

# مطالعات امکان سنجی مقدماتی

## تولید پنل های گچی

### مقدمه

قطعات و صفحات گچ محصولات هستند تشکیل شده از یک هسته گچی که با ورقه های مقاوم پوشش داده شده و به خوبی به آن چسبیده است تا صفحه ای مسطح و مستطیل شکل به وجود آورد. نوع سطوح با توجه به نوع استفاده خاص از صفحه تغییر می کند و هسته گچی نیز ممکن است دارای مواد افزودنی برای به وجود آوردن خصوصیات اضافی مورد نظر باشد. تولید گچ سنتی بر اساس اطلاعات و مدارک موجود در دو هزار سال قبل از میلاد مسیح در ایران سابقه داشته است. آثار باستانی و گچ بری های موجود شاهد و مبین چنین فرضیه ای می باشد و در بسیاری از ساختمان هایی که از دوران قدیم باقی مانده است مصرف گچ و گچ بری های بسیار زیبا دیده می شود. گچ یکی از اساسی ترین مصالح ساختمان است که در ساختمان های سنتی و صنعتی کاربرد وسیعی دارد و می بایست به آن از نظر کمیت و کیفیت اهمیت داده شود. با توجه به این که اغلب معادن مصالح ساختمانی از قبیل گچ، آهک و سیمان به فراوانی در ایران وجود دارد، از این رو بهره گیری از پیشرفت های کشورهای صنعتی که در زمینه ساخت مصالح ساختمانی پیش ساخته و کاربرد آن تجربیات فراوان داشته و در صنعت ساختمان سازی، خود به وفور از این گونه مصالح و مواد استفاده می نمایند، بیش از پیش ضرورت دارد. عملیات ساختمانی مؤثر و استفاده اقتصادی از مصالح ساختمانی، نیاز به داشتن دانش کافی در مورد خواص و ویژگی های مصالح، کاربرد اقتصادی-صنعتی مناسب قطعات پیش ساخته، تولید، حمل و نقل و مونتاژ آنها در محل دارد. از جمله قطعات پیش ساخته ای که در سالیان اخیر در ساختمان سازی کاربرد پیدا کرده است، قطعات پیش ساخته گچی است که موضوع این طرح می باشد. مشخصه قطعات پیش ساخته گچی متأثر از خواص کلیه مواد مصرفی، خواص مخلوط گچ و خواص قطعات ساخته شده می باشد. مخلوط کردن مواد با یکدیگر و تأثیر متقابل خواص مواد مصرفی، از عوامل مهم می باشند.

## ۱- معرفی محصول

گچ برگ (Gypsum board) در دسته محصولات پنلی (panel) قرار می‌گیرد. گچ برگ معمولاً به اسم عملی پنل گچی (gypsum panel) و به صورت عامیانه دیوار خشک (drywall)، تخته گچی (plasterboard) و یا دیوار تخته‌ای (wallboard) و (به اشتباه در ایران به اسم برند کناف (knauf) نامیده می‌شود. پنل پیش‌ساخته گچی با روکش کاغذی، به طور عمده شامل گچ و دولایه کاغذی به عنوان روکش مقاوم‌ساز است که به صورت صفحه‌ای مسطح و مستطیل (یا مربع) شکل وارد بازار مصرف می‌شود و در صنایع ساختمان‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سبک‌سازی، مقاومت در مقابل زلزله، دوام و پایداری و عدم نیاز به مواد نگهدارنده، مقاومت در برابر صوت، رنگ‌آمیزی آسان همگی از مشخصات پنل گچ با روکش کاغذی می‌باشد. مشابه پنل‌های پیش‌ساخته گچی ساده، پنل‌های گچ با روکش کاغذی به علت دارا بودن این مزایا و کاربرد و نصب آسان و سریع، در بسیاری از کشورهای دنیا بخصوص کشورهای اروپایی، به عنوان یکی از مصالح پیش‌ساخته ساختمانی مطرح می‌باشند و به عنوان سقف کاذب و دیواره کاربرد دارند.

در مقایسه این پنل‌ها و پنل‌های گچی ساده، در ساخت این پنل‌ها از کاغذ به عنوان مقاوم‌ساز استفاده می‌شود و همچنین در کاربرد به عنوان دیواره، به دلیل استحکام بالاتر ضخامت کمتری داشته و گچ کمتری در ساخت آن‌ها استفاده می‌شود. سطوح این دیواره‌ها به دلیل استفاده از روکش کاغذی، صاف و صیقلی است و به همین دلیل سطح دیوار حاصل پس از نصب، بدون نیاز به گچ کاری، آماده نقاشی است. با توجه به سرعت و هزینه نصب، استفاده از دیواره گچ با روکش کاغذی جهت ساخت دیوارهای داخلی ساختمان، اقتصادی است. همچنین از کاربردهای عمده پنل پیش‌ساخته گچ با روکش کاغذی به عنوان سقف کاذب است که در قاب فلزی نصب می‌شود. در ادامه ابتدا به کلیاتی در خصوص گچ و روکش‌های کاغذی و سپس سازه‌های گچی اشاره می‌شود.

