختمان‌هایی با ارتفاع کم و ... پیشنهاد می‌گردد.

۹-۱۰- مخروط امنیت برای مقابله با صاعقه

اگر هنگام وقوع صاعقه، در نزدیکی فرد یک درخت بلند و تک وجود دارد؛ می‌توان از زیر بخشی از آن درخت، به شیوه ذیل به عنوان چتر ایمنی بهره جست: بر اساس شکل زیر، بهتر است از یک سوم میانی جهت استقرار موقت استفاده نمود. نزدیک شدن به یک سوم داخلی و یا یک سوم خارجی، ضریب اصابت صاعقه را به شدت افزایش می‌دهد. خروج از امنیت نیز، به وضوح، موجبات اصابت صاعقه به فرد را فراهم می‌سازد. در شکل ۹-۱ محدوده غیر ایمن و محدوده ایمن نمایش داده شده است.



شکل ۱-۹: مخروط امنیت صاعقه و یک سوم میانی (محدوده مناسب برای استقرار موقت)

اقدامات لازم در هنگام وقوع صاعقه را به سه دسته قبل از وقوع، حین وقوع و بعد از وقوع صاعقه دسته‌بندی می‌کنند که در زیر به برخی از این موارد می‌پردازیم:

• اقدامات قبل از وقوع صاعقه

- درختان و شاخه‌های پوسیده و خشکی را که در طول یک طوفان احتمال سقوط دارند و ممکن است، باعث ایجاد خسارات مالی و جانی شوند را قطع نمایید.
- بعد از دیدن رعد و برق تا شنیدن غرش آسمان حداکثر تا ۳۰ می‌توانید بشمارید، به داخل بروید تا ۳۰ دقیقه بعد از شنیدن صدای آخرین غرش نیز داخل خانه بمانید.
- از درب و پنجره و بخاری دیواری، شوفاژ و دیگر هادی‌های الکتریسیته دور شوید.
- به منظور جلوگیری از خطر آتش‌سوزی ناشی از صاعقه نسبت به نصب برق‌گیر در ساختمان‌های بلند اقدام کنید.
- اشیای بیرون خانه که ممکن است به اطراف پرتاب شده و باعث ایجاد صدمه شوند را در محل مناسب قرار دهید.
- پشت دری‌ها و درهای بیرونی را چفت کنید، سایبان‌ها و پرده‌ها را بکشید.

- برای کسب خبر از مقامات محلی از رادیو باتری استفاده کنید.
- از قرار گرفتن در مجاورت برق‌گیرهای طبیعی مثل درختان بلند و تنها در فضای باز دوری کنید.
- از قرار گرفتن در ارتفاعات، بالای تپه‌ها، روی مراتع، ساحل و روی یک قایق شناور دوری کنید.

• اقدامات حین وقوع صاعقه

- فعالیت‌های بیرون خانه را متوقف کنید
- در زمان وقوع رعد و برق از منزل خارج نشوید.
- در صورتیکه در اتومبیل هستید، در محل مطمئن توقف کنید و موتور را خاموش کنید و آنتن ماشین را پایین بکشید.
- داخل ساختمان و یا خودروی سقف‌دار بمانید.
- بدنه فولادی یک خودروی سقف‌دار به شرطی که فلز آن را لمس نکنید از شما به خوبی محافظت می‌کند.
- از درختان، تپه‌ها، دیرک‌ها، سیم برق هوایی، لوله‌های فلزی و آب دور شوید.
- اگر در حال شناکردن هستید، فوراً از آب بیرون بیایید و یا روی قایق سوارید، سریعاً به سمت ساحل برگردید.
- هنگام صاعقه می‌توانید، به داخل ساختمان یا ایستگاه ترن زیرزمینی بروید.
- دوش و حمام نگیرید چون ممکن است لوازم حمام باعث انتقال جریان الکتریسته شوند.
- تنها در مواقع اورژانسی آن هم در صورت امکان از یک تلفن بی‌سیم استفاده کنید.
- دوشاخه تمام وسایل برقی مثل رایانه را از برق خارج کنید.
- هواکش را خاموش کنید.
- از قرارگرفتن در آونک یا ساختمان‌های تنها در فضای باز پرهیز کنید.
- همچنین از نزدیک‌شدن به هر وسیله فلزی مثل تراکتور، تجهیزات کشاورزی، موتورسیکلت و دوچرخه دوری کنید.

• اقدامات بعد از وقوع صاعقه

- در صورت نیاز به کمک با ۱۱۵ تماس بگیرید.
- در صورت مواجهه با فرد مصدوم، فوراً وضعیت تنفس (در صورت قطع تنفس مصدوم، سریعاً تنفس مصنوعی به او دهید) و نبض (در صورت عدم لمس نبض کاروتید در مصدوم، احیای قلبی-ریوی را انجام دهید) را کنترل نمایید.
- محل ورود و خروج جریان الکتریسیته را برای یافتن علائم سوختگی بررسی و پانسمان کنید.
- همچنین مراقب آسیب‌های وارده به سیستم عصبی باشید و شکستگی استخوان‌ها، بینایی و شنوایی در مصدوم را بررسی نمایید.

فصل دهم

راهکارهای مدیریت تگرگ

۱-۱۰- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی که در قلمرو خطرهای جوی-اقلیمی محسوب می‌گردد، تگرگ است. از دیرباز بارش تگرگ همه ساله خسارات فراوانی به بخش‌های مختلف همچون کشاورزی، دامپروری، ساختمان و ابنیه و تجهیزات وارد ساخته، به طوریکه بعضاً آسمان صاف و زمین سبز امید در لحظه‌ای چند به سیاهی و یأس مبدل می‌گردد و بارش آنی تگرگ موجب ایجاد خسارات جبران ناپذیر و نابودی لحظه‌ای بسیاری تجهیزات و محصولات می‌گردد. کاهش خسارات ناشی از این مخاطره نیز با اجرای برنامه‌های بلند مدت و کوتاه مدت مانند اعلام خطر به هنگام و استفاده مناسب از زمین ممکن می‌باشد. از این‌رو با توجه به اهمیت موضوع و به دلیل وقوع ناگهانی و خسارات جبران ناپذیر تگرگ بر آن شدیم تا در این فصل به مطالعه برخی روش‌های مقابله با خسارت این مخاطره در بخش‌های مختلف پردازیم.

۱-۱۰-۲- تگرگ و چگونگی ایجاد آن

تگرگ نتیجه‌ی وجود تلاطم و جابه‌جایی (همرفت) در ابرهاست و فقط در رابطه با طوفان‌های شدید به وجود می‌آید. طرز تشکیل تگرگ بدین صورت است که در داخل ابرهای کومولونیمبوس قسمتی از آن که از اطراف خود گرم‌تر است به سرعت به شکل مارپیچی به بالا رانده می‌شود و همراه خود قطرات باران را نیز به لایه‌های بالاتر که دمای آن پایین‌تر از نقطه انجماد است می‌برد. قطرات باران در این لایه‌ها منجمد می‌شوند و در اثر بالا و پایین رفتن مجدد ممکن است دانه‌های برف و قطرات دیگر به آنها بپیوندند و گویچه‌های کم و بیش بزرگی را به وجود آورند که به آن تگرگ گفته می‌شود. دانه‌های تگرگ بسته به شرایط اندازه‌ای بین ۵ تا ۱۲/۵ میلیمتر و چگالی معادل ۰/۸ گرم بر سانتیمترمکعب دارند. با تهیه مقطع از یک دانه تگرگ می‌توان در آن دواير متحدالمرکزی را مشاهده نمود که نشاندهنده‌ی عبور متناوب تگرگ از لایه‌هایی است که دمای متفاوت دارند. با توجه به اینکه

تگرگ در وضعیتی می‌بارد که معمولاً دما در سطح زمین بالاتر از نقطه انجماد است، لذا پس از ریزش به سرعت ذوب می‌شود و در نتیجه عکس‌العمل هیدرولوژیکی تگرگ بسیار سریع و مشابه باران در نظر گرفته می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹).

بزرگی و کوچکی دانه‌ی آن به دو چیز بستگی دارد: قوت یا ضعف درونی آن و دوری و نزدیکی مکان تشکیل آن نسبت به زمین، علاوه بر این زیادی یا کمی آب موجود در آن که بر اثر شدت و ضعف باد به وجود می‌آید در اندازه آن تأثیرگذار می‌باشد. فصل بارش تگرگ اغلب در بهار یا فصول انتقالی سال است، زیرا در این فصول اغتشاشات شدید جوی زیاد است. تگرگ در تابستان کم می‌شود، چون بخار مرطوب سنگین در این فصل کم است. در زمستان نیز تگرگ کم می‌شود، زیرا ابر منجمد می‌گردد (جعفرپور، ۱۳۸۸).

تگرگ حاصل حرکات قائم شدید قطرات باران در طول طوفان‌های تندری می‌باشد. وقتی هوای گرم به بالای آسمان صعود می‌کند، بخار آب را همراه خود به ارتفاعات بالا می‌برد. در ارتفاعات بالا، بخار آب سرد می‌شود و قطره‌های آب دور ذرات ریز گرد و غبار موجود در هوا تشکیل می‌شود. مقداری از بخار آب هم به شکل کریستال‌های ریز یخ منجمد می‌شوند که قطرات آب سرد شده را جذب می‌کنند. قطرات به شکل کریستال‌های یخ، منجمد می‌شوند و کریستال‌های بزرگ‌تری را تشکیل می‌دهند (احمدیان، ۱۳۹۳).

مراحل شکل‌گیری ابر و بارش باران و تگرگ به صورت زیر است:

- ۱- ابرها برای برای جمع و مرتب شدن چرخانده می‌شوند. ۲- ابرها مألوف می‌شوند (پاره ابرها که از نظر دما، غلظت بخار آب و ترکیبات متفاوتند با هم ترکیب می‌شوند). ۳- ابرها روی هم متراکم می‌شوند. ۴- قطرات آب از امتداد ابرها فرو می‌ریزند (وقتی وضعیت جوی به نقطه بارش برسد ابتدا ذرات آب در بخش‌های بالایی ابر با هم ترکیب می‌شوند و قطره‌های ریز در حد سقوط کردن تشکیل می‌شوند و از بالا در امتداد تراکم ابر سقوط می‌کنند. در مسیر سقوط خود با میلیون‌ها مولکول دیگر آب برخورد می‌کنند که جذب آنها می‌شوند و رفته رفته بزرگ و بزرگ‌تر می‌شوند، تا اینکه به نهایت پایین ابر می‌رسند و سقوط می‌کنند). ۵- ابرهای کوه مانند (ابرهای کومولونیمبوس رشد یافته) تشکیل می‌شوند. ۶- در ابرهای کومولونیمبوس ذره‌های یخ وجود دارد که با چرخش آنها تگرگ تشکیل می‌شود. ۷- رعد و برق رخ می‌دهد (در ابر جریان برق مثبت و منفی تشکیل می‌شود. به این شکل که با بادهای قوی "ذره‌ها" و "قطره‌های ریز آب" و مخصوصاً "ذره‌های یخی" موجود در ابر، بالا و پایین برده می‌شوند که باعث ایجاد جریان مثبت و منفی برق می‌شوند (آذر آیین، ۱۳۹۳).

-تگرگ انواع مختلفی به صورت زیر دارند:

- ۱-تگرگ نرم^۱: گلوله‌های سفید رنگ کوچکی هستند که به آسانی فشرده شده و قطر دانه‌های آنها بیش از چند میلیمتر نیست.
- ۲-تگرگ ریز^۲: هسته مرکزی این نوع تگرگ نرم است و جدار خارجی آن از یخ نازک و شفاف پوشیده شده است.
- ۳-تگرگ شدید^۳: در اثر ریزش این نوع تگرگ سطح زمین فوراً سفید رنگ می‌شود. این نوع تگرگ به ندرت باریده و قطر دانه‌های آن از قطر فندق بزرگ‌تر است. تگرگ شدید به محصولات کشاورزی و سردرختی‌ها صدمه زده و شیشه‌های در و پنجره یا گلخانه‌ها را می‌شکند.
- ۴-تگرگ متوسط^۴: تگرگ متوسط پس از مدت زمان کمی که از ریزش آن گذشت، سطح زمین را سفید می‌کند و پس از ذوب شدن مقدار قابل توجهی آب به جای خواهد گذاشت.
- ۵-تگرگ ملایم^۵: دارای دانه‌های کوچک با قطر چند میلیمتر است و اغلب اوقات با باران دیده می‌شود (واحدی، ۱۳۸۸).

۳-۱۰- خسارات ناشی از تگرگ

اکثر زیان‌های ناشی از تگرگ در بخش کشاورزی و در اثر صدمه دیدن محصولات کشاورزی هنگام بارش تگرگ می‌باشد. به طوریکه کل محصول یکساله را در عرض چند دقیقه از بین می‌برد و بیشتر در بهار موجب زیان سردرختی‌ها و دیگر محصولات کشاورزی می‌شود. صدمات ناشی از تگرگ باعث به وجود آمدن خسارات در واحدهای مسکونی و شکستن شیشه‌های منازل، اتومبیل‌ها و سقف‌های شیروانی، کشته شدن حیوانات کوچک و صدمه دیدن حیوانات بزرگ‌تر شده است. علاوه بر این موارد می‌تواند به اجزاء هواپیما صدمه زده و منجر به اختلال در پرواز هواپیما شود. در جدول ۱-۱۰ برخی از اندازه‌های تقریبی و تخمینی تگرگ‌ها شرح داده شده است. صدمه احتمالی و شدت دانه‌های تگرگ از اچ ۱ تا اچ ۱۰ بیان شده است که بر حسب شدت مقیاس طوفان تگرگ تورو^۶ می‌باشد (توکلی، ۱۳۹۲).

¹ Soft hail

² Small hail

³ Heavy hail

⁴ Moderate hail

⁵ Slight hail

⁶ TORRO

جدول ۱-۱۰: خسارات تخمینی طوفان تگرگ بر حسب شدت مقیاس طوفان تگرگ

| طبقه‌بندی اندازه دانه های تگرگ بر اساس خسارت | | | |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|----|
| مقیاس شدت | توصیف اندازه | اندازه | کد |
| H0 - H2 | اندازه نخود | ۵ تا ۱۰ میلیمتر | ۱ |
| H0 - H3 | اندازه لوبیا یا گلوله نفتالین | ۱۱ تا ۱۵ میلیمتر | ۲ |
| H1 - H4 | اندازه گیلان یا یک سکه ۵ پنی (پنی) | ۱۶ تا ۲۰ میلیمتر | ۳ |
| H2 - H5 | اندازه گردو یا یک پوند، یا ۲ سکه پنی | ۲۱ تا ۳۰ میلیمتر | ۴ |
| H3 - H6 | اندازه توپ گلف یا توپ تنیس روی میز | ۳۱ تا ۴۵ میلیمتر | ۵ |
| H4 - H7 | اندازه تخم مرغ یا توپ بیلیارد | ۴۶ تا ۶۰ میلیمتر | ۶ |
| H5 - H8 | اندازه پرتغال یا توپ تنیس | ۶۱ تا ۸۰ میلیمتر | ۷ |
| H6 - H9 | اندازه گریپ فروت یا توپ سافتبال | ۸۱ تا ۱۰۰ میلیمتر | ۸ |
| H7 - H10 | اندازه ملون (یک نوع خربزه کوچک شبیه طالبی) | ۱۰۱ تا ۱۲۵ میلیمتر | ۹ |
| H8 - H10 | اندازه نارگیل | ۱۲۵ تا بالای ۱۵۰ میلیمتر | ۱۰ |

آثار خسارت تگرگ در مراحل مختلف رشد گیاه شامل موارد زیر می‌باشد: ۱- کوبیده شدن خاک در زمان جوانه زدن ۲- از بین بردن برگ‌های اولیه ۳- شکستن ساقه‌ها و خوشه‌ها که در این مرحله شدت خسارت و احتمال وقوع آن بیشتر از سایر مراحل بوده خصوصاً اگر به برگ پرچم (آخرین برگ قبل از خوشه) خسارت وارد نماید ۴- ریزش دانه که آثار آن در روی زمین و پای بوته کاملاً مشهود است. در حالت‌های ۱ و ۲ میزان خسارت بسیار ناچیز است زیرا گیاه به صورت علفی بوده و پایه سنبله زیرخاک یا چسبیده به خاک است، قابلیت ترمیم گیاه بالاست و همانند چراندن و مبارزه مکانیکی با علف هرز خسارت قابل توجهی نمی‌زند. در مرحله پنجه‌زنی اثر قابل تشخیصی بر جای نمی‌گذارد چون جوانه انتهایی به وسیله برگ‌ها محافظت می‌شود. در مرحله ساقه رفتن چون سنبله‌ها با غلاف برگ‌ها پوشیده شده‌اند فقط بارش تگرگ شدید می‌تواند آنها را زخمی کند. ارقام با ریشک بلند در مقابل تگرگ حساس‌تر هستند. هنگامیکه در اثر ریزش تگرگ پوشش خارجی دانه‌ها پاره شود، خسارت زیاد خواهد بود (شرکت بیمه محصولات کشاورزی، ۱۳۹۵).

۴-۱۰-۱- روش‌های مقابله با خسارت تگرگ

برنامه‌های مدیریتی در هنگام وقوع تگرگ را به سه دسته قبل از وقوع تگرگ، حین وقوع تگرگ و بعد از وقوع تگرگ دسته‌بندی می‌کنند.

قبل از وقوع تگرگ: ۱- تهیه یک برنامه جامع و طرح اضطراری برای کاهش مواجهه با خطر و تعیین نمودن نقش سازمان‌های اجرایی و مشخص نمودن مسئولیت آنها ۲- ارائه آموزش سالیانه و جمع‌آوری لوازم ضروری و تجهیزات لازم ۳- برنامه‌ریزی برای نجات و بازسازی و تهیه لیست خدمات نجات ۴- تعیین یک متخصص برای ارزیابی و پایش مخاطره ۵- بازسازی و تعمیر سقف‌ها برای پرهیز از مشکلات احتمالی ۶- انتقال تجهیزات و ماشین‌آلات مهم به داخل ساختمان یا تهیه پوشش سقف محافظ برای آنها ۷- نصب تجهیزات محافظتی برای پشت بام و سازه‌های حساس روی آن مانند پنجره‌های سقفی و سیستم‌های تهویه هوا و یا استفاده از شیشه‌ها و پلاستیک‌های ضد ضربه ۸- برنامه‌ریزی برای ساخت ساختمان‌های جدید مقاوم با پوشش‌های غیر یکنواخت بدنه به صورت ترکیبی از کاشی و سنگ و ماسه.

حین بارش تگرگ: ۱- پیگیری گزارشات هواشناسی و نظارت بر ملک و ابزارآلات و تعمیر و بازسازی آنها ۲- جریان برق را قطع نموده و سوئیچ‌های الکترونیکی را حین بارش خاموش نمایید و قبل از فعال‌سازی آنها حتماً برق را چک کنید.

بعد از بارش تگرگ: ۱- سازماندهی و آماده‌سازی خدمات اورژانسی برای نجات ۲- ارزیابی فوری از خسارات وارده را انجام دهید (مانند آسیب ساختمان و آتش‌سوزی و آب‌گرفتگی). ۳- آگاه نمودن شرکت‌های صنعتی در ارتباط با خسارات وارده از طریق قطع برق یا آسیب دیدگی تجهیزات ۴- تماس با پیمانکاران جهت شروع کار بازسازی (مطمئن شوید که قبل از شروع کار ایمنی لازم به طور کامل رعایت شود) ۵- شروع عملیات عمرانی و نجات (به سرعت ابزار شکسته شده، مواد خطرناک را دور نموده و عملیات بازسازی ساختمان‌ها را انجام دهید) ۶- مرور مجدد و تجدید نظر بر روی برنامه عملیات نجات و بازسازی (شرکت بیمه آلیانز، ۲۰۰۷).

۴-۱۰-۵- رعایت نکات ایمنی حین بارش تگرگ

اگر داخل وسیله نقلیه مثل اتومبیل هستید نکات زیر را رعایت نمایید: ۱- رانندگی را متوقف کرده و در صورت یافتن مکان امن در نزدیکی منطقه رانندگی، مثل گاراژ یا یک سقف بزرگ، اتومبیل را فوراً از بزرگراه خارج نموده و به زیر سقف‌ها هدایت نمایید. ۲- تا زمانیکه بارش تگرگ ادامه دارد هرگز اتومبیل خود را ترک نکنید. ۳- از پنجره اتومبیل دوری کنید و چشمان خود را با چیزی مثل پارچه لباس‌تان بپوشانید. در صورت امکان به روی صندلی‌ها پشت به پنجره خم شوید و کودکان را تحت پوشش خود قرار دهید.

اگر داخل ساختمان هستید نکات زیر را رعایت نمایید: ۱- بلافاصله داخل یک ساختمان محکم پناه گرفته و تا زمانیکه تگرگ متوقف نشده داخل ساختمان بمانید. ۲- از پنجره‌های روی سقف و پنجره‌های سست کنار دیوار که با ضربات تگرگ به لرزه در می‌آیند دوری کنید. ۳- حضور همه اعضای خانواده و حیوانات خانگی خود را چک کرده و به هیچ عنوان از خانه خارج نشوید، زیرا تگرگ‌های با اندازه بزرگ سبب صدمات جدی حتی مرگ می‌گردد. ۴- از وسایل الکترونیک مثل موبایل، تلفن و ساعت در حین طوفان تگرگ به جهت دوری از صدمات رعد و برق استفاده ننمایید.