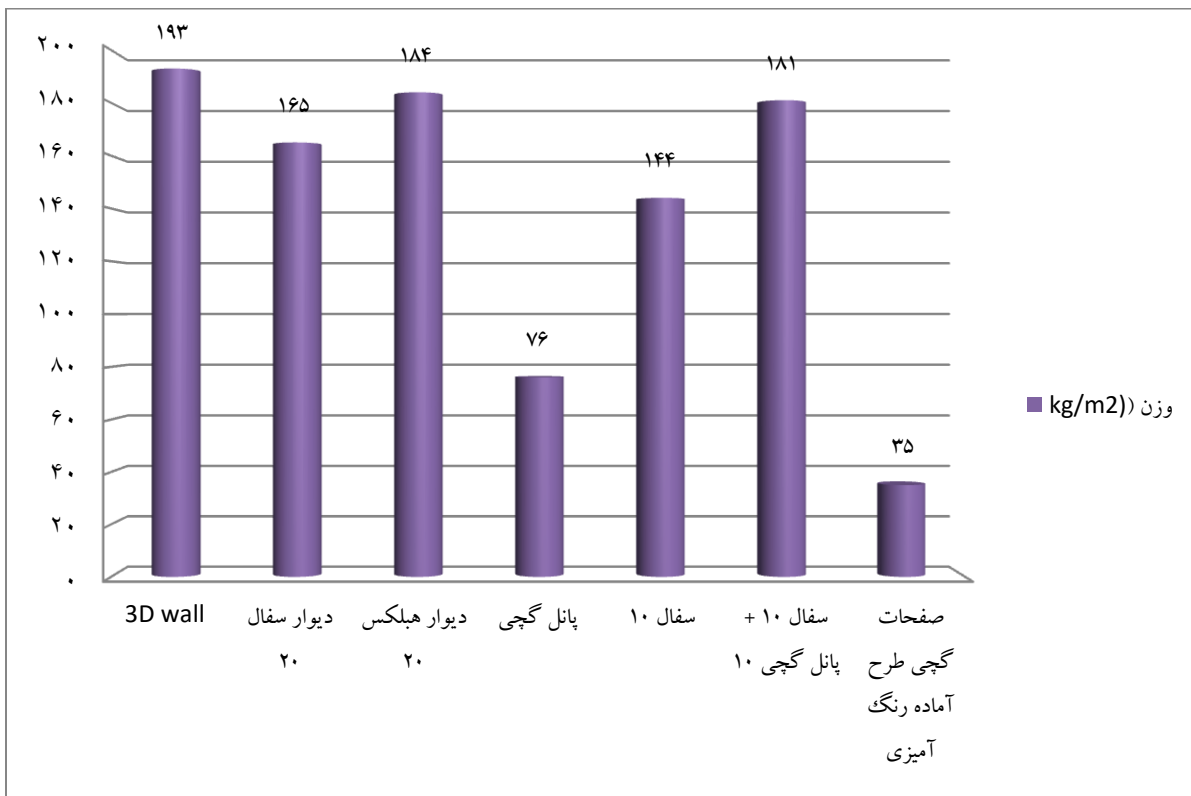


نمودارها و جداولی از مقایسه پنل‌های گچی و دیگر مصالح ساختمانی در زیر ارائه شده است:

وزن واحد سطح پارتیشن‌ها و جداکننده‌های داخلی با احتساب نازک کاری طرفین دیوار

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
نوع مصالح دیوار چینی	آجر سفالی مجوف	هبلکس	بلوک از نوع لیکا	پنل‌های پیش ساخته تیپ ۲ پوما	پنل گچی	کناف ایران DRY-Wall	ابزار GYPS BOARD	بلوک بتن فوم با وان مخصوص
نوع ملات مصرفی	ماسه سیمان	-	-	ماسه سیمان	ملات گچ و سریش	-	-	ماسه سیمان
ضخامت دیوار بدون نازک کاری	۹-۱۰	۳	۱۰	۱۱/۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
ضخامت دیوار با نازک کاری	۱۵	۱۴	۱۴	۱۲/۵	۱۱	۱۰	۱۰	۱۴/۵
ابعاد واحد بنایی (cm)	۲۰×۲۰×۱۰	۶۰×۲۵×۱۰	۴۰×۲۰×۱۰	۱۰۰×۳۰۰	۱۰×۵۰×۶۶/۵	۶۰×۱۵۰ ۱۲۰×۳۰۰	-	۱۰×۲۰×۶۰
وزن واحد سطح دیوار آماده نقاشی	۱۷۰	۱۴۲	۱۶۷	۱۰۴	۸۲	۳۰	۳۰	۱۵۵
امتیاز دیوار نسبت به مبنا	۱۳/۴	۱۷/۳	۱۳/۸	۱۹/۹	۲۵	۲۵	۲۵	۱۵/۵

شکل ۱- مقایسه وزن دیوارهای مختلف



## ۲- کاربرد محصول

پنل‌ها و قطعات ساخته شده از گچ دارای موارد مصرف متنوعی در انواع ساختمان‌ها از جمله ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و ... می‌باشند که از جمله آن‌ها می‌توان به دیوارهای جداکننده، دیوارهای پوششی، سقف‌های کاذب و سیستم‌های حفاظت حریق تیر و ستون اشاره کرد. سیستم‌های ساخت و ساز خشک که شامل قطعات گچی نیز می‌شوند از سرعت و دقت اجرایی بسیار بالاتری نسبت به روش‌های قدیمی سخت (بنایی)، برخوردار می‌باشند و به دلیل سبک بودن و نوع بسته‌بندی محصولات، حجم حمل و نقل مصالح را به کارگاه کاهش داده و در مصرف انرژی و هزینه‌های ساخت صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را امکان‌پذیر ساخته‌اند. انتخاب این سیستم ساخت در مرحله طراحی و محاسبات سازه‌ای باعث کاهش جرم کلی ساختمان و کم شدن ابعاد تیرها و ستون‌ها خواهد شد و در حین بهره‌برداری ضمن عدم تأثیر منفی بر سازه‌های اصلی، در برابر زمین‌لرزه‌های با شدت بالا مقاوم خواهند بود. ساختارهای ایجاد شده با این سیستم عایق حرارتی و صوتی مناسب و مقاوم در برابر رطوبت می‌باشند. از دیگر قابلیت‌های این سیستم سهولت در انجام هرگونه تعمیرات جزئی، تغییرات با توجه به نیازها یا کاربری بنا و دسترسی به تأسیسات می‌باشد. با استفاده از ساختارهای مقاوم در برابر حریق می‌توان سازه یا فضاهای مورد نظر ساختمان را در مقابل آتش مستقیم تا دو ساعت مقاوم نمود. پنل‌های گچی استفاده بهینه از انرژی و منابع طبیعی، صرفه اقتصادی، سرعت، کیفیت و تطابق با نیازهای متعدد جامعه امروزی را ممکن می‌کند.



### ۳- مزایای استفاده از محصول

۳-۱- ارزانی مصالح: با در نظر گرفتن کلیه هزینه‌ها تا مرحله " آماده برای نقاشی " شامل قیمت مصالح، حمل، ملات ماسه و سیمان و گچ، مصالح و دستمزد گچ‌و‌خاک و گچ، بنای نصاب و کارگر، قیمت هر مترمربع دیوار چیده شده به وسیله پانل‌های گچی با روکش کاغذی قابل رقابت است.

۳-۲- سبکی: با توجه به جدول مقایسه‌ای و با در نظر گرفتن وزن ملات، گچ‌و‌خاک و گچ در مقایسه با دیگر مصالح سبک‌تر می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه قدرت تخریب زلزله به حاصل شتاب وارده زلزله به زمین موردنظر و جرم سازه آن ارتباط دارد، لذا سبک کردن وزن ساختمان یکی از راه‌های مؤثر برای بهینه شدن سازه می‌باشد.