در صورتیکه خارج از منزل هستید نکات زیر را رعایت نمایید:

۱- فوراً خود را به یک سرپناه برسانید و در زیر آن پناه بگیرید. ۲- اگر شما نمی‌توانید چیزی پیدا کنید از کل بدنتان محافظت کند حداقل چیزی را بیابید که از سرتان محافظت نماید. ۳- از نهرها و زمین‌های پست دوری کنید زیرا ممکن خیلی سریع با آب پر شوند. ۴- از درختان فاصله بگیرید، زیرا در هنگام طوفان و بارش تگرگ شاخه‌هایشان شکسته شده و فرو می‌ریزد و معمولاً رعد و برق خیلی سریع به درختان برخورد و آتش‌سوزی ایجاد می‌نماید (شرکت Homeland security, ۲۰۰۴).

۱۰-۶- مدیریت خسارات ناشی از تگرگ در بخش کشاورزی و گیاهان

۱۰-۶-۱- دستگاه ضد بارش تگرگ جهت جلوگیری از بارش تگرگ

این سامانه دارای یک ژنراتور تولید موج انفجاری می‌باشد که با استفاده از مخلوط گاز استیلن با هوا در محفظه مخصوص به نام محفظه انفجار، در پایین دستگاه انفجاری که حاصل آن یک موج فشاری مخصوص به نام سالیتون است ایجاد می‌شود و انرژی پر قدرت حاصله از انفجار بعد از عبور از گلولی بالای محفظه به سمت دهانه مخروطی شکل هدایت می‌شود و در تمامی جهات به ارتعاش در می‌آید. امواج صوتی بعد از رسیدن به ابرهای دارای پتانسیل تگرگ باعث ایجاد پدیده توربلانس در آنها می‌شود که این فرایند لرزش توسط امواج، موجب اختلال در به هم پیوستن طبیعی ذرات و کریستال‌های یخی که در مراحل اولیه رشد و نمو تشکیل تگرگ هستند، می‌گردد و باعث می‌شود بارش به صورت باران لطیف یا برف خفیف ادامه یابد. این سامانه به طور مکرر از طریق انفجار در هر ۴ تا ۶ ثانیه تولید امواجی با برد بالاتر از ۱۲ کیلومتر را می‌نماید. امواج مذکور با توجه به پتانسیل ابرها و ارتفاع آنها تا شعاعی در حدود ۵۰۰ متر که شامل ۸۰ تا ۱۰۰ هکتار است را تحت پوشش قرار می‌دهد. سامانه ضد بارش تگرگ این امکان را به وجود می‌آورد که قبل از بارش تگرگ با مشاهده عینی ابرها و پیش بینی وضع هوا، وضعیت جوی را با تبدیل تگرگ به باران تغییر داده و بدین ترتیب از خسارات پیشگیری می‌نماید. سامانه‌های ضد بارش تگرگ قابل کنترل از راه دور بوده و کاربر این سامانه می‌تواند به صورت دستی و یا با ارسال پیامک از طریق تلفن همراه و قابلیت دریافت و پردازش

داده‌های هواشناسی به روش GIS با این دستگاه کار کند (خبرگزاری ایسنا، ۱۳۹۶). در شکل ۱-۱۰ دستگاه ضد بارش تگرگ نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱۰: دستگاه ضد بارش تگرگ

۱۰-۶-۲- توری ضد تگرگ - محافظ تگرگ

به تازگی برخی شرکت‌ها اقدام به تولید تخصصی انواع توری‌های پلاستیکی بافته شده مورد مصرف در صنایع کشاورزی و انواع فیلم‌های پلی‌اتیلن (نایلون) برای پوشش گلخانه‌ها می‌پردازند. این روش مانع رسیدن و برخورد فیزیکی دانه تگرگ با محصول می‌شود (تنها برای مزارع و باغات بسیار کوچک قابل استفاده است). سیستم این توری‌ها به گونه‌ای است که تگرگ بعد از ریختن بر روی توری، ذوب شده و پس از مدتی فرود می‌آید.

۳-۶-۱۰- کنترل ریسک تگرگ با فناوری بارورسازی ابرها

باروری ابرها به عنوان یک روش تعدیل آب و هوا، افزودن مواد به داخل یک ابر (با استفاده از ژنراتورهای زمینی، تجهیزات پرتابی زمین، موشک و یا هواپیما و پهباد) با هدف تقویت تشکیل و رشد بلورهای یخ و در نتیجه افزایش بارش (برف و یا باران) و یا کاهش بارش و تغییر شکل آن صورت می‌پذیرد (مرکز تحقیقات بارورسازی ابرها، ۱۳۹۵).

ماده باروری یکی از عوامل بسیار مهم در تعیین نتیجه باروری می‌باشد. تاکنون مواد گوناگونی به عنوان عامل بارور کننده در سراسر جهان به کار رفته است. آبروسل‌های جوی مانند رس‌های معدنی و ذرات گرد و غبار، ذرات حاصل از فوران آتشفشان‌ها، آبروسل‌های نمگیر، ذرات ناشی از احتراق و مواد آلی همگی به‌عنوان عامل هسته‌ساز تشخیص داده شده‌اند و با انجام آزمایشات میدانی کریستال‌های یخ را از این مواد به دست آورده‌اند. در این میان پروپان مایع، یدید نقره و یخ خشک در پروژه‌های میدانی و آزمایشگاهی به گونه‌ای فراگیر برای تگرگ‌زدایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (مرکز تحقیقات بارورسازی ابرها، ۱۳۸۶).

تعدیل آب و هوا و پروژه‌های تگرگ‌زدایی به وسیله پنج روش انجام می‌گیرد:

۱- تعدیل آب و هوا و تگرگ‌زدایی به وسیله ژنراتورهای زمینی

در بسیاری از پروژه‌های باروری ابرها از شبکه ژنراتورهای زمینی که در محل‌های مناسبی در مناطق کوهستانی نصب می‌شوند، استفاده می‌شود. از این ژنراتورها برای تبدیل مواد باروری به ذرات بسیار ریز (در حدود میکرون) و آزادسازی آن در هوا استفاده می‌شود. سپس این مواد با استفاده از جریان‌ات باد به درون ابر وارد می‌شوند (مرکز تحقیقات بارورسازی ابرها، ۱۳۹۵).

ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش می‌باشد و پیش از همه به کار برده شده است. این روش بر اساس استن یا پیروتکنیک مولد هواویزهای یدید نقره با مصرف ۸ گرم از آن در هر ساعت انجام می‌شود. این هواویزها به صورت کنترل از راه دور در روزهای با پیش‌بینی تگرگ رها می‌گردند و فرض می‌شود که هواویزهای یدید نقره توسط جریان همرفتی به ابرهای تگرگ‌زا وارد شوند. این روش دقیقاً مطابق با پیش‌بینی مکان تگرگ انجام می‌شود (آسیایی و خزانه داری، ۱۳۸۶).

۲- استفاده از تجهیزات پرتابی زمین به هوا

در این روش از تجهیزاتی مانند موشک‌های ویژه، گلوله‌های توپ و ... استفاده می‌شود. در حال حاضر انواع مختلفی از موشک‌های حاوی مواد باروری ابر وجود دارند که در پروژه‌های محدودی از آنها استفاده می‌شود. البته عمده کاربرد این موشک‌ها، در جلوگیری از بارش تگرگ می‌باشد. با شلیک این

موشک‌ها در قسمت‌های مناسبی در درون ابرهای تگرگ‌زا و سلول‌های طوفان، می‌توان از بارش تگرگ و یا وقوع بعضی از بارش‌های مخرب جلوگیری کرد (مرکز تحقیقات بارورسازی ابرها، ۱۳۹۵). در این روش امکان ورود عامل بارورساز به طور مستقیم به درون بخش مولد ابر در ارتفاع لازم با دقت بالا فراهم می‌گردد. گلوله‌های ضد تگرگ Elbrus-4 با قطر ۱۰ میلیمتر توسط انفجار ۲۰ تا ۷۵ گرم AGI (یدید نقره) یا ۲۲۵ گرم NaCl (سدیم کلراید یا ید) تصعید می‌شود که در حجم محلی حدود ۱۰۱۴ ذره‌ی یخ‌ساز یا ۱۰۱۰-۱۰۱۱ ذره‌ی هواویز رطوبت‌گیر را ایجاد می‌نماید. این روش نیاز به فشنگ و پرسنل زیادی دارد و در آن شناسایی ابرها جهت بذریاشی به صورت چشمی انجام می‌گیرد (آسیایی و خزانه‌داری، ۱۳۸۶).

۳- تعدیل آب و هوا و تگرگ‌زدایی به وسیله هواپیما

در جریان بالاروی ابر در ارتفاعی بالاتر از کف ابرهای تگرگ‌زا با کمک مولدهای استنی پیروتکنیک AGI یا توسط رهاسازی فشنگ پیروتکنیک با AGI یا قرص‌های CO₂ از خارج از قله‌ی ابرهای تغذیه شونده، بذریاشی محلی‌تر و هدایت شده‌تر از روش زمینی را فراهم می‌کند. از جمله امتیازهای این روش آن است که احتمال پوشش بزرگ منطقه با استفاده از حداقل ابزارهای فناوری (چندین هواپیما) و پرسنل کمتر و همچنین احتمال کاربرد در مناطق با حرکت متمرکز هواپیما وجود دارد. به منظور کنترل و مطالعه‌ی تحول طوفان‌های تگرگ بذریاشی شده، رادارهای دوپلر پلاریزه چند پارامتری برای این کار استفاده می‌شود (آسیایی و خزانه‌داری، ۱۳۸۶).

عمده عملیات اجرایی باروری ابرها با استفاده از هواپیما انجام می‌شود. استفاده از هواپیما خود شامل روش‌های مختلفی است که با توجه به نوع ماده باروری، شرایط جغرافیایی و نوع ابر تعیین می‌شود و به طور کلی می‌توان آن را به سه دسته مهم تقسیم کرد:

الف) باروری در پای ابر: در این روش با استفاده از هواپیمایی که ژنراتورهای ویژه رهاسازی مواد باروری بر روی آن نصب شده است، مواد را در پای ابر پخش می‌کنند. این مواد به خاطر جریان‌ات صعودی هوا وارد ابر شده و در داخل ابر توزیع می‌شوند.

ب) باروری در داخل ابر: در این روش ضمن پرواز هواپیما در داخل ابر، عوامل باروری به داخل ابر تزریق یا پرتاب می‌شوند. در این روش می‌توان از نیتروژن مایع، یخ خشک، گلوله‌های پرتابی پیروتکنیک و ... استفاده کرد.

ج) باروری ابرها از قله ابر: در این روش ضمن پرواز هواپیما در بالای ابر، عوامل باروری از جمله گلوله‌های پیروتکنیک و یا قرص‌های یخ خشک را به درون ابر پرتاب می‌کنند.

البته هر کدام از روش‌های فوق و یا ترکیبی از آنها با در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به نوع ابر، شرایط اقلیمی و جغرافیایی منطقه، نوع ماده باروری مورد استفاده و سایر پارامترهای دخیل در این امر انتخاب می‌شوند (مرکز تحقیقات بارورسازی ابرها، ۱۳۹۵).

۴- تعدیل آب و هوا و تگرگ‌زدایی به وسیله پهپاد

پهپادها قادر هستند تا ۲۲۰ کیلومتر از ما فاصله گرفته و کار باروری ابرها را انجام دهند. پهپاد ساخته شده قبل از باروری به پرواز در آمده و اطلاعات کامل دما و تراکم ابرها و میزان وزش باد را لحظه به لحظه نشان می‌دهد و با این اطلاعات آنلاین اقدامات لازم برای باروری با دقت بالایی صورت می‌گیرد.

این پهپاد برای باروری در مکان و زمان مناسب، می‌تواند مواد بارور کننده را با سرعت کمتر و با تراکم بالا به ابرها اضافه کند که در حال حاضر این کار به وسیله هواپیما صورت می‌گیرد، در حال حاضر به علت سرعت بالای هواپیماها و ایجاد باد در حین حرکت، تراکم ابرها تغییر کرده و میزان مواد بارور کننده به صورت استاندارد و لازم پخش نمی‌شود. در برخی مواقع، ابرها با تأخیر شروع به بارش می‌کنند که این در نتیجه استفاده از هواپیماها و عدم امکان سنجی و نبود اطلاعات آنلاین است. پهپاد طراحی شده ابتدا اطلاعات لازمه را به مرکز کنترل ارسال می‌کند و در زمان مناسب و مورد تأیید، کارشناس، عملیات باروری را انجام می‌دهد. سرعت پایین در باروری ابرها، پخش مواد باروری با تراکم بالا و خطای کمتر، دقیق بودن مقصد بارش ابرها، کاهش هزینه‌های باروری ابرها، امکان حمل بار و شناسایی زمان مناسب برای باروری از جمله ویژگی‌های این پهپاد است (روزنامه جام جم، ۱۳۹۳).

۵- تعدیل آب و هوا و تگرگ‌زدایی به وسیله سیستم پرتاب اتوماتیک راکت (علمی‌ترین

روش)

در این روش‌ها عمدتاً بارش زود هنگام و یا اندازه‌ی دانه‌ی تگرگ را کاهش می‌دهند. در اکثر پروژه‌ها، دیدن نقره به عنوان عامل بارورسازی استفاده می‌شود و فقط در بعضی از کشورها، برای مثال در بلغارستان، دیدن سرب و در امریکا به موازات از یخ خشک استفاده می‌شود. در فناوری تگرگ‌زدایی از یک سیستم کنترل اتوماتیک رادار برای پرتاب راکت استفاده می‌شود. سایت‌های رادار هواشناسی علاوه بر دکل نصب رادار و سازه‌های مخابراتی و اداری شامل سیستم‌های حفاظتی در برابر صاعقه و آتش‌سوزی، تأمین برق بدون وقفه، فضا‌های پشتیبانی و سامانه‌های حرارتی و برودتی و نیز سیستم ارتباطی قابل اطمینان و پر سرعت برای انتقال تصاویر و داده‌هاست. در بذریاشی راکتی و فشنگ راکتی، انتخاب هدف‌های بذریاشی و مکان بذریاشی توسط رادار تعیین می‌شود.

این سیستم شامل اجزاء زیر می‌باشد: الف) رادار هواشناسی با طول موج دوگانه ب) نرم‌افزار تحلیل محصولات رادار ج) سیستم کنترل از دور راکت شامل کامپیوتر، نرم‌افزار، سیستم مخابراتی جهت ارتباط با تگرگ پرتاب راکت. سیستم اتوماتیک فوق‌الذکر امکان ارائه محصولات زیر را فراهم می‌سازد: تصویر سه بعدی رادار و شناسایی ابرها در فاصله‌ی ۳۵۰ کیلومتری با فواصل ۳ دقیقه، شناسایی و تعیین ابرهای تگرگ‌زا و ابرهایی با احتمال بارش تگرگ در فاصله‌ی ۱۵۰ کیلومتری، انتخاب نواحی مناسب برای بارورسازی در درون ابرهای تگرگ‌زا در فاصله‌ی ۸۰ کیلومتری، مکان‌یابی بهینه‌ی سایت راکت و کنترل پرتاب آن (آسیابی و خزانه داری، ۱۳۸۶)

هر سایت راکت به فاصله‌ی ۱۰ الی ۲۰ کیلومتر از سایر سایت‌ها در منطقه هدف قرار می‌گیرد و شامل ساختمان، دو سکوی بتنی برای پرتاب راکت، سالن ویژه جهت نگهداری راکت و سیستم‌های حفاظتی مخابراتی می‌باشد. بایستی دسترسی به اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه سیستم‌های اندازه‌گیری هواشناسی شامل ایستگاه اتوماتیک و جو بالا در منطقه وجود داشته باشد. ضمناً می‌بایست هماهنگی لازم با بخش هوانوردی جهت مجوز پرتاب راکت به عمل آید.

راکت ویژه تگرگ‌زدایی: تجربه طولانی و موفق کشور روسیه در پروژه‌های تگرگ‌زدایی موجب شده است تا این کشور راکت‌های ویژه‌ی تگرگ‌زدایی و سیستم پرتاب آن را با دقت و کیفیت بسیار بالایی در مقایسه با موارد مشابه آن در کشورهای دیگر تولید نمایند که دارای ضریب اطمینان و امنیت بالایی هستند. یکی از ویژگی‌های بسیار مهم این راکت ۵ تنظیم زمان پخش مواد بذریاشی برای تشکیل هسته‌های انجماد با میزان چگالی مناسب، در مناطق مورد نیاز ابر می‌باشد. دو نمونه از این راکت‌های روسی عبارتند از ALAZAN و CRISTAL که دارای شرایط سازگاری زیست محیطی مناسبی هم هستند.

راکت ALAZAN-5: این راکت با قطر ۸۲/۵ میلیمتر دارای سیستم کنترل اتوماتیک برای پرواز می‌باشد. موتور آن دارای وضعیت دو حالت (با تأخیر ۶ ثانیه بین دو حالت) است، قسمت جلویی این راکت دارای سیستم فشفشه برای پخش مواد بذریاشی (هسته‌های انجماد) در یک سیستم تلاشی خودبه‌خود می‌باشد. دو حالت بودن موتور، تضمین کننده‌ی حرکت راکت در یک مسیر افقی و بذریاشی مواد مورد نظر در یک لایه‌ی معینی از ابر می‌باشد. راکت مذکور می‌تواند مقدار ۶۲۰ گرم مواد مورد نظر بذریاشی را با غلظت ۲٪ یدور نقره AgI در یک مسیر به طول ۳۵ ثانیه پخش کند. مسیر بارورسازی ۶ کیلومتر می‌باشد و چگالی تشکیل هسته‌های یخ بسیار بالا خواهد بود. با توجه به اینکه بدنه‌ی اصلی راکت بعد از عملیات بارورسازی به قطعات ریز متلاشی می‌شود. استفاده از این نوع راکت‌ها در مناطق پر جمعیت شهری امکان پذیر خواهد بود.

راکت CRISTAL: این نوع راکت‌ها از بهترین نوع پرتاب‌ها با موتور دو حالت می‌باشند. راکت‌های CRISTAL 1 و CRISTAL 2 دارای مجموعه‌ای از ژنراتورها و شامل ۲۸ Flare جداگانه است که امکان بذریاشی در مسیر پرواز را فراهم می‌سازد، این امر موجب تضمین بذریاشی در حجم ابر می‌باشد. از مزایای این روش می‌توان میزان بالای تولید دانه‌های یخی و کاهش میزان مورد نیاز از مواد بذریاشی AgI را نام برد. هر دو نوع این راکت‌ها دارای شعاع مؤثر ۱۲ کیلومتر می‌باشند. در ضمن CRISTAL 1 برای مناطق کوهستانی و CRISTAL 2 برای مناطق مسطح و اقلیم گرم استفاده می‌شود (آسیایی و خزانه داری، ۱۳۸۶).

استفاده از این روش‌ها از نظر جغرافیایی به شرح زیر است:

الف) ژنراتورهای زمینی: فرانسه، ایتالیا، مجارستان و کانادا. ب) هواپیما: آمریکا، اتریش، آلمان، یونان و روسیه. ج) فشنگ: چین و مغولستان. د) هواپیما با ژنراتورهای زمینی: آمریکا، آلمان. ه) راکت: حدود پروژه در روسیه، ۲ پروژه در اکراین، گرجستان، آذربایجان، ارمنستان، ازبکستان، تاجیکستان، آرژانتین، بلغارستان، کراوات، اسلواکی، ایتالیا، عربستان و مقدونیه انجام شده است. در برخی از کشورها روش‌های بذریاشی طی گذشت سال‌ها تغییر یافته است. برای مثال در ۷ جمهوری در شوروی سابق بذریاشی به فشنگ راکتی تبدیل شد و در حال حاضر راکت‌ها کاملاً جایگزین فشنگ راکتی شدند برای مثال در کانادا و کنیا بذریاشی توسط هواپیما انجام نمی‌گیرد و در مجارستان و ... راکت به کار برده نمی‌شود (آسیایی و خزانه داری، ۱۳۸۶).

۴-۶-۱۰- استفاده از رادار برای تشخیص تگرگ

یک رادار هواشناسی بیش از ۴۰ محصول مختلف را تولید و ارائه می‌کند که این محصولات برای شناسایی پدیده‌های مختلف هواشناسی از قبیل تحلیل طوفان‌ها، احتمال بارش تگرگ، پیدا کردن خط جبهه‌های تندباد است. همچنین تأمین امنیت ترافیک هوایی، کمک به مدیریت منابع آب و آب‌شناسی، کشاورزی، تعدیل مصنوعی آب و هوا و تحقیقات جوی، مدیریت راه‌ها و پیش بینی وضع هوا در داده‌های میان مدت و کوتاه مدت به ویژه هشدار آبی جوی، اطلاعیه و اختاریه از دیگر کاربردهای رادار هواشناسی است.

به وسیله رادارهای هواشناسی با شناسایی و ردیابی توده‌های فعال و غیر فعال جوی و برآورد نوع فعالیت آنها می‌توان برای باروری ابرها، تبدیل تگرگ به باران و سایر روش‌های تغییر اقلیم تصمیم درست و به موقع گرفت. رادارهای هواشناسی کاربرد عمده‌ای در تشخیص و پیش بینی وضعیت وخیم هوایی، بارش‌ها و طوفان‌های شدید جوی و تعیین مسیر و پیش بینی مسیر حرکت طوفان‌ها و بارش‌ها، در مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت و بلند مدت دارند و وضع هوا و تحلیل آن را با تصویری گویا و زیبا ارائه می‌دهند که قابل نمایش و اطلاع‌رسانی از طریق رسانه‌های جمعی نظیر تلویزیون و اینترنت است.

با استفاده از رادار می‌توان به وسیله‌ی مدل‌های وابسته به اطلاعات بارش در سطح زمین و میزان تجمع آب در حوضه‌های آبریز و سدها، کمک شایانی به پیش‌بینی سیل کرد و اقدامات لازم برای کاهش خسارات احتمالی را انجام داد.