۳-۳- صرفه‌جویی در مصرف آهن: با در نظر گرفتن کاهش قابل‌ملاحظه در وزن دیوارهای داخلی با استفاده از پنل‌های گچی با روکش کاغذی، چنانچه سازه‌ای با در نظر گرفتن این پنل‌ها برای کلیه دیوارهای داخلی ساختمان طراحی و محاسبه می‌گردد کاهش در وزن آهن مصرفی در ساختمان، به آسانی میسر است.

۳-۴- اجرای سریع و اجرت پایین: سرعت نصب پنل‌های گچی با روکش کاغذی بسیار بالاتر از دیگر مصالح می‌باشد همچنین اجرت نصب آن نیز با توجه به راحت‌تر بودن کمتر است.

۳-۵- صرفه جویی در هزینه ملات: در اجرای پانل گچی با روکش کاغذی ملات کمتری استفاده می شود و در هزینه آن صرفه جویی می شود.  
۳-۶- صرفه جویی در هزینه گچ و خاک: پنل های گچی با روکش کاغذی نیازی به گچ کاری ندارد و می توان با اجرای صحیح دیواره و مطابق دستورات کارخانه روی آن را مستقیماً نقاشی و یا با کاغذ دیواری پوشش داده و یا کاشی کاری نمود.

۳-۷-۱ افزایش سطح مفید: در اجرای دیواره با مصالح سنتی به دلیل گچ کاری و خاک، ضخامت یک دیوار خالی به طور متوسط ۱۷ سانتیمتر می باشد (۱۰ سانتیمتر ضخامت دیوار به علاوه ۳/۵ سانتیمتر ضخامت گچ و خاک و گچ در هر طرف دیوار) در حالی که در اجرای دیوار پارتیشن با پنل های گچی ضخامت دیوار کمتر است (بین ۵ الی ۱۰ سانتیمتر) می گردد لذا با یک محاسبه ساده مشاهده می شود که همین صرفه جویی نه تنها کیفیت آپارتمان ساخته شده توسط سازنده را ارتقاء می دهد، بلکه به تنهایی چندین برابر هزینه دیوارچینی را به صورت افزایش سطح مفید به سازنده و خریدار باز می گرداند.

۳-۸- سطح صاف و صیقلی: پنل های گچی با روکش کاغذی به دلیل استفاده از روکش های کاغذی صاف و صیقلی بوده و لذا به راحتی رنگ پذیرند.

۳-۹- عایق صدا: پنل های گچ با روکش کاغذی عایق بسیار خوبی در برابر صداها می باشد.

۳-۱۰- عایق حرارت: پنل های گچی با روکش کاغذی عایق بسیار مؤثری در مقابل انتقال حرارت و سرما می باشند.

۳-۱۱- حمل آسان: پنل های گچی در به طور مخصوص بسته بندی شده و به محل کارگاه ساختمانی حمل می گردد. لذا به بهترین نحو در محل کارگاه ساختمانی تخلیه و یا توسط جرثقیل به محل دلخواه قابل حمل می باشد.

## ۴- فرآیند تولید محصول

نمونه ای از فرآیند تولید پنل گچ -الیاف سلولزی که به صورت batch انجام می گیرد به طور کلی شامل مراحل زیر می باشد:

**آماده سازی الیاف** - مقدار معینی از خمیر کاغذ و یا کاغذ باطله را در مخزن دستگاه دفیبراتور بر روی آب ریخته که در اثر برخورد با تیغه ها، الیاف از هم باز می شوند. میزان نسبت آب و الیاف حاصل تنظیم می گردد. سپس مقداری جاذب که معمولاً اکسیدهای قلیایی مانند آهک زنده یا اکسید منیزیم به مخلوط اضافه شده تا محیط قلیایی ایجاد شود و از به هم چسبیدن فیبرهای کاغذ جلوگیری شود.

**تهیه ملات یا دوغاب** - مخلوط مرحله قبل، به مخلوط کن فرستاده می شود. در مخلوط کن که دو محوره می باشد و جهت محلول های غلیظ به کار می رود، پودر گچ خشک در حین هم زدن مخلوط به نسبت مناسب اضافه می شود که دوغاب یکنواختی از الیاف، گچ و آب تهیه می شود. قبل از مرحله قالب گیری، به دوغاب در حال هم زدن، مقداری محلول اسیدسولفوریک اضافه می شود تا سرعت واکنش هیدراته شدن گچ افزایش یافته و واکنش به طور کامل انجام پذیرد.

**قالب گیری و آگیری** - سپس دوغاب داخل قالب ها ریخته و قالب ها را پر می نمایند و در مدت زمان معین دوغاب، سفت شده و شکل قالب را به خود می گیرد. سپس قالب ها را باز نموده و پنل های گچی را خارج می نمایند.

**خشک کردن** - پنل ها بر روی واگن هایی قرار داده و در خشک کن قرار می دهند و در مدت زمان معین تا رسیدن به رطوبت مورد نظر خشک می کنند.

**بوش** - پس از خروج از خشک کن به مکانی منتقل می شوند که به ابعاد مورد نیاز با توجه به نیاز مشتری بریده می شوند

**پولیش و ترمیم** - صورتی سطح پنل صاف و صیقلی نباشد آنها را پولیش می‌نمایند و بر روی آنها یک لایه نازک دوغاب گچ جهت براق شدن و عدم رؤیت الیاف می‌زنند.

**بسته‌بندی** - در مرحله پایانی بر لبه‌های پنل‌ها برچسب‌گذاری می‌شود و بعد از به هم بستن آنها به شکل خودکار در نهایت به قسمت بسته‌بندی منتقل می‌شوند.

\* آب اضافه شده در مرحله اولیه مخلوط کردن در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد وزنی مقدار فیبر اولیه می‌باشد.

\* مقدار جاذب اضافه‌شده در حدود ۵٪ وزنی از مقدار فیبر اولیه می‌باشد.

\* مقدار فیبرهای کاغذی در حدود ۲۰ تا ۳۰٪ از وزن پنل را تشکیل می‌دهند.