یکی از کاربردهای مهم رادارهای هواشناسی در بخش کشاورزی است که با پیش‌بینی پدیده‌های زیانبار برای محصولات کشاورزی از قبیل میزان رطوبت هوا، سمت و سرعت باد، احتمال وقوع تگرگ، بارش‌های یخی و تشخیص و تعیین مسیر حرکت طوفان‌ها و ابرهای باران‌زا و پیش‌بینی سرعت و جهت باد، می‌توان زمان‌های مناسب برای سم‌پاشی، برداشت محصول و آبیاری را تعیین نمود و مدیریت لازم را اعمال کرد. به دلیل تشخیص ذرات غبار و سمت و سرعت باد، رادارهای هواشناسی در تعیین ردیابی طوفان‌های گرد و خاک و آلودگی محیط ابزار مناسبی هستند؛ ضمن اینکه با توجه به قدرت تعیین مسیر این طوفان‌ها می‌توانند برای پیش‌بینی رفع آلودگی ناشی از آنها مورد استفاده قرار گیرند. فراهم آوردن امکان پیش‌بینی بارش برف و تگرگ و سایر نزولات آسمانی و تندبادهای شدید و طوفان‌ها می‌تواند عامل مؤثری در جلوگیری از حوادث رانندگی باشد که ناشی از لغزندگی معابر و یا سوانح سقوط بهمن است (خبرگزاری ایرنا، ۱۳۹۲).

۵-۶-۱۰- سیستم‌های گلخانه‌ای جهت جلوگیری از خسارت تگرگ

گلخانه‌ها از گیاهان در برابر سرما، باران و تگرگ محافظت می‌کنند و در مقایسه با محیط باز شرایط محیطی مساعدتری برای کشت گیاه فراهم می‌آورند. در گلخانه‌ها می‌توان در سراسر سال تولیدات با کیفیت بالاتری را نسبت به محیط کشت باز به دست آورد. علاوه بر آن در گلخانه‌ها می‌توان محصولات جدیدی که معمولاً در منطقه خاص به طور معمول کشت نمی‌شوند را تولید کرد. هدف از تولید کشت محصولات در گلخانه‌ها، افزایش تعداد فصول قابل کشت و حفاظت از محصولات در برابر شرایط ناهنجار محیطی از قبیل درجه حرارت بالا، تغییرات دما، آفات و بیماری‌های گیاهی می‌باشد. سازه‌های گلخانه‌ای داربست‌های سبکی هستند که توسط شیشه، فایبرگلاس و یا پلاستیک پوشیده می‌شوند؛ این مواد برای جذب حداکثر نور و حفظ حرارت طراحی شده‌اند و از لحاظ غیر فیزیکی توانایی جذب محدوده‌ای خاص از انرژی نور خورشید را دارند. این فناوری ابزار مدیریتی بسیار ارزشمندی را برای تولید در اختیار گلخانه‌داران قرار داده است که منجر به تولید محصولاتی با ارزش افزوده بیشتر و در محیطی با حفاظت بیشتر می‌شود (URL6).

مزایای گلخانه‌ای

۱- حفاظت فیزیکی از پدیده‌های طبیعی مانند باد، باران، تگرگ، برف و ... ۲- حفاظت از آسیب‌های حیوانات بزرگ و کوچک ۳- جلوگیری از ورود آفات و بیماری ۴- امکان حفظ آب و هوایی متفاوت از آب و هوا در خارج، به منظور بهبود شرایط رشد ۵- حفاظت از باران و حفظ کنترل شرایط آبیاری و کود ۶- اجازه دادن به کار و برداشت در هر نوع آب و هوا (URL7).

گلخانه دارای ابزار و سیستم‌هایی است که در جهت ارتقاء کمیت و کیفیت محصول و به حداقل رساندن نیروی انسانی به خدمت گلخانه‌داران در آمده‌اند. وظیفه عمده این تجهیزات، ثابت نگه داشتن شرایط اقلیمی داخل گلخانه در تمام فصول سال است. تجهیزات مربوط به پوشش سازه گلخانه‌ای که به بارش تگرگ مقاوم می‌باشند شامل: نایلون پلی‌اتیلن، ورق‌های پلی‌کربنات، پنجره سقفی باز و بسته شو به صورت الکترونیکی، توری ضد تگرگ، پلاستیک‌های سخت فایبرگلاس مقاوم به تگرگ، شیشه‌های سخت هستند (URL1).

۶-۱۰-۶- تغذیه گیاهان جهت مقاومت در برابر تگرگ

۱- محلول CALCI GREEN

با فرمولاسیونی ویژه و پایدار برای جذب بهتر و سریع‌تر در شرایط سخت محیطی که منجر به استحکام بیشتر، افزایش مقاومت میوه‌ها و سبزیجات در برابر آسیب‌های ضربات معمولاً قبل و بعد از تگرگ استفاده می‌شود (شرکت کشاورزی هامون، ۱۳۹۵).

۲- محلول کلبرون CALBORON

با فرمولاسیونی هوشمندانه حاوی درصد بالایی از کلسیم، جهت پیشگیری از پوسیدگی و کاهش ترک خوردگی میوه‌ها، افزایش کارایی مصرف آب توسط گیاه و ایجاد مقاومت در مقابل تشنگی است. این محصول گزینه‌ای مناسب برای ترمیم و مقاوم کردن گیاه در برابر آسیب‌های ایجاد شده می‌باشد و قبل یا بعد از تگرگ استفاده می‌شود (شرکت کشاورزی هامون، ۱۳۹۵).

۳- کوددهی برگ (یا تغذیه برگ)

شامل به کار بردن (به طریقه محلول پاشی) مواد مغذی در سطح برگ و ساقه و جذب آنها از این قسمت‌ها می‌باشد. تغذیه برگ به عنوان یک تأمین کننده تکمیلی عناصر کم مصرف و پر مصرف، هورمون‌های گیاهی، محرک‌های رشد و سایر عناصر مفید استفاده شده است. تأثیر کوددهی برگ در افزایش محصول، مقاومت به بیماری‌ها و آفات، بهبود مقاومت به خشکی، افزایش کیفیت محصول و برای ترمیم شوک‌های ناشی از آسیب تگرگ و سایر عوارض ناشی از شرایط آب و هوایی سخت مشاهده شده است (اعوانی، ۱۳۹۵).

۴- کود آمینواسید

از مواد آلی حیوانی نظیر پودر استخوان، شاخ، سم، خون می‌توان کود ۱۰۰٪ آلی تهیه نمود که می‌تواند برای میوه‌های درختان و سبزیجات بسیار مفید باشد. این کود فعالیت و حاصلخیزی را بهبود بخشیده، محصول را افزایش و بیماری‌های واگیردار زمین را کاهش می‌دهد و از عوارض شرایط سختی

مانند دمای بالا، رطوبت پایین، یخ‌زدن، حمله آفت‌ها، طوفان، تگرگ و سیل پیشگیری می‌کند (مظلوم، ۱۳۹۳).

۵- آمینول فورته

زیست محرک مایع، حاوی ۱۹ اسیدآمینوهای آزاد با قابلیت جذب سریع برگی، فعال کننده و تنظیم کننده متابولیسم گیاهی است، به ویژه هنگام بروز تنش‌های ناشی از کشت متمرکز، شرایط نامناسب جوی مانند سرما و گرمای شدید، خشکی، تگرگ و طوفان بسیار مفید می‌باشد (رونقی ملکی، ۱۳۹۲).

۷-۶-۱۰- پوشاندن نقاط آسیب دیده گیاهان با چسب باغبانی

آسیب‌ها و زخم‌های ناشی از عوامل محیطی و خسارات حیوانات و نیز بریدگی‌های پس از هرس کردن یا پیوند بر روی اندام درختان، محل‌های مناسبی برای ورود انواع عوامل بیماری‌زا و حشرات به گیاه هستند. راه مقابله با این مشکل پوشانیدن نقاط آسیب دیده با رنگ‌ها یا چسب‌های باغبانی به همراه سموم قارچ‌کش و باکتری‌کش است. چسب باغبانی سبزآور پس از خشک شدن، با ایجاد پوشش ارتجاعی و مقاوم به بارندگی و تگرگ و با بهره‌گیری از ترکیبات معدنی ضد قارچ و ضد باکتری مجاز در کشت ارگانیک، از ورود حشرات و عوامل بیماری‌زا، از طریق اندام آسیب دیده گیاه جلوگیری نموده و موجب ترمیم بهتر و سریع‌تر بافت‌ها می‌گردد (رونقی ملکی، ۱۳۹۲).

۸-۶-۱۰- استفاده از گونه گیاهی مقاوم در برابر تگرگ

گیاه کینوا یک گیاه شبه غله است که به صورت عمومی در کشورهای بولیوی، پرو، اکوادور و شیلی کشت می‌شود و می‌تواند راه‌حلی برای مشکل کمبود غله در کشور باشد. این گیاه می‌تواند به طور مستقل به جای برنج و یا به‌عنوان محصولی ترکیبی مورد استفاده مردم قرار بگیرد. گیاه کینوا با شرایط بیابانی، اقلیم گرم و خشک و یخبندان‌ها نیز سازگار بوده و قادر است شوری، خشکی طولانی مدت، یخبندان و تگرگ را تحمل نماید. همچنین این گیاه، یک گیاه شورزیست و قادر است شوری سطح دریا نیز که حدوداً ۳۵۰ میلی‌مول نمک است را تحمل کند. (خبرگزاری مهر، ۱۳۹۲).

۹-۶-۱۰- واکاری

حوادث جوی مانند بارش تگرگ، یخ‌زدگی سرمای بی‌موقع و ... از جمله عوامل سبز نشدن بذر در مزرعه هستند. با واکاوی که کشت دوباره بذر نهال یا نشا جهت ایجاد تراکم در قسمت‌هایی از زمین که به تعداد کافی گیاه در آن سبز نشده است، می‌توان از خسارات وارده کاست. در نتیجه بوته‌های اضافی را از محل‌های پر تراکم مزرعه و از خزانه خارج نموده و در محل‌های خالی می‌کارند. در مورد گیاهانی که خاصیت جابه‌جایی ندارند، واکاوی با کاشت بذر خیس خورده و جوانه‌دار شده انجام

می‌گیرد. در مورد گیاهان نشایی باید بعد از چند روز در صورت خشک شدن نشاها کشت مجدد انجام گیرد. در مورد درختان واکاوی یک سال بعد از کاشت انجام می‌شود (URL2).