نمونه‌ای از فرآیند تولید پنل گچ با روکش کاغذی که به صورت Continues انجام می‌گیرد به‌طور کلی شامل مراحل زیر می‌باشد:

صفحات روکش‌دار گچی در طی یک فرآیند به‌هم‌پیوسته تولید می‌شود. دوغاب گچی که مخلوطی از گچ استاکو (Stucco)، آب و سایر افزودنی‌های موردنیاز است پس از مخلوط شدن در مخلوط‌کن به‌وسیله خروجی‌های متعدد بر روی کاغذ مخصوص پخش می‌شود. در این وضعیت کاغذ زیرین، سطح‌رویی و کاغذ فوقانی، سطح پشتی صفحات تولیدشده را تشکیل می‌دهد. صفحه تولیدی با عبور از قطعات و مراحل مختلف دارای نوع لبه و ضخامت موردنیاز خواهد شد. کاغذ رویی علاوه بر سطح بیرونی صفحه قسمت‌های دیگری نظیر لبه‌ها و بخش کوچکی از پشت صفحه را نیز می‌پوشاند. بعد از شکل‌پذیری این صفحه نیز از تعدادی قطعات تنظیم‌کننده عبور کرده که در این مرحله ضخامت صفحات تعیین می‌شود. در مرحله برش نوار پیوسته صفحات تولیدشده به طول‌های موردنیاز و استاندارد برش داده‌شده و پس از آن به سمت کوره خشک‌هدایت و آب اضافی آن به‌آرامی تبخیر می‌شود. این صفحات پس از خشک شدن، بسته‌بندی‌شده و به محل انبار یا پروژه حمل می‌شود.

فرآیند ساخت پنل‌های گچی در بیشتر کشورها به ۲ صورت پیوسته و batch (مرحله‌به‌مرحله) انجام می‌گیرد. در فرایند batch، پودر گچ و الیاف سلولزی در مخزن یک مخلوط‌کن همگن‌شده و سپس در قالب‌های پلاستیکی مخصوص ریخته می‌شود و در مرحله بعد وارد خشک‌کن می‌شود درحالی‌که در فرایند پیوسته همه این مراحل مکانیزه بوده و در زمان، هزینه‌های تولید و تعداد نیروی انسانی در بخش تولید صرفه‌جویی می‌شود. در ضمن، ظرفیت تولید به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد؛ اما با توجه به اینکه در فرایند batch عمل اختلاط و فرآوری مواد (پودر گچ و الیاف سلولزی) باکیفیت بالاتری انجام می‌گیرد لذا پنل‌های ساخته‌شده با این روش از استحکام مکانیکی بالاتری نسبت به پنل‌های ساخته‌شده بر روش پیوسته برخوردارند. راه‌اندازی خط تولید این پنل‌های با الیاف سلولزی به روش پیوسته، نیاز به دستگاه‌های پیشرفته و صرف هزینه‌های زیاد دارد؛ اما از آنجایی که در فرایند به روش batch، ظرفیت تولید پایین‌تر است و به دستگاه‌های چندان پیشرفته‌ای نیاز نیست لذا هزینه‌های راه‌اندازی خط تولید به نسبت، کمتر است. لذا به نظر می‌رسد که با افزایش ظرفیت تولید و استفاده از روش تولید پیوسته دارای ارزش اقتصادی بالایی باشد.

## ۵- ماشین آلات و تجهیزات مورد نیاز



۵-۱- دستگاه فرم دهنده

۵-۲- نقاله و اتاق خشک کن

۵-۳- نقاله با غلتک های توخالی

۵-۴- نقاله انتقال

۵-۵- توزیع کننده

۵-۶- ماشین مخصوص دمیدن هوا

۵-۷- کابینت های الکتریکی

## ۶- مواد اولیه مورد نیاز

۶-۱- پودر گچ

۶-۲- کاغذ روکش

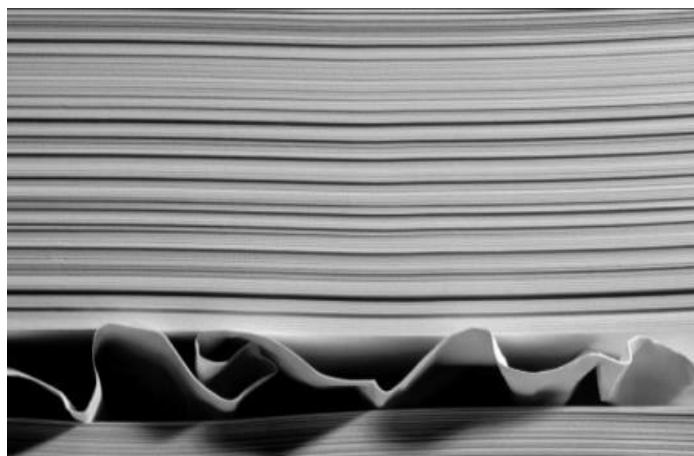
## ۷- ملاحظات اقتصادی

ساختار کلی زمین شناسی و نوع ذخایر معدنی کشف شده نشان دهنده آن است که استان کرمانشاه از نظر ذخایر فلزی از پتانسیل بالایی برخوردار نمی باشد ولی از نظر برخی مواد معدنی غیر فلزی نظیر سنگ گچ، سنگ آهک، سنگ لاشه، سنگ مرمریت، دولومیت، قیر طبیعی و شن و ماسه از امکانات بالقوه مناسبی برخوردار است. استان کرمانشاه با وسعت بیش از ۲۵ هزار کیلومتر مربع از نظر زمین شناسی به سه ناحیه تقسیم می شود که یکی از این نواحی، ناحیه زاگرس چین خورده می باشد. این زون شامل محدوده های غرب و جنوب غربی استان بوده که شهرستان های اسلام آباد و گیلان غرب و سرپل ذهاب و قصر شیرین را در برمی گیرد. از پتانسیل های منابع معدنی موجود در این ناحیه می توان به کانسارهای هیدروکربنی قیر طبیعی و همچنین سنگ گچ اشاره نمود.



بر اساس اطلاعات، تولید و کاربرد گچ از هفت هزار سال قبل از میلاد مسیح سابقه داشته است و آثار باستانی و گچ‌بری‌های بسیار زیبا باقی مانده از دوران قدیم، مبین این فرضیه می‌باشند. سنگ گچ از ته‌نشین رسوبات گچی در کف دریا تشکیل شده که پس از چین خوردگی پوسته زمین به نقاطی که امروزه معدن گچ نام دارند، جابجا شده‌اند. تشکیل گچ دویست میلیون سال به طول انجامیده است و امروزه لایه‌های گچی از حداکثر یک صد متری زیرزمین استخراج می‌شوند. پودر گچ از پختن سنگ گچ در دمای پایین به دست می‌آید و نوع خالص آن سفیدرنگ است. رسوبات تبخیری گستردگی زیادی در حدفاصل شهرهای قصر شیرین، سرپل ذهاب و گیلان غرب دارد. معادن گچ استان واقع در این محور دارای درجه خلوص بیش از ۹۰ درصد ژپس و شرایط مناسب بهره‌برداری باشند. سه واحد گچ پاکتی واقع در قصر شیرین مواد اولیه خود را از این معدن تهیه می‌کند. بر اساس آمارهای سال ۱۳۹۳، معادن گچ شناسایی شده استان ۶ واحد می‌باشند که ۵ واحد از آن‌ها در حال بهره‌برداری هستند. کل معادن گچ استان به شکل خصوصی مدیریت می‌گردند که زمینه اشتغال ۳۶ نفر را ایجاد نموده‌اند. ذخایر عظیم سنگ گچ و واحدهای تولیدکننده پودر گچ در این شهرستان‌ها به‌عنوان تأمین‌کنندگان مواد اولیه اصلی تولید گچ‌برگ و پنل‌های گچی یعنی پودر گچ پتانسیل مناسبی را جهت تولید این محصولات ایجاد نموده‌اند.

## ۸- کلیاتی در خصوص کاغذ و مقوا



روکش‌های کاغذی مورد استفاده در این پروسه از چوب و یا ضایعات کشاورزی و یا از بازیافت کارتن و کاغذهای باطله در کارخانه‌های تولید کاغذ تولید می‌شود. کاغذ مناسب جهت این کار بایستی دارای سطحی کاملاً صاف و درعین حال دارای استحکام مکانیکی بالایی باشد و بشود آن را به‌صورت ورقه‌های نازک تبدیل کرد. الیاف سلولزی موجود در کاغذ خواصی دارند که کاملاً پاسخگوی نیازهای تولید پنل گچ با روکش کاغذی، نظیر مقاومت کششی بالا، انعطاف‌پذیری و شکل‌پذیری، مقاومت در برابر تغییر شکل‌های برگشت‌ناپذیر (پلاستیک)، نامحلول بودن در آب، توانایی تشکیل پیوندهای درونی، قابلیت رنگ‌پذیری بالا و نسبتاً سفید بودن می‌باشد. به‌طور کلی بهترین ویژگی‌ها زمانی به وجود می‌آید که الیاف موجود در این کاغذها قدرت کشسانی و استحکام مکانیکی بالایی داشته باشند که افزایش این مواد در کاغذ به فرایندهای فرآوری خمیر کاغذ در کارخانه‌های سازنده مربوط می‌شود به‌گونه‌ای که با پالایش مناسب این خمیر قبل از تبدیل به کاغذ نهایی خواص الیاف موجود در آن به‌طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند بهبود یابد. روکش‌های کاغذی وقتی که در ۲ طرف پنل گچی قرار می‌گیرد الیاف موجود در آن در اثر جذب آب از پنل، متورم می‌گردند که این خود سبب انعطاف‌پذیری آن‌ها و تشکیل پیوندهای هیدروژنی قوی می‌شود. بنابراین،

طبیعت آب دوستی الیاف سلولزی نقش مهمی بر عهده دارد، زیرا فرآیند ساخت پنب در محیطی آبی انجام می شود و الیاف به آسانی می توانند آب جذب کنند و بر اثر جاذبه های قطبی مولکول های آب نسبت به یکدیگر و نسبت به هیدروکسیل های سطوح سلولزی، تشکیل پیوند تشدید می شود. در پایان پس از تبخیر آب، اتصال بین هیدروکسیل های سطوح سلولزی به صورت پیوندهای هیدروژنی باقی می ماند. اگرچه مقاومت کششی هر لیف سلولزی به تنهایی زیاد است. پارامترهای مقاومتی پنب گچی با روکش کاغذی نیز به پیوندهای بین الیاف وابسته است. علاوه بر این توانایی های الیاف خمیر به جذب یا نگهداری مواد غیر لیفی، عاملی مهم در ساخت پنب گچی با روکش کاغذی به شمار می آید. توانایی جذب و نگهداشت افزودنی های محلول، به تمایل شیمیائی نسبی الیاف موجود در خمیر سلولزی بستگی دارد در ادامه، انواع مختلف کاغذ و مقوا را از نظر مواد تشکیل دهنده و وزن و اندازه های متداول مورد بررسی قرار می دهیم. نخست باید دید که اصولاً کاغذ از چه موادی تشکیل شده و این مواد دارای چه خصوصیات می باشد. کاغذ و الیاف ورقه ای با الیاف درهم تنیده و یا مالیده تعریف می شود که معمولاً از الیاف گیاهی تشکیل شده است. کاغذ را به صورت تجاری از الیاف به دست آمده از کهنه پارچه (نخ)، بایاس (نی شکر)، پنبه و نی می سازند. کاغذهای جدید تقریباً تنها از الیاف سلولزی به دست آمده از چوب ساخته می شوند. سازمان جهانی استاندارد (ISO) عنوان می کند که ماده با وزن بیش از ۲۵۰ گرم بر هر مترمربع را مقوا می نامیم. خواص کاغذ و مقوا به متغیرهای بسیار زیادی بستگی دارد. برای شناخت محصولات کاغذی، بهتر است ابتدا منبع الیاف را بشناسیم. الیاف سلولزی مناسب برای کاغذسازی را می توان از گیاهان مختلف به دست آورد اما مهم ترین مشخصه برای کاغذسازی طول الیاف است. هرچه طول الیاف بلندتر باشد، در هم تنیدگی آنها بیشتر بوده و کاغذ به دست آمده محکم تر خواهد بود.