۱۰-۶-۱۰- بیمه کشاورزی

فعالیت و سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی به علت ناپایداری و قابل پیش بینی نبودن حوادث طبیعی، شرایط خاص و توأم با ریسک را برای این بخش به وجود آورده است که این امر ضرورت پوشش خطرات احتمالی توسط بیمه در عرصه‌های مختلف فعالیت‌های کشاورزی را می‌طلبد. بیمه کشاورزی در واقع نوعی ساز و کار مالی و یکی از ابزارهای حمایتی جهت تضمین چرخه تولید در اقتصاد کشور می‌باشد که به جبران پاره‌ای از خسارات ناشی از تغییرات اقلیمی و پدیده‌های طبیعی خارج از کنترل بشر می‌پردازد. هر ساله با شروع فصل زراعی جدید و با اعلام دستورالعمل‌های اجرایی و تعرفه‌های جدید کلیه شعب بیمه‌ای و دفاتر خدمات بیمه‌ای با مساعدت مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان‌ها و نیز مراکز خدمات جهاد کشاورزی فعالیت خود در زیر بخش‌های زراعت، باغبانی، دام، طیور، آبزیان و منابع طبیعی را آغاز می‌کنند. موارد تحت پوشش این بیمه سیل، تگرگ، سرما، یخبندان، باران‌های سیل‌آسا، طوفان، زلزله، خشکسالی، گرما، گرم‌باد و بادزدگی می‌باشد.

مراحل مراجعه باغ‌دار در زیر بخش باغبانی به بیمه:

- ۱- مراجعه باغ‌دار به شعبه بانک کشاورزی یا کارگزار بیمه ۲- اعزام کارشناس بیمه جهت بازدید از باغ موردنظر ۳- تنظیم شناسنامه باغ ۴- تنظیم بیمه‌نامه و واریز مبلغ حق بیمه توسط اشخاص بیمه‌گذار ۵- اعلام کتبی وقوع خسارت به شعبه بانک کشاورزی (حداکثر یک هفته پس از وقوع خسارت) ۶- اعزام کارشناس جهت بازدید اولیه از باغ خسارت دیده قبل از محو آثار خسارت ۷- بررسی اولیه و ارزیابی میزان تقریبی خسارت وارده ۸- بازدید نهایی کارشناس بیمه از باغ خسارت دیده (قبل از برداشت محصول) و ارزیابی میزان خسارت وارده (افت کمی و کیفی) ۹- در صورت تأیید خسارت وارده پس از تکمیل پرونده مبلغ غرامت طبق دستورالعمل اجرایی، محاسبه و به حساب بیمه‌گذار واریز می‌گردد.

مراحل مراجعه مزرعه‌دار در زیر بخش زراعت:

- ۱- مراجعه کشاورز به شعبه بانک کشاورزی یا کارگزار بیمه ۲- تنظیم بیمه‌نامه و واریز مبلغ حق بیمه توسط بیمه‌گذار ۳- اعلام کتبی وقوع خسارت به شعبه بانک کشاورزی (حداکثر یک هفته پس از وقوع خسارت) ۴- اعزام کارشناس بیمه جهت بازدید از مزرعه خسارت دیده ۵- در صورت تأیید خسارت وارده پس از تکمیل پرونده مبلغ غرامت طبق دستورالعمل اجرایی، محاسبه و به حساب بیمه‌گذار واریز می‌گردد (بیمه بانک کشاورزی، ۱۳۹۵).

۱۰-۷- مدیریت خسارات ناشی از تگرگ در بخش ابنیه و ساختمان‌ها

۱-۷-۱۰- ورق‌های مورد استفاده در ساختمان‌سازی مقاوم در برابر تگرگ

۱- ورق پلی‌کربنات: دارای تنوع ساختاری، تنوع رنگ، وزن سبک، قابلیت سایه‌پذیری و عبور نور، ضربه‌پذیر، ضد سر و صدا است و نسبت به اشعه فرابنفش و عوامل جوی مانند طوفان و تگرگ و حوادث طبیعی مقاوم است (شریعتی، ۱۳۹۰).

۲- ورق پلی‌کربنات دو یا چند جداره: دارای خصوصیتی چون شفافیت و مقاومت ضربه‌ای بالا، قابلیت تغییر پذیری و انعطاف و مقاومت بالا در برابر شکستگی بوده و در مقابل عوامل جوی مانند طوفان و تگرگ کاملاً مقاوم است. این ورق‌ها از نظر آتش‌سوزی ایمن و از نظر نصب و ساخت و ساز راحت هستند (حیدری، ۱۳۹۵).

۳- ورق پلی‌کربنات تخت: این ورق‌ها پلاستیکی آمورف و شفاف هستند و دارای مقاومت حرارتی، عایق الکتریکی، وزن پایین، مقاومت ضربه‌ای بالا مخصوصاً در برابر تگرگ، مقاومت خوب در برابر خزش و سایش، شفافیت عالی و قابلیت یافتن خواص ضد اشعه فرابنفش می‌باشند (حیدری، ۱۳۹۵).

۴- ورق مشجر پلی‌کربنات: به دلیل خاصیت شکست نور در درب‌های شیشه‌ای و در تراس ساختمان‌ها استفاده می‌شوند و دارای خصوصیات مقاومت ضربه‌ای در برابر حوادث جوی مثل تگرگ می‌باشند. این ورق‌ها همچنین دارای انعطاف پذیری در برابر کشش و خمش بوده و در برابر اشعه فرابنفش و سایر شرایط جوی نیز مستحکم و مقاوم می‌باشند (شرکت جی‌لیان‌جی، ۱۳۸۲).

۵- ورق پلی‌کربنات موج‌دار: این محصول می‌تواند با توجه به شیاردار بودن صفحات و خاصیت مقاومت در برابر گرما و سرما، مقاومت در برابر ضربه‌های شدید، مخصوصاً تگرگ و خاصیت بسیار بالای عبوردهی نور، محیط متعادلی را به وجود آورد و احساس غنا و زیبایی را در دید تشدید می‌کند (حیدری، ۱۳۹۵).

۶- ورق پلی‌کربنات RFX: به صورت ورق‌های چند جداره با ساختارهای هندسی متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرند و انعطاف پذیری و شعاع خمش زیاد، قابلیت عبورنوری بالا، مقاوت بالا در برابر ضربات فیزیکی نظیر تگرگ و همچنین شفافیت بالا را می‌توان از ویژگی‌های این ورق‌ها دانست (شرکت پلیمر طلایی یزد، ۱۳۹۳).

۷- ورق آکرلیک با نام تجاری پلکسی‌گلاس: این ورق‌ها ظاهری بسیار شفاف و شبیه به شیشه دارند از جنس پلکسی‌گلاس که از نوعی پلی‌کربنات شفاف می‌باشد، است. از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های پلکسی، مقاومت زیاد آن نسبت به شیشه است. علاوه بر این عایق صوتی و حرارتی بوده و

در برابر عوامل جوی مانند اشعه خورشید، تغییرات دمایی محیط و در برابر ضربات باران و تگرگ نیز مقاوم می‌باشد (حیدری، ۱۳۹۵).

۸- ورق PVC طرح سفال: ورق‌های PVC طرح سفال محصولی بسیار مدرن است که درجه پایداری بالایی دارد، در برابر خوردگی شیمیایی و تغییرات حرارتی تا ۹۱ درجه سانتیگراد پایدار است و یک عایق صوتی با کیفیت بالا در باد و باران شدید، ضربات تگرگ و طوفان می‌باشد (شرکت جی‌لیان‌جی، ۱۳۸۲).

۲-۷-۱۰- پوشش‌های سقف مقاوم در برابر تگرگ

۱- پوشش سقف دکرا: سیستم پیشرفته سقف‌های شیبدار می‌باشد که با بهره‌گیری از مدرن‌ترین تکنولوژی روز دنیا در کشور نیوزلند تولید می‌گردد و جهت استفاده در سقف‌های ویلا، آلاچیق، سردر، سرپنجره و ... مناسب می‌باشد. این سقف بسیار سبک بوده، به عایق رطوبتی نیاز ندارد، در برابر کلیه شرایط آب و هوایی سخت مانند: تگرگ، باد، طوفان و گردباد و (تا سرعت ۲۰۰ کیلومتر در ساعت) مقاوم بوده و دارای خاصیت عدم خوردگی، پوسیدگی و فرسودگی می‌باشد (اجاقی و محمد زاده، ۱۳۹۲).

۲- پوشش‌های سقف پرچین: علاوه بر تایل‌های اصلی دارای لوازم جانبی کاملی می‌باشد که تمامی توقعات مهندسی و طراحان ساختمان را از نظر فنی، ایمنی تأمین کرده و نیازی به وسایل و مصالح جانبی دیگر ندارد. این سقف در برابر باران‌های شدید، تگرگ، برف و در برابر باد و طوفان تا ۲۰۰ کیلومتر در ساعت مقاوم بوده و در برابر چکه و نور خورشید، آتش‌سوزی و زلزله دوام بسیار بالایی دارد (معظمی گودرزی، ۱۳۹۲).

۳- پوشش جدید سقف از لاستیک فرسوده: تولید کنندگان طرفدار محیط زیست به تازگی در ابتکاری جالب برای پوشش سقف از لاستیک‌های بازیافتی استفاده می‌کنند. آنها پس از سال‌ها تحقیق روی پوشش‌های مختلف، توانستند نوع بادوام و سازگار با محیط زیست را تولید کنند. ساخت این محصول به گونه‌ای است که با شرایط مختلف آب و هوایی و اختلاف دما سازگار است و مشکلی از لحاظ پیچ و تاب خوردن، قاچ خوردن، پوسته شدن، ترک خوردن و پوسیدگی در مقایسه با سایر سقف‌ها ندارد. این محصول در سردترین شرایط آب و هوایی و گرم‌ترین مناطق غیر قابل نفوذ بوده و در مقابل باد و ضربات شدید تگرگ دارای حداکثر کارایی است (شریف، ۱۳۹۳).

۴- پوشش‌های فلزی طرح سفال: جهت استفاده در پوشش سقف‌های شیبدار ویلاها، سوله‌ها، انبارها، سالن‌های ورزشی، پارکینگ‌ها و پمپ بنزین‌ها طراحی و تولید می‌گردد. دارای وزن بسیار کم اما

کارایی بسیار زیاد است و در برابر باران‌های شدید، تگرگ و برف، باد و طوفان، آتش‌سوزی، زلزله و نور خورشید مقاوم می‌باشد (URL5).

۵- عایق بام TISS Roof Insulation 260: این محصول جهت عایق‌کاری رطوبتی برای پشت بام‌های سیمانی، آسفالت، ورق‌های گالوانیزه، نمای ساختمان و دیوارهای رو به باران، پی ساختمان، اطراف ناودان‌ها، کانال‌های آب و باغچه‌ها، عایق حرارتی و رطوبتی کانکس‌ها، سقف سوله‌ها و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقاومت بالا در برابر شرایط جوی در اثر حرارت‌های بالا و عدم ترک خوردن در اثر سرمای زیر صفر درجه، عایق رطوبتی قوی، مقاومت در برابر اشعه فرابنفش خورشید و نزولات جوی مانند برف و تگرگ و اجرای بسیار سریع و آسان از مهم‌ترین خصوصیات این نوع سقف می‌باشد (شرکت سفیدبام، ۱۳۹۰).

۶- پوشش پیشرفته سقف‌های شیب‌دار: محصولی است که برای پوشش سقف آپارتمان، ویلا، سوله، آلاچیق، سردرب، پیشانی ساختمان، پمپ بنزین استفاده می‌شود. دارای وزن بسیار کم اما کارایی بسیار زیاد است. در برابر باران‌های شدید، تگرگ و برف، باد، طوفان و نور خورشید مقاومت بسیار بالایی دارد (شرکت پرچین سازان امروز، ۱۳۹۲).

۳-۷-۱۰- توری‌های پلی‌اتیلن جهت محافظت از پنجره‌ها در برابر تگرگ

این توری‌ها بسیار مقاوم‌تر از توری‌های فلزی در برابر اثرات جوی همچون باد، باران، تگرگ و برف بوده و دارا تنوع رنگی هستند. از مزایای دیگر توری پلی‌اتیلن خاصیت ضد زنگی و ضد خوردگی بیولوژیکی و مقاومت در برابر مواد شیمیایی، شستشو و ضد اشعه فرابنفش خورشید، قابلیت و مقاومت در برابر تنش‌های دمایی از ۳۰- الی ۸۰+ درجه سانتیگراد، سهولت در نصب به دلیل وزن کم و انعطاف بالا اشاره نمود (URL3).

۴-۷-۱۰- پوشش تجهیزات روی سقف

یک پنل ساده فلزی مارپیچی سیم پیچی شده با وزن هماهنگ و متناسب با تجهیزات روی سقف سازه که به صورت انحنادار و نیم دایره‌ای طراحی شده باشد می‌تواند به عنوان روکش تجهیزات روی سقف مثل پنجره سقفی، سیستم‌های تهویه هوا و سیستم‌های گرم کننده و سرد کننده مورد استفاده قرار گیرد. این پنل‌های فلزی می‌توانند در برابر ضربات تگرگ و وسایل پرنده در هنگام طوفان از تجهیزات محافظت کنند. در صورتیکه این پنل از مرکز تخصصی تولید این ابزار با طراحی مناسب خریداری شود، کارایی مناسب تجهیزات تحت پوشش آنها هرگز مختل نخواهد شد (شرکت بیمه هانوفر، ۲۰۱۰).

۵-۷-۱۰- پوشش‌های بیمه‌ای

۱- پوشش بیمه تمام خطر پیمانکاران^۱ (C.A.R)

بیمه‌ای است که پروژه‌های درحال احداث عمرانی و ساختمانی که ارزش مصالح در آنها از ارزش اقلام مورد نصب بیشتر می‌باشد از قبیل ساختمان، پل، سد، راه، تونل، موج‌شکن، پروژه‌های آبیاری زهکشی و مانند آن را تحت پوشش قرار می‌دهد. موارد تحت پوشش این بیمه شامل: خسارات ناشی از حوادث جوی مانند صاعقه، تگرگ، یخزدگی، سیل، طوفان، گردباد، تندباد، باران، برف، بهمن و خسارات دیگر مثل زلزله و رانش زمین، آتش‌سوزی، تصادم سرقت و... می‌باشند.

۲- پوشش بیمه تمام خطر نصب^۲ (E.A.R)

بیمه‌ای است که پروژه‌های درحال احداث تأسیساتی و سازه‌ای که ارزش اقلام مورد نصب در آنها از ارزش مصالح بیشتر می‌باشد از قبیل کارخانه، نیروگاه، پالایشگاه، خطوط انتقال نیرو، پتروشیمی، سیستم‌های مخابراتی، اسکله‌های نفتی و ... را تحت پوشش قرار می‌دهد. موارد تحت پوشش این بیمه شامل: خسارات ناشی از حوادث جوی مانند صاعقه، تگرگ، یخزدگی، سیل، طوفان، گردباد، تندباد، باران، برف، بهمن و خسارات دیگر مثل زلزله و رانش زمین، آتش‌سوزی، خسارات جانی و مالی خسارات با سازه‌های ساخته شده یا در حال نصب می‌باشند (بیمه ایران، ۱۳۹۵).

۱۰-۸- مدیریت خسارات تگرگ در بخش تجهیزات

۱-۸-۱۰- بیمه تجهیزات و ماشین‌آلات پیمانکاران^۳ (C.P.M)

این بیمه کلیه خسارت‌های با منشأ بیرونی همچون خسارات ناشی از شرایط بد جوی صاعقه، تگرگ، سیل، طوفان، گردباد، تندباد، باران، برف، بهمن و سایر سوانح طبیعی مثل آتش‌سوزی، زلزله، لغزش و ریزش زمین، سقوط، تصادم، واژگونی وارد بر ماشین‌آلات و تجهیزات پیمانکاران مانند: لودر، گریدر، بولدوزر، سایدبوم، جرثقیل، سنگ‌شکن، لیفتراک و مانند آن را که ابزار کار پیمانکاران جهت اجرای پروژه‌ها می‌باشد را تحت پوشش قرار می‌دهد. مدت بیمه: حداکثر یک سال می‌باشد که می‌تواند بنا به درخواست بیمه‌گذار تمدید گردد (بیمه ایران، ۱۳۹۵).

¹ Contractors' All Risks

² Erection All Risks or

³ Contractors Plant and Machinery

۲-۸-۱۰- بیمه ضایعات آب‌دیدگی ناشی از خطوط شبکه آبرسانی، فاضلاب، آب باران، برف و تگرگ

بر اساس درخواست بیمه‌گذار موافقت می‌شود با در نظر گرفتن مقررات و استثنائات بیمه‌نامه، خسارات وارده به مورد بیمه که در نتیجه حوادث ترکیدن، لبریز شدن، گرفتگی و سرریز شدن منابع و مخازن آب و یا شبکه آبرسانی، خسارت ناشی از آب باران، برف و تگرگ (مشروط بر اینکه از طریق بام یا در نتیجه ترکیدن، گرفتگی لوله‌ها، لبریز شدن آب روی شیروانی و ناودان‌ها و یا منابع و مخازن آب روی دهد)، خسارت وارد به دستگاه‌ها و شبکه لوله‌کشی منشأ حادثه منجر به خسارت، خسارت ناشی از رطوبت زمین، نهرهای زیرزمینی، چاه‌های آب و قنات، وارد شود مورد تأمین می‌باشد (بیمه ایران، ۱۳۹۴).

۳-۸-۱۰- محصول آکريل - ذونيل برای محافظت از وسایل نقلیه در برابر تگرگ

نانو محصولی سبز کاملاً مطابق محیط زیست، قابل حل در آب، بدون ماده حلال مضر برای طبیعت، پولیش کننده، تمیز کننده، براق کننده و قابل استفاده برای لاک و رنگ انواع خودروهای سبک و سنگین، قایق، موتورسیکلت، دوچرخه، قسمت‌های لاستیکی و پلاستیکی و ... که محافظت طولانی لاک خودرو را در برابر عوارض جوی مثل یخبندان، تگرگ، برف، گردوخاک و آلودگی هوا و آفتاب سوزان و علاوه بر این در برابر قیر، زنگ زدگی، حشرات، چربی، سنگ‌ریزه، نمک و برف به همراه خواهد داشت (شرکت صنعتی SK FORMULA، ۱۳۹۶).

۴-۸-۱۰- توری محافظ تگرگ برای وسایل نقلیه

شبکه‌های گسترده توری‌های انحنادار به صورت نیم دایره از وسایل نقلیه در برابر تگرگ محافظت می‌کنند. از آنجاییکه گاهی به همراه بارش تگرگ باد شدیدی می‌وزد انحنای توری و شبکه‌های توری‌ها باید به گونه‌ای ساخته شوند که از خسارات جانبی بارش تگرگ به صورت افقی و عمودی جلوگیری کنند و تگرگ به قوس توری برخورد نماید. با نصب این توری‌ها در محوطه‌های ۴ ضلعی می‌توان از خسارات تگرگ در تمامی زوایای محوطه جلوگیری نمود (شرکت بیمه آلیانز، ۲۰۰۷).

۵-۸-۱۰- روکش‌های محافظ وسایل نقلیه در برابر تگرگ

به طور کلی این روکش‌های تشک مانند، از چند لایه تشکیل شده‌اند ۱- لایه غلافی ضد خش ۲- لایه ضد لغزش ۳- لایه بالشتکی نرم جهت ضربه‌گیری. البته استفاده از این روکش منوط به پوشاندن کامل وسیله نقلیه توسط روکش می‌باشد (شرکت بیمه آلیانز، ۲۰۰۷).

منابع

- ۱- ابراهیمی، مسعود، ۱۳۸۹، ارزیابی میزان دقت مدل‌های ارائه شده برای نیروهای آبرودینامیکی وارده بر ساختمان در آیین‌نامه‌های طراحی ساختمان.
- ۲- آرنس دونالد، ۱۳۹۱، هواشناسی نوین، ترجمه محمدرضا بابایی، انتشارات آبیژ.
- ۳- احمدیان، حمیده، ۱۳۹۳، باران، باران منجمد و تگرگ چگونه به وجود می‌آیند؟، سایت علمی ۲۰.
- ۴- احمدی، محمود و هانیه میرحاجی، ۱۳۹۱، ارزیابی تأثیرات تنش‌های گرمایی در کشت ذرت، علوم محیطی، شماره ۳، صص ۱۱۹-۱۲۸.
- ۵- اجاقی و محمد زاده، ۱۳۹۲، شرکت نوین نما، پوشش سقف ویلا، سردری، آلچق با ورق‌های دکرا.
- ۶- آذر آیین، محمود، ۱۳۹۳، مراحل شکل‌گیری ابر و بارش باران و تگرگ، سایت هواگراش.
- ۷- آسیایی، مهدی و لیلی خزانه داری، ۱۳۸۶، پهنه‌بندی بارش تگرگ در ایران و ارائه روش‌های مناسب جهت تعدیل آن، علوم جغرافیایی، شماره ۵ و ۶، صص ۱۷۰-۱۹۵.
- ۸- اسمیت، کیت، مبنای آب و هواشناسی کاربردی، ترجمه علی محمد خورشیددوست، انتشارات مؤسسه فرهنگی انتشاراتی یاوریان.
- ۹- اعوانی، ۱۳۹۵، شرکت بشری امین، کشاورزی نوین و پایدار.
- ۱۰- اکبری لایق، حسن، ۱۳۹۳، ابرها با پهباد ایرانی بارور می‌شوند، سایت خبری روزنامه جام‌جم، کد خبر: ۱۸۴۹۷۶۳۲۴۵۷۱۳۸۲۸۱۸۴.
- ۱۱- بزرگی، بابک و عادل ابراهیمی لویه، ۱۳۸۵، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب: بررسی نقش آموزش و ارتباطات در ارتقا آگاهی‌های عمومی با هدف مدیریت ریسک سیلاب.
- ۱۲- بیمه ایران، ۱۳۹۵، بیمه‌های مهندسی، مرکز آموزش و توسعه.
- ۱۳- بیمه ایران، ۱۳۹۴، بیمه تجهیزات، شرایط مخصوص بیمه ضایعات آبدیدگی ناشی از خطوط شبکه آبرسانی، فاضلاب، آب باران، برف و تگرگ.
- ۱۴- پرکینز، هنری، ۱۳۷۷، آلودگی هوا، ترجمه منصور غیاث‌الدین، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۵- تقوایی، مسعود و مرتضی فاضلی، ۱۳۸۷، عوامل طبیعی و بحران‌های شهری با تأکید بر صاعقه، سپهر، شماره ۶۴، صص ۵۷-۶۰.
- ۱۶- توکلی، محمد، ۱۳۹۲، تگرگ چگونه شکل می‌گیرد، برگرفته از سایت (<http://www.weatheronline.co.uk/reports/wxfacts/Hail.htm>).