طول تقریبی الیاف سلولزی به کاررفته در کاغذسازی

طول نوعی الیاف	منابع الیاف
۲ میلی متر	چوب سخت (سپیدار، اشنگ و افرا)
۴ میلی متر	چوب نرم (کاج، صنوبر، شوکران)
۲ میلی متر	نی، باگاس
۱۲ میلی متر	باست (نخ و پنبه)
بسته به منبع اولیه متفاوت	کاغذ بازیافتی

به غیر از اندازه، یک پارامتر اساسی دیگر برای انتخاب کاغذ وجود دارد و آن وزن کاغذ است. در حقیقت وزن نشان دهنده میزان ضخامت و مقاومت در کاغذ و مقواست. هرچه وزن بالاتر باشد در حقیقت مقوا ضخیم تر و در نتیجه دارای مقاومت بیشتری خواهد بود. بنابراین هنگام سفارش کاغذ و مقوا باید به سه پارامتر اساسی اشاره شود:

۱- وزن و اندازه هر شیت در واحد سطح (مثلاً ۲۵۰ گرمی ۷۰×۱۰۰)

۲- نوع کاغذ یا مقوا (گلاسه یا مقوای پشت طوسی و...)

۳- کارخانه سازنده (کره، اوکراین، برزیل، هند و ترکیه و...)

بر اساس استاندارد جهانی وزن کاغذ برگرفته از وزن یک مترمربع آن است. یعنی کاغذ به طول یک متر و عرض یک متر (مترمربع) دارای چه وزنی (گراماژی) است.

## ۹- برآورد سرمایه ثابت طرح

به آن دسته از سرمایه گذاری‌ها مانند احداث ساختمان‌ها، تاسیسات، تجهیزات، ماشین‌آلات و ... اطلاق می‌شود که برای راه‌اندازی و اجرایی نمودن طرح مورد نیاز هستند. قیمت و هزینه‌های خریداری و تهیه آن‌ها در این بخش برآورد می‌گردد.

### ۹-۱- زمین

محل اجرای این طرح در زمینی به مساحت ۱۵۰۰۰ مترمربع با هزینه ۴۵۰۰۰ میلیون ریال پیش‌بینی گردیده است.

عنوان	میزان (مترمربع)	قیمت واحد (هزار ریال)	جمع کل (میلیون ریال)
زمین	۱۵۰۰۰	۳۰۰۰	۴۵۰۰۰

### ۹-۲- محوطه سازی

ردیف	شرح کار	واحد	مقدار	قیمت واحد (هزار ریال)	جمع (میلیون ریال)
۱	خاکبرداری و تسطیح زمین	متر مربع	۱۱۸۰۰	۲۰۰	۲۳۶۰
۲	آسفالت و فضای سبز	متر مربع	۲۰۰۰	۱۲۱۰	۲۴۲۰
۳	حصارکشی	متر مربع	۸۷۰	۱۸۱۵	۱۵۷۹
۴	روشنایی محوطه	-	۳۰	۳۵۲۰	۱۰۶
۵	درب ورودی	باب	۱	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰
	جمع کل				۶۷۱۵

### ۹-۳- ساختمان

ردیف	اجزاء	فضا	هزینه واحد (هزار ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	سالن تولید	۱۳۵۰	۲۲۲۰۰	۲۹۹۷۰
۲	انبارها	۱۶۷۰	۱۸۷۵۰	۳۱۳۱۳
۳	ساختمان اداری و سرویس‌ها	۲۰۰	۲۸۵۰۰	۵۷۰۰
۴	نمازخانه	۳۰	۲۸۵۰۰	۸۵۵
۵	نگهبانی	۳۰	۲۸۵۰۰	۸۵۵
	جمع	۳۲۸۰	--	۶۸۶۹۳

### ۹-۴- ماشین‌آلات و تجهیزات

ردیف	شرح	تعداد	هزینه هر واحد (هزار ریال)	جمع کل (میلیون ریال)
۱	آسیاب جهت مواد بازیافت	۱	۴۲۰۰۰۰	۴۲۰
۲	پرس بلوک دیواری	۱	۴۲۰۰۰۰	۴۲۰۰
۳	دستگاه تزریق پلاستیک	۱	۱۲۵۰۰۰۰	۱۲۵۰
۴	سوخت پاش	۱۰	۴۰۰۰۰۰	۴۰۰۰
۵	قالب‌های پلاستیکی	۱۰۰	۸۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰
۶	کمپرسور هوا	۱	۱۵۰۰۰۰۰	۱۵۰۰
۷	مخلوط کن جهت ساخت گچ	۲	۶۵۰۰۰۰	۱۳۰۰
۸	نوار نقاله	۲	۵۰۰۰۰۰	۱۰۰۰
	جمع			۹۳۶۷۰

## ۹-۵- تأسیسات مورد نیاز

ردیف	اقلام	شرح	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تأسیسات برق	برق رسانی (حق انشعاب نصب تابلوها و ترانس کابل کشی و سیم- کشی مربوطه)	۱۴۰۰
۲	تأسیسات آب	حق انشعاب و لوله کشی و ...	۸۰۰
۳	تلفن کشی	امتیاز خط تلفن	۳۰
۴	مخازن ذخیره سوخت و آب	-	۳۰۰
۵	وسایل گرمایشی و سرمایشی	-	۲۰۰
۶	سیستم اطفای حریق و کمکهای اولیه	-	۱۵۰
		جمع	۲۸۸۰

## ۹-۶- وسایل نقلیه

ردیف	شرح	تعداد	هزینه هر واحد (میلیون ریال)	جمع کل (میلیون ریال)
۱	وانت نیسان	۱	۱۵۰۰	۱۵۰۰
		جمع		۱۵۰۰

## ۹-۷- تجهیزات اداری

ردیف	شرح	تعداد	هزینه هر واحد (میلیون ریال)	جمع کل (میلیون ریال)
۱	تلفن و فاکس	۵	۴۵	۲۲۵
۲	میز، کمد و صندلی اداری	۳	۸۸	۲۶۴
۳	کامپیوتر، پرینتر	۵	۱۶۵	۸۲۵
۴	گاو صندوق	۱	۳۳	۳۳
۵	لوازم تحریر	۱	۱۵۰	۱۵۰
		جمع		۱۴۹۷

۹-۸- هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

هزینه کل (میلیون ریال)	شرح	ردیف
۱۰۰	هزینه‌های ثبت شرکت پروژه	۱
۴۴۲	هزینه‌های تهیه طرح و مشاوره	۲
۳۳۴	هزینه اخذ مجوزها	۳
۸۷۶	جمع کل	

### ۱۰- سرمایه در گردش

سرمایه در گردش در واقع به آن مقدار نقدینگی و سرمایه موردنیاز بابت هزینه مواد اولیه، کالاهای ساخته شده برای حداقل یک دوره تولید، یا آن مقدار از هزینه‌ها که مستقیماً در تولید نقش دارند اطلاق می‌شود. در طرح‌های خدماتی در یک دوره مشخص مقدار سرمایه و نقدینگی موردنیاز برای تامین هزینه‌هایی از قبیل هزینه‌های آب و برق، پرسنل و .... در نظر گرفته می‌شوند.