- ۱۷- جعفرپور، ابراهیم ، ۱۳۸۸، اقلیم‌شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۸- حیدری، غلامرضا، ۱۳۹۲، راه‌اندازی سایت‌های رادارهای هواشناسی کشور، خبرگزاری جمهوری اسلامی ایران، ایرنا، کد خبر: ۸۰۶۷۵۴۲۷.
- ۱۹- حیدری، حمید، ۱۳۹۵، ورق‌های پلی‌کربنات، محصولات شرکت پلی‌کربنات آرمین.
- ۲۰- خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)، ۱۳۹۶، از سامانه ضد بارش تگرگ چه می‌دانید، کد خبر ۹۶۰۲۳۱۲۰۴۲۸.
- ۲۱- خبرگزاری مهر، ۱۳۹۲، شناسایی گیاه جدید کینوا راه‌گشای کمبود غله کشور.
- ۲۲- درابک توماس و جerald هواتمر، ۱۳۸۳، مدیریت بحران؛ اصول و راهنمای عملی دولت‌های محلی، ترجمه کارشناسان مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، انتشارات مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
- ۲۳- رسولی، علی اکبر، بوداق جمالی، جواد و اورج جلالی، ۱۳۸۶، توزیع زمانی بارش‌های رعد و برقی منطقه شمال غرب ایران، مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان، شماره ۲۲، صص ۱۷۰-۱۵۵.
- ۲۴- روزی طلب، کریم، ۱۳۸۸، حفاظت ابنیه و تجهیزات الکترونیکی در برابر صاعقه، فصلنامه گزارش سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس، شماره ۶۱، صص ۹۱-۹۸.
- ۲۵- رونقی ملکی، حسن، آمینول‌فورته شرکت خدمات کشاورزی رویان سبز (سموم و کودهای بیولوژیک و ارگانیک).
- ۲۶- سیندر، ریچار و پائولو ملوآبریو، ۱۳۹۱، محافظت از یخبندان در کشاورزی، ترجمه محمد رحیمی، جلد اول، انتشارات دانشگاه سمنان.
- ۲۷- شرکت بیمه آلیانز، ۲۰۰۷، مونیخ آلمان.
- ۲۸- شرکت بیمه هانوفر، ۲۰۱۰، منهتن نیویورک.
- ۲۹- شرکت پرچین‌سازان امروز، ۱۳۹۲، پرچین، پوشش پیشرفته سقف‌های شیبدار.
- ۳۰- شرکت پلیمر طلایی یزد، ۱۳۹۳، محصولات پلیمر طلایی یزد.
- ۳۱- شرکت جی لیان جی (بزرگ‌ترین تولید کننده ورق‌های پلیمری در خاورمیانه)، ۱۳۸۲، ۳۲- توضیحات فنی ۷ محصول تولیدی شرکت جی لیان جی.
- ۳۲- شرکت خدمات بیمه محصولات کشاورزی، ۱۳۹۵، روش‌های اجرایی بیمه محصولات کشاورزی.
- ۳۳- شرکت سفید بام کرمانیان، ۱۳۹۰، عایق بام TISS Roof Insulation 260.
- ۳۴- شرکت کشاورزی هامون، ۱۳۹۵، کاتالوگ محصولات گرین‌هاس ایتالیا.
- ۳۵- شرکت صنعتی SK FORMULA، ۱۳۹۶، محصولی آکریل - ذونیل و اکولوژی، نانوپوشش محافظ رنگ خودرو.

- ۳۶- شرکت Homeland Security، ۲۰۰۴، ایالات متحده امریکا.
- ۳۷- شریعتی، سعید، ۱۳۹۰، ورق پلی کربنات، گروه مهندسی و بازرگانی پیشگامان صنعت ایران.
- ۳۸- شریف، ندا، ۱۲ مرداد ۱۳۹۳، پوشش جدید سقف از لاستیک فرسوده، روزنامه همشهری، کد خبر: ۱۳۵۰۲۹.
- ۳۹- شهرداری تهران، ۱۳۸۵، گزارش پروژه طرح جامع یخ‌زدایی و پیشگیری از ایجاد لایه برف و یخ در معابر با محلول پاشی.
- ۴۰- صمدی بروجنی، حسین و عطالله ابراهیمی، ۱۳۸۹، پیامدهای خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در استان چهارمحال و بختیاری، انتشارات مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهرکرد.
- ۴۱- صندوق بیمه محصولات کشاورزی، بانک کشاورزی ایران، ۱۳۹۵، خدمات بیمه محصولات کشاورزی.
- ۴۲- طالعات، زهرا، ۱۳۸۶، انواع مواد بارورکننده ابر، وزارت نیرو، مؤسسه تحقیقات آب، مرکز ملی تحقیقات و مطالعات بارورسازی ابرها.
- ۴۳- علیزاده، امین، ۱۳۸۹، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- ۴۴- طوسی، پرویز، احمدی، فائزه، شهیدی، محمد، ملک‌زاده، فرهاد، قلم شورا، مانی و سهیلا نصیری، ۱۳۸۷، تظاهرات اصلی و درمان بیماری‌های پوست، چاپ چهارم، انتشارات سماط.
- ۴۵- عبدی محمدرضا و احمدرضا علیزاده، ۱۳۸۸، مقدمه ای بر تابش فرابنفش و تأثیر آن بر زیست‌کره، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- ۴۶- علیجانی بهلول و محمدرضا کاویانی، ۱۳۸۷، مبانی آب و هواشناسی، چاپ چهاردهم انتشارات سمت.
- ۴۷- فرج زاده منوچهر، ۱۳۸۳، خشکسالی، از مفهوم تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۴۸- فرج زاده منوچهر، ۱۳۹۲، مخاطرات اقلیمی ایران، انتشارات سمت.
- ۴۹- قاسمی، ناصر، ۱۳۸۷، حفاظت ساختمان‌ها و تجهیزات در برابر صاعقه، فصلنامه نماد گلستان، شماره ۹، صص ۷۳-۷۸.
- ۵۰- کریمی، سارا، خادم، منیره و مرضیه جعفری، ۱۳۸۸، مخاطرات شغلی پرتوهای فرابنفش، چاپ اول، انتشارات فن‌آوران.
- ۵۱- کریمی محسن، هاشمی، محمد ناصر، کریمی، علی و علیرضا گلرخ، ۱۳۸۹، تعیین محدوده‌های بحرانی تابش فرابنفش خورشید با استفاده از شاخص فرابنفش (UVI)، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، صص ۲۵۱-۲۵۴.

- ۵۲- کریمی، مهدی، کمالی، غلامعلی، مهدی پور، کاظم و داریوش طالقانی، ۱۳۸۳، اثرات موج گرمایی تیرماه ۱۳۸۲ و اثرات آن بر عملکرد محصولات زراعی و باغی کشور، گروه اقلیم کمیته ملی خشکی و خشکسالی کشاورزی، معاونت وزارت جهاد کشاورزی.
- ۵۳- محمدی حسین، ۱۳۸۵، آب و هوا شناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵۴- مرکز ملی تحقیقات و مطالعات بارورسازی ابرها، ۱۳۹۵، «باروری ابرها» چیست؟ و چه زمانی کشف شد؟، وزارت نیرو، مؤسسه تحقیقات آب.
- ۵۵- معظمی گودرزی، مهران، ۱۳۹۲، شرکت پرچین سازان امروز، تایل طرح سفال فلزی پرچین.
- ۵۶- مظلوم، امیر، ۱۳۹۳، فناوری تولید کود آمینواسید، شرکت ایده آفرین شرق.
- ۵۷- واحدی، کاظم، ۱۳۸۸، انواع تگرگ، وبلاگ میرکاظم
(<http://mirkazemvahedi.blogfa.com/post-170.aspx>)
- ۵۸- یغمایی، حبیب، ۱۳۸۸، اسرار صاعقه، یغما، سال دوازدهم، شماره ۸ پیاپی ۱۳۶، صص ۳۷۶-۳۷۹
- ۵۹- یزدانی، سعید و موژان حق شنو، ۱۳۸۶، مدیریت خشکسالی و ارائه راهکارهایی برای مقابله با خشکسالی، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی.

60- Burnett, R, 2012, emergency flood fighting methods, report published by department of water resources division of flood management flood operation branch of state of California.

61- Chapman, D, 1999, natural hazards, Oxford university press.

62- Cecala, A.B, O'Brien, A.D, Schall, J, Colinet, J.F, Fox, W.R, Franta, R.J, Joy, G.J, Reed, W.R, Reeser, P.W, Rounds, J.R and M.J Schultz, 2012, dust control handbook for industrial minerals mining and processing, report published by centres for disease control and prevention national institute for occupational safety and health research Pittsburgh.

63- Coutermarsh, B, 1997, Frost shielding protection of a water line, Berlin, New Hampshire, special report 97-1, US army corps of engineers.

64- DH, 2011, Heat wave plan protecting health and reducing harm from extreme heat and heat waves, NHS publisher.

-
- 65- Griffin R.D, 2007, Principles of air quality management, second edition, Taylor & Francis publisher.
- 66- Gulik, T and W Rich, 1988, B.C. frost protection guide, Published by irrigation association of British Colombia.
- 67- Horvath, T, 2006, understanding lightning and lightning protection, John Wiley Press.
- 68- Koppe, Ch, Kovats, s, Jendritsky, G and B Menne, 2004, Health and global environmental change, World health organization publisher.
- 69- OPW (the Office of Public Works), 2009, Guideline for planning authorities, report published by Environment, Heritage and local Government institute.
- 70- Rossi, G, Vega, T, and B Bonaccorso, 2007, Methods and tools for drought analysis and management, Springer publisher.
- 71- Smith, K, 1992, environmental hazards; assessing risk and reducing disaster, Routledge Press.
- 72- Tobin G.A and B.E Montz, 1997, natural hazards, Guilford press.
- 73- URL 1- <http://ashianehsabz.com/Pages/Page-6.aspx>
- 74- URL 2- <http://chap.sch.ir/sites/default/files/books/92-93/169/fasle%206-C358-28.pdf>
- 75- URL 3- engineeringmesh.blogfa.com/category URL15-
- 76- URL 4- http://www.istgah.com/firekeys/key_5623972/
- 77- URL 5- <http://www.niazpardaz.com>
- 78- URL 6- <http://siminsaze.blogfa.com/1391/05>
- 79- URL 7- <http://www.top.pro/fa/designs/benefits>