### ۱۰-۱- مواد اولیه

ردیف	شرح	واحد	هزینه خرید (هزار ریال)	مقدار مصرف سالیانه	هزینه سالیانه (میلیون ریال)
۱	پودر گچ	تُن	۳۳۰۰	۲۴۰۰۰	۷۹۲۰۰
۳	کامپوزیت‌های شیمیایی	-	۲۰۰	۱۱۵۲۰۰	۲۳۰۴۰
جمع کل					۱۰۲۲۴۰

### ۱۰-۲- حقوق و دستمزد

ردیف	عنوان شغلی	مدرک تحصیلی	تعداد نیروی انسانی	تعداد شیفت	حقوق ماهیانه (میلیون ریال)	حقوق سالیانه (میلیون ریال)
۱	مدیرعامل	کارشناسی ارشد	۱	۱	۶۰	۷۲۰
۲	حسابدار	کارشناسی	۱	۱	۴۵	۵۴۰
۳	مسئول فروش	کارشناسی	۱	۱	۴۵	۵۴۰
۴	تکنسین فنی	کارشناسی	۳	۱	۴۵	۱۶۲۰
۵	کارپرداز	کارشناسی	۱	۱	۴۵	۵۴۰
۶	کارگر ماهر	دیپلم	۹	۱	۳۵	۳۷۸۰
۷	کارگر ساده	سیکل	۹	۱	۳۰	۳۲۴۰
۸	خدمات	سیکل	۱	۱	۳۰	۳۶۰
۹	نگهبان	دیپلم	۱	۲	۳۵	۸۴۰
		حق بیمه (۲۳٪)			۲۸۰۱	
		جمع			۱۴۹۸۱	

### ۱۰-۳- هزینه آب، برق، سوخت و ارتباطات

ردیف	شرح	واحد	مصرف سالیانه	بهای واحد(ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	برق	کیلو وات ساعت	۱۰۰۰۰۰۰	۱۷۸۶	۱۷۸۶
۲	آب	مترمکعب	۳۰۰۰۰	۴۳۹۶	۱۳۲
۳	گازوئیل	لیتر	۱۸۲۵	۵۵۰۰	۱۰
۴	نفت	لیتر	۱۲۷۷۵	۲۵۰۰	۳۲
۵	تلفن	دقیقه	۵۵۰۰۰	۸۹۹	۴۹
۶	بنزین	لیتر	۱۸۲۵	۳۰۰۰۰	۵۵
	مجموع				۲۰۶۴

### ۱۰-۴- هزینه استهلاک، تعمیرات و نگهداری

ردیف	شرح	استهلاک		تعمیرات و نگهداری	
		مبلغ (میلیون ریال)	درصد	مبلغ (میلیون ریال)	درصد
۱	ساختمان و محوطه سازی	۳۷۷۰	۵	۱۵۰۸	۲
۲	ماشین آلات و تجهیزات	۴۶۸۴	۵	۴۶۸۴	۵
۳	تاسیسات	۲۸۸	۱۰	۱۴۴	۵
۴	تجهیزات اداری	۱۵۰	۱۰	۱۵۰	۱۰
۵	وسایل نقلیه	۳۰۰	۲۰	۱۵۰	۱۰
۶	هزینه های قبل از بهره برداری	۱۷۵	۲۰	۰	۰
۷	وسایل دفتری	۰	۱۰	۰	۰
۸	پیش بینی نشده	۱۱۰۰	۱۰	۱۱۰۰	۱۰
	جمع	۱۰۴۶۷	-	۷۷۳۵	-



۱۰-۵- سرمایه در گردش مورد نیاز طرح (دوره دو ماهه)

شرح	مبلغ (میلیون ریال)
مواد اولیه	۱۷۰۴۰
حقوق و دستمزد	۲۴۹۶
تعمیرات و نگهداری	۱۲۸۹
سوخت و انرژی	۳۴۴
جمع کل	۲۱۱۶۹

۱۱- هزینه سرمایه گذاری طرح

ردیف	شرح	انجام شده	مورد نیاز (میلیون ریال)	جمع کل (میلیون ریال)
۱	زمین	-	۴۵۰۰۰	۴۵۰۰۰
۲	محوطه سازی	-	۶۷۱۵	۶۷۱۵
۳	بناهای ساختمانی	-	۶۸۶۹۳	۶۸۶۹۳
۴	ماشین آلات و تجهیزات	-	۹۳۶۷۰	۹۳۶۷۰
۵	تاسیسات و انشعابات	-	۲۸۸۰	۲۸۸۰
۶	وسایل نقلیه	-	۱۵۰۰	۱۵۰۰
۷	تجهیزات اداری	-	۱۴۹۷	۱۴۹۷
۸	سرمایه گذاری پیش بینی نشده	-	۱۰۹۹۷	۱۰۹۹۷
۹	جمع سرمایه گذاری ثابت	-	۲۳۰۹۵۲	۲۳۰۹۵۲
۱۰	هزینه های قبل از بهره برداری	-	۸۷۶	۸۷۶
۱۱	جمع کل سرمایه گذاری ثابت	-	۲۳۱۸۲۸	۲۳۱۸۲۸
۱۲	سرمایه در گردش	-	۲۱۱۶۹	۲۱۱۶۹
	جمع			۲۵۲۹۹۷

## ۱۲- جمع هزینه‌های جاری

شرح	مبلغ (میلیون ریال)
مواد اولیه و بسته بندی	۱۰۲۲۴۰
حقوق و دستمزد	۱۴۹۸۱
هزینه نگهداری و تعمیرات	۷۷۳۵
سوخت و انرژی	۲۰۶۴
پیش بینی نشده (۵ درصد اقلام بالا)	۶۳۵۱
هزینه استهلاک	۱۰۴۶۷
هزینه اداری و فروش (۱ درصد از فروش)	۲۲۸۰
هزینه تسهیلات مالی (۹ درصد مقدار وام سرمایه ثابت)	۱۶۲۰۰
هزینه بیمه (دو در هزار سرمایه ثابت)	۴۶۴
جمع	۱۶۲۷۸۲

## ۱۳- هزینه ثابت و متغیر

ردیف	شرح	هزینه‌های ثابت		هزینه‌های متغیر		هزینه کل جاری (میلیون ریال)
		هزینه	درصد	هزینه	درصد	
۱	مواد اولیه و بسته بندی	۰	۰	۱۰۲۲۴۰	۱۰۰	۱۰۲۲۴۰
۲	حقوق و دستمزد	۹۷۳۸	۶۵	۵۲۴۳	۳۵	۱۴۹۸۱
۳	هزینه نگهداری و تعمیرات	۱۵۴۷	۲۰	۶۱۸۸	۸۰	۷۷۳۵
۴	سوخت و انرژی	۴۱۳	۲۰	۱۶۵۱	۸۰	۲۰۶۴
۵	پیش بینی نشده	۹۵۳	۱۵	۵۳۹۸	۸۵	۶۳۵۱
۶	هزینه استهلاک	۱۰۴۶۷	۱۰۰	۰	۰	۱۰۴۶۷
۷	هزینه اداری و فروش	۰	۰	۲۲۸۰	۱۰۰	۲۲۸۰
۸	هزینه تسهیلات مالی	۱۶۲۰۰	۱۰۰	۰	۰	۱۶۲۰۰
۹	هزینه بیمه	۴۶۴	۱۰۰	۰	۰	۴۶۴
	جمع کل	۳۹۷۸۱	-	۱۲۳۰۰۱	-	۱۶۲۷۸۲

## ۱۴- درآمد حاصل از اجرای طرح

ردیف	شرح	فروش سالانه (متر مربع)	ارزش واحد (هزار ریال)	ارزش کل (میلیون ریال)
۱	صفحات روکشدار گچی ساده	۲۰۰۰۰۰	۳۲۰	۶۴۰۰۰
۲	صفحات روکشدار گچی مقاوم در برابر حریق	۲۰۰۰۰۰	۳۸۰	۷۶۰۰۰
۳	صفحات روکشدار گچی مقاوم در برابر رطوبت	۲۰۰۰۰۰	۴۴۰	۸۸۰۰۰
	جمع کل			۲۲۸۰۰۰

## ۱۵- جدول پیش‌بینی صورت سود و زیان

ارقام به میلیون ریال

میلیون (ریال)	سال اول (٪۸۰)	سال دوم (٪۸۵)	سال سوم (٪۹۰)	سال چهارم (٪۹۵)	سال پنجم (٪۱۰۰)
درآمد	۱۸۲۴۰۰	۱۹۳۸۰۰	۲۰۵۲۰۰	۲۱۶۶۰۰	۲۲۸۰۰۰
کسر می‌شود					
جمع هزینه‌های تولید	۱۱۴۹۳۰	۱۲۲۱۱۴	۱۲۹۲۹۷	۱۳۶۴۸۰	۱۴۳۶۶۳
سود ناویژه					
	۶۷۴۷۰	۷۱۶۸۶	۷۵۹۰۳	۸۰۱۲۰	۸۴۳۳۷
کسر می‌شود					
هزینه‌های عملیاتی (اداری، فروش و بیمه)	۲۲۸۸	۲۴۰۲	۲۵۱۶	۲۶۳۰	۲۷۴۴
هزینه‌های غیر عملیاتی (مالی و استهلاک) قبل از بهره‌برداری	۱۶۳۷۵	۱۶۳۷۵	۱۶۳۷۵	۱۶۳۷۵	۱۶۳۷۵
سود ویژه					
	۴۸۸۰۷	۵۲۹۰۹	۵۷۰۱۲	۶۱۱۱۵	۶۵۲۱۸

\* هزینه‌های تولید شامل هزینه مواد اولیه، هزینه حقوق و دستمزد، هزینه تعمیرات و نگهداری، هزینه سوخت و انرژی، هزینه پیش‌بینی نشده و هزینه استهلاک می‌باشد.

بر اساس محاسبات انجام شده نرخ بازدهی داخلی طرح (IRR) برای ۱۰ سال عمر مفید ۲۴ درصد خواهد بود که براساس این نرخ بازدهی دوره بازگشت طرح تقریباً ۴ سال و ۲ ماه پیش‌بینی می‌گردد. همچنین ارزش خالص فعلی (NPV) این طرح با نرخ تنزیل ۱۸ درصد ۴۵۳۸۳ میلیون ریال می‌باشد.

## ۱۶- شاخص‌های اقتصادی طرح

### ۱۶-۱- درصد فروش در نقطه سر به سر

$$\text{درصد فروش در نقطه سر به سر} = \frac{\text{جمع هزینه‌های ثابت}}{\text{جمع هزینه‌های متغیر} - \text{فروش کل}} \times 100 = \frac{39781}{228000 - 123001} \times 100 = 38\%$$

### ۱۶-۲- ارزش افزوده

$$115961 = (\text{تعمیرات و نگهداری} + \text{انرژی} + \text{مواد اولیه}) - \text{درآمد کل} = \text{ارزش افزوده ناخالص}$$

$$105494 = (\text{استهلاک} + \text{استهلاک قبل از بهره‌برداری}) - \text{ارزش افزوده ناخالص} = \text{ارزش افزوده خالص}$$

$$\text{نسبت ارزش افزوده ناخالص به درآمد} = \frac{\text{ارزش افزوده ناخالص}}{\text{درآمد کل}} = \frac{115961}{228000} = 51\%$$

$$\text{نسبت ارزش افزوده خالص به درآمد} = \frac{\text{ارزش افزوده خالص}}{\text{درآمد کل}} = \frac{105494}{228000} = 46\%$$

$$\text{نسبت ارزش افزوده خالص به کل سرمایه‌گذاری} = \frac{\text{ارزش افزوده خالص}}{\text{سرمایه‌گذاری کل}} = \frac{105494}{252997} = 42\%$$

### ۱۶-۳- سرمایه ثابت سرانه

$$\text{سرمایه ثابت سرانه} = \frac{\text{سرمایه ثابت}}{\text{تعداد پرسنل}} = \frac{231828}{28} = 8280$$

### ۱۶-۴- کل سرمایه‌گذاری سرانه

$$\text{کل سرمایه‌گذاری سرانه} = \frac{\text{کل سرمایه‌گذاری}}{\text{تعداد پرسنل}} = \frac{252997}{28} = 9036$$

### ۱۶-۵- دوره بازگشت سرمایه

$$4 \text{ سال و } 2 \text{ ماه} = \frac{1}{\text{IRR}} = \frac{1}{0,24}$$